

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
CIVIL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

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



**INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS
ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE
Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA
AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE
AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN
AYACUCHO, 2020**

AUTOR:

Bach. Cristhian Tello Antonio

ASESOR:

Msc. Ing. Ángel Hugo Vilchez Peña

AYACUCHO – PERÚ

2022

**UNSCH**FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL**“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 049-2022-FIMGC

En la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **Resolución Decanal N° 193-2022-FIMGC-D**, siendo los veintiséis días del mes de julio del 2022, a horas 9:00 a.m.; se reunieron los jurados del acto de sustentación, en el Auditorium virtual google meet del Campus Universitario de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Siendo el Jurado de la sustentación de tesis compuesto por el presidente el **Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**, jurado el **MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZU PRADO**, jurado el **MSc. Ing. Rolando CISNEROS AYALA**, jurado asesor el **Mg. Ing. Ángel Hugo VILCHEZ PEÑA** y secretario del proceso el **Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**, con el objetivo de recepcionar la sustentación de la tesis denominada **“INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO 2020”**, sustentado por el señor **Cristhian TELLO ANTONIO**, Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil.

El Jurado luego de haber recepcionado la sustentación de la tesis y realizado las preguntas, el sustentante al haber dado respuesta a las preguntas, y el Jurado haber deliberado; califica con la nota aprobatoria de **17 (Diecisiete)**.

En fe de lo cual, se firma la presente acta, por los miembros integrantes del proceso de sustentación.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
GEOLOGÍA Y CIVIL*Dr. Efraín Elías Porras Flores*
DECANOFirmado digitalmente
por Dr. Ing. Efraín
Elías Porras Flores
Fecha: 2022.08.05
10:29:13 -09'00'**Dr. Ing. Efraín Elías PORRAS FLORES**
Presidente**MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZU PRADO**
Jurado**MSc. Ing. Rolando CISNEROS AYALA**
Jurado**Mg. Ing. Ángel Hugo VILCHEZ PEÑA**
Jurado - AsesorFirmado
digitalmente por
LEZAMA CUELLAR
CHRISTIAN**Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR**
Secretario del Procesoc.c.:
Bach. Cristhian TELLO ANTONIO
Jurados (4)
ArchivoFACULTAD DE INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
Av. Independencia S/N
Ciudad Universitaria
Central Tel 066 312510
Anexo 151



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 050-2022-FIMGC

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado en segunda instancia para las **Escuelas Profesionales** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH y Resolución Decanal N° 158-2021-FIMGC-UNSCH-D, deja constancia que Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : TELLO ANTONIO, Cristhian
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020
Evaluación de la Originalidad : 29 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 1872752078

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

Ayacucho, 22 de julio del 2022

Firmado digitalmente
por LEZAMA
CUELLAR CHRISTIAN

Mg. Ing. Christian LEZAMA CUELLAR

Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
de la FIMGC

Con depósito para Sustentación y Tramite de Titulo

INFLUENCIA DE LA
HETEROGENEIDAD EN LOS
ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE
LOS MATERIALES DE BASE Y
SUBASE EMPLEANDO ENSAYO
DE CARGA DIRECTA EN LA AV.
JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL
DISTRITO DE AYACUCHO,

Fecha de entrega: 19-jul-2022 04:51p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1872752079

Nombre del archivo: Tesis_Cristhian_Tello_Antonio_EPIC.pdf (7.26M)

Total de palabras: 38557

Total de caracteres: 197453

PROVINCI

por Cristhian Tello Antonio

INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCI

INFORME DE ORIGINALIDAD

29%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

17%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	es.scribd.com Fuente de Internet	2%
4	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	fpxhn.net Fuente de Internet	1%
6	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%

RESUMEN

En la ciudad de Ayacucho los pavimentos rígidos se han incrementado debido a las demandas económicas y sociales la cual comprende la intervención de infraestructura vial adecuada para satisfacer la necesidad del servicio de transitabilidad vial de la población; es por ello, que en la av. Javier Pérez de Cuellar, se ejecutó el proyecto vial para satisfacer esas demandas, por ser la principal vía de acceso al terminal terrestre de la región. La calidad del diseño y ejecución del proyecto en mención está directamente relacionada con la información de la caracterización de los materiales granulares que conforman su estructura, es decir con la heterogeneidad de los materiales de base y sub base; ya que un conocimiento inadecuado de estos materiales podría originar costos altos de adicionales de obra en comparación con una investigación geotécnica, así como atrasos de obra y reducción de la vida útil del pavimento. La presente investigación se realizó en esta vía mediante un diseño experimental de nivel explicativo, el cual tuvo como objetivo evaluar los asentamientos elásticos por la influencia de la heterogeneidad de los materiales de base y sub base empleando el ensayo de carga directa in situ; para realizar esta investigación la muestra estuvo constituida por los puntos donde se ejecutaron los ensayos de carga directa. Se extrajeron muestras alteradas representativas del material de aquellos puntos acopiados en obra, con la finalidad de realizar ensayos en el laboratorio y caracterizar el tipo de suelo predominante en cada capa; de la misma forma se realizó el ensayo in situ en cada capa granular con la finalidad de obtener los asentamientos elásticos, producto del incremento de carga a cada superficie generando diagramas de esfuerzo – deformación, y con este diagrama obtener el módulo de reacción. Así mismo, encontramos que la heterogeneidad de estos materiales influye significativamente en la evaluación de los asentamientos elásticos utilizando el ensayo de carga directa; ya que para el modelo de prueba t de student, de acuerdo con el p-valor =0.002 para varianzas iguales y el p-valor =0.008 para varianzas diferentes; al ser menores a 0.05 (nivel de significancia), la media de estos valores son diferentes, concluyendo que la heterogeneidad de estos materiales influye en el análisis de los asentamientos elásticos de las distintas capas que componen el pavimento rígido.

Palabras Clave: Heterogeneidad de los materiales, asentamientos elásticos, ensayo de carga directa, pavimento rígido, módulo de reacción, esfuerzo - deformación.

ABSTRACT

In the city of Ayacucho, rigid pavements have increased due to economic and social demands, which includes the intervention of adequate road infrastructure to satisfy the population's need for road transit service; that is why, on av. Javier Pérez de Cuellar, the road project was executed to meet these demands, as it is the main access road to the land terminal in the region. The quality of the design and execution of the project in question is directly related to the information on the characterization of the granular materials that make up its structure, that is, with the heterogeneity of the base and sub-base materials; since an inadequate knowledge of these materials could cause high additional construction costs compared to a geotechnical investigation, as well as construction delays and a reduction in the useful life of the pavement. The present investigation was carried out on this road through an explanatory level experimental design, which aimed to evaluate the elastic settlements due to the influence of the heterogeneity of the base and sub-base materials using the direct load test in situ; To carry out this investigation, the sample consisted of the points where the direct load tests were carried out. Representative altered samples of the material were extracted from those points collected on site, in order to carry out tests in the laboratory and characterize the predominant type of soil in each layer; In the same way, the in situ test was carried out in each granular layer in order to obtain the elastic settlements, product of the increase in load to each surface, generating stress-strain diagrams, and with this diagram obtain the reaction modulus. Likewise, we found that the heterogeneity of these materials significantly influences the evaluation of elastic settlements using the direct load test; since for the student's t-test model, according to the p-value =0.002 for equal variances and the p-value =0.008 for different variances; being less than 0.05 (significance level), the mean of these values are different, concluding that the heterogeneity of these materials influences the analysis of the elastic settlements of the different layers that make up the rigid pavement.

Keywords: Heterogeneity of materials, elastic settlements, direct load test, rigid pavement, reaction modulus, stress - strain.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los pavimentos rígidos se han incrementado debido a las demandas económicas y sociales, la cual exige la intervención de infraestructura vial adecuada para satisfacer la necesidad del servicio de transitabilidad vial de la población. Sin embargo, son pocas las investigaciones que se han realizado acerca del comportamiento de las capas de la estructura de los pavimentos rígidos, los cuales son utilizados principalmente en zonas urbanas, debido a que utilizan materiales granulares y agregados de la zona por razones económicas y por su fácil disponibilidad.

Estas estructuras de pavimento rígido, deberán soportar las cargas de tráfico y evitar fallas posteriores de tal manera que cumpla en forma económica las necesidades y condiciones del determinado proyecto. La tipología del material granular que la conforma deberá satisfacer los esfuerzos y deformaciones, debido a esto se tendrá que determinar el módulo de reacción, parámetro representativo de la capacidad de soporte para cada superficie, las mismas que están sometidas a cargas cíclicas por el tránsito vehicular.

La investigación busca evaluar los asentamientos elásticos por la influencia de la heterogeneidad de los materiales de base y sub base empleando el ensayo de carga directa in situ, para lograr este objetivo trazado se utilizó una metodología experimental que estuvo conformada por la recolección de muestras representativas de la ejecución del proyecto para procesarlos en el laboratorio, además de la ubicación de los puntos de ejecución del ensayo.

Con el ensayo in situ que se realizará sobre la superficie de cada estrato de prueba del pavimento, se llevará a cabo el desarrollo de este trabajo de tesis, evaluando el comportamiento geomecánico de las capas del pavimento, conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales granulares de base y sub base que conforman la estructura del mismo, la cual conlleva a que además de los parámetros obtenidos en los ensayos de campo, se relacionen con los obtenidos del laboratorio.

Cabe mencionar que la importancia de la presente investigación radica en la utilización de este ensayo de placa de carga para evaluar los asentamientos, los cuales se realizaron en la superficie de los estratos de base y sub base del proyecto de pavimento rígido de la Av. Pérez de Cuellar, los mismos que permiten determinar las características de capacidad de carga y

módulo de reacción de una superficie, al aplicar sobre esta placa incrementos de carga y medir las deformaciones que se presentan en un diagrama de esfuerzo – deformación.

Con el fin de entender esta problemática y caracterizar la heterogeneidad de los materiales granulares de base y sub base empleados en la estructura del pavimento, se plantea la presente investigación que permitirá evaluar los asentamientos elásticos mediante el ensayo de placa de carga. Para cumplir ese fin, la estructura de la presente investigación se ha dividido en cinco capítulos:

Capítulo I – Planteamiento del problema: Descripción de la investigación donde se aprecia la realidad problemática, formulación del problema, justificación e importancia, delimitación de la investigación, tema y unidad de análisis, limitaciones de la investigación y formulación de los objetivos.

Capítulo II - Marco Teórico: Se describe los antecedentes nacionales e internacionales, se detallan las bases teóricas y marco conceptual respecto a la heterogeneidad de los materiales de base y sub base, así como de los asentamientos elásticos, los cuales conforman las variables de estudio.

Capítulo III - Método de la investigación: Se abordan el enfoque, alcance, diseño y método de la investigación; de igual forma se describe la población y muestra, se define la hipótesis de la investigación, se operacionaliza las variables y se detallan los instrumentos para la recolección y análisis de datos.

Capítulo IV – Resultados: Se realiza el análisis y discusión de resultados, en los cuales se presentan los resultados de los ensayos que se realizaron en el laboratorio, así como los resultados de los ensayos de carga realizados en campo; también se presenta la obtención del módulo de reacción según las diversas características que posee cada material granular a través de la gráfica de esfuerzos y asentamientos que permiten evaluarlas.

Capítulo V – Conclusiones y recomendaciones: Se señalan a las conclusiones a que se llegan y se aportan algunas recomendaciones para futuras investigaciones.

Finalmente se presentan los anexos que comprenden los ensayos de laboratorio realizados, así como los ensayos de placa de carga in situ.

DEDICATORIA

A Dios por ser la luz en mi camino

A Mis Padres por su apoyo incondicional en todo momento

A mis hijos Yamil y Mateo por brindarme la alegría y fortaleza para seguir adelante

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por mi formación profesional.

A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Civil por dotarme sus conocimientos
en toda la etapa estudiantil.

Al Msc. Ing. Ángel Hugo VILCHEZ PEÑA, profesional, asesor por estar siempre
dispuesto a absolver las interrogantes en todo el proceso de la elaboración de esta tesis.

A los integrantes del jurado de tesis, MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO,
Msc. Ing. Rolando CISNEROS AYALA, por sus recomendaciones y prestación para la
culminación del estudio.

A mis padres Marilú y Julio, por el apoyo constante e incomparable.

INDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
INTRODUCCIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
INDICE DE FIGURAS	XI
INDICE DE TABLAS.....	XIV
GLOSARIO	XVI
ACRÓNIMOS	XVII
SÍMBOLOS	XVIII
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.1.1. Descripción de la realidad problemática mundial	2
1.1.2. Descripción de la realidad problemática nacional.....	3
1.2. Delimitación del problema	4
1.2.1. Espacial (geográfica).....	4
1.2.2. Temporal	4
1.2.3. Temática y unidad de análisis	4
1.3. Formulación del problema.....	4
1.3.1. Problema General	4
1.3.2. Problemas Específicos.....	5
1.4. Justificación e importancia	5
1.4.1. Justificación de la Investigación.....	5
1.4.2. Importancia de la Investigación	5
1.5. Limitaciones de la investigación	6
1.6. Objetivos de la investigación	6
1.6.1. Objetivo General	6
1.6.2. Objetivos Específicos	6
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes	7
2.1.1. Investigaciones Internacionales.....	7
2.1.2. Investigaciones Nacionales	8
2.2. Bases Teóricas	9
2.2.1. El suelo y su origen	9
2.2.2. Principales tipos de suelos.....	9
2.2.3. Pavimento	10

2.2.4.	Pavimento rígido o hidráulico	11
2.2.5.	Base granular	13
2.2.6.	Sub base granular	13
2.3.	Marco Conceptual	15
2.3.1.	Heterogeneidad de los materiales de base y sub base	15
2.3.1.1.	Tipos de materiales granulares de base y sub base	16
2.3.1.2.	Características físicas de materiales de base y sub base	20
2.3.1.3.	Resistencia mecánica de materiales de base y sub base	24
2.3.2.	Asentamiento Elástico	28
2.3.2.1.	Comportamiento mecánico de los materiales de base y sub base	29
2.3.2.2.	Deformación elástica de los materiales de base y sub base	34
2.3.3.	Ensayo de Carga Directa	36
2.3.3.1.	Normas para el ensayo de Placa de Carga.....	37
III.	MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	44
3.1.	Enfoque	44
3.2.	Tipo de investigación	44
3.3.	Alcance.....	44
3.4.	Diseño de la investigación.....	45
3.5.	Población y Muestra.....	45
3.5.1.	Población	
3.5.2.	Muestra	
3.6.	Hipótesis.....	49
3.6.1.	Hipótesis general	49
3.6.2.	Hipótesis específicas	49
3.7.	Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional	49
3.7.1.	Variable Independiente: Heterogeneidad de los materiales de base y sub base ...	49
3.7.2.	Variable Dependiente: Asentamiento Elástico	50
3.7.3.	Operacionalización de variables.....	50
3.8.	Técnicas e Instrumentos	51
3.8.1.	Técnicas de recolección de datos	51
3.8.2.	Instrumentos	51
3.8.3.	Confiability del Instrumento.....	51
3.8.4.	Validación del Instrumento	51
3.9.	Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información	51
3.10.	Desarrollo del trabajo de tesis.	52
3.10.1.	Procedimiento en campo	54
3.10.1.1.	Ensayo de Placa de Carga	54

3.10.2. Procedimiento en el laboratorio	60
3.10.2.1. Contenido de Humedad	61
3.10.2.2. Análisis Granulométrico por tamizado.....	62
3.10.2.3. Límite Líquido.....	65
3.10.2.4. Límite Plástico.....	67
3.10.2.5. Proctor Modificado.....	68
3.10.2.6. CBR (Ensayo Razón Soporte California).....	73
IV. RESULTADOS	77
4.1. Presentación de resultados de los diferentes ensayos de laboratorio e in situ.....	77
4.1.1. Resultados de los diferentes ensayos de la Sub base.....	77
4.1.1.1. Del ensayo de carga de placa en la Sub base	77
4.1.1.2. De la clasificación del tipo de suelo de la Sub base.....	83
4.1.1.3. De las características físicas de la Sub base	87
4.1.1.4. De la resistencia mecánica de la Sub base	89
4.1.2. Resultados de los diferentes ensayos de la Base	92
4.1.2.1. Del ensayo de placa de carga en la Base	92
4.1.2.2. De la clasificación del tipo de suelo de la Base	98
4.1.2.3. De las características físicas de la Base.....	101
4.1.2.4. De la resistencia mecánica de la Base	103
4.2. Resultados descriptivos	106
4.3. Contrastación de hipótesis.....	107
4.3.1. Prueba de hipótesis general	107
4.3.2. Prueba de primera hipótesis específica	110
4.3.3. Prueba de segunda hipótesis específica.....	111
4.3.4. Prueba de tercera hipótesis específica	114
4.4. Análisis e interpretación.....	116
4.4.1. Análisis e interpretación de resultados del material de Sub base.....	116
4.4.1.1. Acerca de los ensayos de laboratorio del material de Sub base	116
4.4.1.2. Acerca de los ensayos de placa de carga in situ del material de Sub base.....	119
4.4.2. Análisis e interpretación de resultados del material de Base	122
4.4.2.1. Acerca de los ensayos de laboratorio del material de Base.....	122
4.4.2.2. Acerca de los ensayos de placa de carga in situ del material de Base	125
4.5. Discusión de resultados	127
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	130
5.1. Conclusiones	130
5.2. Recomendaciones.....	132
5.3. Trabajos futuros.....	133

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
A. ANEXOS	140
A.1. Matriz de consistencia.	140
A.2. Instrumento de registro	142
A.3. Certificado de Validez de contenido del instrumento.....	144
A.4. Cálculo de la V de Aiken con intervalos de confianza.....	159
A.5. Diferentes Ensayos de campo y laboratorio para la muestra de Sub base.....	161
A.6. Diferentes Ensayos de campo y laboratorio para la muestra de Base.	178

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Relación entre los factores de diseño de un pavimento.	10
Figura 2 Estructura típica de un pavimento rígido.	11
Figura 3 Sección típica de pavimento rígido del proyecto de investigación.	11
Figura 4 Distribución de cargas en pavimentos flexibles y rígidos.	12
Figura 5 Rango granulométrico para Sub base y Base.	15
Figura 6 Curva de la distribución granulométrica de un suelo.	19
Figura 7 Análisis granulométrico por tamizado.	20
Figura 8 Límites de Atterberg.	21
Figura 9 Copa de Casagrande para determinar el límite líquido.	21
Figura 10 Curva de flujo para determinar el Límite Líquido.	22
Figura 11 Prueba de Límite Plástico.	22
Figura 12 Ejemplo del suelo en el Límite Plástico.	23
Figura 13 Carta de Plasticidad.	24
Figura 14 Equipo de compactación para Proctor Modificado.	26
Figura 15 Curva de Compactación.	26
Figura 16 Equipos necesarios para el ensayo de CBR.	27
Figura 17 Curva de carga – penetración del CBR.	28
Figura 18 Naturaleza de la curva carga - asentamiento con el ensayo de carga directa.	29
Figura 19 Comportamiento mecánico en un ciclo de carga y descarga.	30
Figura 20 Curva típica esfuerzo-deformación para un ciclo de carga y descarga.	31
Figura 21 Deformación del terreno ante la acción de una carga.	32
Figura 22 Coeficiente de balasto en la curva esfuerzo – deformación.	33
Figura 23 Deformación elástica producto de una carga.	34
Figura 24 Ensayos para obtener el Módulo Elástico.	35
Figura 25 Ensayo de Placa de Carga.	39
Figura 26 Curva de cargas vs asientos para determinar el módulo de reacción Ks.	42
Figura 27 Equipo de ensayo de carga directa ENERPAC P-80.	43
Figura 28 Zona de intervención del estudio, ubicado al noreste de la ciudad de Ayacucho.	45
Figura 29 Vista en planta del muestreo.	46
Figura 30 Vista en corte del muestreo.	47
Figura 31 Toma de muestra del material de Sub base a ensayar en laboratorio.	47
Figura 32 Toma de muestra para el material de Base a ensayar en laboratorio.	48
Figura 33 Mapa de Ubicación de la Zona de Estudio.	53
Figura 34 Componentes del equipo de Ensayo de Placa de Carga.	54
Figura 35 Ensamblaje del equipo del ensayo de Carga de Placa Estática.	55
Figura 36 Incrementos de carga mediante la bomba hidráulica.	56
Figura 37 Registro de los asentamientos mediante la toma de lectura de los diales.	57

Figura 38 Ensayo de Placa de Carga en la Sub base E-01 (0+280 lado izquierdo).	58
Figura 39 Ensayo de Placa de Carga en la Sub base E-02 (0+160 lado derecho).....	58
Figura 40 Ensayo de Placa de Carga en la Base E-03 (0+280 lado izquierdo).	59
Figura 41 Ensayo de Placa de Carga en la Base E-04 (0+160 lado derecho).	59
Figura 42 (a) Preparación de muestras a ser ensayadas Sub base; (b) Base.....	60
Figura 43 (a) Registro de masa húmeda de las muestras; (b) Secado en el horno.	61
Figura 44 Cuarteo de la muestra para Base y Sub Base granular.....	62
Figura 45 Lavado por el tamiz N°200 de la muestra.....	63
Figura 46 Secado en el horno de la muestra lavada para Base y Sub Base granular.	63
Figura 47 Movimiento de un lado a otro del juego de tamices.	64
Figura 48 (a) Registro de masa seca retenida en cada tamiz para Sub Base; (b) Base.	64
Figura 49 (a) Muestra de la pasante del tamiz N° 40 de la Sub base; (b) Base.....	65
Figura 50 (a) Muestra mezclada con incremento de agua de la Sub base; (b) Base.	65
Figura 51 (a) Mezcla dividida en la copa de Casagrande de la Sub base; (b) Base.	66
Figura 52 (a) Formación del rollito en la placa de vidrio para la muestra de Sub base; (b) Base.	67
Figura 53 (a) Seleccionando material que pasan el tamiz 3/4" de Sub base; (b) Base.....	68
Figura 54 (a) Preparando muestras de 5kg de Sub base; (b) Base.	69
Figura 55 (a) Peso del molde; (b) Medida del molde.....	69
Figura 56 (a) Adición de agua a la muestra de la Sub base y Base; (b) Mezcla.	70
Figura 57 (a) Compactación de la muestra de material granular de Sub base; (b) Base....	70
Figura 58 Enrasado del molde después de haber sido compactado.....	71
Figura 59 (a) Pesado de la muestra húmeda Sub base; (b) Base.	71
Figura 60 Secado en el horno de las muestras de Sub base y Base.....	72
Figura 61 Compactación de la muestra dividida en 5 partes a diferentes golpes por capa. 74	
Figura 62 (a) Medición de la expansión con el extensómetro para la Sub base; (b) Base. 75	
Figura 63 (a) Ensayo de penetración con prensa CBR para Sub base; (b) Base.....	76
Figura 64 Asentamientos en la etapa de carga (E-01: Sub base).	78
Figura 65 Asentamientos en la etapa de descarga (E-01: Sub base).	79
Figura 66 Curva de carga - asentamiento (E-01: Sub base).	80
Figura 67 Asentamientos en la etapa de carga (E-02: Sub base).	81
Figura 68 Asentamientos en la etapa de descarga (E-02: Sub base).	82
Figura 69 Curva de carga - asentamiento (E-02: Sub base).	83
Figura 70 Curva granulométrica y husos de la muestra de Sub base.	85
Figura 71 Curva de Fluidéz de la muestra del material de Sub base.....	87
Figura 72 Carta de Plasticidad de la muestra de Sub base.	88
Figura 73 Gráfico de la relación de humedad - densidad seca de la muestra de la Sub base.	89
Figura 74 Gráfico de la relación CBR - Densidad Seca de la Sub base.....	90
Figura 75 Gráfico de relación Carga - Penetración del molde a 12 golpes de la Sub base.90	

Figura 76	Gráfico de relación Carga - Penetración del molde a 25 golpes de la Sub base.	91
Figura 77	Gráfico de relación Carga - Penetración del molde a 56 golpes de la Sub base.	91
Figura 78	Asentamientos en la etapa de carga (E-03: Base).	93
Figura 79	Asentamientos en la etapa de descarga (E-03: Base).	94
Figura 80	Curva de carga - asentamiento (E-03: Base).	94
Figura 81	Asentamientos en la etapa de carga (E-04: Base).	96
Figura 82	Asentamientos en la etapa de descarga (E-04: Base).	97
Figura 83	Curva de carga - asentamiento (E-04: Base).	97
Figura 84	Curva granulométrica y husos de la muestra de Base.	99
Figura 85	Curva de Fluidez de la muestra del material de Base.	102
Figura 86	Carta de Plasticidad de la muestra del material de Base.	102
Figura 87	Gráfico de la relación de humedad - densidad seca de la muestra de Base.	103
Figura 88	Gráfico de la relación CBR - Densidad Seca de la Base.	104
Figura 89	Gráfico de relación Carga - Penetración del molde a 12 golpes de la Base.	104
Figura 90	Gráfico de relación Carga - Penetración del molde a 56 golpes de la Base.	105
Figura 91	Gráfico de relación Carga - Penetración del molde a 25 golpes de la Base.	105
Figura 92	Curva granulométrica y Husos para Sub base.	117
Figura 93	Curva de resistencia ensayo (E-01).	119
Figura 94	Curva de resistencia ensayo (E-02).	120
Figura 95	Curva granulométrica y Husos para Sub base.	123
Figura 96	Curva de resistencia ensayo (E-03).	125
Figura 97	Curva de resistencia ensayo (E-04).	126

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación geográfica, zona de intervención.	4
Tabla 2 Límites de separación de tamaño de suelo.	9
Tabla 3 Requerimientos Granulométricos para Base Granular.	13
Tabla 4 Requerimientos Granulométricos para Sub base Granular.....	14
Tabla 5 Requerimiento de Calidad para Sub base Granular.....	14
Tabla 6 Clasificación SUCS – Símbolos.....	17
Tabla 7 Clasificación AASHTO.....	17
Tabla 8 Serie de tamices empleadas para el ensayo.	18
Tabla 9 Diámetros de placas según el tipo de suelo o ensayo.....	39
Tabla 10 Variables de investigación.....	49
Tabla 11 Operacionalización de variables.....	50
Tabla 12 Registro de asentamientos etapa de carga (E-01: Sub base).	77
Tabla 13 Registro de asentamientos etapa de descarga (E-01: Sub base).	79
Tabla 14 Registro de asentamientos etapa de carga (E-02: Sub base).	80
Tabla 15 Registro de asentamientos etapa de descarga (E-02: Sub base).	82
Tabla 16 Resultado del contenido de humedad de la muestra de la Sub base.....	83
Tabla 17 Resultado granulometría de la muestra de la Sub base.	84
Tabla 18 Porcentaje de suelo de la muestra de la Sub base.....	84
Tabla 19 Porcentaje de gradación de la muestra de la Sub base.	85
Tabla 20 Clasificación SUCS de la muestra representativa de Sub base.	86
Tabla 21 Clasificación AASHTO de la muestra representativa de Sub base.....	86
Tabla 22 Límites de consistencia de la muestra del material de Sub base.	87
Tabla 23 Registro de asentamientos etapa de carga (E-03: Base).	92
Tabla 24 Registro de asentamientos etapa de descarga (E-03: Base).	93
Tabla 25 Registro de asentamientos etapa de carga (E-04: Base).	95
Tabla 26 Registro de asentamientos etapa de descarga (E-04: Base).....	96
Tabla 27 Resultado del contenido de humedad de la muestra de Base.	98
Tabla 28 Resultado granulometría de la muestra de Base.....	98
Tabla 29 Porcentaje de suelo de la muestra de Base.	99
Tabla 30 Porcentaje de gradación de la muestra de Base.	100
Tabla 31 Clasificación SUCS de la muestra representativa de Base.....	100
Tabla 32 Clasificación AASHTO de la muestra representativa de Base.....	101
Tabla 33 Límites de consistencia de la muestra del material de Base.....	101
Tabla 34 Estadística descriptiva del Asentamiento Elástico de acuerdo a la Hetergeniedad de los materiales.	106
Tabla 35 Estadística descriptiva del Asentamiento Elástico de acuerdo al tipo de material granular.....	106

Tabla 36 Estadística descriptiva del Asentamiento Elástico de acuerdo a las Características físicas del material y la Resistencia mecánica del material.....	106
Tabla 37 Prueba de normalidad.....	109
Tabla 38 Prueba de normalidad para las variables mediante Shapiro-Wilk	109
Tabla 39 Prueba t para muestras independientes debido a la heterogeneidad de los materiales.....	110
Tabla 40 Prueba t para muestras independientes debido al tipo de material.....	111
Tabla 41 Resumen del modelo de la segunda hipótesis específica.	113
Tabla 42 Significación de la Anova para la segunda hipótesis específica.	113
Tabla 43 Coeficientes del modelo de la segunda hipótesis específica.	113
Tabla 44 Resumen del modelo de la tercera hipótesis específica.....	114
Tabla 45 Significación de la Anova para la tercera hipótesis específica.....	115
Tabla 46 Coeficientes del modelo de la tercera hipótesis específica.....	115
Tabla 47 Resultados de los ensayos realizados a la muestra de Sub base.....	116
Tabla 48 Características de Base y Sub base granular para pavimentos urbanos.	117
Tabla 49 Requerimientos granulométricos para Sub base granular.	118
Tabla 50 Resultados obtenidos ensayo (E-01).	119
Tabla 51 Resultados obtenidos ensayo (E-02).	120
Tabla 52 Valores de K30 por tipo de suelo.	121
Tabla 53 Resultados de los ensayos realizados a la muestra de Base.	122
Tabla 54 Requerimientos granulométricos para Base granular.....	124
Tabla 55 Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR.....	124
Tabla 56 Resultados obtenidos ensayo (E-03).	125
Tabla 57 Resultados obtenidos ensayo (E-04).	126

GLOSARIO

Base: Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub base o de la subrasante y la capa de rodadura; forma parte de la estructura de un pavimento.

CBR (California Bearing Ratio): Valor soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.

Límite Líquido: Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

Límite Plástico: Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

Máxima Densidad Seca (MDS): Máximo valor definido por la curva de compactación del ensayo usando el esfuerzo modificado.

Módulo de elasticidad: Parámetro característico de un material que indica la relación existente entre los incrementos de esfuerzos y la deformación longitudinal unitaria.

Módulo de reacción: Capacidad de soporte de una superficie, representa la relación de la presión que ejerce una placa circular sobre la deformación que esta produce.

Óptimo Contenido de Humedad (OCH): Es el contenido de agua al cual el suelo puede ser compactado al máximo peso unitario seco usando el esfuerzo de compactación.

Pavimento: Estructura constituida por varias capas de material seleccionado; diseñado y construido para brindar transporte de vehículos de manera eficiente y segura.

Pavimento rígido: Estructura constituida por losas de concreto hidráulico, la cual se apoya directamente sobre la subrasante o sobre capa de material seleccionado.

Sub base: Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente debajo de la capa de base.

ACRÓNIMOS

ASSHTO : Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.
(American Association of State Highway and Transportation Officials)

ASTM : Asociación Americana para el Ensayo de Materiales.
(American Society for Testing Materials)

GRA : Gobierno Regional de Ayacucho.

INACAL : Instituto Nacional de Calidad.

ICONTEC : Instituto Colombiano de Normas Técnicas.

MTC : Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

NTP : Norma Técnica Peruana.

SUCS : Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

SÍMBOLOS

E: Módulo de deformación.

D: Diámetro de la placa utilizada (metros).

P: Carga (KN/m).

K: Módulo de reacción.

S: Asentamiento correspondiente al intervalo de carga.

Ks: Coeficiente de balasto.

σ : Tensión normal media bajo la placa.

s_1 : Asentamiento correspondiente al primer intervalo de carga.

E_v : Módulo de compresibilidad.

u: Coeficiente de Poisson.

w: Coeficiente de la forma de la placa.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

A nivel nacional y regional, los pavimentos rígidos se han incrementado debido a las demandas económicas y sociales la cual comprende la intervención de infraestructura vial adecuada para satisfacer la necesidad del servicio de transitabilidad vial de la población, principalmente en zonas urbanas ya que la losa de concreto hidráulico es el tipo de material más usado para su construcción por razones económicas y por su fácil disponibilidad.

Es así que en la ciudad de Ayacucho, en la av. Javier Pérez de Cuellar, al carecer de un adecuado servicio de transitabilidad vial interurbana, se ejecutó el proyecto de la avenida mencionada para satisfacer esas necesidades de la población, siendo la principal vía de acceso al Terminal Terrestre de la región.

Se sabe que, la estructura del pavimento se apoya sobre una superficie con determinado espesor, la cual está conformada por suelo natural compactado y material granular transportado como es el caso de la base y sub base. La heterogeneidad de estos materiales es importante debido a que su caracterización adecuada proporciona el valor de resistencia representativo del suelo de fundación.

El desafío geotécnico que implica mayor atención es la estimación de los asentamientos de los materiales granulares como es la base y sub base de interés del pavimento de diseño, las cuales están asociadas a las propiedades físicas, mecánicas, de rigidez y de deformabilidad; de tal forma que la estructura final sea capaz de soportar las cargas de tráfico a las que será sometida durante un determinado periodo cumpliendo con los niveles de servicio esperados.

Entre las propiedades asociadas a la deformabilidad, se encuentra el módulo de reacción y módulo de elasticidad del material, el cual se puede obtener mediante el ensayo Triaxial, ensayo que no se encuentra disponible en la mayoría de los laboratorios de la región y no son inmediatos. Al carecer de esta propiedad real de los materiales granulares como son la base y sub base, es posible obtenerlo mediante una ecuación de correlación a partir del valor de la Capacidad de Soporte de California (CBR) en función a los parámetros del ensayo in situ de la Placa de Carga.

1.1.1. Descripción de la realidad problemática mundial

Según Peñas (2009), los pavimentos actuales poseen una vida útil corta y un alto coste de mantenimiento; debido a la mejor distribución de cargas sobre el terreno y a su mejor comportamiento desde un punto de vista geotécnico, los pavimentos rígidos darían mejores resultados que los flexibles. Es por ello que se suele utilizar pavimentos rígidos en zonas urbanas, que consisten generalmente en losas de hormigón apoyadas en el suelo o superficies especiales. Para dar estabilidad a la estructura de hormigón se utilizan materiales propios o de canteras cercanas que ayuden a disminuir los costos de inversión; sin embargo, estos costos se ven elevados por la mala calidad de estos materiales, concluyendo que se deben buscar nuevos métodos de campo para evaluarlos y reducir el costo de las mismas, ya que centrándonos en el aspecto de ingeniería una de las variables que más afecta los asentamientos son los defectuosos materiales utilizados como apoyos que llevan a la falla de toda la estructura.

Para Barreto (2011) analizar las propiedades de esfuerzo-deformación del suelo significa comprender sus propiedades mecánicas y estimar el asentamiento del suelo cuando se somete a mayor esfuerzo. Entender el comportamiento de los suelos será el mayor propósito, para poder estimar el tipo apropiado de cimentación, y más aún, tomar las precauciones que se deben tener en cuenta para darle seguridad a las futuras estructuras. Una aplicación práctica son los ensayos de carga, en los cuales se experimenta a escala real, el comportamiento de cualquier sistema de fundación bajo la acción de cargas y establecer su capacidad última.

Según Valencia et al. (2012), en las obras geotécnicas, es notoria la deficiencia en el control técnico y en los ensayos de campo. En la evaluación previa de la capacidad de carga de los suelos no es la excepción; debido a que, son pocos los ensayos en campo realizados, evidenciando que estas pruebas de carga no son parte de la rutina de obras donde intervienen las fundaciones. Estos ensayos son analizados por medio del gráfico carga vs asentamiento, donde la capacidad de carga proporciona un nivel de asentamiento, considerando este asentamiento como la capacidad admitida por una estructura.

Desde la posición de Cifuentes & Iguavita (2020), en Colombia para realizar un reconocimiento geotécnico una alternativa muy ventajosa es el ensayo de placa de carga in situ, ya que determina

las propiedades mecánicas del suelo, obteniendo directamente su capacidad portante y su capacidad de deformación. Es especialmente adecuado para la detección del módulo de deformación de terraplenes y capas de pavimento, siendo el método habitual el estático, el cual consiste en aplicar la carga sobre la placa circular a través del gato, utilizando el camión cargado como fuerza de reacción del gato. De esta forma, comprobar y comprender la tensión aceptable en el terreno y los asentamientos.

1.1.2. Descripción de la realidad problemática nacional

La geotecnia de los suelos peruanos ah si do y seguirá siendo uno de los desafíos más importantes en los proyectos de ingeniería, pero a su vez la calidad de su ejecución es una responsabilidad primordial, la cual se ve afectada según (Carrillo, s. f.) “ en el caso del contratista, empleando menos equipos y materiales, y efectuando menos trabajos de campo, haciendo menos ensayos de laboratorio, menos análisis o simplemente emitir un informe suponiendo o imaginando determinado comportamiento del suelo”(p. 5). Es así que no siempre estos defectos quedan ocultos y cuando aparecen las pérdidas son cuantiosas y afectan el costo de la obra.

Según Jordán & Rosales (2017), usualmente uno de los problemas más importantes de los proyectos de ingeniería, es la determinación de los asentamientos en función de las cargas generadas y asimismo transmitidas al suelo mediante la cimentación. Para determinar esta influencia, se calcula mediante el “Coeficiente de Balasto” o “Módulo de Reacción del Suelo”, el cual fue bastante estudiado por Terzaghi; este parámetro se obtiene mediante el ensayo de Placa de Carga Estática, el cual consta de un equipo que cumpla con la característica normativa peruana (NTP 339.153) para realizar este ensayo.

Desde la posición de Lara (2014), “debido a la diversidad de suelos y tipos de proyectos en el Perú es necesario en algunos casos que se requieran la utilización de ensayos en campo y verificar su comportamiento en el lugar”(p. 1). De allí la importancia de la realización de pruebas de carga in situ, por ser este el método con menor incertidumbre en la determinación de las capacidades de soporte y asentamiento.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial (geográfica)

La presente investigación se enmarcará en la av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho.

Tabla 1

Ubicación geográfica, zona de intervención.

SISTEMA WGS 1984 (Zona 18)		
COORDENADAS U.T.M.		COTA
ESTE (m)	NORTE (m)	(m.s.n.m.)
583634.58	8546848.98	2761.00

Fuente: Elaboración propia.

1.2.2. Temporal

La presente investigación se realizará en todo el año 2020 y 2021 con la recolección de datos, evaluación y contrastación de hipótesis en el siguiente año.

1.2.3. Temática y unidad de análisis

La temática son los ensayos de placa de carga, los cuales permitirán determinar las características esfuerzo – deformación de cada capa granular de base y sub base mediante el módulo de reacción en el pavimento rígido de la vía Javier Pérez de Cuellar; la unidad de análisis son los materiales de base y sub base para evaluar los asentamientos elásticos mediante el ensayo de placa de carga.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿De qué manera influye la heterogeneidad de los materiales de base y sub base al evaluar los asentamientos elásticos empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020?

1.3.2. Problemas Específicos

- a. ¿De qué manera influyen los tipos de materiales granulares de base y sub base al analizar los asentamientos elásticos?
- b. ¿De qué manera intervienen las características físicas de los materiales de base y sub base al analizar los asentamientos elásticos?
- c. ¿Cómo influye el resultado de la resistencia mecánica de los materiales de base y sub base en el análisis de los asentamientos elásticos?

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación de la Investigación

La justificación de la presente investigación, radica en la adecuada evaluación de los asentamientos elásticos con la influencia de la heterogeneidad en la base y sub base del pavimento rígido del proyecto de servicio de transitabilidad vial interurbana de la av. Javier Pérez de Cuellar, la cual es la principal vía de acceso al Terminal Terrestre de Ayacucho.

Esta evaluación se determina por medio de un adecuado criterio de análisis de la correlación entre el ensayo CBR en laboratorio y la ecuación de teoría de la elasticidad del Ensayo de Placa de Carga (ensayo in situ), con lo cual se evitarán posibles problemas de post construcción.

Así mismo, la confiabilidad y calidad del diseño del proyecto en mención está directamente relacionadas con la información de la caracterización de los materiales granulares, es decir con la heterogeneidad de los materiales de base y sub base, ya que un conocimiento inadecuado de estos materiales podría originar costos altos de adicionales de obra en comparación con una investigación geotécnica, así como atrasos de obra y reducción de la vida útil del pavimento

1.4.2. Importancia de la Investigación

La importancia de la investigación, radica en el uso del ensayo de Placa de Carga (ensayo in situ), el cual pretende tomar importancia como herramienta de predicción y certeza del comportamiento de los materiales granulares que conforman el pavimento, así permitiendo determinar directamente las características de resistencia y deformación del suelo, también

permitiendo que los proyectos se afronten con rapidez, seguridad y fiabilidad; ya que los resultados obtenidos en los laboratorios tienen la dificultad de contar con muestras representativas del suelo.

1.5. Limitaciones de la investigación

La investigación se limita principalmente al costo elevado por punto de evaluación, que conlleva realizar pocos ensayos, sabiendo que la investigación experimental permite realizar ensayos in situ, por lo cual se limitará en obtener par de pruebas del ensayo de Placa de carga.

Otra limitación que se tuvo es la recolección de la muestra en la ejecución del proyecto en plena pandemia del COVID-19, ya que el ingreso a la obra estuvo bastante restringido, con lo que se tuvo que lidiar en la toma de los datos de muestra representativa.

Otra limitación son los contratistas, el temor al cambio de las prácticas comunes que realizan en sus construcciones de obras civiles y a la mejora de las mismas en el futuro, en su aplicación e implementación a este nuevo método para su mejor desempeño en ejecución con ensayos in situ.

Por otro lado, es necesario mencionar las pocas investigaciones que se tiene en el tema, la muy limitada bibliografía, es por ello que se deja abierta la posibilidad de que otros investigadores amplíen o profundicen esta investigación.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo General

Evaluar los asentamientos elásticos por influencia de la heterogeneidad de los materiales de base y sub base empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar la clasificación del tipo de suelo de los materiales de base y sub base.
- b. Determinar las características físicas de los materiales de base y sub base.
- c. Evaluar el CBR de la resistencia mecánica de materiales de base y sub base.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Investigaciones Internacionales

Acevedo y Henao (2017), en la investigación “Determinación del módulo de reacción (k) para el conjunto de capa triturada y sub-rasante”, propuso analizar el módulo de reacción a un tramo de prueba compuesto por el conjunto de subbase triturada y subrasante utilizando los ensayos de placa de carga, esto con el objetivo de valorar el comportamiento de la resistencia a las deformaciones bajo la aplicación de esfuerzos al utilizar diferentes espesores de material triturado como capa de subbase. Esta investigación consistió, en caracterizar conjuntos Sub-Rasante/Capa Triturada que fue Grava Arcillo-Limosa, con resultados de C.B.R de 31,7% y 25,5% a valores de compactación del 100% y 95% respectivamente, además de determinar los módulos de reacción para estas capas propuestas de subbase triturada de 20 y 30 cm de espesor. Se llegó a algunas conclusiones como el valor de módulo de reacción hallado fue de 90 (MPA/m) el cual se comparó con el hallado en campo que fue del 47 (MPA/m), demostrando la diferencia de resultados obtenido, debido a que las correlaciones están creadas basadas en métodos empíricos y los resultados obtenidos fueron tomados directamente de campo.

Cortés Mena (2010), en la investigación “Estudio exploratorio para la determinación del coeficiente de balasto a partir de ensayos en laboratorio para suelos cohesivos (HSEQ)”, determina el módulo de reacción mediante el ensayo de placa de carga in situ para un determinado suelo a partir del resultado del ensayo en el laboratorio; de modo que, su principal objetivo radicó en comparar los valores determinados con los de los ensayos de laboratorio, amparados en las bases teóricas y los datos experimentales. Si bien los resultados de estas dos maneras de estimar el módulo de reacción no se ajustan a la teoría, se concluye que se recomienda continuar con la investigación, ya que el resultado del ensayo de carga in situ si muestra relación en los lugares evaluados y se asemeja como la mitad del valor del módulo determinado en laboratorio.

Higuera (2006), en la investigación “Análisis de sensibilidad de las variables de diseño de un pavimento rígido y su incidencia en la deflexión”, sostuvo que el análisis de sensibilidad de cada una de las variables influyen en la determinación de la deflexión una estructura de un pavimento rígido. Las variables analizadas fueron las siguientes: la carga aplicada, el espesor de la losa, el

radio de carga, el módulo de elasticidad del concreto, la relación de Poisson del concreto y el módulo de reacción del conjunto de apoyo o fundación de la losa. Estas variables se utilizan para comprender la relación entre el borde, la esquina y la deflexión interna de la losa de concreto y el módulo de respuesta de la combinación de subbase/subrasante de un modelo de pavimento rígido que cumpla los parámetros de diseño, incluido el soporte de una losa de concreto de 22 cm de espesor apoyada sobre una subbase granular 15 cm; estas estuvieron apoyadas sobre la subrasante con un módulo de reacción de 2,71 kg/cm³ o 98 lb/in³, el módulo de reacción combinado de la subbase y la subrasante es de 7,9 kg/cm³ o 285 lb/in³, demostrando que las fundaciones con baja capacidad de soporte ayudan a la inducción de mayores deflexiones y a su vez la ruptura de la losa de concreto.

2.1.2. Investigaciones Nacionales

En el Perú los estudios para determinar los asentamientos elásticos en pavimentos rígidos en campo son escasas, debido a la poca práctica de estos ensayos y por el costo que demanda. Sin embargo, existen algunas investigaciones en otros proyectos de cimentación, en los cuales se aplica este ensayo de carga in situ para determinar el módulo de reacción del suelo.

Socualaya (2019), en la investigación “Caracterización de suelos para la obtención de coeficiente de balasto, distrito de San Agustín de Cajas” se realizó la caracterización del suelo para la obtención del coeficiente de balasto o módulo de reacción, lo cual busca determinar la influencia de las características físicas, mecánicas y la capacidad admisible del suelo. El método se basa en la obtención de dicho módulo mediante el ensayo de carga in situ, así como pruebas de laboratorio y métodos de estimación recolectados de cinco sitios de estudio. Se obtuvieron los siguientes resultados, el suelo se clasifica como arcilla plástica baja (CL), para las calicatas 1, 3, 5 y para las calicatas 2 y 4, se clasifican como arena limosa (SM), según el nomograma de la relación entre la composición del suelo y los valores de soporte de CBR, arrojaron el módulo de reacción para las calicatas 1, 3, 5 de 9,20 kg/cm³, 11,35 kg/cm³ y 7,25 kg/cm³, respectivamente, y para las calicatas 2 y 4 fueron 20,75 kg/cm³ y 21,91 kg/cm³. Se concluye de la investigación que la obtención del módulo de reacción varía por influencia de las características que puede presentar el suelo heterogéneo, y por el método de estimación que influye en su comportamiento; es por ello la importancia de la adecuada caracterización del suelo y el ensayo in situ.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. El suelo y su origen

(Crespo Villalaz, 2004) hace mención de la definición como: “ el suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan” (p. 18).

El suelo describe las capas del material suelto sin consolidar que se extiende en la superficie terrestre, la cual es producto del intemperismo o de la desintegración mecánica de las rocas preexistentes, en donde se puede realizar cualquier tipo de obra sobre él, con él o en él, sin la necesidad de perforaciones o voladuras (Whitlow, 1999).

2.2.2. Principales tipos de suelos

Independiente de su origen, sean estos orgánicos o inorgánicos, los principales tipos de suelos dependiendo de los tamaños de sus partículas que la conforman, generalmente son llamados como grava, arena, limo o arcilla (Das, 2013). En la siguiente tabla se muestran los límites de separación del tamaño para cada tipo de suelo.

Tabla 2

Límites de separación de tamaño de suelo.

Nombre de la organización	Tamaño de grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de E.U. (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	<0.002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de E.U., Oficina de Reclamación de E.U., Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (p.ej., linos y arcillas) <0.075	

Fuente: (Das, 2013).

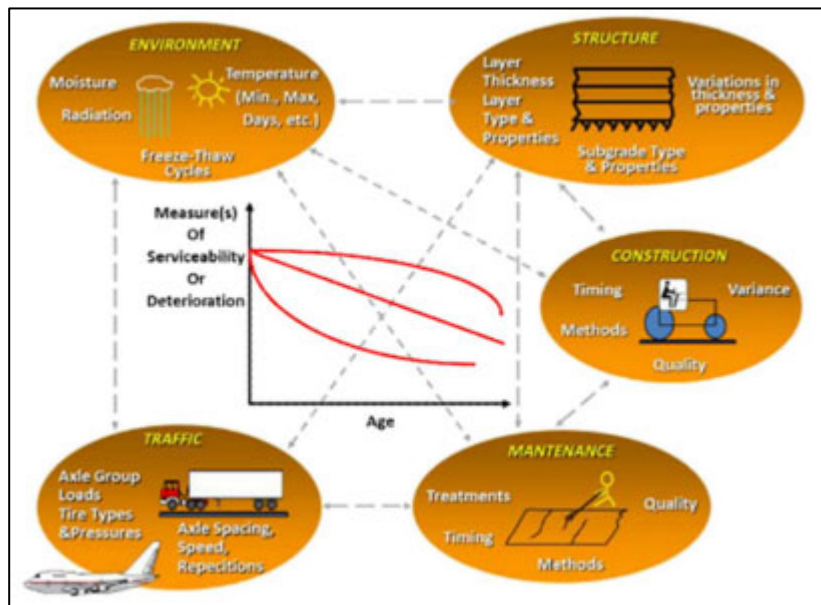
2.2.3. Pavimento

Según la siguiente definición, el pavimento es el “conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente” (Cevallos, 2021, p. 8).

Los factores de su diseño pueden ser divididos en cuatro categorías: tráfico y carga, medioambiente, materiales y criterios de falla (Huang, 2004). En la figura siguiente se observa la relación que existe entre estos factores, la cual varía de acuerdo a su tipología y uso, siendo la influencia del tráfico la más incidente, así como las condiciones ambientales y los materiales que conforman la estructura como son la Base y Sub base.

Figura 1

Relación entre los factores de diseño de un pavimento.



Fuente: (Huang, 2004).

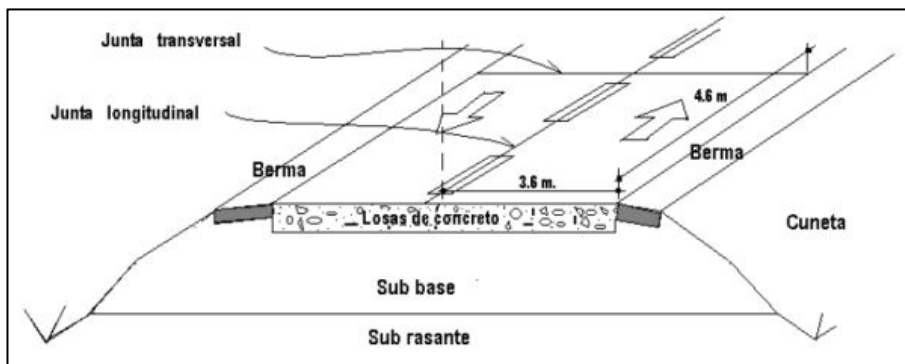
La tipología de cada pavimento que se emplea en cada caso, dependerá de la naturaleza del terreno, de sus funciones y sobre todo de los materiales de construcción disponibles que será el más adecuado (Lambe & Whitman, 2012).

2.2.4. Pavimento rígido o hidráulico

Un pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, el cual se encuentra apoyado directamente sobre la sub rasante o sobre una capa de material granular seleccionado llamado Sub base. La losa de concreto absorbe gran parte de los esfuerzos inducidos por el tráfico que se ejercen sobre el pavimento, esto debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad (Rondón & Reyes, 2015).

Figura 2

Estructura típica de un pavimento rígido.

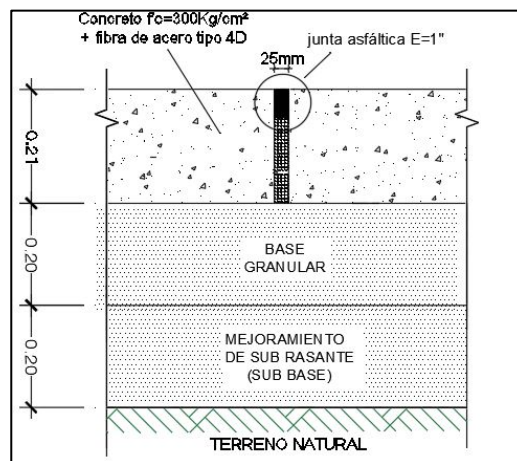


Fuente: (Monsalve Escobar et al., 2012).

En la siguiente figura, se muestra la sección típica del pavimento rígido que forma parte de esta investigación.

Figura 3

Sección típica de pavimento rígido del proyecto de investigación.



Fuente: (GRA, 2020).

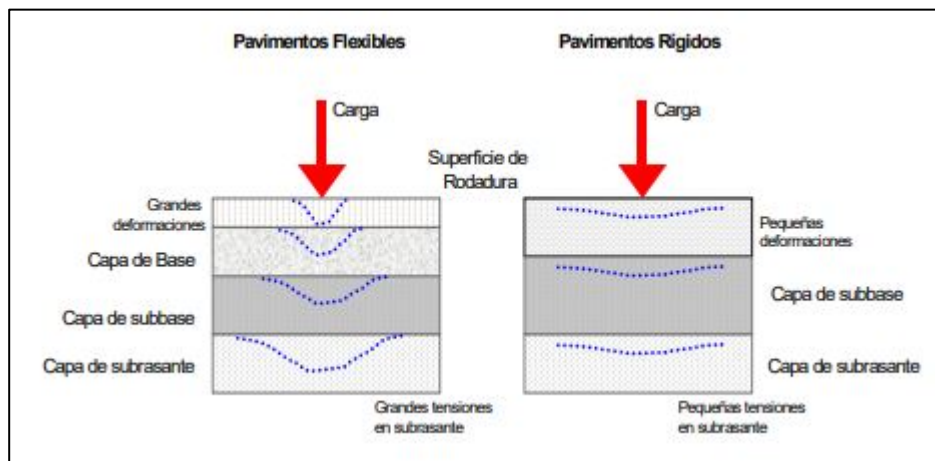
Este pavimento rígido, obedece al proyecto: “ADECUADOS SERVICIOS DE TRANSITABILIDAD VIAL INTERURBANA EN LA AVENIDA JAVIER PÉREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, DE LA PROVINCIA DE HUAMANGA, DEL DEPARTAMENTO AYACUCHO”.

Proyecto que consiste, en el mejoramiento de superficie de rodadura con pavimento rígido de la Av. Javier Pérez de Cuellar con una longitud de 2,017.65m, (0+997.65 km de ida con un ancho de rodadura 7.30m y 1+020 km de vuelta con ancho de rodadura 9.00m), el espesor de pavimento será de 0.21m con un concreto $f'c=300$ kg/cm², con aditivos de fibra de acero 4D, el vaciado de los paños del tramo de ida tendrán una sección de 4.50m X 3.65m y en el de vuelta 4.50m X 4.50m, para reducir los esfuerzos y deflexiones en las juntas de los pavimentos, las juntas transversales llevaran “DOWELS” con acero liso de $\frac{3}{4}$ ” (GRA, 2020).

El pavimento rígido se caracteriza por distribuir las cargas en una extensa área por debajo de la losa, esta condición conlleva a una buena distribución de las cargas de rueda, generando menores deflexiones y menores esfuerzo en la subrasante (Menéndez, 2016b). A continuación, se muestra la diferencia de la distribución de cargas en la estructura de pavimentos rígidos y flexibles.

Figura 4

Distribución de cargas en pavimentos flexibles y rígidos.



Fuente:(Coronado Iturbide et al., 2002)

2.2.5. Base granular

La base granular es la capa de la estructura de pavimento que por lo general subyace a la losa de concreto en un pavimento rígido, esta capa se compone de materiales granulares colocados sobre la sub base, los cuales deberán cumplir requisitos mínimos de calidad en función a su granulometría (Rondón & Reyes, 2015).

Los agregados para la construcción que requieran uso de la Base Granular deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en esta normativa, para prevenir segregaciones además de garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos (MTC, 2013). En la siguiente tabla se muestra los requerimientos granulométricos para tal fin.

Tabla 3

Requerimientos Granulométricos para Base Granular.

Tamaño del tamiz	Porcentaje de masa pasando tamices de malla cuadrada					
	Tipo I				Tipo II	
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D	Gradación E	Gradación F
50 mm (2 pulg.)	100	100
25.0 mm (1 pulg.)	...	75 a 95	100	100	100	100
9,5-mm (3/8 -en.)	30 a 65	40 a 75	50 a 85	60 a 100
4,75 mm (n.º 4)	25 a 55	30 a 60	35 a 65	50 a 85	55 a 100	70 a 100
2.00 mm (No. 10)	15 a 40	20 a 45	25 a 50	40 a 70	40 a 100	55 a 100
425-µm (no 40)	8 a 20	15 a 30	15 a 30	25 a 45	20 a 50	30 a 70
75 µm (No. 200)	2 a 8	5 a 15	5 a 15	8 a 15	6 a 15	8 a 15

Fuente: (ASTM D1241, 2015) – (MTC, 2013) EG-2013 (Sección 403-01).

2.2.6. Sub base granular

El uso de una sub base depende de varios factores, incluyendo la tipología y rigidez de la sub rasante así como de la base granular, esto para proteger a la base de alguna contaminación por finos o de la posible erosión y pérdida de su soporte (Figuroa Gómez, 2005).

“La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado de la subrasante” (Monsalve Escobar et al.,

2012, p. 24). Se muestra en la siguiente tabla los requerimientos granulométricos para el material de Sub base Granular.

Tabla 4

Requerimientos Granulométricos para Sub base Granular.

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A *	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4,75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2,0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4,25 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Fuente: (ASTM D1241, 2015) – (MTC, 2013) EG-2013 (Sección 402-01).

Los estudios geotécnicos en el Perú utilizan técnicas muy importantes como son la exploración de campo, los ensayos de laboratorio y los ensayos in situ, con base en la norma técnica peruana (NTP); para la Sub base, los requerimientos de calidad se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5

Requerimiento de Calidad para Sub base Granular.

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
Abrasión Los Angeles	NTP 400.019:2002	50 % máximo	
CBR de laboratorio	NTP 339.145:1999	30-40 % mínimo*	
Limite Líquido	NTP 339.129:1998	25% máximo	
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1998	6% máximo	4% máximo
Equivalente de Arena	NTP 339.146:2000	25% mínimo	35% mínimo
Sales Solubles Totales	NTP 339.152:2002	1% máximo	

Fuente:(MVCS, 2010).

2.3. Marco Conceptual

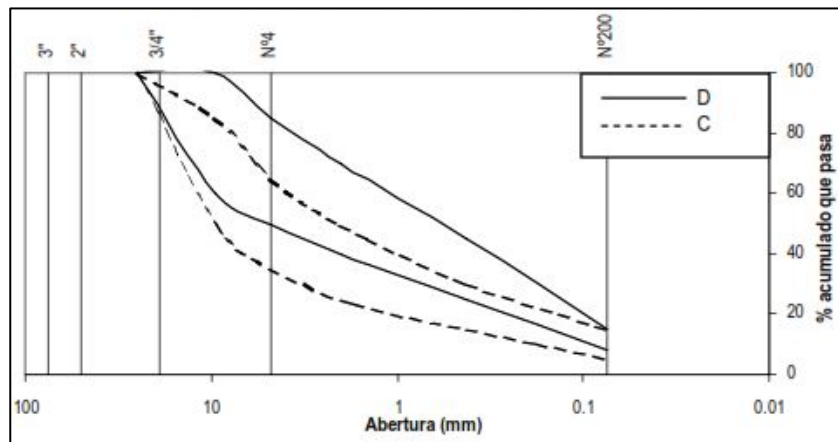
2.3.1. Heterogeneidad de los materiales de base y sub base

La mecánica de suelos es la rama de la ingeniería que implica el estudio de las propiedades de los suelos y su comportamiento bajo esfuerzos y deformaciones en condiciones idealizadas; no obstante, los perfiles de suelo que se encuentran en la naturaleza son heterogéneos, rara vez son uniformes, elásticos e isotrópicos. Para que una estructura funcione adecuadamente, en su correcta evaluación y diseño, deberá aplicarse las teorías y correlaciones acompañado de una adecuada caracterización del material de suelo, con la toma de datos y la experiencia en el campo de trabajo (Das, 2011).

Los materiales empleados en la construcción, deberán cumplir con especificaciones técnicas que garanticen un buen comportamiento durante su periodo de vida; para verificar la calidad del material, este deberá someterse a ensayos debiendo cumplir aquellas especificaciones (Minaya & Ordoñez, 2006). Como se observa en la siguiente figura, una especificación para Sub Base y Base.

Figura 5

Rango granulométrico para Sub base y Base.



Fuente: (MTC, 2013).

Para Flores et al. (2013), el diseño y control en construcción requieren la verificación de la capacidad de carga de los estratos; pero lo disímil y heterogéneo de los suelos peruanos obliga muchas veces al uso de ensayos que otorguen mayor certeza de la capacidad admisible requerida.

Al respecto la normativa específica que se debe realizar una prueba de carga, bajo las solicitaciones del proyecto; pero muchas veces, las pruebas de carga requieren considerable tiempo y son costosas, por lo que el número de pruebas que se podría realizar es limitado.

2.3.1.1. Tipos de materiales granulares de base y sub base

Dada la complejidad y variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza, cualquier intento de sistematización científica, debe ir precedido por otro de clasificación completa; es por ello que la Mecánica de Suelos desarrolló estos sistemas de clasificación desde un principio (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2012).

“Los sistemas de clasificación de suelos dividen a estos en grupos y subgrupos con base en propiedades ingenieriles comunes tales como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico” (Das, 2011, p. 17).

Actualmente dos elaborados sistemas de clasificación son los que se utilizan en la distribución granulométrica, se trata de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y del SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) (Das, 2013).

Clasificación SUCS

Este sistema de clasificación identifica tres divisiones mayores de suelo: suelos de grano grueso, suelos de grano fino, y suelos altamente orgánicos, estas tres divisiones a su vez son divididas en un total de 15 grupos básicos de suelo. Basándose en los resultados de observaciones visuales y pruebas de laboratorio prescritas, un suelo es catalogado de acuerdo al grupo básico de suelo, asignándole un símbolo(s) de grupo y un nombre, quedando clasificado de este modo (ASTM D2487, 1993).

Tabla 6

Clasificación SUCS – Símbolos.

Símbolo	Descripción	Símbolo	Descripción
G	Grava	Pt	Turba y suelos altamente orgánicos
S	Arena	H	Alta plasticidad
M	Limo	L	Baja plasticidad
C	Arcilla	W	Bien graduada
O	Limos orgánicos y arcillas	P	Mal graduada

Fuente: (ASTM D2487, 1993).

Clasificación AASHTO

“Esta clasificación fue adoptada por la “American Association of State Highway Officials” y el uso especial es para la construcción de vías, en especial para manejo de subrasantes y terraplenes” (Duque, 2003,p. 5).

De acuerdo con este sistema el suelo se clasifica en siete grupos principales: A-1 a A-7. Los suelos que clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz número 200. Los suelos donde más de 35% pasa a través del tamiz número 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 (Das, 2013).

Tabla 7

Clasificación AASHTO.

Clasificación General		Materiales granulares 35% o menos pasan la malla 200						Materiales limosos y arcillosos más del 35% pasa la malla No 200					
Grupos		A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7		
		A-1-a	a-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis por mallas, % que pasa la malla No	10 40 200	50 Max 30 Max	50 Max	51 Min									
		15Max	25 Max	10 Max	35 Max	35 Max	35 Max	35 Max	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min
Característica de la fracción que pasa la malla 40	LL LP				40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	41 Min
		6 Max	6 Max	NP	10 Max	10Max	11 Min	11 Min	10 Max	10 Max	11 Min	11 Min	11 Min
Índice de grupo		0	0	0	0	4 Max	8 Max	4 Max	8 Max	12 Max	16 Max	20 Max	20 Max
Tipo usual de materiales constituyentes		Piedra Grava Arena		Arena	Arena limosa o arcillosa, arena			Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Comportamiento general como subbase		EXELENTE A BUENO						ACEPTABLE A MALO					

Nota: En la división A-7, cuando IP > 30, el grupo A-7-5. Si el IP < 30 el grupo es A-7-6

Fuente: (Duque, 2003).

Distribución granulométrica

En cualquier tipo de suelo, los tamaños de los granos varían en gran medida. Para poder clasificar apropiadamente un suelo, se tiene que conocer su distribución granulométrica y ello se determina por lo general mediante un análisis granulométrico con mallas (Das, 2011).

El análisis granulométrico se realiza en base a la norma de la (ASTM D6913, 2017), y tiene por objetivo determinar cuantitativamente la distribución del tamaño de las partículas y la gradación del suelo; para este fin, se utiliza tamices con abertura cuadrada que van desde el tamiz de 3 pulgadas (75mm) hasta la de N°200 (0.075mm) (Shuan & Basurto, 2019a).

Tabla 8

Serie de tamices empleadas para el ensayo.

TAMICES DE ACUERDO A NORMA E11			
Alternativo	Estándar	Alternativo	Estándar
3 in	75.0 mm	N° 10	2.00 mm
2 in	50.0 mm	N° 20	0.850 mm (850 μm)
1 ½ in	37.5 mm	N° 40	0.425 mm (425 μm)
1 in	25.0 mm	N° 60	0.250 mm (250 μm)
¾ in	19.0 mm	N° 100	0.150 mm (150 μm)
3/8 in	9.5 mm	N° 140	0.106 mm (106 μm)
N° 4	4.75 mm	N° 200	0.075 mm (75 μm)

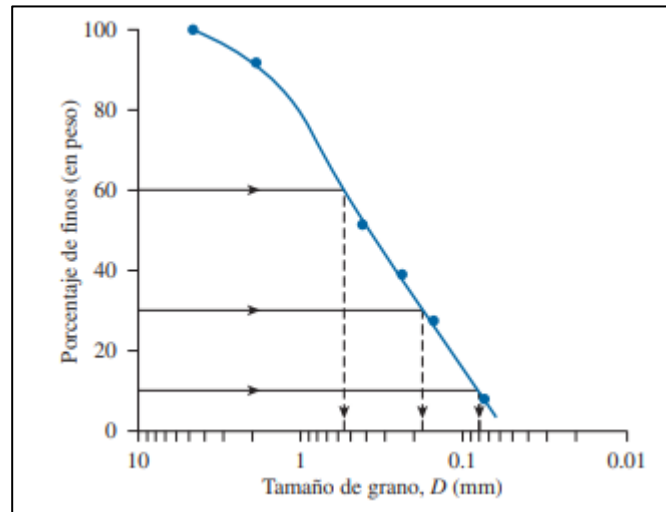
Fuente: (ASTM D6913, 2017).

Con los resultados de la cantidad atrapada en cada malla y los porcentajes acumulados, en una gráfica semilogarítmica se traza una curva en orden decreciente, midiéndose la cantidad de finos atrapado en cada malla. En esta distribución se obtienen diámetros característicos tales como el D10, D30 y D60. D se refiere al tamaño del grano o diámetro aparente de la partícula de suelo y el subíndice (10, 30, 60) denota el porcentaje de material que pasa (Das, 2013).

A continuación, en la figura siguiente se muestra la curva granulométrica para un tipo de suelo, donde se evidencia los diámetros característicos que se obtienen del análisis granulométrico.

Figura 6

Curva de la distribución granulométrica de un suelo.



Fuente: (Das, 2011).

De la curva granulométrica, se pueden determinar dos parámetros que se utilizan en el sistema de clasificación SUCS:

Coefficiente de Uniformidad C_u : El coeficiente de uniformidad está dado por la relación de D_{60} y D_{10} que corresponde al diámetro en la curva de distribución del tamaño de partícula correspondiente al 60% y 10% más fino respectivamente (Das, 2013).

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

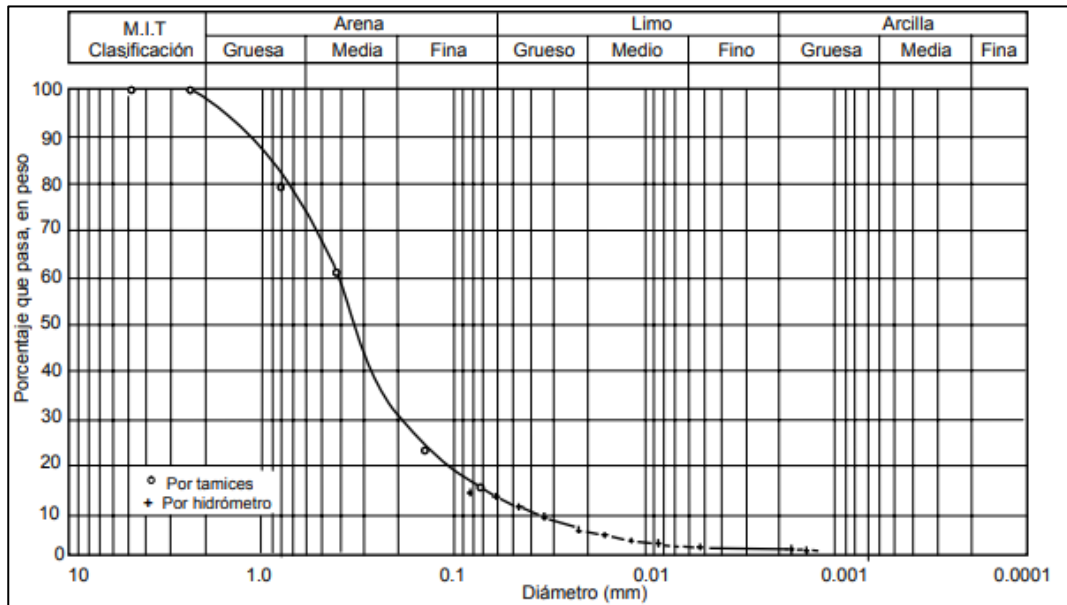
Coefficiente de Concavidad C_c : Es una medida de la forma de la curva entre del D_{60} y el D_{10} y se define de la siguiente forma:

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

Finalmente, con los resultados del análisis granulométrico y los límites de consistencia se reportan gráficamente la curva granulométrica de la muestra del suelo (Minaya & Ordoñez, 2006). A continuación, se muestra en la figura la curva granulométrica de una muestra de suelo después de realizar su análisis granulométrico.

Figura 7

Análisis granulométrico por tamizado.



Fuente: (Lambe & Whitman, 2012).

2.3.1.2. Características físicas de materiales de base y sub base

Las propiedades físicas de los materiales nos proporcionan información básica del suelo, estas propiedades pueden ser correlacionadas con otras propiedades fundamentales tales como la resistencia o la permeabilidad; las principales propiedades físicas son: peso específico, contenido de humedad, peso unitario (densidad) y la plasticidad (límites de Atterberg) (Menéndez, 2016a).

Contenido de Humedad

Según la ASTM D2216 (2019) para obtener el Contenido de Humedad, primeramente se determina la masa de la muestra húmeda, luego esta muestra se seca en un horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$; la pérdida de masa debido al secado, se considera el contenido agua y este se calcula relacionando la masa de agua de la muestra con la seca expresada en porcentaje.

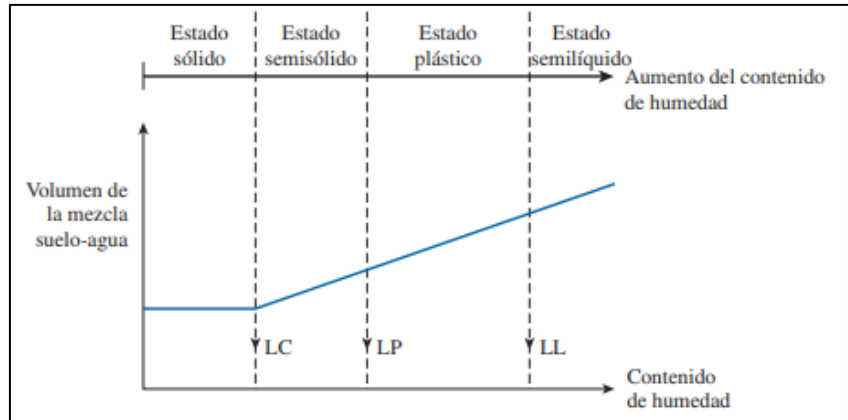
Límites de Consistencia (Límites de Atterberg)

Los suelos en su gran mayoría son estables cuando se encuentran secos; pero cuando se mezcla con una cantidad excesiva de agua, éste puede fluir como un semilíquido, y si este se seca en forma gradual, se comportará como un material plástico, semisólido o sólido (Das, 2011).

Dependiendo del contenido de agua en los suelos, este pasará de un estado a otro, para ello se ha establecido límites que describen al suelo, como se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 8

Límites de Atterberg.



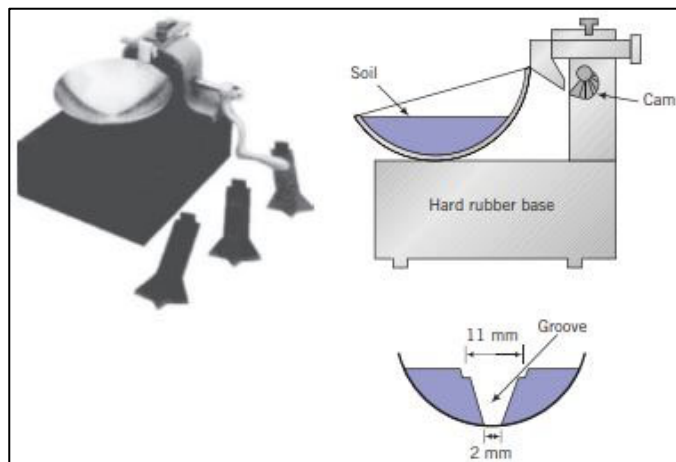
Fuente: (Das, 2011).

Límite Líquido (LL)

La obtención del límite líquido de un suelo esta designada en la norma ASTM D-4318, según la cual se determina utilizando la copa de Casagrande y se define como el contenido de humedad en el que se cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes (Das, 2013). En la figura 9 se observa el dispositivo para su ensayo y en la figura 10 como se determina.

Figura 9

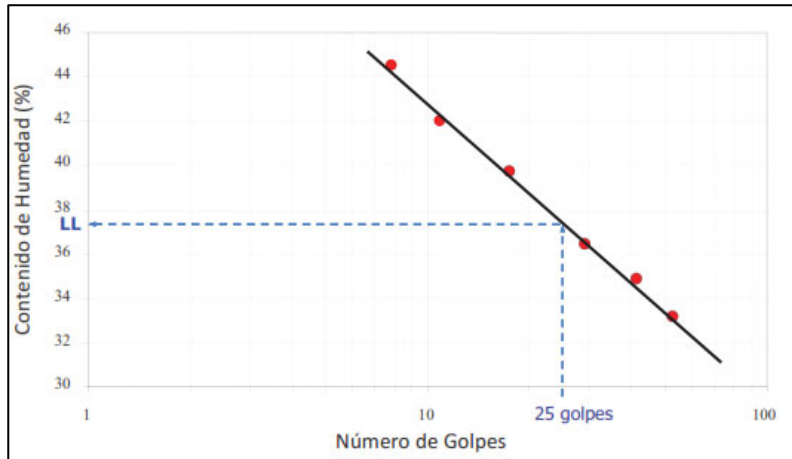
Copa de Casagrande para determinar el límite líquido.



Fuente: (Muni Budhu, 2015).

Figura 10

Curva de flujo para determinar el Límite Líquido.



Fuente: (Escalaya, 2019b).

Límite Plástico (LP)

Según Das (2011) el límite plástico se define como: “el contenido de humedad en el que el suelo se agrieta al formar un rollito de 3.18 mm de diámetro (designación de prueba D-4318 de la ASTM) (p. 15). En las siguientes figuras se observan la prueba de límite plástico y el resultado de un suelo al culminar el ensayo.

Figura 11

Prueba de Límite Plástico.



Fuente: (Das, 2013).

Figura 12

Ejemplo del suelo en el Límite Plástico.



Fuente: (ASTM D4318, 2017).

Índice de plasticidad (IP)

El Índice de plasticidad (IP) se define como: “la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos” (Crespo Villalaz, 2004, p. 78).

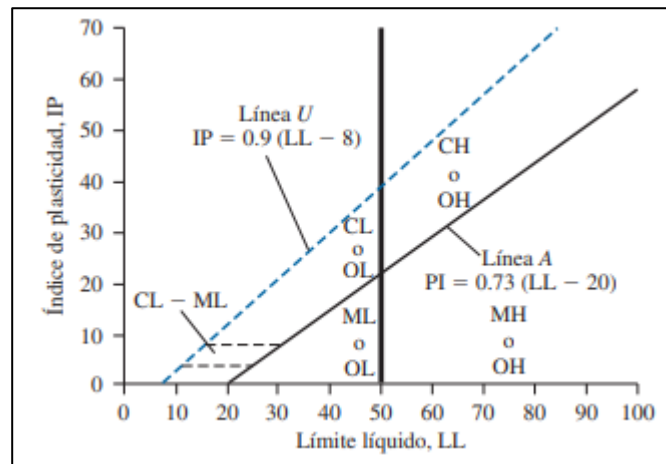
Carta de Plasticidad

La carta de plasticidad o de Casagrande, se propuso en función a los resultados del estudio de la razón del índice de plasticidad con el límite líquido, estos se realizaron en diferentes suelos naturales y para ello se utilizaron las pruebas de laboratorio mencionadas (Das, 2013).

La carta de plasticidad se usa para correlacionar varios parámetros físicos del suelo, así como para su identificación y clasificación. A continuación, se muestra en la siguiente figura.

Figura 13

Carta de Plasticidad.



Fuente: (Das, 2011).

2.3.1.3. Resistencia mecánica de materiales de base y sub base

Para Menéndez (2016a), la resistencia mecánica de los materiales de Base y Sub base desempeñan un papel importante en el rendimiento de los pavimentos, esta característica es la responsable de proporcionar una estructura global fuerte para resistir las deformaciones debido a las cargas. Estos materiales son expuestos a fuerzas de abrasión durante operaciones en canteras y compactación en el campo, por lo que se deberá tener un adecuado control de calidad, ya que la baja calidad de estos materiales podría provocar la falla de la estructura del pavimento y reducir su capacidad de carga. Con el objetivo de parametrizar esta resistencia se realiza la Prueba de Proctor Modificado y la prueba de valor relativo de soporte (CBR).

Prueba de Proctor Modificado

Según Menéndez (2016a), “La compactación es uno de los procedimientos básicos de la construcción que comprende la subrasante, subbase y base de carreteras y pavimentos de aeropuertos, terraplenes y estructuras similares cuando se trata de materiales granulares, mixtos o finos”(p. 86). Es una técnica económica y popular para mejorar los suelos, se trata de densificar y reducir la relación de vacíos a través de la expulsión de aire usando esfuerzo mecánico (Muni Budhu, 2015).

La compactación es el proceso de incrementar la cantidad de sólidos por unidad de volumen de suelo con técnicas mecánicas. Este aumento de densidad tiene un efecto importante en el mejoramiento de las propiedades del suelo tales como resistencia, permeabilidad y compresibilidad (Menéndez, 2016a). Es decir, “la compactación aumenta las características de resistencia de los suelos, incrementando de este modo la capacidad de carga de las cimentaciones construidas sobre ellos” (Das, 2013, p. 91).

La prueba de Proctor se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado para diferentes contenidos de humedad; esta prueba tiene por objetivo calcular el peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima con el que se deberá realizarse la compactación (Crespo Villalaz, 2004).

“Con el desarrollo de rodillos pesados y su uso en la compactación en campo, la prueba Proctor estándar fue modificada para representar mejor las condiciones de campo. Esto se refiere a veces como la prueba Proctor modificada” (Das, 2013, p. 98).

La prueba de Proctor modificado, es utilizado para determinar la relación entre el contenido de agua de moldeo y el peso unitario seco de los suelos compactado en un molde de 4 o 6 pulgadas de diámetro, con un apisonador de 10.00 lbf que cae desde una altura de 18.00 pulgadas produciendo un esfuerzo de compactación de 56 000 ft-lbf/ft³ (ASTM D1557, 2012).

En esta prueba, la compactación implica colocar la muestra del suelo en 5 capas en el molde y aplicar 25 o 56 golpes a cada capa (dependiendo del método de ensayo), usando el apisonador modificado, el cual genera la energía de compactación; cuando se finaliza la última capa, se enrasa el suelo respecto del molde, para luego registrar la masa y determinar la densidad del suelo compactado (Shuan & Basurto, 2019b).

Para el ensayo de Proctor modificado, se utilizan equipos y procedimientos establecidos en la normativa de la ASTM antes mencionada; se observa en la siguiente figura los equipos necesarios para realizar este ensayo, el cual depende de la manipulación y operación del responsable de laboratorio, ya que siguiendo estos procedimientos normativos obtendrá resultados confiables.

Figura 14

Equipo de compactación para Proctor Modificado.

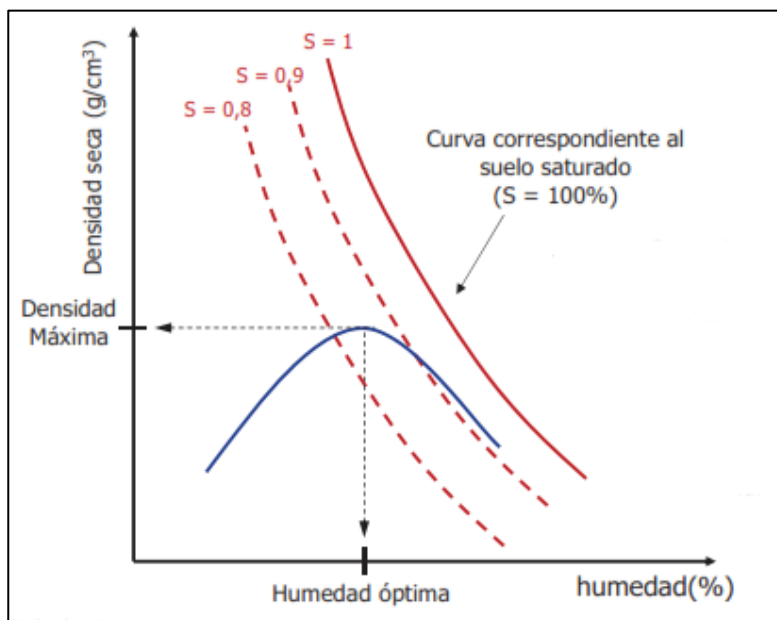


Fuente: (Shuan & Basurto, 2019b).

El procedimiento se repite un mínimo de cuatro veces variando el contenido de humedad de la muestra, para obtener una curva de compactación con una MDS y OCH.

Figura 15

Curva de Compactación.



Fuente: (Escalaya, 2019a).

Prueba de valor relativo de soporte C.B.R.

El valor relativo de soporte (CBR) según la ASTM D1883 (2016) se realiza en “los materiales de pavimento, subbase y base de pavimento a partir de muestras compactadas de laboratorio. El método de ensayo está destinado principalmente para la evaluación de la resistencia de los materiales menores a 3/4 de pulgadas” (p. 1).

El ensayo de CBR según Menéndez (2016a) se define como: “una medida indirecta de la resistencia del suelo a la penetración y se trata de un ensayo relativamente simple para obtener un indicador de la resistencia del suelo de la subrasante, subbase y base” (p. 90). “Para materiales de base, sub base y afirmado, así como subrasantes granulares, el CBR puede estar asociado a la máxima densidad seca del Proctor modificado”(Minaya & Ordoñez, 2006, p. 6).

El CBR se obtiene de la relación de la carga de penetración requerido para lograr una cierta profundidad de penetración en el suelo de 0.10 pulgadas con un esfuerzo estándar de penetración de 1000 libras por pulgada cuadrada (psi) a una velocidad de 0.05 pulg/min dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dada con respecto a una carga unitaria patrón (Bowles, 1981).

Figura 16

Equipos necesarios para el ensayo de CBR.



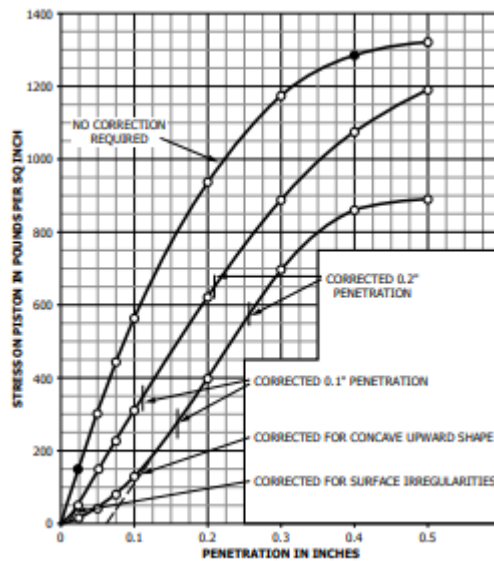
Fuente: (UNI, 2006).

El CBR se expresa como:
$$CBR = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} \times 100(\%)$$

El procedimiento de este ensayo determina la resistencia mecánica del suelo y se expresa bajo una curva en relación a la carga y penetración, tal y como se muestra en el siguiente gráfico.

Figura 17

Curva de carga – penetración del CBR.



Fuente: (UNI, 2006).

2.3.2. Asentamiento Elástico

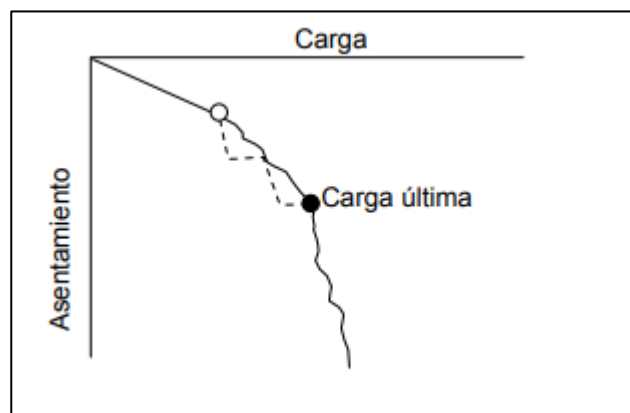
Desde la posición de Muni Budhu (2015), prácticamente es imposible evitar el asentamiento del suelo. Para cualquier tipo de estructura, tenemos que hacer una estimación de la cantidad y la tasa de asentamiento durante la construcción y durante la vida útil del sistema. Las estructuras pueden asentarse de manera uniforme o no uniforme. Esta última condición es llamado asentamiento diferencial y es a menudo la consideración de diseño crucial.

El asentamiento elástico, según Das (2013) se conceptualiza como, “la deformación elástica del suelo seco y de los suelos húmedos y saturados sin ningún cambio en el contenido de humedad. Los cálculos de los asentamientos elásticos se basan generalmente en ecuaciones derivadas de la teoría de la elasticidad” (p. 183).

Para Das (2011) actualmente se ha puesto énfasis en la determinación in situ de las propiedades de resistencia y deformación del suelo, ya que con estos procedimientos no se alteran las muestras en los ensayos de campo. Pero, por motivos económicos o circunstanciales, no todos estos parámetros se pueden determinar. De lo anterior el ensayo de carga directa es uno de los más representativos, pudiendo evaluar mediante este ensayo el comportamiento de carga vs asentamiento, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 18

Naturaleza de la curva carga - asentamiento con el ensayo de carga directa.



Fuente: (Muni Budhu, 2015).

Los suelos con baja capacidad de soporte, requieren tener sumo cuidado en el diseño y en la construcción, cuando se encuentren áreas en las que debido a la compresibilidad y heterogeneidad de los materiales que la conforman, estas se deforman con asentamientos diferenciales de baja longitud de onda. Entonces es necesario conocer los asentamientos cuando se le aplica una carga, para ello se hace el ensayo de placa de carga, el cual consiste en aplicar sobre el suelo in situ incrementos de carga por medio de una placa rígida, y así con la ayuda de extensómetros mediar el asentamiento producido (Londoño & Alvarez, 2008).

2.3.2.1. Comportamiento mecánico de los materiales de base y sub base

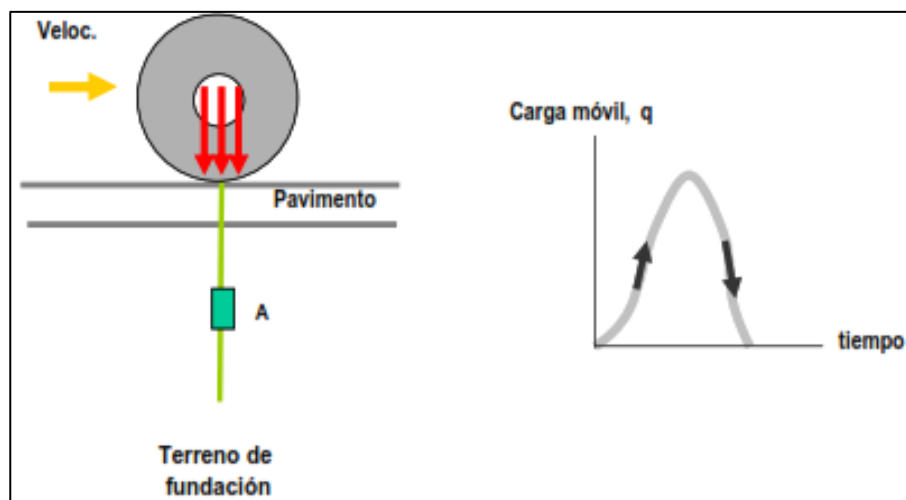
El comportamiento mecánico de los materiales granulares están asociadas a las propiedades de los mismos; con su resistencia a la degradación debido al desgaste, con el pulido y con el impacto o carga de esfuerzo en la capa del pavimento. Las propiedades del material

determinan la resistencia general a estos factores, es decir la rigidez se ha utilizado como indicadores de la resistencia a la degradación general.

Esta rigidez es la resistencia de las partículas de agregado a la deformación y se cuantifica mediante el módulo de elasticidad (Menéndez, 2016a). Estos materiales estarán sometidos bajo un esquema de cargas cíclicas a diferentes niveles de esfuerzo, en respuesta a ello los materiales granulares exhiben un comportamiento elastoplástico en respuesta a la carga y descarga por las condiciones impuestas por las cargas de tráfico. En la siguiente figura se observa dicho comportamiento.

Figura 19

Comportamiento mecánico en un ciclo de carga y descarga.



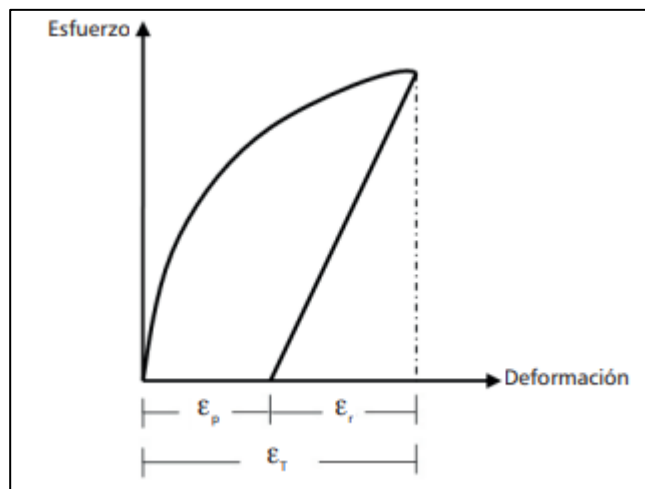
Fuente: (Minaya & Ordoñez, 2006).

En pavimentos la carga transmitida es móvil, es decir, el suelo experimenta ciclos de carga y descarga. Para un mejor entendimiento se analiza el caso de un ciclo (1 carga y 1 descarga), cuando el vehículo se aproxima al punto de análisis A, el terreno de fundación se empieza a deformar, esta deformación se hace máxima cuando el vehículo se encuentra exactamente sobre el punto A, en ese momento conocemos la deformación total. Sin embargo, cuando el vehículo se aleja el suelo trata de recuperar su posición inicial pero no lo consigue. La deformación no recuperable se denomina deformación plástica y la deformación recuperable es la deformación elástica (Minaya & Ordoñez, 2006).

Según Rondón & Reyes (2015), Para el cálculo de los esfuerzos y deformaciones, la mayor parte de los métodos de diseño mecanicistas de pavimentos, utilizan las ecuaciones elásticas lineales; es decir brindan una respuesta aproximada, ya que el comportamiento de los materiales granulares es completamente elástico. Se sabe que en una estructura de pavimento cada eje de carga produce, en las capas de base, subbase y subrasante, deformaciones tanto resilientes (recuperables) como permanentes (plásticas); cabe resaltar que, en este tipo de ecuaciones elásticas, se impide considerar un módulo de rigidez del material dependiente del nivel de esfuerzo aplicado, como si lo demuestra la evidencia experimental.

Figura 20

Curva típica esfuerzo-deformación para un ciclo de carga y descarga.



Fuente: (Rondón & Reyes, 2015).

Módulo de reacción del suelo (Ks)

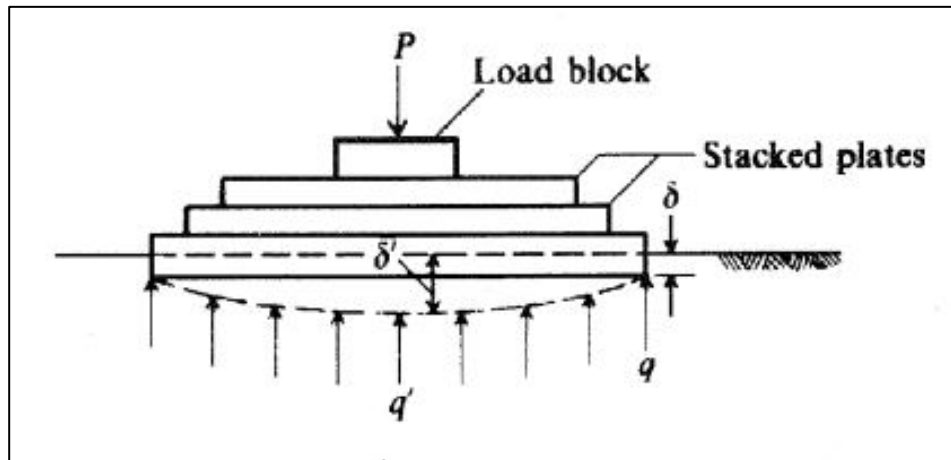
El módulo de reacción de un suelo (Ks) o coeficiente de balasto, se refiere a una característica de resistencia que se estima constante, lo que implica elasticidad del suelo; así se encuentre en estado natural, subrasante, sub-base o base, por lo cual está dependiente de la textura, compactación, humedad y otros causantes que afectan su resistencia (Crespo Villalaz, 2004).

El coeficiente de balasto está netamente ligado al módulo de deformación del terreno; es decir, “aun no correspondiendo exactamente al comportamiento del terreno, por no ser perfectamente

elástico, sí constituye un parámetro más o menos constante, cuya estimación puede hacerse sin cometer grandes errores”(Muzás Labad, 2002, p. 18). En la siguiente figura se muestra la deformación del terreno ante la acción de una carga.

Figura 21

Deformación del terreno ante la acción de una carga.



Fuente: (Bowles, 1997).

Para Crespo Villalaz (2004) “ es usual que la determinación de K se haga por medio de un ensayo de placa de carga con un diámetro de 76.2 cm (30”), bajo una presión tal que produzca una deformación del suelo de 0.127 cm (0.05”) ” (p. 113).

$$K = \frac{\text{esfuerzo}}{\text{deformación}} = \text{kg/cm}^3 \text{ o } \text{lb/pulg}^3$$

El coeficiente de balasto del suelo K_s , también se puede definir como el correspondiente a la relación de una presión de 0.7 kg/cm² (10lb/pulg²) a su deformación en centímetros o en pulgadas.

$$K = \frac{0.7 \text{ kg/cm}^2}{\delta \text{ (cm)}} = \text{kg/cm}^3 = \frac{10 \text{ lb/pulg}^2}{\delta \text{ (pulg.)}} = \text{lb/pulg}^3$$

Debe recordarse que el esfuerzo empleado solamente es representativo de una profundidad de 1.5 a 2 veces el diámetro de placa usada; además, cuando se emplean placas pequeñas de diámetro D menores a las de 76.2 cm (30") es necesario hacer la siguiente correlación. (Crespo, 2004).

$$K = \frac{0.7}{\delta} \times \frac{D}{76.2}$$

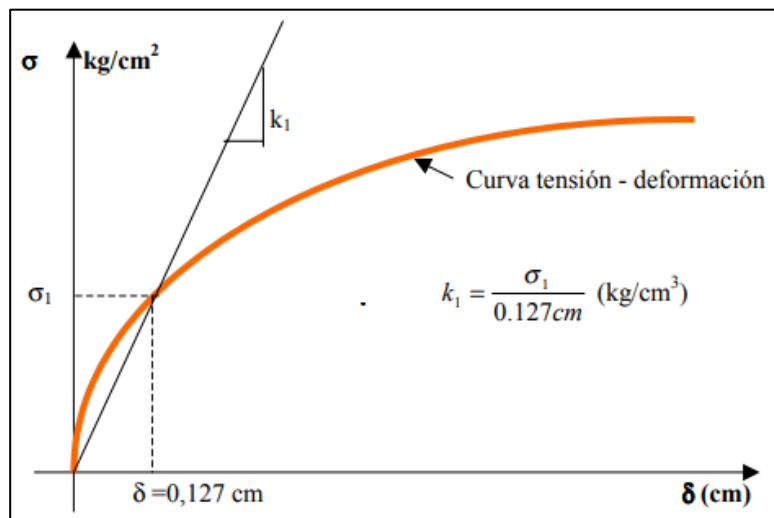
Para la norma NLT-357 (1998), el módulo de reacción o coeficiente de balasto K_s , “es una magnitud característica que define la elasticidad de la superficie del suelo sometido a carga”(p. 1). La cual se determina a partir de la Curva de cargas-asientos obtenida en el primer ciclo de carga donde se lee la presión σ_0 que corresponde al asentamiento, s, fijado. El módulo de reacción K_s se calcula mediante la expresión:

$$K_s = \frac{\sigma_0}{s} \quad [MN/m^3]$$

Esta tensión σ_0 , es medida con una placa de carga, que equivale a un asentamiento medio de s 0,00125 m (1,25mm). En el siguiente gráfico se muestra la obtención del módulo de reacción o coeficiente de balasto a partir de la curva de esfuerzo – deformación.

Figura 22

Coeficiente de balasto en la curva esfuerzo – deformación.



Fuente: (Leoni, 2005).

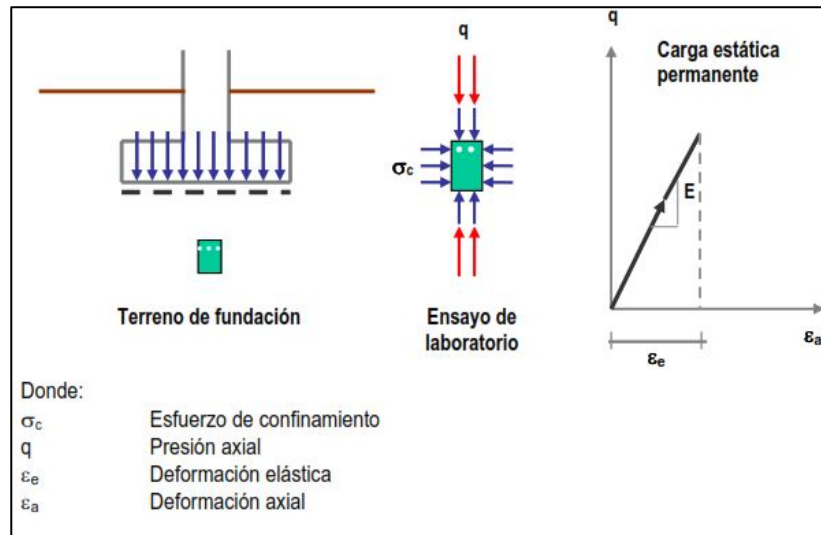
La obtención de este módulo se realiza mediante la prueba de carga en una placa circular, y se determina cuando un gato hidráulico incrementa la carga a un equipo móvil pesado la cual reacciona en la superficie generando desviaciones que se miden con tres diales comparadores ubicados en el borde exterior con una separación de aproximadamente 120° (Huang, 2004).

2.3.2.2. Deformación elástica de los materiales de base y sub base

La presión transmitida al suelo es permanente y baja, el cual conlleva a que la deformación sea elástica. Existe una relación lineal entre la presión transmitida y la deformación, de esa relación se construye un gráfico, donde la pendiente de la recta mostrada es el módulo elástico (Minaya & Ordoñez, 2006).

Figura 23

Deformación elástica producto de una carga.



Fuente: (Minaya & Ordoñez, 2006).

Para Leoni (2013), en los suelos granulares resulta especialmente importante conocer ciertos parámetros de resistencia y de deformación a partir de los ensayos que se ejecutan en el campo; debido a que, no es posible recuperar muestras inalteradas de estos materiales para la ejecución de ensayos de tensión – deformación en el laboratorio.

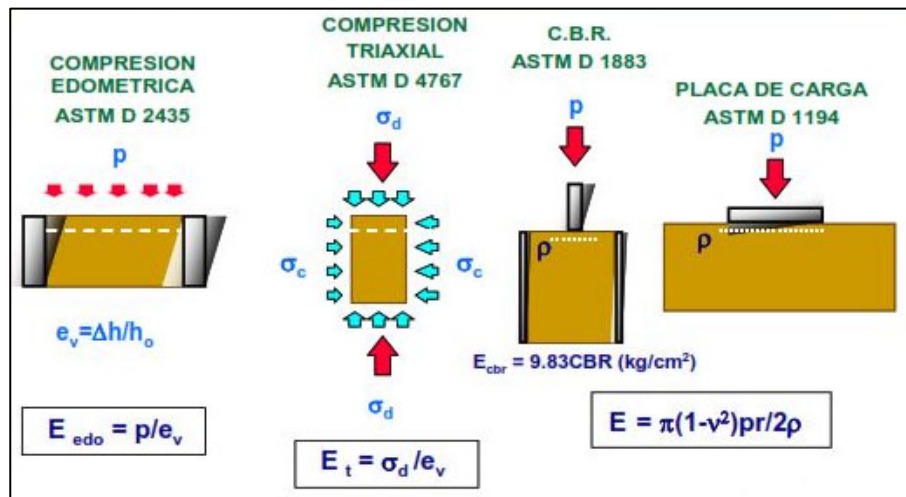
Módulo de deformación (E)

Según Minaya & Ordoñez (2006), el parámetro que evalúa las deformaciones ante cargas estáticas es el Módulo Elástico (E), este módulo relaciona los esfuerzos aplicados y las deformaciones resultantes. El nivel de esfuerzo aplicado al suelo a través de la estructura del pavimento es mínimo en comparación con la deformación en el momento de la falla, por ese motivo se asume una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación; además de que los suelos granulares con una compactación adecuada, tienen un buen comportamiento bajo ciclos carga sin deformación plástica apreciable.

Con la teoría elástica podemos determinar el módulo elástico del suelo mediante ensayos de campo y laboratorio, como por ejemplo el ensayo de placa de carga; en la siguiente figura se muestra los diversos ensayos para calcular dicho módulo.

Figura 24

Ensayos para obtener el Módulo Elástico.



Fuente: (Minaya & Ordoñez, 2006).

$$E = \frac{(1 - u^2)wDKP}{S}$$

Donde:

u : Coeficiente de Poisson.

w : Coeficiente de la forma de la placa (0.79 para placas circulares).

D : Diámetro de la placa utilizada (0.610 m).

K : Coeficiente de corrección.

P : Presión aplicada.

S : Asentamiento.

2.3.3. Ensayo de Carga Directa

El ensayo de Carga Directa o Ensayo de Placa de Carga Estática, es un ensayo normado por la American Society for Testing and Materials (ASTM) y otras normas internacionales, según la ASTM D1194 (1994), este es un ensayo in situ, el cual se utiliza para realizar un reconocimiento geotécnico, la cual consiste en aplicar una carga sobre una placa colocada sobre la superficie para medir los asentamientos producidos.

Para Montejo (2002) esta prueba se usa para conocer la capacidad de carga de subrasantes, bases e inclusive pavimentos completos; esta prueba facilita el cálculo del módulo de reacción para una cierta superficie. Esta se define como la presión elemental que debe transmitirse a la placa para producir una deformación ya establecida en el suelo a ensayar y medir la deformación final producto de los distintos incrementos de carga.

La prueba de placa de carga in situ usa para predecir los asentamientos, las características de falla de la estructura y el módulo de reacción K ; este módulo de reacción o coeficiente de balasto es utilizado en la interacción suelo/estructura y en el diseño de estructuras de pavimento. A medida que se impone la carga sobre la muestra de suelo, se producirá la deflexión producto de las cargas incrementales (Eka Putri et al., 2012).

Para Rondón & Reyes (2015) el ensayo se realiza sobre suelo no perturbado o material compactado de acuerdo a los lineamientos especificados por las normativas internacionales. En esta prueba se determina el parámetro K , conocido como módulo de reacción utilizado principalmente en los pavimentos rígidos donde se induce una carga y esta se distribuye en un área más amplia en comparación a los pavimentos flexibles. Con estos incrementos de carga, se miden los correspondientes desplazamientos y bajo el gráfico esfuerzo-deformación se obtiene K .

El ensayo de placa con carga estática no repetida se emplea en suelos de subrasante y componentes de pavimento, bien sea en condición compactada o natural, con esta prueba se obtiene los datos para usar en la evaluación y diseño de pavimentos rígido y flexible. Los ensayos de placa pueden ser realizados en suelos y sobre bases y sub bases no cementadas con la finalidad de conocer el módulo de reacción de la subrasante o de las capas que conforman un pavimento. (INV E-168, 2013).

2.3.3.1. Normas para el ensayo de Placa de Carga

INV E-168-13 (Ensayo de Placa con Carga Estática no Repetida sobre suelos y capas no tratadas de Pavimentos, para emplear en la evaluación y el diseño de Pavimentos)

Los ensayos con carga estática no repetida son efectuados en la superficie, bases no cementadas y en materiales de sub base de un pavimento, para saber el módulo de reacción de la subrasante o de las capas de este. El procedimiento tiene relación a la ejecución del ensayo de placa con carga estática no repetida sobre sus elementos, bien sea en condición compactada o adversa; es decir, esta prueba suministra los datos para usar en la evaluación y diseño de los mismos de los tipos rígido y flexible (INV E-168, 2013).

ASTM D 1194 (Ensayo de carga con placa)

El objetivo de esta prueba es la estimación de la capacidad de carga de los suelos in situ a través de ensayos de carga en campo. Esta capacidad se puede utilizar para estudios de suelo y diseño de cimientos, sabiendo que la capacidad de carga del suelo no es solo un parámetro de la resistencia del suelo, sino que también depende de la magnitud, distribución de la carga, el tamaño y la geometría de las placas de carga utilizadas en el ensayo (ASTM D1194, 1994).

ASTM D 1196 (Método de prueba estándar para Pruebas de Carga de Placa Estática No Repetitiva de Suelos y Flexibles Componentes de pavimento, para uso en evaluación y diseño de Pavimentos de aeropuertos y carreteras)

Se utiliza estas pruebas de carga estática no repetitivas en el lugar y en el campo para la evaluación y diseño de estructuras de pavimentos de aeropuertos y carreteras de tipo rígido y flexible; ya sea, en la condición compactada o en el estado natural de la subrasante y de los componentes del mismo. Estas pruebas no repetitivas se realizan en suelos y materiales de base y subbase no

consolidados para determinar el módulo de reacción de la subrasante o una medida de resistencia de corte de los componentes del pavimento (ASTM D1196, 2012).

NLT-357/98 (Ensayo de carga con placa)

Este ensayo tiene aplicación tanto en obras civiles y de movimiento de tierras, se puede utilizar para controlar la compactación de suelos y parámetros para el dimensionamiento del pavimento y sus capas. El método consiste medir el desplazamiento vertical de un punto en la superficie del suelo perpendicular al centro de gravedad de la placa circular rígida cargada, este ensayo permite la determinación de curvas de carga-asentamiento a partir de las cuales se puede determinar la capacidad portante del suelo, módulo de compresibilidad y capacidad de deformación conocido como módulo de reacción (NLT-357, 1998).

Según la normativa española NLT-357 (1998) los equipos necesarios para realizar este ensayo son:
Dispositivo de Carga. - Volquete cargado u otra estructura con carga suficiente para producir la reacción deseada.

Bomba Hidráulica. - Debe tener la capacidad para proporcionar y mantener la carga máxima requerida y deberá estar calibrado.

Cilindro Hidráulico. - Para cargar la placa se utilizará este cilindro hidráulico de acción con el fin de conseguir una buena transmisión de la carga.

Placas de carga. - Placas de acero circulares de 1" de espesor como mínimo para obtener mayor rigidez. Las placas se sitúan concéntricamente una sobre la cara superior de la otra de diámetro menor para colocar sobre estas el cilindro hidráulico y dispositivos de medición.

Diales o deformímetros. - Capaces de medir el asentamiento de las placas de carga, con capacidad de deformación de hasta 25 mm, con una exactitud de 0.01mm los cuales deberán colocarse equidistando del centro y formando un ángulo de 120° entre sí.

Celda de Carga. – Dispositivo de medida mecánico o electrónico capaz de medir directamente la aplicación de la carga con un margen de error máximo al 1% de la carga máxima que se prevea alcanzar en el ensayo.

Los diámetros de placa sugeridos para el tipo de ensayo o tipo de suelo son los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 9

Diámetros de placas según el tipo de suelo o ensayo.

Tipo de suelo o ensayo	Diámetro de la placa (cm.)	Contracarga aproximada (Ton.)
Suelos granulares finos	30	10
Suelos granulares gruesos	75	30
Ensayos con gran precisión	75 ó 60	30 ó 20
Ensayos rápidos menos precisos	40 ó 30	15 ó 20
Determinación del módulo de reacción	75	30

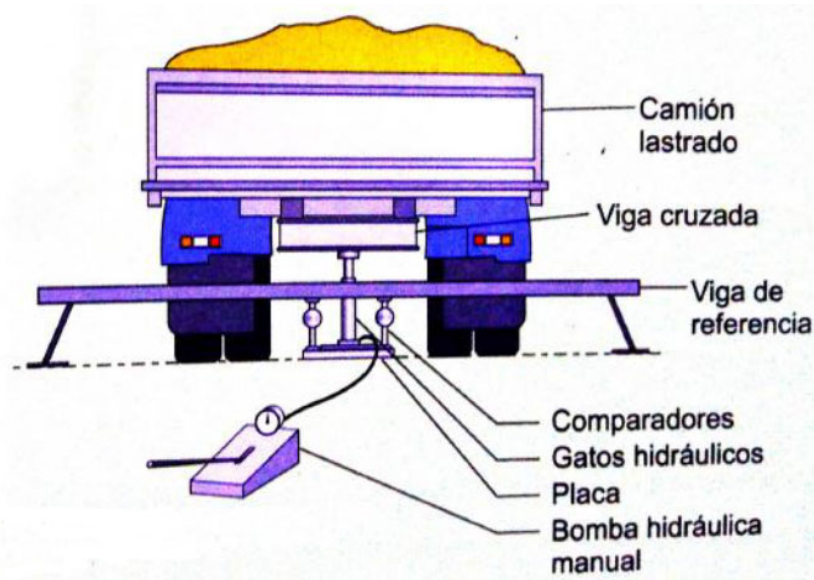
Fuente: (Espinace, 1979).

Con los equipos necesarios antes mencionados, se podrá ejecutar el ensayo de Placa de Carga, ensayo normado y parametrizado por varias entidades, los mismos que establecen los procedimientos adecuados para llevar a cabo esta prueba con éxito.

En la siguiente figura se muestra el esquema del ensayo de Placa de Carga Estática, la cual sigue los procedimientos estandarizados por las entidades que describiremos más adelante.

Figura 25

Ensayo de Placa de Carga



Fuente: (González et al., 2002).

Según la norma NLT-357 (1998), los procedimientos del ensayo son los siguientes:

Preparación de la superficie de ensayo, se determina el área de prueba en base a las consideraciones del emplazamiento donde se realizará la prueba. La zona deberá ser lo más plana posible, utilizando para ese propósito las herramientas necesarias.

Instalación del equipo de placa de carga, se sitúa el equipo en el punto del ensayo lo más nivelada posible, en caso de no conseguirlo se deberá nivelar utilizando capa de arena o pasta de escayola de escasos milímetros. Se coloca el cilindro hidráulico encima de las placas de carga teniendo como referencia la carga de reacción vertical alineada, además se colocan los dispositivos deformímetros para la medición de los asentamientos.

Se aplica una precarga de 0.01 MN/m^2 durante unos 30 segundos, después se descarga y se ajustan a cero los comparadores, advirtiendo y protegiendo de cualquier tipo de vibración durante la realización del ensayo.

La carga máxima, así como el asiento máximo dependen de las características del suelo y del tamaño de la placa, para determinar el módulo de compresibilidad E_v en obras de movimientos de tierra y en obras de carreteras, es práctica habitual realizar el ensayo utilizando una placa de 600 mm de diámetro, y los valores límites que corresponden son de 7 mm y $0,25 \text{ MN/m}^2$.

El ensayo se interrumpirá en el caso en que se produzcan hundimientos con la correspondiente descarga, en materiales de baja resistencia o si no, al incrementar la carga, se produce un fuerte incremento de las deformaciones indicando la inminencia de una rotura.

El proceso de carga debe integrar, como mínimo, seis escalones con intervalos precisamente iguales entre ellos. El intervalo de tiempo entre dos escalones de carga sucesivos debe ser de un minuto, como mínimo. En la situación de capas de base, el tiempo entre lecturas en cada escalón de carga se puede achicar a 1 minuto. En los ciclos de carga y descarga únicamente se puede pasar al nivel siguiente cuando las variaciones del asentamiento, tomadas cada 2 minutos, no sean superiores a $0,2 \text{ mm/min}$.

Una vez terminada la descarga, se ejecuta otro nuevo período de carga, aunque sólo hay que llegar hasta el penúltimo escalón de los aplicados en el primer período, a fin de mantenerse dentro de la condición de precarga. El ensayo finaliza cuando el incremento de carga sea la máxima o si la relación carga y asentamiento sea mínima a constante.

Cálculo del módulo de compresibilidad (E_v)

Los módulos de compresibilidad se determinan por medio de la curva cargas-asientos del primer y segundo ciclo de carga, a partir de la inclinación de la secante entre los puntos $0,3 \sigma_{m\acute{a}x}$ y $0,70 \sigma_{m\acute{a}x}$ mediante la siguiente expresión:

$$E_v = 1.5r \frac{\Delta\sigma}{\Delta s} \quad [MN/m^2]$$

$$\Delta\sigma = \sigma_{02} - \sigma_{01}$$

$$\Delta s = s_2 - s_1$$

siendo:

σ_{01} : Tensión normal media bajo la placa, para $0,3 \sigma_{m\acute{a}x}$ (MN/m^2).

s_1 : Asentamiento medio de la placa correspondiente a la presión anterior (mm).

σ_{02} : Tensión normal media bajo la placa para $0,70 \sigma_{m\acute{a}x}$ (MN/m^2).

s_2 : Asentamiento medio de la placa correspondiente a la presión anterior (mm).

r : Radio de la placa de carga (mm).

Cálculo del módulo de reacción (K_s)

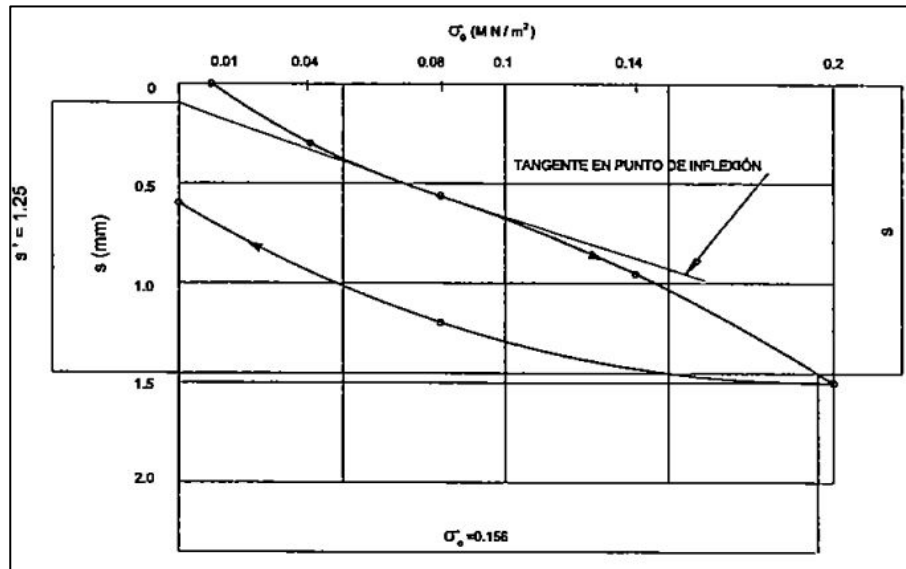
Para calcular el módulo de reacción K_s se utiliza el primer ciclo de carga. En la gráfica de la curva de cargas-asientos se lee la presión σ_0 que corresponde al asentamiento, s , fijado. El módulo de reacción se calcula mediante la expresión:

$$K_s = \frac{\sigma_0}{s} \quad [MN/m^3]$$

Según la forma que tenga la curva cargas-asientos, puede ser preciso realizar una corrección del punto cero por medio de la tangente en el punto de inflexión, relacionando el asiento obtenido con el nuevo cero ya corregido.

Figura 26

Curva de cargas vs asientos para determinar el módulo de reacción K_s .



Fuente: (NLT-357, 1998).

EQUIPO PARA EL ENSAYO DE PLACA DE CARGA ESTÁTICA

REF. ENERPAC P-80

Norma de referencia: NLT 357/98

El equipo digital para ensayo de placa de carga es de la marca ENERPAC modelo P-80, ha sido desarrollado por JMR EQUIPOS SAC para la realización y documentación de ensayos normalizados de placa con carga estática no repetida, los mismos que se aplican sobre superficies de subrasante y componentes de pavimentos, bien sea en condición compacta o en estado natural. Se busca con este ensayo obtener los asentamientos y módulo de reacción de las capas granulares del pavimento tipo rígido.

Componentes:

- Bomba Hidráulica Manual (Ref. P-80)
- Cilindro Hidráulico (Ref. P-80)
- 1 Vigas con soportes para los comparadores de carátula
- Lectura de fuerza por medio de tablero electrónico (N1500)

- Sistema de tornillo para acercamiento rápido
- Uniones y extensiones en acero para acoplar al dispositivo de reacción
- 3 Comparadores o diales, marca INSIZE: Rango 30 mm, resolución 0.01 mm (Ref. 2310-30FA)
- Placas en acero para aplicación de carga: \varnothing 305 mm / e = 1'', \varnothing 457 mm / e = 1'', \varnothing 610 mm / e = 1'' y \varnothing 762 mm / e = 1''

Especificaciones técnicas:

- Presión: Max 10000 PSI / 700 BAR.
- División de escala de 0,1 kN.
- Clase de exactitud 1 desde el 10% de rango.

Figura 27

Equipo de ensayo de carga directa ENERPAC P-80.



Fuente: Elaboración propia.

III. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque

Según el problema y los objetivos planteados, la investigación según Hernández - Sampieri et al. (2014) es cuantitativa, debido a que “el enfoque cuantitativo trabaja con aspectos observables y medibles” (p. 36), como son los asentamientos elásticos de los materiales de Base y Sub base del pavimento rígido.

3.2. Tipo de investigación

Según Supo (2012) la investigación es experimental, debido a la intervención del investigador. En el estudio se interviene la variable independiente heterogeneidad de los materiales de Base y Sub base con el objetivo de evaluar los asentamientos elásticos mediante el ensayo de placa de carga.

Según Supo (2012) debido a la planificación de la toma de datos es prospectivo, cuando “los datos necesarios para el estudio son recogidos a propósito para la investigación. Por lo que, posee control del sesgo de medición” (p. 1). El estudio es prospectivo, porque los datos que se recolectan son específicos para el estudio; respecto a los materiales de base y sub base, para medir los asentamientos elásticos.

Según Supo (2012) cuando la variable de estudio es medida en dos o más ocasiones, para realizar comparaciones entre muestras relacionadas se denomina longitudinal. La medición de la variable asentamientos elásticos se realiza varias veces, por esta consideración es longitudinal.

Según Supo (2012) de acuerdo al número de variables de interés, el estudio es analítico, cuando “el análisis estadístico por lo menos es bivariado; porque plantea y pone a prueba hipótesis” (p. 1). En el estudio se tiene dos variables que son; los materiales de base y sub base, y los asentamientos elásticos, se presenta las hipótesis necesarias, por estas consideraciones, el estudio es analítico.

3.3. Alcance

En una investigación explicativa se busca determinar las causas de los eventos o fenómenos de cualquier tipo; específicamente, explicar por qué ocurre un fenómeno, y en qué condiciones se da, o por qué dos o más variables están relacionadas (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

La variable causa son los materiales de base y sub base, donde el efecto son los asentamientos elásticos, entonces el nivel es explicativo.

3.4. Diseño de la investigación

La investigación será de tipo experimental, porque el propósito será evaluar los asentamientos elásticos, después de analizar la heterogeneidad de los materiales de base y sub base de los pavimentos, correspondiente a los ensayos de placa de carga estática in situ centrada básicamente en el comportamiento esfuerzo vs deformación.

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

Para Arias-Gómez et al. (2016) “la población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados” (p. 2). Cabe resaltar que, en la población de estudio, el término no se refiere necesariamente a seres humanos, sino que también puede corresponder a cualquier universo de estudio. En la investigación, la población está compuesta por 27 tramos (cuadras), de capa granular de material de base y sub base que se utiliza en el proyecto de mejoramiento del servicio de transitabilidad de la av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho.

Figura 28

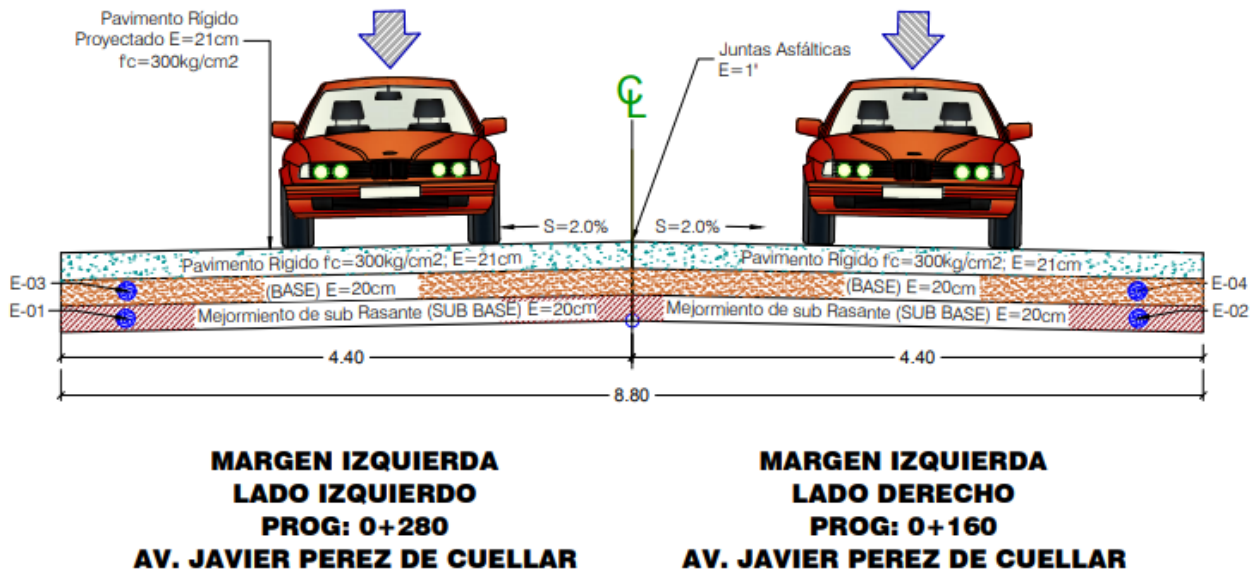
Zona de intervención del estudio, ubicado al noreste de la ciudad de Ayacucho.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 30

Vista en corte del muestreo.



Fuente: Elaboración propia.

Ubicada las muestras por conveniencia, se hizo el acopio de las muestras alteradas de los materiales granulares de base y sub base, con la finalidad de caracterizarlos mediante ensayos de laboratorio.

Figura 31

Toma de muestra del material de Sub base a ensayar en laboratorio.



Fuente: Elaboración propia.

El material acopiado del proyecto será procesado en el laboratorio aprobados por el criterio del especialista supervisor, siempre y cuando el material muestreado sea el mismo el cual llega a obra en el respectivo turno del día.

Figura 32

Toma de muestra para el material de Base a ensayar en laboratorio.



Fuente: Elaboración propia.

3.6. Hipótesis

3.6.1. Hipótesis general

La heterogeneidad de los materiales de base y sub base influye significativamente al evaluar los asentamientos elásticos empleando el ensayo de Carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020.

3.6.2. Hipótesis específicas

- a. Los tipos de materiales granulares de base y sub base influyen considerablemente en la obtención de los asentamientos elásticos.
- b. Las características físicas de los materiales de base y sub base intervienen positivamente en el análisis de los asentamientos elásticos.
- c. La determinación de la resistencia mecánica de los materiales de base y sub base influye significativamente para evaluar los asentamientos elásticos.

3.7. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

Las variables de investigación son; **Heterogeneidad de los materiales de base y sub base**, relacionada con los **Asentamientos Elásticos**, a fin de evaluar los mismos.

Tabla 10

Variables de investigación.

Variable independiente	Heterogeneidad de los materiales de base y sub base (X)
Variable dependiente	Asentamiento Elástico (Y)

Fuente: Elaboración propia.

3.7.1. Variable Independiente: Heterogeneidad de los materiales de base y sub base (X)

La Heterogeneidad de los materiales de Base y Sub base, dependerán de sus propiedades físicas y mecánicas los cuales desempeñan un rol importante en el rendimiento del pavimento, su caracterización adecuada son los requisitos para el diseño y ejecución de los mismos, ya que representan una parte importante y dinámica de toda la estructura. La influencia de estas

propiedades está relacionada con el desempeño del pavimento hasta la edad duradera del proyecto.

3.7.2. Variable Dependiente: Asentamiento Elástico (Y)

Los Asentamientos Elásticos son las características inherentes de todo tipo de estructuras y de los pavimentos. Los Asentamientos Elásticos son los cuales caracterizan la vida útil del proyecto determinado según los parámetros de cuantía que nos brinda la evaluación de las mismas.

3.7.3. Operacionalización de variables

Tabla 11

Operacionalización de variables.

Variable	Dimensión	Indicador
	Tipo de material granular	Clasificación SUCS y AASHTO
Heterogeneidad de los materiales de Base y Sub base	Características físicas del material	Contenido de humedad Límites de Atterberg
	Resistencia mecánica del material	Resultados de Proctor Modificado Resultados de CBR
	Comportamiento mecánico del material	Módulo de reacción del suelo
Asentamiento Elástico	Deformación elástica del material	Módulo de deformación

Fuente: Elaboración propia.

3.8. Técnicas e Instrumentos

3.8.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica que se utiliza es el análisis documental, donde se realiza un procedimiento para obtener la información sobre métricas de la variable independiente y también para la variable dependiente; esta información es la recolección de datos y ejecución de ensayos de laboratorio y de campo, basados en el juicio de especialistas de mecánica de suelos, fuentes bibliográficas y normas técnicas relacionadas con las mismas y con el asentamiento elástico de los materiales de Base y Sub base mediante el ensayo de Placa de Carga Estática en pavimentos rígidos.

3.8.2. Instrumentos

Se emplea la ficha de registro de datos, para analizar los datos recabados de los ensayos de laboratorio y de los ensayos de campo donde se muestra los procedimientos (ver Anexo A.2).

3.8.3. Confiabilidad del Instrumento

No se realizó la confiabilidad del instrumento ya que es un análisis documental.

3.8.4. Validación del Instrumento

Como señala Supo (2012) “Los expertos o jueces evalúan de manera independiente: la relevancia, coherencia, suficiencia y claridad; con la que están redactadas los ítems o reactivos” (p. 23). La validación que se utilizan en esta investigación está avalada por el juicio de expertos (ver Anexo A.3).

3.9. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

La técnica que se utilizará para el procesamiento de la información en esta investigación será el análisis estadístico, ya que Hernández-Sampieri & Mendoza (2018) afirma que:

“El investigador busca, en primer término, describir sus datos y posteriormente efectuar análisis estadísticos para relacionar sus variables. Es decir, realiza análisis de estadística descriptiva para cada una de las variables de la matriz (ítems o indicadores) y luego para cada una de las variables del estudio, finalmente aplica cálculos estadísticos para probar sus hipótesis”. (p. 322)

Toda vez concluida la recolección de las métricas de laboratorio y de campo, se tendrá que realizar la descripción de estos datos encontrados, para lo cual se utilizará la rama de la estadística denominada: Estadística descriptiva.

Es evidente que determinar la influencia de la heterogeneidad de los materiales de base y sub base es fundamental en esta investigación, por lo cual para efectos de medir esta influencia se utilizarán dos estadísticos de prueba, tal es el caso del t de student y la regresión lineal, ya que contamos con datos categóricos y numéricos recopilados en esta investigación.

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó los siguientes softwares:

- Microsoft Office Excel
- Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)

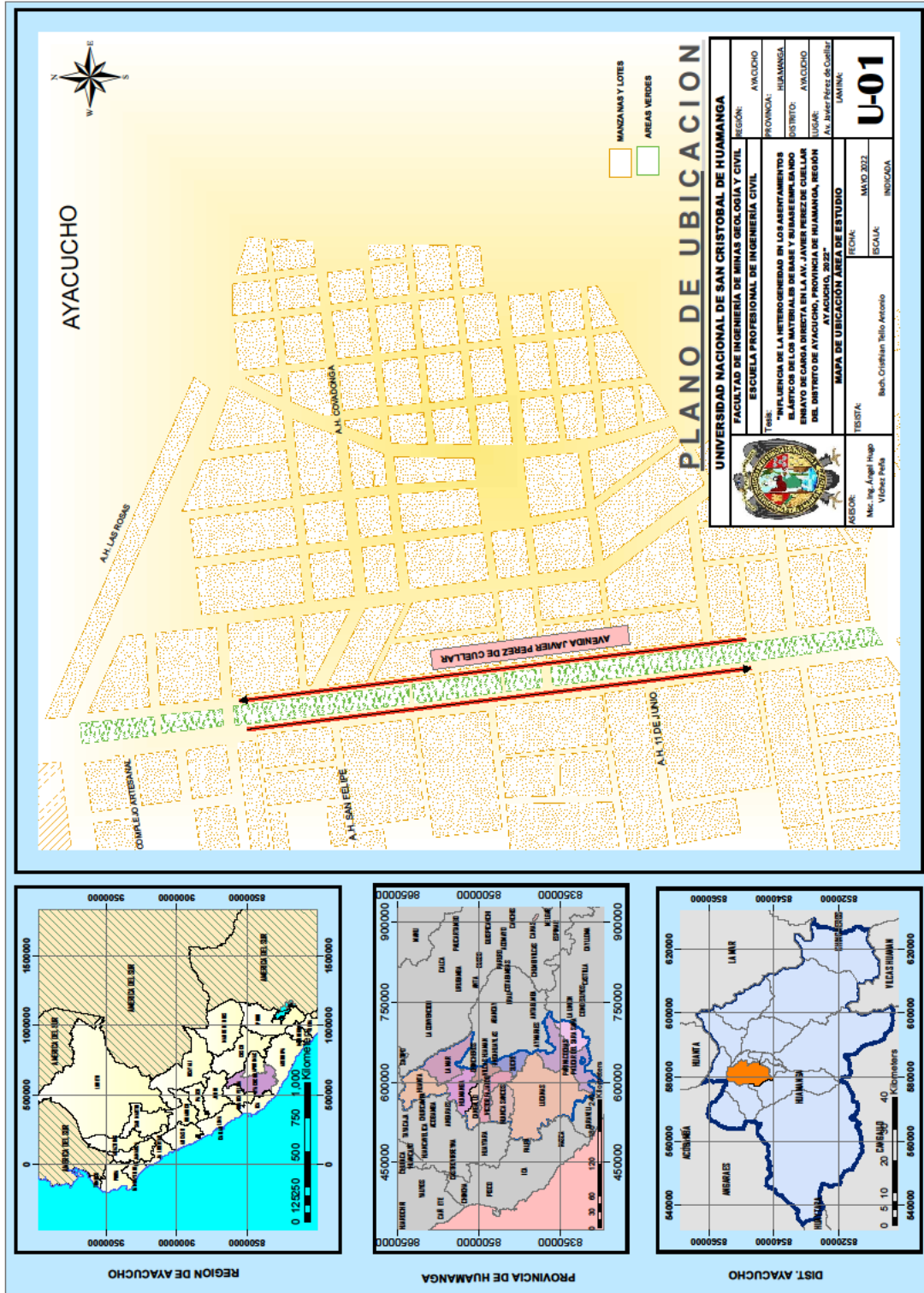
3.10. Desarrollo del trabajo de tesis.

Esta investigación está basada en determinar los asentamientos elásticos de las muestras de Base y Sub base seleccionadas. Para ello se describe la siguiente secuencia:

Se recopiló información teórica sobre las metodologías existentes, donde se realizará procedimientos tanto en campo como en el laboratorio. Para los procesos de laboratorio, se recopiló e identificó las muestras que representan al material granular de Base y Sub base de los distintos puntos de exploración del proyecto antes mencionado, además se utilizó los formatos de registro de los ensayos de campo in situ como evidencia objetiva de los trabajos realizados.

Para el procedimiento en campo, que tiene como objetivo la presente investigación es desarrollar un estudio experimental del comportamiento de los asentamientos elásticos en relación a la heterogeneidad de los materiales de Base y Sub base los cuales fueron utilizados en el proyecto: “Mejoramiento del servicio de transitabilidad vial interurbana en la av. Javier Pérez De Cuellar del distrito de Ayacucho - provincia de Huamanga - departamento de Ayacucho”, mediante la ejecución del ensayo de carga de placa estática.

Figura 33
Mapa de Ubicación de la Zona de Estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Además, las muestras del material granular de Base y Sub Base son tomadas en campo, los cuales fueron puestos en la obra de ejecución antes mencionada, proveniente de la cantera Chillico, ubicada con las siguientes coordenadas UTM WGS84 huso L zona 18: E=578715m N=8554564m

3.10.1. Procedimiento en campo

3.10.1.1. Ensayo de Placa de Carga

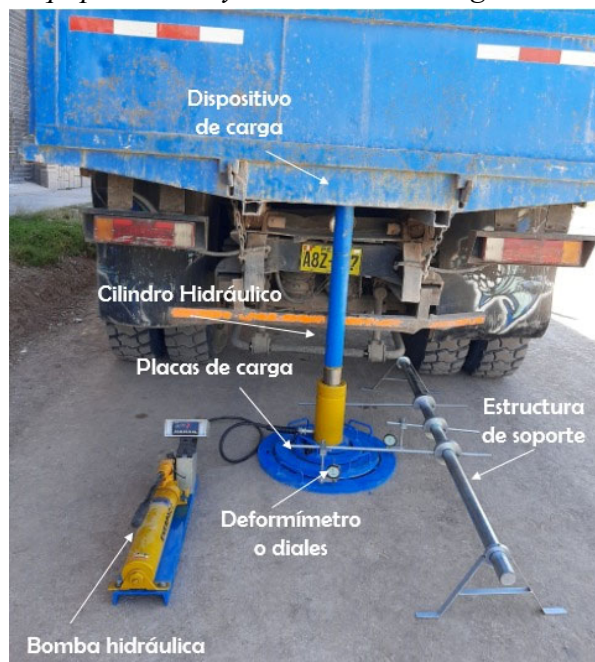
El objetivo del ensayo es determinar el módulo de reacción y las propiedades de deformabilidad del suelo mediante pruebas realizadas en campo (In Situ) en los componentes de la estructura del pavimento como base y sub base (ASTM D 1196). Con la realización de este ensayo se podrá determinar la capacidad de carga última y las propiedades mecánicas de los materiales granulares, además de obtener el módulo de reacción y las propiedades de deformabilidad para las consideraciones del asentamiento elástico en el pavimento rígido de la vía Javier Pérez de Cuellar. La norma NLT-357/98 describe la realización de este ensayo.

Procedimiento:

Primeramente, trasladamos el equipo al sitio de prueba, teniendo en cuenta la inspección previa del vehículo de traslado y el cumplimiento de las restricciones de seguridad.

Figura 34

Componentes del equipo de Ensayo de Placa de Carga.



Fuente: Elaboración propia.

La manipulación del equipo debe ser realizada por varias personas, por el peso que demandan sus componentes. El equipo que se usará como carga de reacción se estacionará en la zona donde se realizará los ensayos, y se procederá a ensamblar todos los componentes del equipo para realizar el ensayo de carga de placa estática.

Figura 35

Ensamblaje del equipo del ensayo de Carga de Placa Estática.



Fuente: Elaboración propia.

Personal calificado coloca los dispositivos del equipo para el ensayo debajo del vehículo que se utilizará como carga de reacción, la colocación del equipo se realizará entre dos personas para evitar sobreesfuerzos. Instalar el cilindro hidráulico en el punto más rígido que tenga el equipo usado como carga de reacción. Colocar los diales de deformación sobre las placas de carga con ayuda de los pernos y del soporte metálico, estos diales están sujetos concéntricamente y forman un ángulo de 120° entre sí.

El ensayo de placa es muy sensible a variaciones de humedad, se debe evitar realizar el ensayo en suelos humedecidos ya que proporciona resultados erróneos; además, se debe limitar el tránsito de otros vehículos concurrentes al punto del ensayo para evitar vibraciones que alteren los registros de los diales. Después de ya tener el equipo ensamblado se procede a ejecutar el ensayo, aplicando una serie de incremento de cargas atreves de una bomba hidráulica, de manera que cada incremento genera asentamientos en la superficie del ensayo.

Figura 36

Incrementos de carga mediante la bomba hidráulica.



Fuente: Elaboración propia.

A medida que se va incrementando las cargas, mantener la carga hasta que el dial de deformación se haya estabilizado, se procede al registro de datos que se recopila mediante la lectura de los deformímetros o diales producto de las cargas impuestas al suelo y los asentamientos generados por estas. Este registro es extremadamente sensible a vibraciones, por lo que sugiere evitar el paso de otros vehículos cercanas al punto de ensayo. Una vez realizada la lectura final iniciar la descarga

lentamente y dejar de hacerlo cuando las agujas se hayan estabilizado y anotar la recuperación del suelo.

Figura 37

Registro de los asentamientos mediante la toma de lectura de los diales.



Fuente: Elaboración propia.

La capacidad portante del suelo depende de muchos factores como son el tipo de suelo, la geometría del plato de carga y la profundidad a la cual se aplica la carga, este tipo de información es primordial en el diseño de esta investigación. Mediante el ensayo se determina las curvas cargas-asentamientos y, a partir de estos diagramas, la deformabilidad y la capacidad portante del suelo, así como el módulo de comprensibilidad E_v y el módulo de reacción K_s .

Finalizado el ensayo, desmontar el equipo con cuidado, siendo realizado entre dos personas para evitar el sobre esfuerzo. A continuación, se muestra los ensayos ejecutados en el proyecto antes mencionados objeto de esta investigación.

Figura 38

Ensayo de Placa de Carga en la Sub base E-01 (0+280 lado izquierdo).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 39

Ensayo de Placa de Carga en la Sub base E-02 (0+160 lado derecho).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 40

Ensayo de Placa de Carga en la Base E-03 (0+280 lado izquierdo).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 41

Ensayo de Placa de Carga en la Base E-04 (0+160 lado derecho).



Fuente: Elaboración propia.

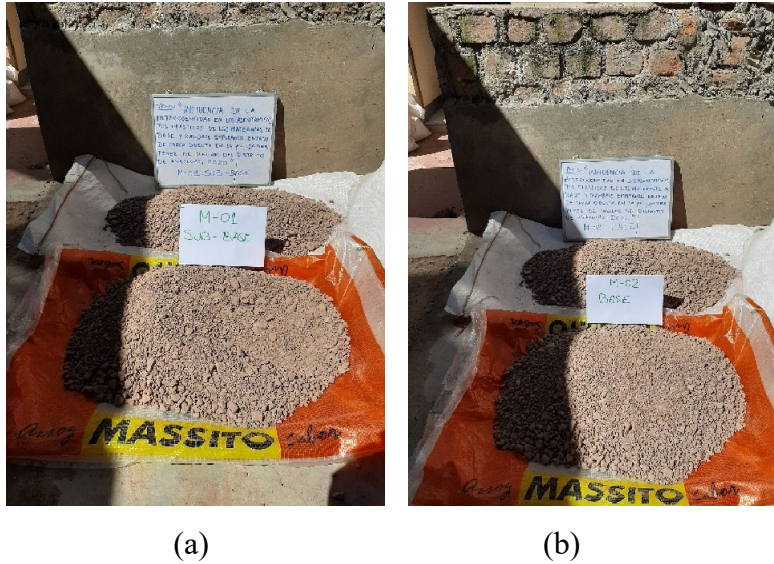
3.10.2. Procedimiento en el laboratorio

Los ensayos de laboratorio se orientan a determinar la tipología, las propiedades físicas y las propiedades mecánicas de los materiales de Base y Sub base recolectados. Las propiedades físicas se usan con frecuencia para correlacionarlas con otras propiedades del material tales como la resistencia. Las principales propiedades físicas y mecánicas de interés son el contenido de humedad, peso unitario (densidad), la granulometría, la plasticidad (límites de Atterberg), la clasificación, las relaciones densidad- humedad y la resistencia a la penetración.

Recolectado la muestra se procede a caracterizar cada tipo de material, para tal fin, se realizó los diferentes ensayos en el laboratorio de GEOTECNIA & INGENIERIA de la ciudad de Ayacucho, estos fueron: Ensayo de Contenido de Humedad, Análisis Granulométrico, Límites de Consistencia (Límites de Atterberg), Ensayo de Proctor Modificado y Ensayo Valor de Soporte de California (CBR).

Figura 42

(a) Preparación de muestras a ser ensayadas Sub base; (b) Base.



Fuente: Elaboración propia.

Las muestras obtenidas del sitio de muestra fueron las del proyecto mencionado con anterioridad, estas muestras son obtenidas en campo, provenientes de la cantera Chillico y aprobadas por la supervisión en el sector de control de calidad. Los materiales granulares procesados en cantera

tienen muchas aplicaciones como son las capas de base y sub base en el pavimento, la producción de estos materiales se realiza de acuerdo a las especificaciones técnicas del expediente que comprende algunos procesos de fracturación, zarandeo y mezcla de los mismos. A continuación, se listan y detallan todos los ensayos realizados en el laboratorio para cada material granular de Base y Sub base, teniendo como objetivo su adecuada caracterización.

3.10.2.1. Contenido de Humedad

El objetivo de este ensayo es la determinación del contenido de humedad de la muestra del material de Sub base y Base, este es un indicador de la cantidad de agua presente en el material. Por definición, el contenido de humedad es la relación del peso del agua en una muestra expresado como porcentaje (ASTM D2216, 2019), tal como se indica en la siguiente ecuación:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde: w = contenido de humedad de la muestra (%), W_w = peso del agua en la muestra, y W_s = peso de la muestra secado en el horno.

Procedimiento:

Se tomó muestras representativas para los materiales de Sub base y Base, después se pesa la muestra húmeda representativa y se deja secar en el horno a 105°C durante 24 horas. Finalmente se pesa la muestra seca y se aplica la ecuación antes mencionada para obtener el contenido de humedad de cada muestra representativa.

Figura 43

(a) Registro de masa húmeda de las muestras; (b) Secado en el horno.



(a)



(b)

Fuente: Elaboración propia.

3.10.2.2. Análisis Granulométrico por tamizado

El objetivo del análisis granulométrico es determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de los materiales de Base y Sub base, utilizando tamices de diferentes tamaños de abertura para determinar la gradación del suelo.

El método consiste en tamizar un suelo por una serie de tamices de diferentes aberturas a fin de determinar la masa retenida en cada tamiz y expresarlo en porcentaje respecto a la masa total (ASTM D6913, 2017).

El análisis granulométrico se realiza en condiciones secas, la gradación total nos da el porcentaje de cada uno de los tamaños que se expresa en porcentaje respecto al peso total de la muestra; esta gradación se representa en una gráfica de ordenadas del porcentaje del pasante de un tamiz a escala aritmética y de abscisas del tamaño de partícula a escala logarítmica (Menéndez, 2016a).

Procedimiento:

Figura 44

Cuarteo de la muestra para Base y Sub Base granular.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 47

Movimiento de un lado a otro del juego de tamices.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 48

(a) Registro de masa seca retenida en cada tamiz para Sub Base; (b) Base.



(a)



(b)

Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos de este análisis granulométrico, se representa gráficamente la curva a una escala semilogarítmica de cada abertura del tamiz con el porcentaje acumulado que pasa; estos gráficos se mostraran más adelante para cada tipo de material granular ensayado.

3.10.2.3. Límite Líquido

Para el ensayo de límite líquido se usará una muestra preparada del material granular y un dispositivo mecánico que consiste en una copa de latón, el cual estará sobre una base diseñada para controlar su caída cuando se gira la manivela (ASTM D4318, 2017).

La muestra a usar es la pasante del tamiz N° 40, la que se mezcla con 15 – 20 ml de agua.

Figura 49

(a) Muestra de la pasante del tamiz N° 40 de la Sub base; (b) Base.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 50

(a) Muestra mezclada con incremento de agua de la Sub base; (b) Base.

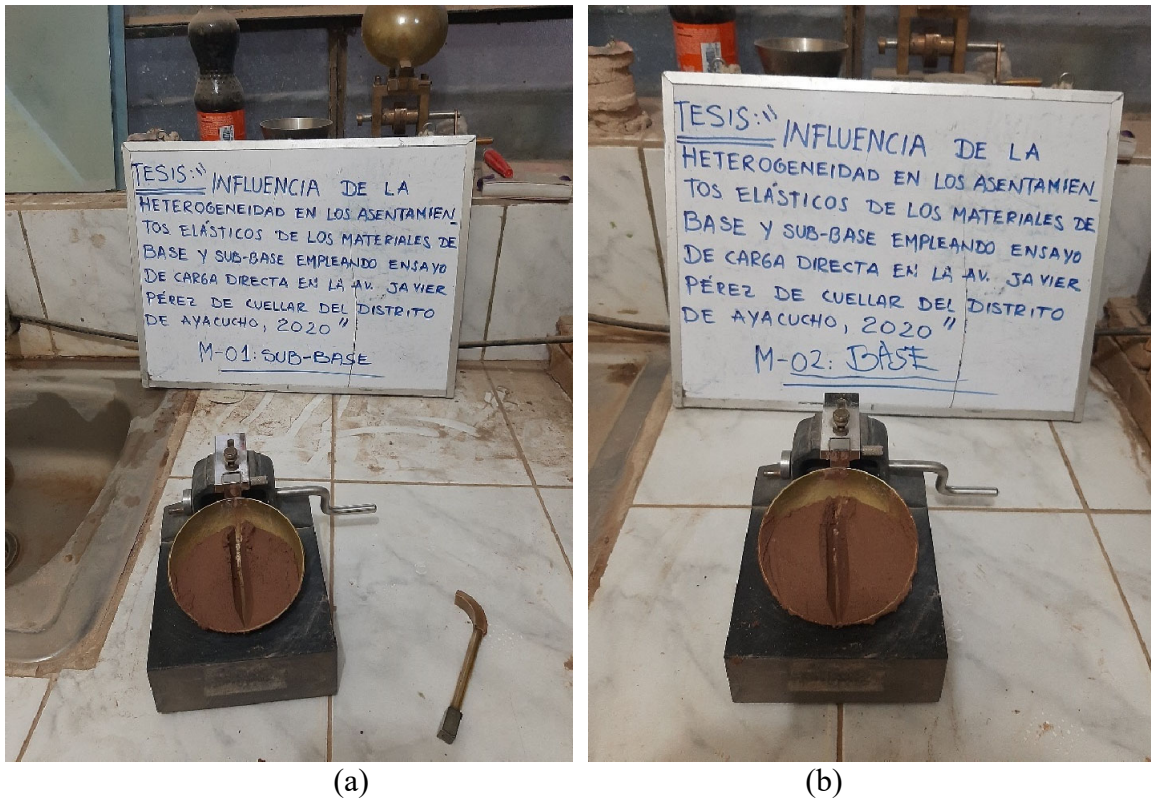


Fuente: Elaboración propia.

Luego se gira la manivela de la copa generando golpes que hacen fluir la muestra y la ranura tiende a cerrarse, este ensayo terminará cuando las dos mitades de la mezcla se junten en el fondo $\frac{1}{2}$ " aproximadamente, y se registrará el número de golpes realizados (Shuan & Basurto, 2019c).

Figura 51

(a) Mezcla dividida en la copa de Casagrande de la Sub base; (b) Base.



Fuente: Elaboración propia.

Después se procede a tomar una parte de suelo del ancho de la espátula, para colocarlas en un recipiente para determinar el contenido de humedad. Se recomienda usar el valor de entrada dentro del rango medio permitido por las especificaciones del material, sabiendo que los resultados promedios del ensayo de los límites de Atterberg para materiales similares varían dentro de ese rango (AASHTO, 2017). Finalmente, se repite el procedimiento para cada mezcla del material de Sub base y Base por usarse el método de multipunto, esto porque se requiere como mínimo tres ensayos a diversos contenidos de humedad; los datos de humedad y numero de golpes se grafican formando una curva de fluidez, determinando así LL (limite liquido), como la transición entre los estados líquido y plástico.

3.10.2.4. Límite Plástico

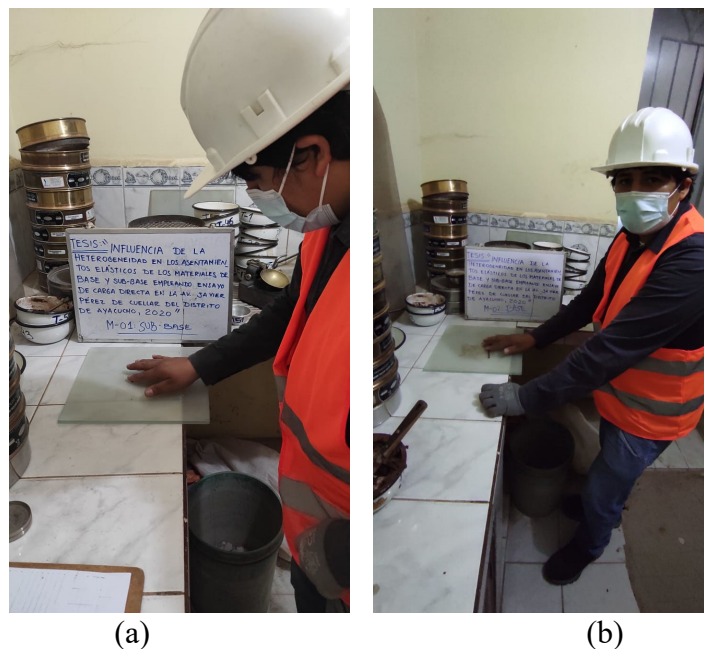
Con la mezcla de suelo del ensayo de límite líquido, se moldea en forma de elipsoides con los dedos sobre la superficie lisa del vidrio, hasta conseguir formar un rollito o barrita cilíndrica de 1/8 de pulgada (3.2mm) de diámetro (ASTM D4318, 2017).

En este proceso se reduce la humedad a tal punto que el rollito se agrieta por la presión del amasado y ya no es posible formarlo de nuevo, es así que el contenido de humedad en este punto se reporta como el límite plástico. Si antes de llegar al diámetro solicitado, no se ha desmoronado o se formó grietas a su alrededor, se vuelve a realizar el proceso cuantas veces sea necesario, hasta que se logre el agrietamiento con dicho diámetro aproximadamente (Shuan & Basurto, 2019c).

Es así como se determina el LP (límite plástico) del material, la plasticidad se establece en base a los límites de Atterberg, que corresponden a valores de contenido de humedad; se debe tener aproximadamente 6 gramos como mínimo de porciones agrietadas, para proceder a determinarlo.

Figura 52

(a) Formación del rollito en la placa de vidrio para la muestra de Sub base; (b) Base.



Fuente: Elaboración propia.

3.10.2.5. Proctor Modificado

El objetivo del ensayo es determinar la relación entre el contenido de humedad de remoldeo y la densidad seca del material granular de Sub base y Base, la cual es compactado en un molde luego de aplicarle impactos con un pisón normalizado desde una altura de 18 pulgadas. En consecuencia, para una determinada energía de compactación existe un contenido de humedad particular, en el cual la densidad seca es mayor y la compactación es mejor (Shuan & Basurto, 2019b).

Este contenido de humedad es el contenido óptimo de humedad y la densidad seca asociada se llama máxima densidad seca (ASTM D1557, 2012).

Procedimiento:

Previamente se tiene que secar la muestra al aire libre y se tiene que determinar el método de prueba que corresponda, en este caso utilizamos el Método C.

Figura 53

(a) Seleccionando material que pasan el tamiz 3/4" de Sub base; (b) Base.



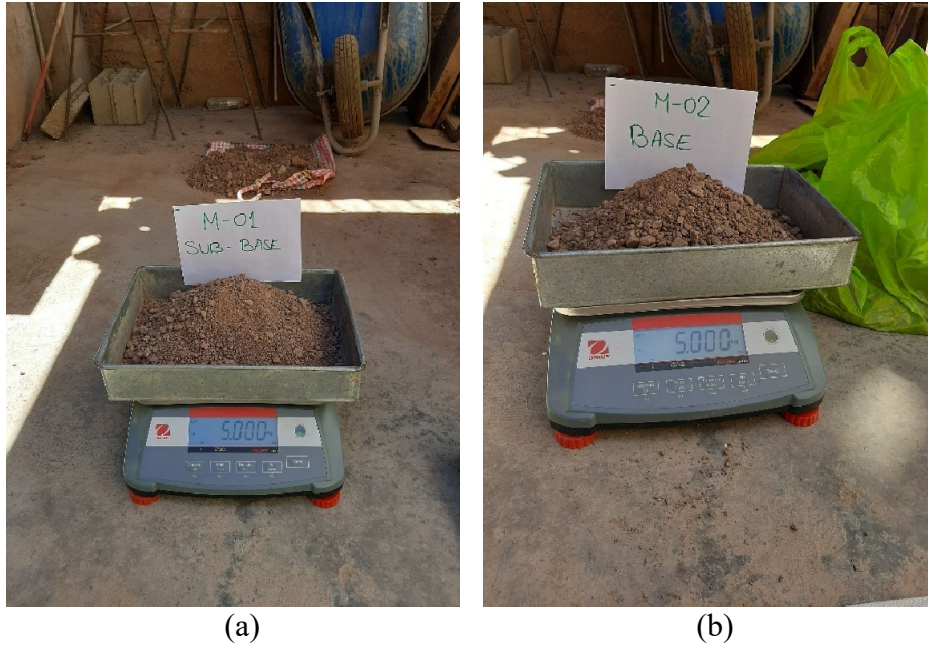
(a)

(b)

Fuente: Elaboración propia.

Figura 54

(a) Preparando muestras de 5kg de Sub base; (b) Base.



Fuente: Elaboración propia.

Pasamos a pesar el molde a utilizar sin collarín, anotar su masa y volumen. Colocar la base y collarín, apoyar en un cemento rígido y uniforme.

Figura 55

(a) Peso del molde; (b) Medida del molde.



Fuente: Elaboración propia.

Después agregamos agua en proporción a la muestra de la Sub base y Base para mezclar verificando que la humedad se distribuya uniformemente.

Figura 56

(a) Adición de agua a la muestra de la Sub base y Base; (b) Mezcla.



(a)



(b)

Fuente: Elaboración propia.

Luego se procede a la etapa de compactación, con un número de golpes por capa de acuerdo al método de prueba determinado.

Figura 57

(a) Compactación de la muestra de material granular de Sub base; (b) Base.



(a)



(b)

Fuente: Elaboración propia.

Después se procede al enrasado con una regla metálica quitando previamente el collarín, para así determinar el peso del suelo más el molde.

Figura 58

Enrasado del molde después de haber sido compactado.

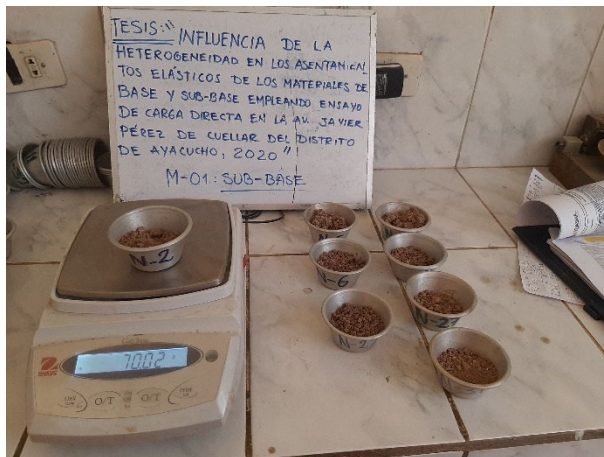


Fuente: Elaboración propia.

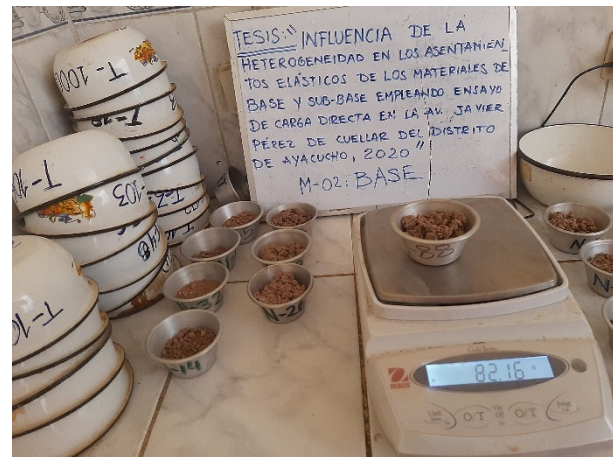
De la muestra compactada, ubicamos la parte central y se extrae una parte de suelo para determinar su contenido de humedad.

Figura 59

(a) Pesado de la muestra húmeda Sub base; (b) Base.



(a)



(b)

Fuente: Elaboración propia.

Luego las muestras se colocaron al horno para obtener las máximas densidades secas

Figura 60

Secado en el horno de las muestras de Sub base y Base.



Fuente: Elaboración propia.

Se repite el procedimiento para cada muestra a ensayar, con contenidos de humedad variables por lo que se determina la densidad seca de cada punto realizado, además graficamos las curvas de compactación (contenido de humedad vs densidad seca) con el objetivo de hallar la máxima densidad seca y un óptimo contenido de humedad para cada muestra. Utilizamos la siguiente ecuación:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

γ_d = densidad seca

γ_m = densidad húmeda

w = contenido de humedad

Estos resultados se presentarán más adelante, para cada muestra de material ensayado de Base y Sub base.

3.10.2.6.CBR (Ensayo Razón Soporte California)

El ensayo de CBR es una medida indirecta de la resistencia del material a la penetración del cual se obtiene un indicador de la resistencia del suelo de la Sub base y Base los cuales forman parte y se usan en los pavimentos rígidos; es decir, mide la resistencia de cortante de suelo bajo determinadas condiciones de humedad y densidad.

Es obtenida al dividir el esfuerzo de penetración requerido para lograr que un pistón penetre en el suelo 0.10 pulgadas con un esfuerzo estándar de penetración de 1000 libras por pulgada cuadrada (psi) a una velocidad de 0.05 pulg/min (Menéndez, 2016a).

El CBR (%) se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{CBR} = 100 \left(\frac{x}{y} \right)$$

Donde: x= resistencia del material, para 2.54 mm (01 pulg) de penetración; y = presión patrón o estándar tomada como referencia, 1000 psi (8.9 Mpa) para 0.1 pulg de penetración.

Procedimiento:

Para obtener el CBR deseado con un contenido de agua óptimo y un porcentaje del peso unitario seco máximo, se compacta tres muestras del suelo preparadas dentro de ± 0.5 puntos porcentuales del contenido de agua óptimo (ASTM D1883, 2016).

Las muestras para compactación se preparan de acuerdo al Método C en moldes de 6", se prepara unos 5 kg para cada molde, con ello se determina el contenido de humedad óptimo y la máxima densidad seca. Conociendo esa humedad se procede a añadir la cantidad de agua que falte para alcanzar la humedad fijada.

Se mezcla con una espátula hasta homogenizar las muestras, estas tres muestras se dividen en cinco partes con la finalidad de tener igual volumen; una vez preparada el molde pasarán a ser compactadas usando un número diferente de golpes por capa para cada muestra, estos son a 12, 25 y 56 golpes por cada capa.

Después de compactar la última capa, se procede a quitar el collarín y se enrasa la muestra, con la finalidad determinar su peso, para lo cual se voltea el molde y se retirara la base junto al disco espaciador. Determinado el peso de la muestra compactada, se calcula la densidad y la humedad.

Figura 61

Compactación de la muestra dividida en 5 partes a diferentes golpes por capa.



Fuente: Elaboración propia.

Determinación de la expansión del material

El objetivo principal es el conocimiento de los valores de expansión de los materiales granulares de Sub Base y Base los cuales se encuentran en inmersión, jerarquizando los suelos para diversos usos en la conformación de la pavimentación rígida.

La muestra invertida se coloca sobre la base perforada y se utiliza un papel filtro sobre la muestra enrasada y el molde. Luego se procede a sumergirlo en un depósito lleno de agua con los anillos de sobre peso para que produzcan una presión, y esta se mantiene sumergida durante 96 horas (4 días).

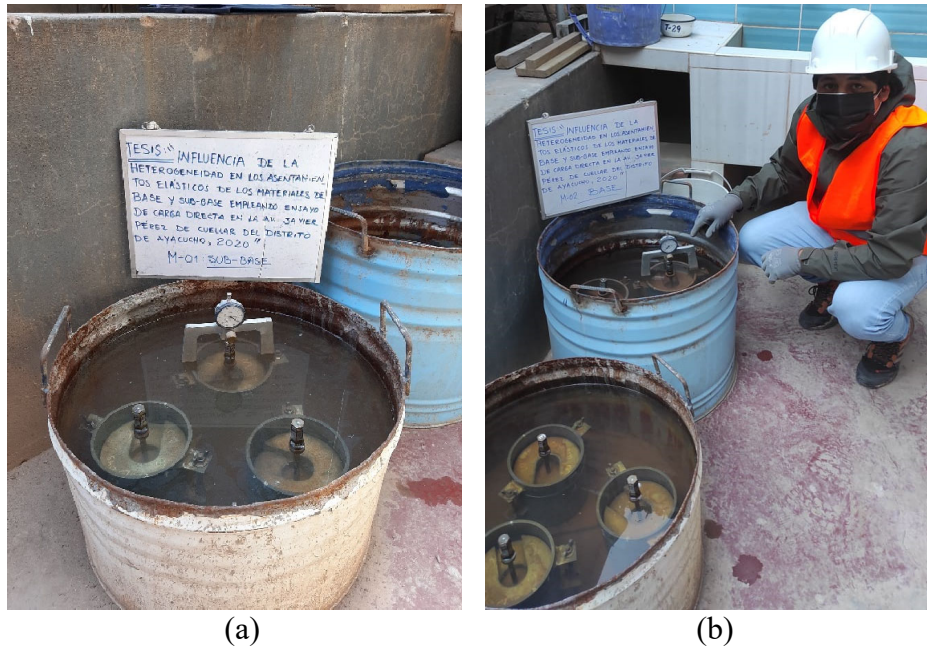
Para las lecturas de la expansión, se colocará el trípode con el dial y se toma la lectura inicial para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde (UNI, 2006).

Cada 24 horas se tomará las lecturas correspondientes; terminada las 96 horas, se toma una lectura final y con ello se determina el porcentaje de expansión, que viene a ser la diferencia de las lecturas final e inicial, todo ello dividido entre la altura inicial de la muestra multiplicado por 100.

$$\text{Expansion (\%)} = \frac{\text{Expansion}}{\text{Altura de la muestra}} \times 100$$

Figura 62

(a) Medición de la expansión con el extensómetro para la Sub base; (b) Base.



Fuente: Elaboración propia.

Determinación de la resistencia a la penetración

Para determinar la resistencia a la penetración, se procede a drenar el agua, considerando las pesas que tenía en la etapa de hinchamiento. Teniendo el molde con la muestra y las pesas de sobrecarga, se instala la prensa, colocando el pistón sobre el centro de la muestra. Se regulan y se colocan en cero los diales de medición, estos para medir la penetración.

IV. RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados de los diferentes ensayos de laboratorio e in situ

Para realizar un análisis más detallado y acertado de los resultados obtenidos en campo y laboratorio de esta investigación, se muestran los resultados de acuerdo a los objetivos propuestos.

4.1.1. Resultados de los diferentes ensayos de la Sub base

4.1.1.1. Del ensayo de carga de placa en la Sub base

Ensayo (E-01: 0+280 Lado Izquierdo de la Sub base)

Tabla 12

Registro de asentamientos etapa de carga (E-01: Sub base).

1. MUESTRA				2. PERSONAL			
UBICACIÓN: Superficie (0+280) - Lado Izquierdo				OPERADOR: C.T.A.			
MATERIAL: Sub base				ASISTENTE: W.T.V.			
3. DATOS							
Clase de suelo:		Suelo Granular					
Diámetro de la Placa de carga:		610 mm		Área de aplicación (cm2) =		2922.5	
Manómetro inicial:		0 psi					
Manómetro de lectura:		68.688 psi		Carga :		0.102 kg/cm2	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Manómetro de lectura:		225.024 psi		Carga :		0.408 kg/cm2	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.345	0.295	0.350	0.345	0.295	0.350	0.330
04	0.360	0.310	0.365	0.360	0.310	0.365	0.345
06	0.365	0.325	0.315	0.365	0.325	0.315	0.335
Manómetro de lectura:		433.470 psi		Carga :		0.816 kg/cm2	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.365	0.325	0.315	0.365	0.325	0.315	0.335
02	0.750	0.450	0.845	0.750	0.450	0.845	0.682
04	0.775	0.470	0.875	0.775	0.470	0.875	0.707
06	0.796	0.485	0.895	0.796	0.485	0.895	0.725

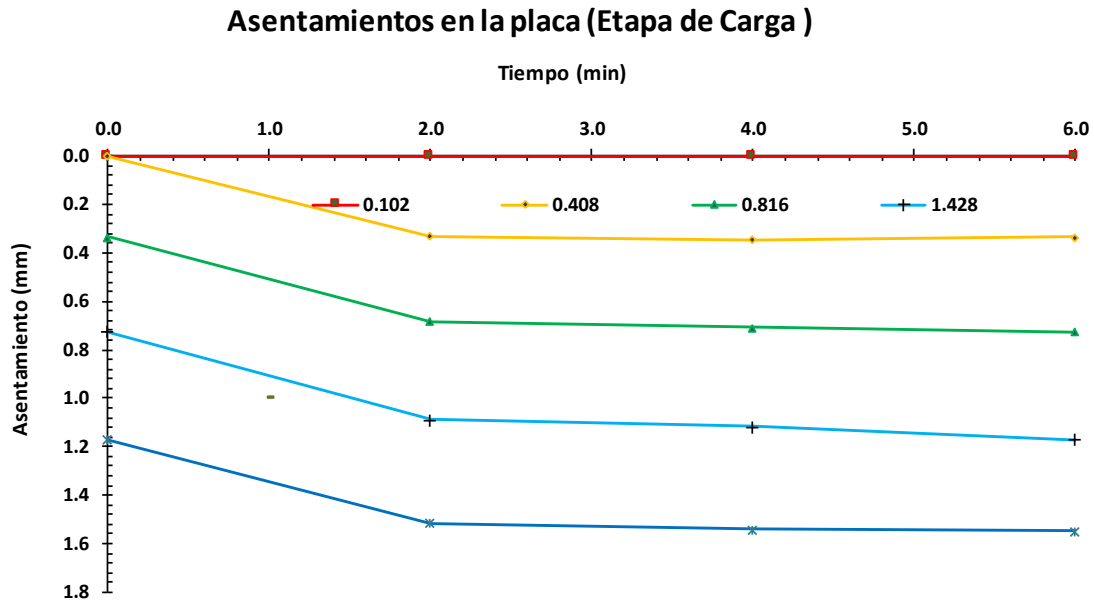
Manómetro de lectura:				746.141 psi	Carga : 1.428 kg/cm2			
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)	
00	0.796	0.485	0.895	0.796	0.485	0.895	0.725	
02	1.060	0.880	1.330	1.060	0.880	1.330	1.090	
04	1.100	0.900	1.355	1.100	0.900	1.355	1.118	
06	1.157	0.785	1.573	1.157	0.785	1.573	1.172	

Manómetro de lectura:				1058.811 psi	Carga : 2.039 kg/cm2			
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)	
00	1.157	0.785	1.573	1.157	0.785	1.573	1.172	
02	1.750	1.020	1.775	1.750	1.020	1.775	1.515	
04	1.780	1.030	1.815	1.780	1.030	1.815	1.542	
06	1.785	1.035	1.825	1.785	1.035	1.825	1.548	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 64

Asentamientos en la etapa de carga (E-01: Sub base).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Registro de asentamientos etapa de descarga (E-01: Sub base).

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+280) - Lado Izquierdo	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Sub base	ASISTENTE: W.T.V.
3. DATOS	

Clase de suelo: **Suelo Granular**
 Diámetro de la Placa de carga: **610 mm** Área de aplicación (cm²) = **2922.5**
 Manómetro inicial: **0 psi**

Manómetro de lectura: **433.4704 psi** Carga : **0.81577 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.785	1.035	1.825	1.785	1.035	1.825	1.548
2	1.785	1.035	1.825	1.785	1.035	1.825	1.548
4	1.445	0.845	1.340	1.445	0.845	1.340	1.210
6	1.435	0.805	1.320	1.435	0.805	1.320	1.187

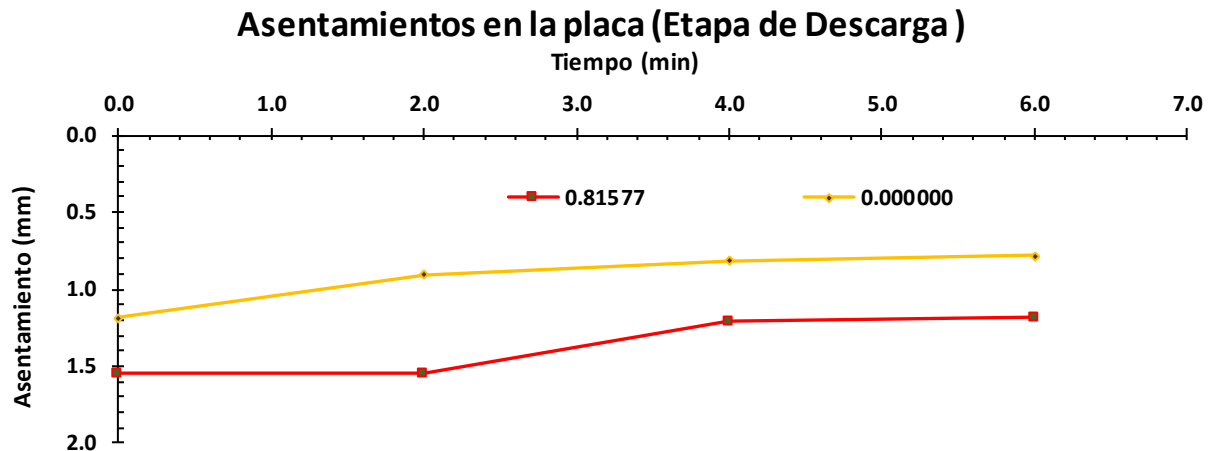
Manómetro de lectura: **16.57754 psi** Carga : **0.000000 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.435	0.805	1.320	1.435	0.805	1.320	1.187
2	1.000	0.740	0.970	1.000	0.740	0.970	0.903
4	0.850	0.650	0.950	0.850	0.650	0.950	0.817
6	0.830	0.610	0.900	0.830	0.610	0.900	0.780

Fuente: Elaboración propia.

Figura 65

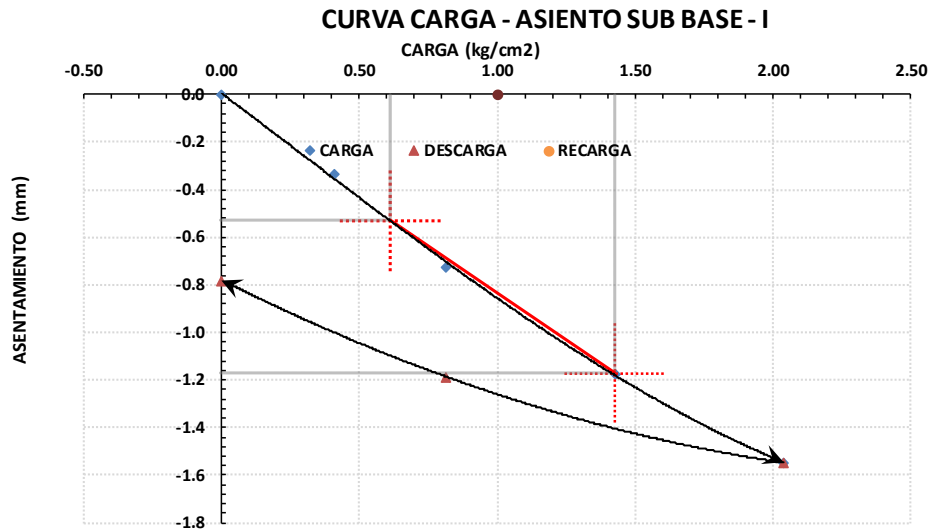
Asentamientos en la etapa de descarga (E-01: Sub base).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 66

Curva de carga - asentamiento (E-01: Sub base).



Fuente: Elaboración propia.

Ensayo (E-02: 0+160 Lado Derecho de la Sub base)

Tabla 14

Registro de asentamientos etapa de carga (E-02: Sub base).

1. MUESTRA				2. PERSONAL			
UBICACIÓN: Superficie (0+160) - Lado Derecho				OPERADOR: C.T.A.			
MATERIAL: Sub Base				ASISTENTE: W.T.V.			
3. DATOS							
Clase de suelo:		Suelo Granular					
Diámetro de la Placa de carga:		610 mm		Área de aplicación (cm2) =		2922.5	
Manómetro inicial:		0 psi					
Manómetro de lectura:		68.688 psi		Carga :		0.102 kg/cm2	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Manómetro de lectura:		225.024 psi		Carga :		0.408 kg/cm2	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.430	0.420	0.410	0.430	0.420	0.410	0.420
04	0.435	0.430	0.420	0.435	0.430	0.420	0.428
06	0.445	0.435	0.430	0.445	0.435	0.430	0.437
Manómetro de lectura:		433.470 psi		Carga :		0.816 kg/cm2	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.445	0.435	0.430	0.445	0.435	0.430	0.437
02	0.845	0.835	0.850	0.845	0.835	0.850	0.843
04	0.860	0.850	0.855	0.860	0.850	0.855	0.855
06	0.885	0.875	0.880	0.885	0.875	0.880	0.880

Manómetro de lectura: 746.141 psi Carga : 1.428 kg/cm2

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.885	0.875	0.880	0.885	0.875	0.880	0.880
02	1.162	1.150	1.280	1.162	1.150	1.280	1.197
04	1.178	1.260	1.300	1.178	1.260	1.300	1.246
06	1.210	1.350	1.330	1.210	1.350	1.330	1.297

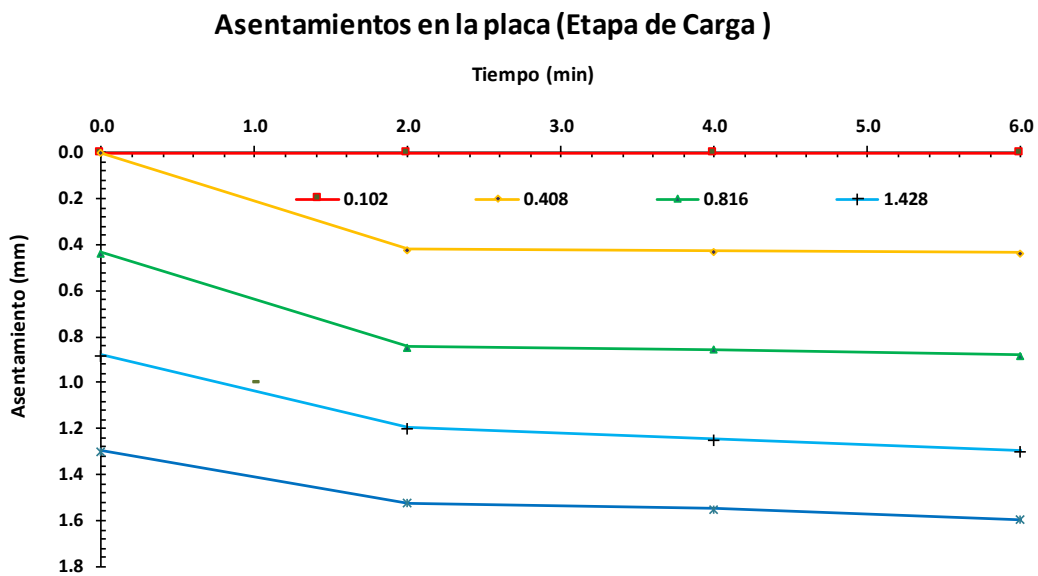
Manómetro de lectura: 1058.811 psi Carga : 2.039 kg/cm2

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	1.210	1.350	1.330	1.210	1.350	1.330	1.297
02	1.620	1.610	1.342	1.620	1.610	1.342	1.524
04	1.640	1.630	1.370	1.640	1.630	1.370	1.547
06	1.690	1.680	1.410	1.690	1.680	1.410	1.593

Fuente: Elaboración propia.

Figura 67

Asentamientos en la etapa de carga (E-02: Sub base).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

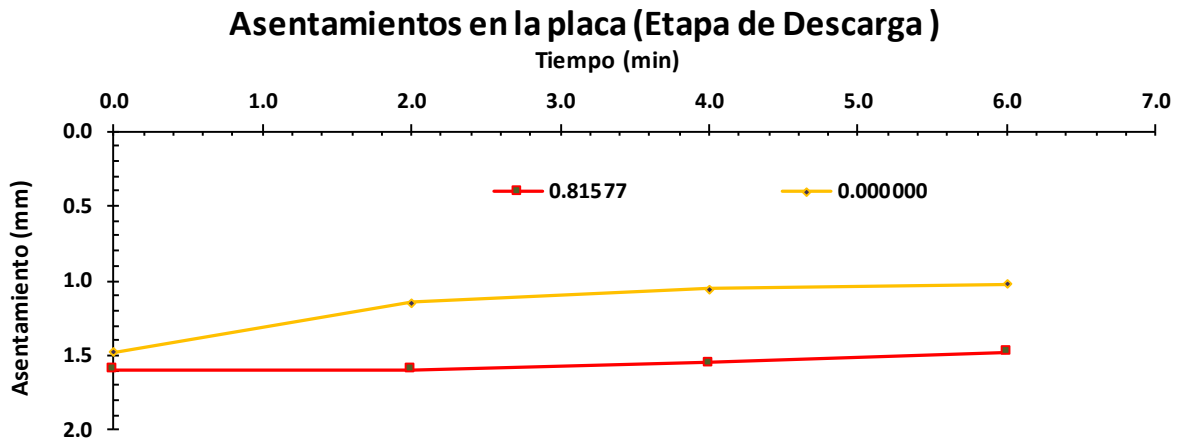
Registro de asentamientos etapa de descarga (E-02: Sub base).

1. MUESTRA				2. PERSONAL			
UBICACIÓN: Superficie (0+160) - Lado Derecho				OPERADOR: C.T.A.			
MATERIAL: Sub Base				ASISTENTE: W.T.V.			
3. DATOS							
Clase de suelo:		Suelo Granular					
Diámetro de la Placa de carga:		610 mm		Área de aplicación (cm2) =		2922.5	
Manómetro inicial:		0 psi					
Manómetro de lectura:		433.4704 psi		Carga :		0.81577 kg/cm2	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.690	1.680	1.410	1.690	1.680	1.410	1.593
2	1.690	1.680	1.410	1.690	1.680	1.410	1.593
4	1.550	1.650	1.450	1.550	1.650	1.450	1.550
6	1.490	1.500	1.440	1.490	1.500	1.440	1.477
Manómetro de lectura:		16.57754 psi		Carga :		0.000000 kg/cm2	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.490	1.500	1.440	1.490	1.500	1.440	1.477
2	1.005	1.385	1.040	1.005	1.385	1.040	1.143
4	0.855	1.295	1.020	0.855	1.295	1.020	1.057
6	0.835	1.255	0.970	0.835	1.255	0.970	1.020

Fuente: Elaboración propia.

Figura 68

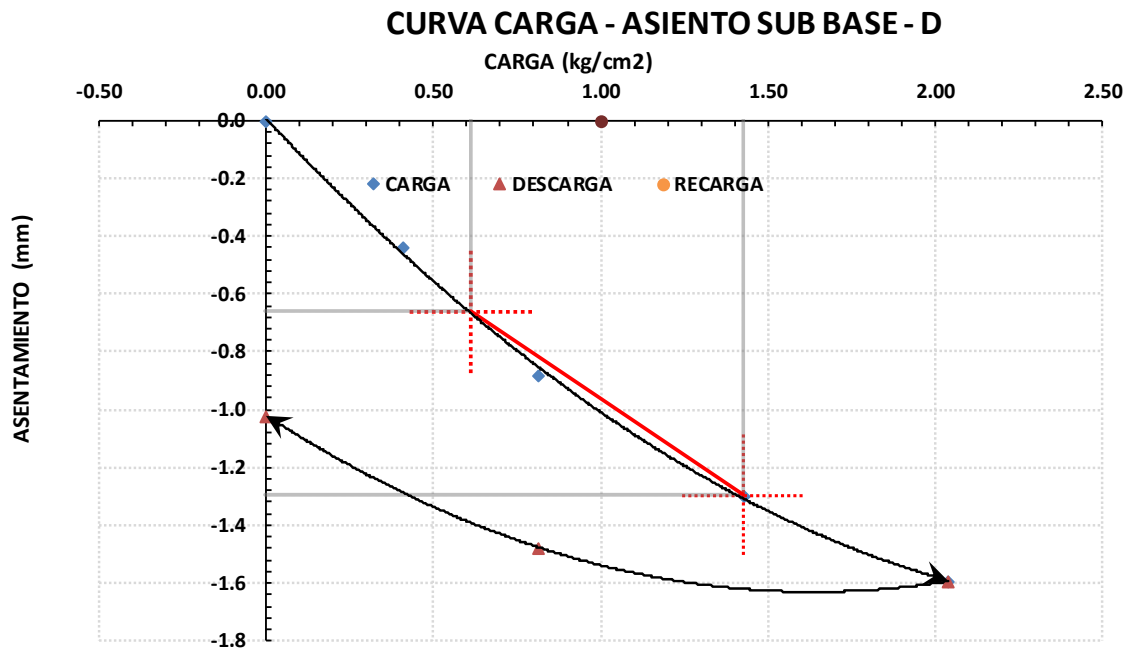
Asentamientos en la etapa de descarga (E-02: Sub base).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 69

Curva de carga - asentamiento (E-02: Sub base).



Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.2. De la clasificación del tipo de suelo de la Sub base

Contenido de Humedad

La humedad promedio de la muestra de la Sub base es 12.48 %, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16

Resultado del contenido de humedad de la muestra de la Sub base.

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS	
	RECIPIENTE	Nº	246.00	520.00
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	66.30	64.50
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	60.52	58.92
3	PESO RECIPIENTE	gr	14.19	14.19
4	PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr	5.78	5.58
5	PESO SECO DE LA MUESTRA	gr	46.33	44.73
6	HUMEDAD	%	12.48%	12.48%
	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	12.48%	

Fuente: Elaboración propia.

Análisis granulométrico por tamizado

Para el ensayo se ha tenido una muestra total de 909 gramos, la grava representa el 31.72 %, la arena representa el 49.84 %, los finos representan 18.44 %.

Tabla 17

Resultado granulometría de la muestra de la Sub base.

N°	TAMIZ		RETENIDO		PASANTE
	ASTM	ABERTURA (mm)	PESO (g)	%	MATERIAL SUBBASE
1	3"	76.200	0.0	0.00	
2	2 1/2"	63.500	0.0	0.00	
3	2"	50.800	0.0	0.00	
4	1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00
5	1"	25.400	19.1	2.10	97.90
6	3/4"	19.050	31.4	3.45	94.44
7	1/2"	12.700	71.5	7.87	86.58
8	3/8"	9.525	45.8	5.04	81.54
9	1/4"	6.350	70.0	7.70	73.84
10	N°4	4.760	50.5	5.56	68.28
11	N°8	2.380	100.7	11.08	57.21
12	N°10	2.000	61.0	6.71	50.50
13	N°16	1.190	79.0	8.69	41.80
14	N°20	0.840	60.0	6.60	35.20
15	N°30	0.590	39.2	4.31	30.89
16	N°40	0.426	33.3	3.66	27.23
17	N°50	0.297	18.6	2.05	25.18
18	N°60	0.250	15.0	1.65	23.53
19	N°80	0.177	13.3	1.46	22.07
20	N°100	0.149	10.0	1.10	20.97
21	N°200	0.075	23.0	2.53	18.44
22	Fondo			0.00	
23	Lavado		167.6	18.44	
24	TOTAL		909.0	47.67	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18

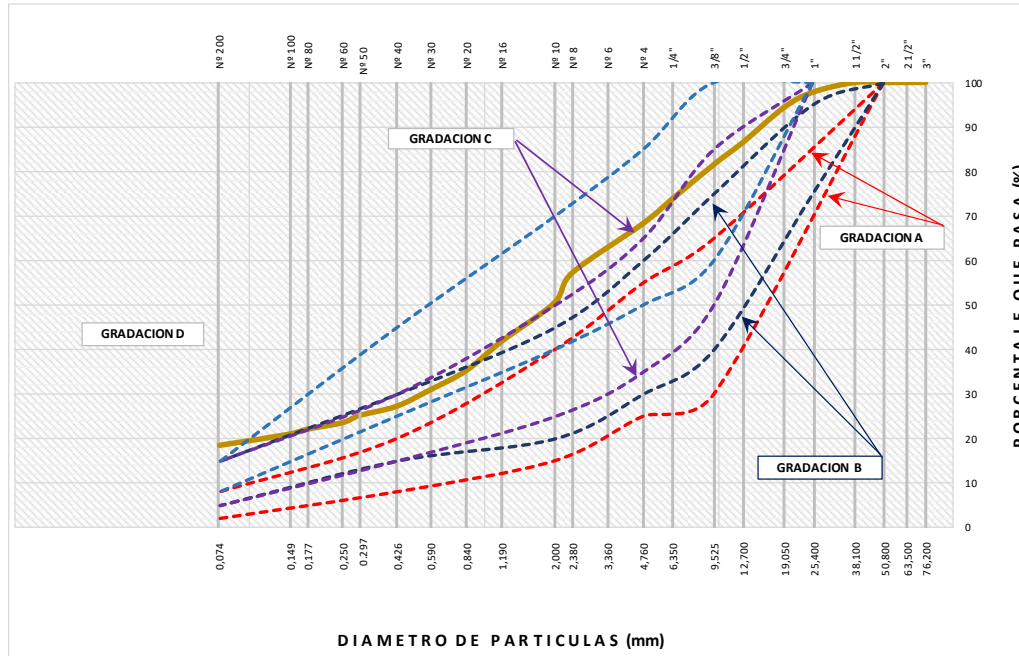
Porcentaje de suelo de la muestra de la Sub base.

% Grava	31.72%
Grava Gruesa-Hasta (N°1 1/2)	0.00%
Grava Fina-Hasta (N°4)	31.72%
% Arena	49.84%
Arena Gruesa-Hasta (N°10)	17.79%
Arena Media-Hasta (N°40)	23.27%
Arena Fina-Hasta (N°100)	8.79%
% Finos	18.44%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 70

Curva granulométrica y husos de la muestra de Sub base.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19

Porcentaje de gradación de la muestra de la Sub base.

% Pasa	D (mm)	GRADACION A			GRADACION B			GRADACION C			GRADACION D		
		Limites %Pasa		Cond.	Limites %Pasa		Cond.	Limites %Pasa		Cond.	Limites %Pasa		Cond.
100.0	50.000	100	100	OK	100	100	OK	0	0		0	0	
97.9	25.000	0	0		75	95	NO	100	100	NO	100	100	NO
81.5	9.500	30	65	NO	40	75	NO	50	85	OK	60	100	OK
68.3	4.750	25	55	NO	30	60	NO	35	65	NO	50	85	OK
50.5	2.000	15	40	NO	20	45	NO	25	50	NO	40	70	OK
27.2	0.425	8	20	NO	15	30	OK	15	30	OK	25	45	OK
18.4	0.075	2	8	NO	5	15	NO	5	15	NO	8	15	NO

Fuente: Elaboración propia.

Clasificación SUCS

Para la clasificación del suelo por el método SUCS se consideró la granulometría, los porcentajes pasantes acumulados de las mallas N°4, N°200 y los límites líquido y plástico.

Tabla 20*Clasificación SUCS de la muestra representativa de Sub base.*

SUCS	
Muestra	Sub base
Grava 3" - N°4	31.72%
Arena N°4 - N°200	49.84%
Finos < N°200	18.44%
Límite Líquido (LL)	21.62%
Límite Plástico (LP)	16.84%
Índice Plástico (IP)	4.78%
Clasificación SUCS	SC-SM
Denominación	ARENA LIMO - ARCILLOSA CON GRAVA

Fuente: Elaboración propia.

Clasificación AASHTO

Para la clasificación del suelo por el método AASHTO se consideró la granulometría, los porcentajes pasantes acumulados de las mallas N°10, N°40 y N°200, los límites líquido, plástico y el índice de grupo IG.

Tabla 21*Clasificación AASHTO de la muestra representativa de Sub base.*

AASHTO	
Muestra	Sub base
Porcentaje pasa N°10	50.50%
Porcentaje pasa N°40	27.23%
Porcentaje pasa N°200	18.44%
Límite Líquido (LL)	21.62%
Límite Plástico (LP)	16.84%
Índice Plástico (IP)	4.78%
Índice de grupo (IG)	0
Clasificación AASHTO	A-1-b
Denominación	ARENA LIMO - ARCILLOSA CON GRAVA

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.3. De las características físicas de la Sub base

Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg o límites de consistencia nos describen la respuesta de un suelo a los cambios en el contenido de humedad, la plasticidad del material se establece en función a estos límites. A continuación, se presentan los resultados obtenidos del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de plasticidad, los cuales sirvieron para poder clasificar el suelo de fundación para el material de Sub base.

Tabla 22

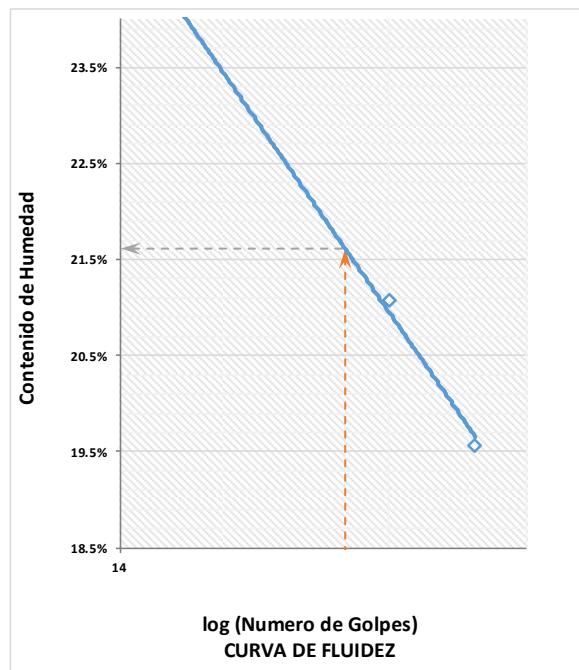
Límites de consistencia de la muestra del material de Sub base.

LÍMITE LIQUIDO (%)	21.62%
LÍMITE PLÁSTICO (%)	16.84%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	4.78%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 71

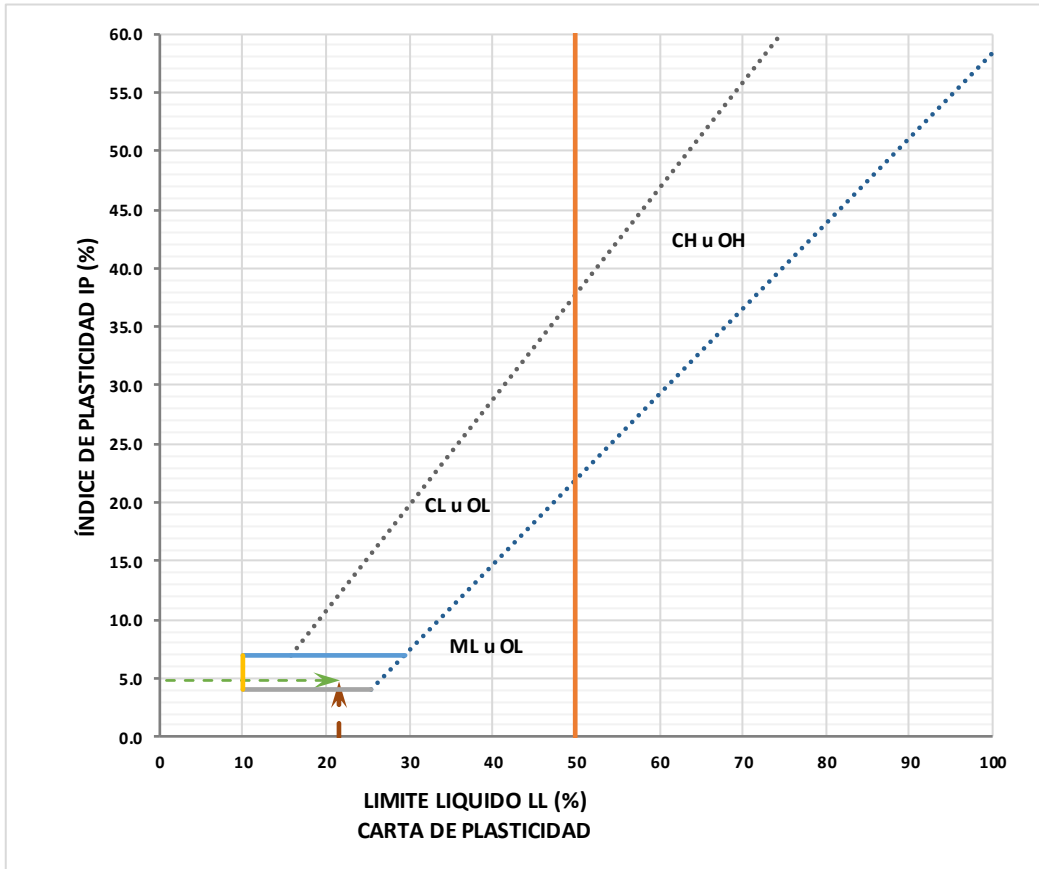
Curva de Fluidez de la muestra del material de Sub base.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 72

Carta de Plasticidad de la muestra de Sub base.



Fuente: Elaboración propia.

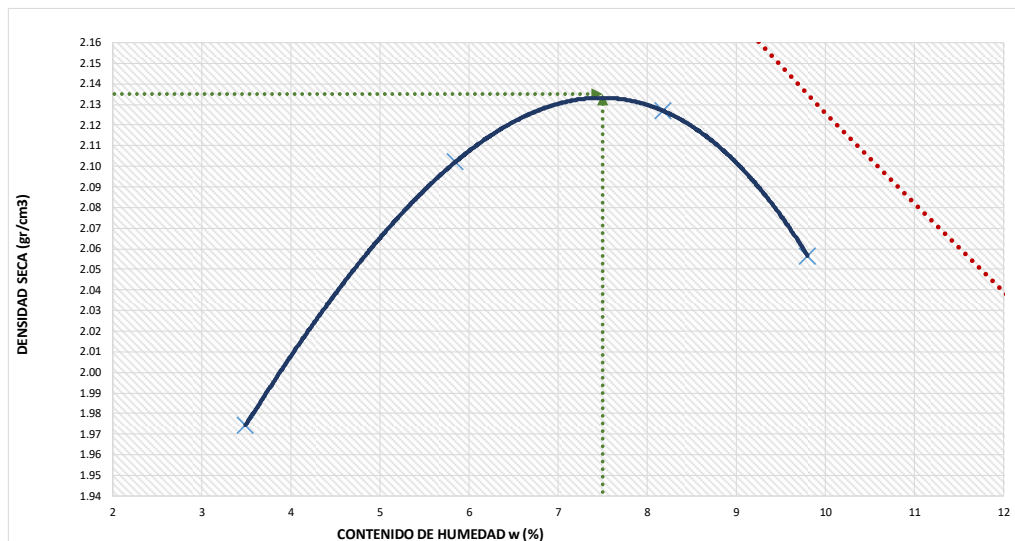
4.1.1.4. De la resistencia mecánica de la Sub base

Ensayo de Compactación - Proctor Modificado Para CBR

Los datos de densidades secas y contenidos de humedad de la muestra ensayada del material de Sub base, se muestran en el siguiente gráfico. En la curva se ubica el punto de mayor densidad seca y el correspondiente contenido de humedad, los cuales son llamados máxima densidad seca (MDS) y óptimo contenido de humedad (OCH).

Figura 73

Gráfico de la relación de humedad - densidad seca de la muestra de la Sub base.



Fuente: Elaboración propia.

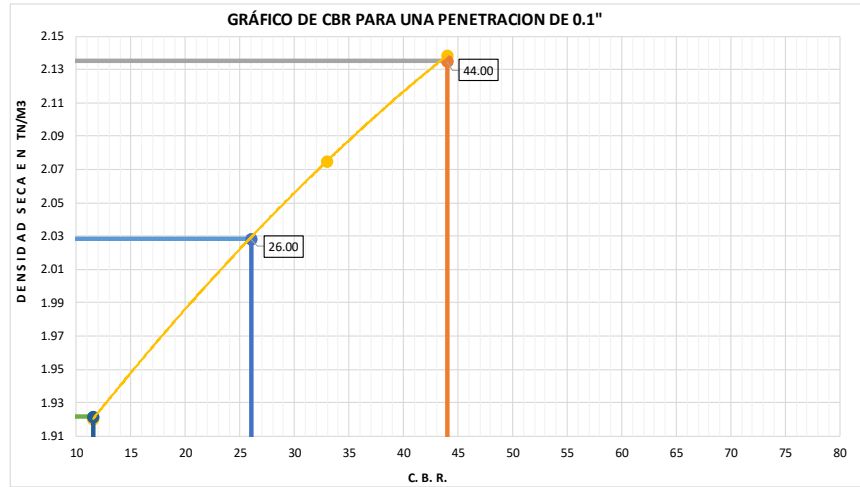
Esta muestra del material de Sub base presenta óptimo contenido de humedad de 7.50 % y una densidad seca máxima de 2.135 gr/cm³.

CBR (Valore de Soporte de California)

El valor esperado del CBR depende en gran medida de la distribución granulométrica del material, del contenido de finos y la plasticidad de la muestra del material de Sub base.

Figura 74

Gráfico de la relación CBR - Densidad Seca de la Sub base.

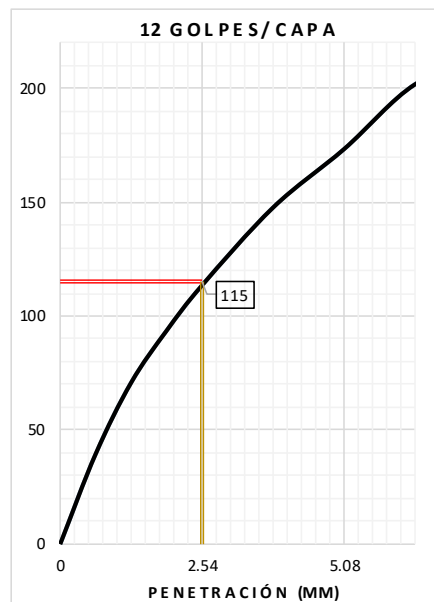


Fuente: Elaboración propia.

Esta muestra del material de Sub base presenta un CBR al 100% MDS de 44.00 % y un CBR al 95% MDS de 26.00 %.

Figura 75

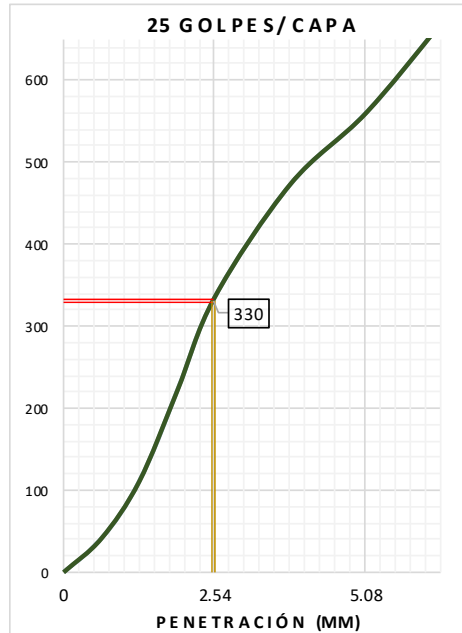
Gráfico de relación Carga - Penetración del molde a 12 golpes de la Sub base.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 76

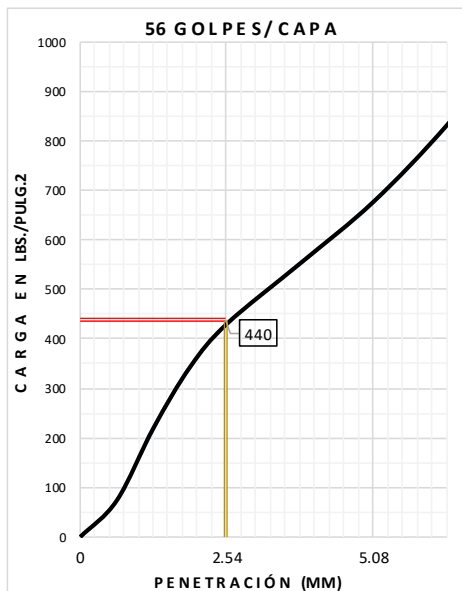
Gráfico de relación Carga - Penetración del molde a 25 golpes de la Sub base.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 77

Gráfico de relación Carga - Penetración del molde a 56 golpes de la Sub base.



Fuente: Elaboración propia.

Los gráficos anteriores muestran la relación entre la presión y penetración para los tres moldes de la muestra del material de Sub base compactados a 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes por capa.

4.1.2. Resultados de los diferentes ensayos de la Base

4.1.2.1. Del ensayo de placa de carga en la Base

Ensayo (E-03: 0+280 Lado Izquierdo de la Base)

Tabla 23

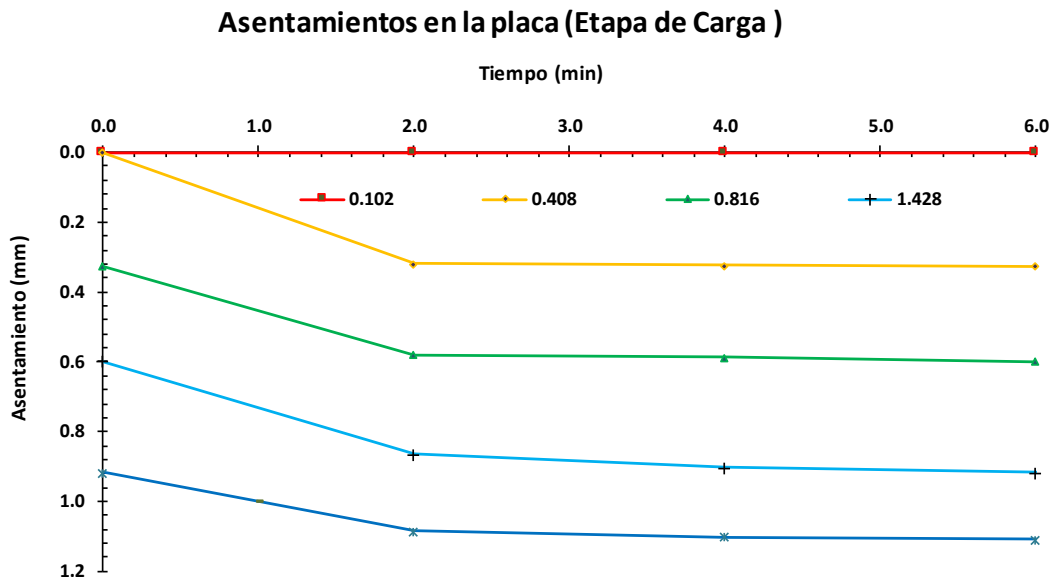
Registro de asentamientos etapa de carga (E-03: Base).

1. MUESTRA				2. PERSONAL			
UBICACIÓN: Superficie (0+280) - Lado Izquierdo				OPERADOR: C.T.A.			
MATERIAL: Base				ASISTENTE: W.T.V.			
3. DATOS							
Clase de suelo: Suelo Granular							
Diámetro de la Placa de carga: 610 mm				Área de aplicación (cm2) = 2922.5			
Manómetro inicial: 0 psi							
Manómetro de lectura: 68.688 psi Carga : 0.102 kg/cm2							
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Manómetro de lectura: 225.024 psi Carga : 0.408 kg/cm2							
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.360	0.370	0.230	0.360	0.370	0.230	0.320
04	0.365	0.375	0.231	0.365	0.375	0.231	0.324
06	0.368	0.377	0.232	0.368	0.377	0.232	0.326
Manómetro de lectura: 433.4704 psi Carga : 0.816 kg/cm2							
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.368	0.377	0.232	0.368	0.377	0.232	0.326
02	0.760	0.614	0.367	0.760	0.614	0.367	0.580
04	0.768	0.623	0.369	0.768	0.623	0.369	0.587
06	0.785	0.629	0.382	0.785	0.629	0.382	0.599
Manómetro de lectura: 746.141 psi Carga : 1.428 kg/cm2							
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.785	0.629	0.382	0.785	0.629	0.382	0.599
02	1.122	0.894	0.575	1.122	0.894	0.575	0.864
04	1.175	0.927	0.608	1.175	0.927	0.608	0.903
06	1.197	0.939	0.618	1.197	0.939	0.618	0.918
Manómetro de lectura: 1058.811 psi Carga : 2.039 kg/cm2							
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	1.197	0.939	0.618	1.197	0.939	0.618	0.918
02	1.378	1.115	0.765	1.378	1.115	0.765	1.086
04	1.395	1.134	0.779	1.395	1.134	0.779	1.103
06	1.405	1.142	0.781	1.405	1.142	0.781	1.109

Fuente: Elaboración propia.

Figura 78

Asentamientos en la etapa de carga (E-03: Base).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24

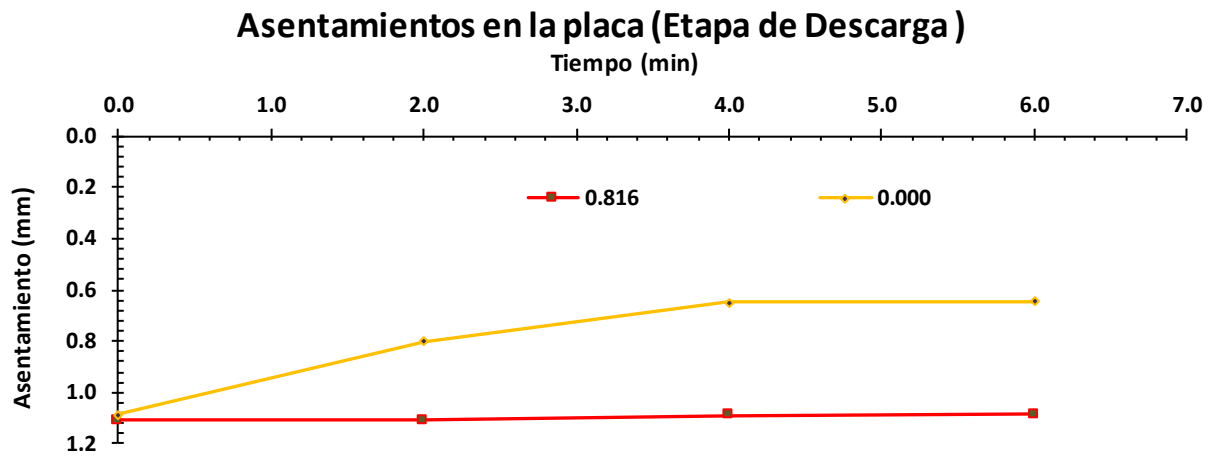
Registro de asentamientos etapa de descarga (E-03: Base).

1. MUESTRA				2. PERSONAL			
UBICACIÓN: Superficie (0+280) - Lado Izquierdo				OPERADOR: C.T.A.			
MATERIAL: Base				ASISTENTE: W.T.V.			
3. DATOS							
Clase de suelo:		Suelo Granular					
Diámetro de la Placa de carga:		610 mm		Área de aplicación (cm2) =		2922.5	
Manómetro inicial:		0 psi					
Manómetro de lectura:		433.470 psi		Carga :		0.816 kg/cm2	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.405	1.142	0.781	1.405	1.142	0.781	1.109
2	1.405	1.142	0.781	1.405	1.142	0.781	1.109
4	1.400	1.089	0.780	1.400	1.089	0.780	1.090
6	1.392	1.086	0.779	1.392	1.086	0.779	1.086
Manómetro de lectura:		16.578 psi		Carga :		0.000 kg/cm2	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.392	1.086	0.779	1.392	1.086	0.779	1.086
2	1.100	0.800	0.500	1.100	0.800	0.500	0.800
4	0.969	0.590	0.386	0.969	0.590	0.386	0.648
6	0.966	0.589	0.381	0.966	0.589	0.381	0.645

Fuente: Elaboración propia.

Figura 79

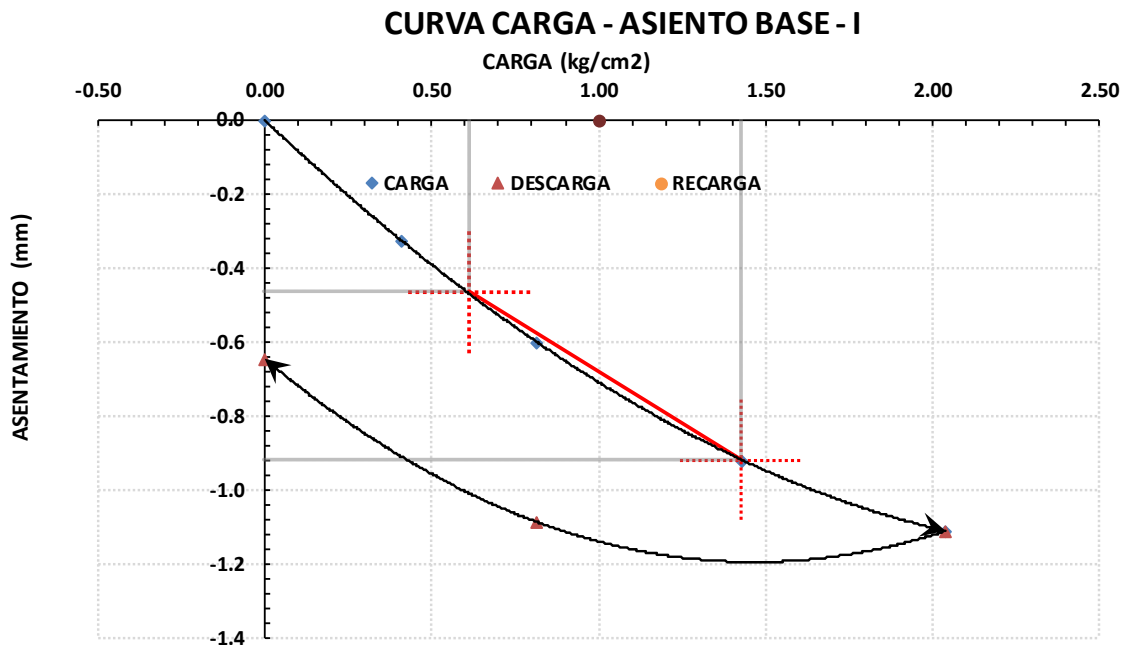
Asentamientos en la etapa de descarga (E-03: Base).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 80

Curva de carga - asentamiento (E-03: Base).



Fuente: Elaboración propia.

Ensayo (E-04: 0+160 Lado Derecho de la Base)

Tabla 25

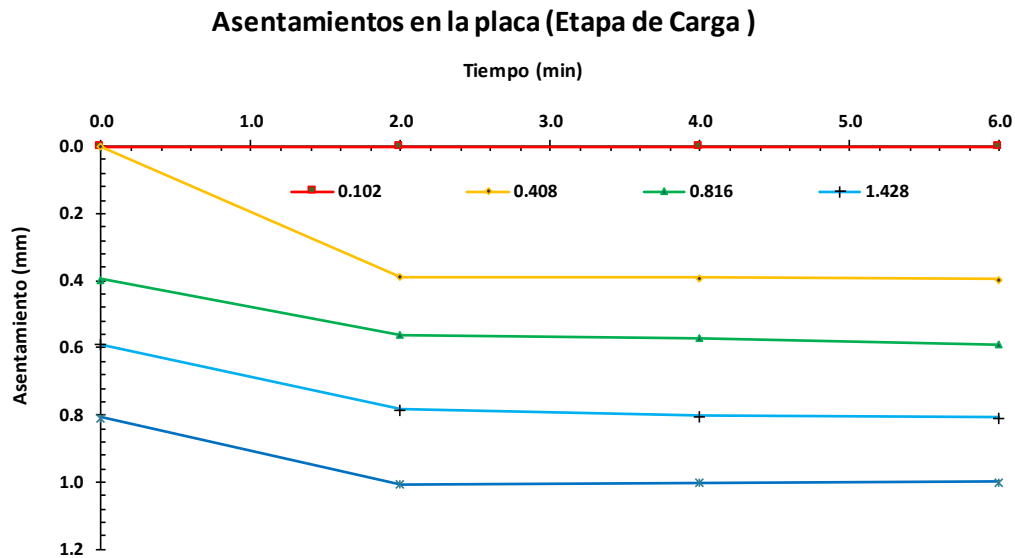
Registro de asentamientos etapa de carga (E-04: Base).

1. MUESTRA				2. PERSONAL			
UBICACIÓN: Superficie (0+160) - Lado Derecho				OPERADOR: C.T.A.			
MATERIAL: Base				ASISTENTE: W.T.V.			
3. DATOS							
Clase de suelo:		Suelo Granular		Diámetro de la Placa de carga:		610 mm	Área de aplicación (cm ²) = 2922.5
Manómetro inicial:		0 psi					
Manómetro de lectura:		68.688 psi		Carga :		0.102 kg/cm ²	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Manómetro de lectura:		225.024 psi		Carga :		0.408 kg/cm ²	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.405	0.400	0.360	0.405	0.400	0.360	0.388
04	0.408	0.403	0.361	0.408	0.403	0.361	0.391
06	0.409	0.408	0.372	0.409	0.408	0.372	0.396
Manómetro de lectura:		433.470 psi		Carga :		0.816 kg/cm ²	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.409	0.408	0.372	0.409	0.408	0.372	0.396
02	0.532	0.618	0.532	0.532	0.618	0.532	0.561
04	0.542	0.628	0.544	0.542	0.628	0.544	0.571
06	0.544	0.658	0.570	0.544	0.658	0.570	0.591
Manómetro de lectura:		746.141 psi		Carga :		1.428 kg/cm ²	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.544	0.658	0.570	0.544	0.658	0.570	0.591
02	0.964	0.707	0.681	0.964	0.707	0.681	0.784
04	0.965	0.753	0.691	0.965	0.753	0.691	0.803
06	0.970	0.760	0.692	0.970	0.760	0.692	0.807
Manómetro de lectura:		1058.811 psi		Carga :		2.039 kg/cm ²	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.970	0.760	0.692	0.970	0.760	0.692	0.807
02	1.154	0.928	0.937	1.154	0.928	0.937	1.006
04	1.136	0.960	0.911	1.136	0.960	0.911	1.002
06	1.133	0.963	0.900	1.133	0.963	0.900	0.999

Fuente: Elaboración propia.

Figura 81

Asentamientos en la etapa de carga (E-04: Base).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26

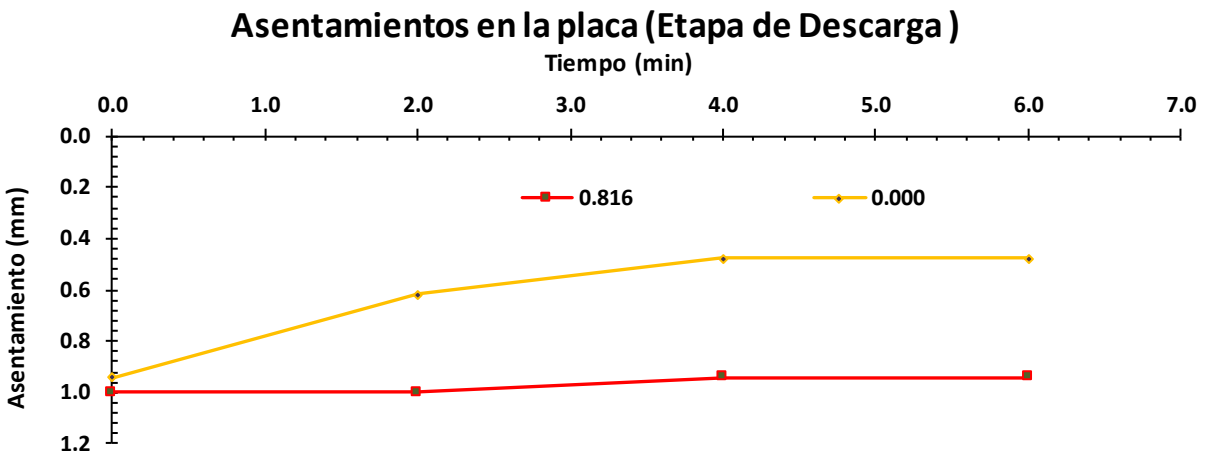
Registro de asentamientos etapa de descarga (E-04: Base).

1. MUESTRA				2. PERSONAL			
UBICACIÓN: Superficie (0+160) - Lado Derecho				OPERADOR: C.T.A.			
MATERIAL: Base				ASISTENTE: W.T.V.			
3. DATOS							
Clase de suelo:		Suelo Granular					
Diámetro de la Placa de carga:		610 mm		Área de aplicación (cm ²) =		2922.5	
Manómetro inicial:		0 psi					
Manómetro de lectura:		433.470 psi		Carga :		0.816 kg/cm ²	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.133	0.963	0.900	1.133	0.963	0.900	0.999
2	1.133	0.963	0.900	1.133	0.963	0.900	0.999
4	1.068	0.863	0.890	1.068	0.863	0.890	0.940
6	1.067	0.862	0.889	1.067	0.862	0.889	0.939
Manómetro de lectura:		16.578 psi		Carga :		0.000 kg/cm ²	
Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.067	0.862	0.889	1.067	0.862	0.889	0.939
2	0.781	0.576	0.500	0.781	0.576	0.500	0.619
4	0.571	0.366	0.496	0.571	0.366	0.496	0.478
6	0.570	0.365	0.491	0.570	0.365	0.491	0.475

Fuente: Elaboración propia.

Figura 82

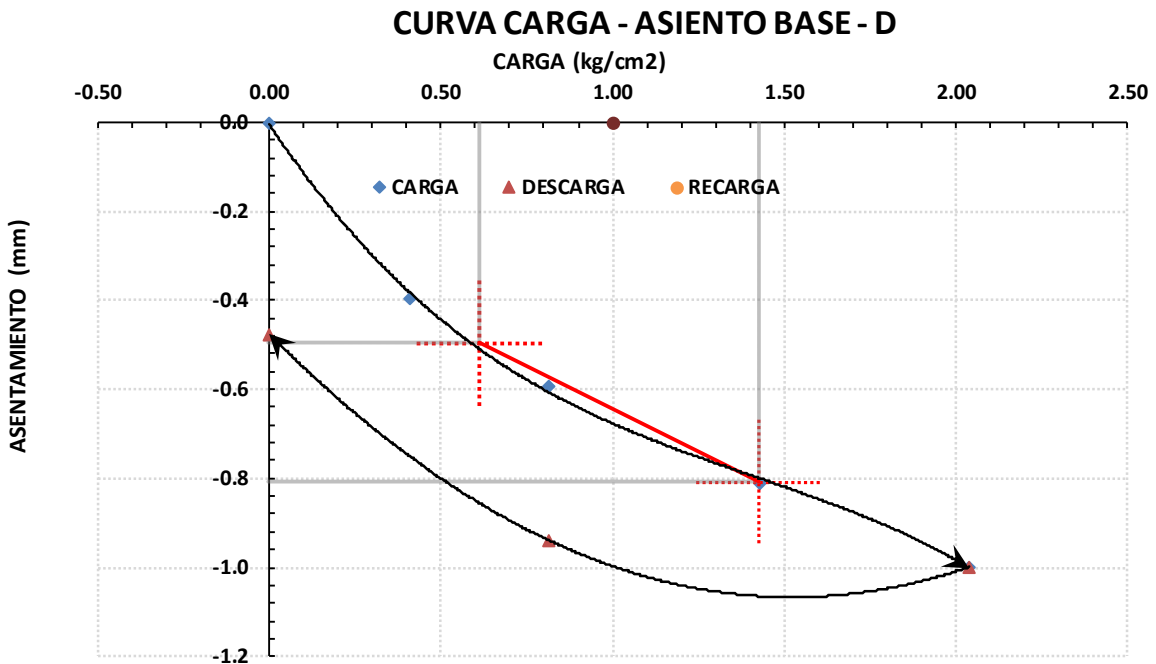
Asentamientos en la etapa de descarga (E-04: Base).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 83

Curva de carga - asentamiento (E-04: Base).



Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2. De la clasificación del tipo de suelo de la Base

Contenido de Humedad

La humedad promedio de la muestra de la Base es 7.25 %, tal como se muestra.

Tabla 27

Resultado del contenido de humedad de la muestra de Base.

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS	
	RECIPIENTE	Nº	246.00	520.00
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	66.30	64.50
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	62.78	61.10
3	PESO RECIPIENTE	gr	14.19	14.19
4	PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr	3.52	3.40
5	PESO SECO DE LA MUESTRA	gr	48.59	46.91
6	HUMEDAD	%	7.24%	7.24%
	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.24%	

Fuente: Elaboración propia.

Análisis granulométrico por tamizado

Para el ensayo se ha tenido una muestra total de 963.10 gramos, la grava representa el 42.27 %, la arena representa el 42.08 %, los finos representan 15.64 %.

Tabla 28

Resultado granulometría de la muestra de Base.

Nº	TAMIZ		RETENIDO		PASANTE
	ASTM	ABERTURA (mm)	PESO (g)	%	MATERIAL BASE
1	3"	76.200		0.00	
2	2 1/2"	63.500		0.00	
3	2"	50.800		0.00	
4	1 1/2"	38.100	0.00	0.00	
5	1"	25.400	0.00	0.00	100.00
6	3/4"	19.050	6.70	0.70	99.30
7	1/2"	12.700	127.80	13.28	86.02
8	3/8"	9.525	106.20	11.03	74.99
9	1/4"	6.350	53.40	5.55	69.44
10	Nº4	4.760	112.7	11.71	57.73
11	Nº8	2.380	90.00	9.35	48.38
12	Nº10	2.000	63.00	6.55	41.83
13	Nº16	1.190	72.60	7.54	34.29
14	Nº20	0.840	50.00	5.20	29.09
15	Nº30	0.590	31.70	3.29	25.80
16	Nº40	0.426	27.90	2.90	22.90
17	Nº50	0.297	15.70	1.63	21.27
18	Nº60	0.250	13.00	1.35	19.92
19	Nº80	0.177	10.80	1.12	18.80
20	Nº100	0.149	9.00	0.94	17.86
21	Nº200	0.075	21.300	2.21	15.65
22	Fondo		0.0	0.00	
23	Lavado		151.3	15.72	
24	TOTAL		963.1	100.1	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29

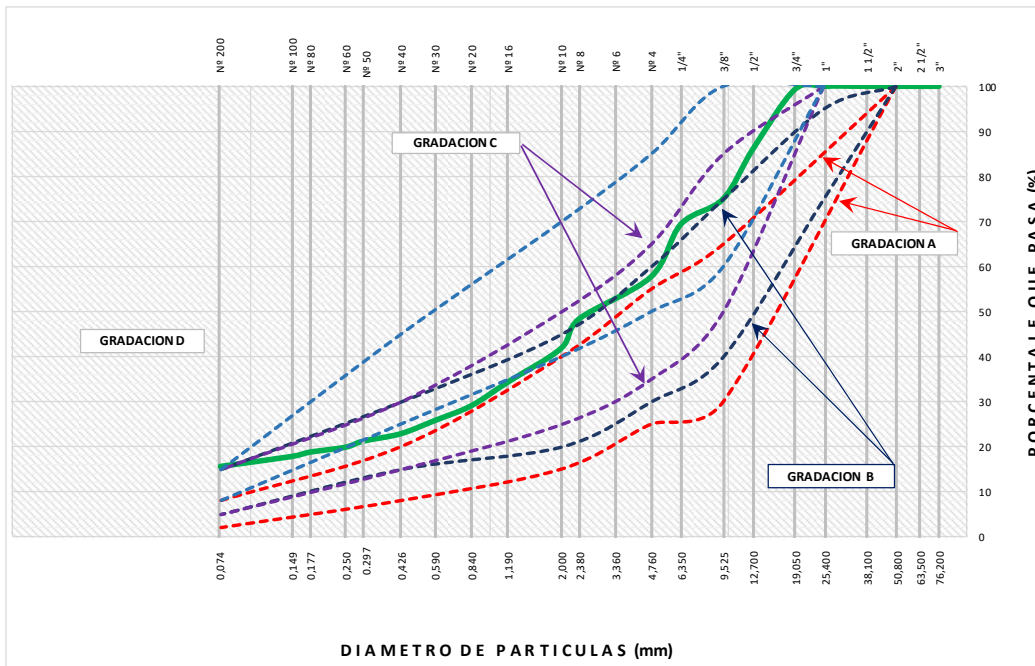
Porcentaje de suelo de la muestra de Base.

% Grava	42.27%
Grava Gruesa-Hasta (N°1 1/2)	0.00%
Grava Fina-Hasta (N°4)	42.27%
% Arena	42.08%
Arena Gruesa-Hasta (N°10)	15.90%
Arena Media-Hasta (N°40)	18.93%
Arena Fina-Hasta (N°100)	7.25%
% Finos	15.65%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 84

Curva granulométrica y husos de la muestra de Base.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30*Porcentaje de gradación de la muestra de Base.*

% Pasa	D (mm)	GRADACION A			GRADACION B			GRADACION C			GRADACION D		
		Límites %Pasa		Cond.	Límites %Pasa		Cond.	Límites %Pasa		Cond.	Límites %Pasa		Cond.
100.0	50.000	100	100	OK	100	100	OK	0	0		0	0	
100.0	25.000	0	0		75	95	NO	100	100	OK	100	100	OK
75.0	9.500	30	65	NO	40	75	OK	50	85	OK	60	100	OK
57.7	4.750	25	55	NO	30	60	OK	35	65	OK	50	85	OK
41.8	2.000	15	40	NO	20	45	OK	25	50	OK	40	70	OK
22.9	0.425	8	20	NO	15	30	OK	15	30	OK	25	45	NO
15.6	0.075	2	8	NO	5	15	NO	5	15	NO	8	15	NO

Fuente: Elaboración propia.

Clasificación SUCS

Para la clasificación del suelo por el método SUCS se consideró la granulometría, los porcentajes pasantes acumulados de las mallas N°4, N°200 y los límites líquido y plástico.

Tabla 31*Clasificación SUCS de la muestra representativa de Base.*

SUCS	
Muestra	Sub base
Grava 3" - N°4	42.27%
Arena N°4 - N°200	42.08%
Finos < N°200	15.65%
Límite Líquido (LL)	23.72%
Límite Plástico (LP)	19.94%
Índice Plástico (IP)	3.78%
Clasificación SUCS	GM
Denominación	GRAVA LIMOSA CON ARENA

Fuente: Elaboración propia.

Clasificación AASHTO

Para la clasificación del suelo por el método AASHTO se consideró la granulometría, los porcentajes pasantes acumulados de las mallas N°10, N°40 y N°200, los límites líquido, plástico y el índice de grupo IG.

Tabla 32*Clasificación AASHTO de la muestra representativa de Base.*

AASHTO	
Muestra	Sub base
Porcentaje pasa N°10	41.83%
Porcentaje pasa N°40	22.90%
Porcentaje pasa N°200	15.65%
Límite Líquido (LL)	23.72%
Límite Plástico (LP)	19.94%
Índice Plástico (IP)	3.78%
Índice de grupo (IG)	0
Clasificación AASHTO	A-1-b
Denominación	GRAVA LIMOSA CON ARENA

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.3. De las características físicas de la Base**Límites de Atterberg**

Los límites de consistencia son importantes porque nos describen el rango de la humedad dentro del cual el material de la Base se mantiene en estado plástico, además de poder inferir el comportamiento del suelo y si es apto para su utilización en la construcción del pavimento rígido.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de plasticidad, para el material de Base.

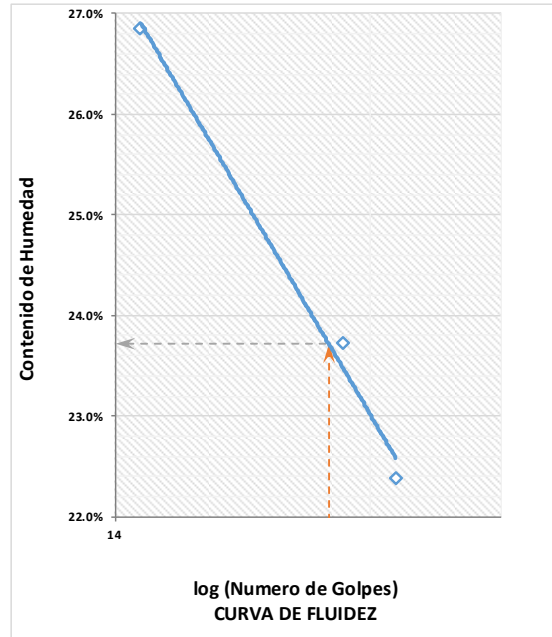
Tabla 33*Límites de consistencia de la muestra del material de Base.*

LIMITE LIQUIDO (%)	23.72%
LIMITE PLÁSTICO (%)	19.94%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	3.78%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 85

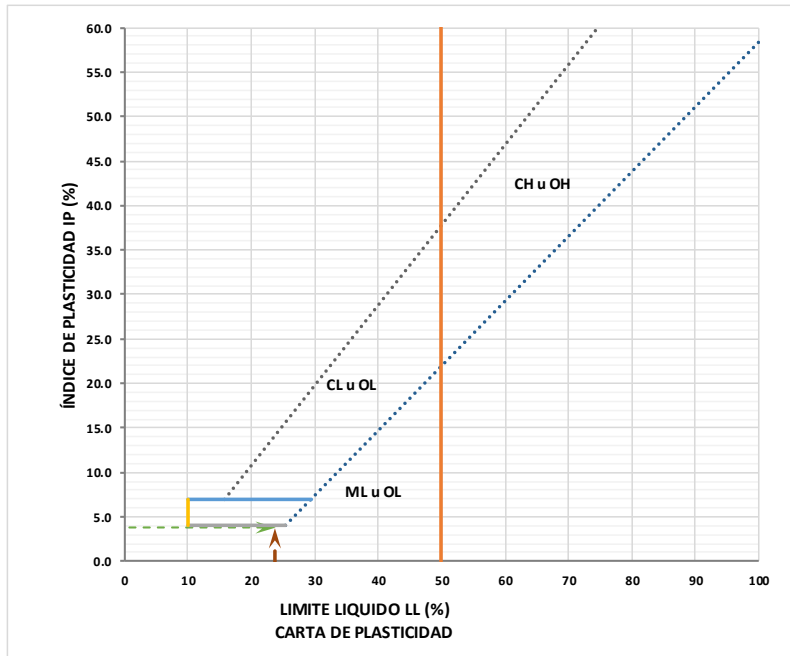
Curva de Fluidiez de la muestra del material de Base.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 86

Carta de Plasticidad de la muestra del material de Base.



Fuente: Elaboración propia.

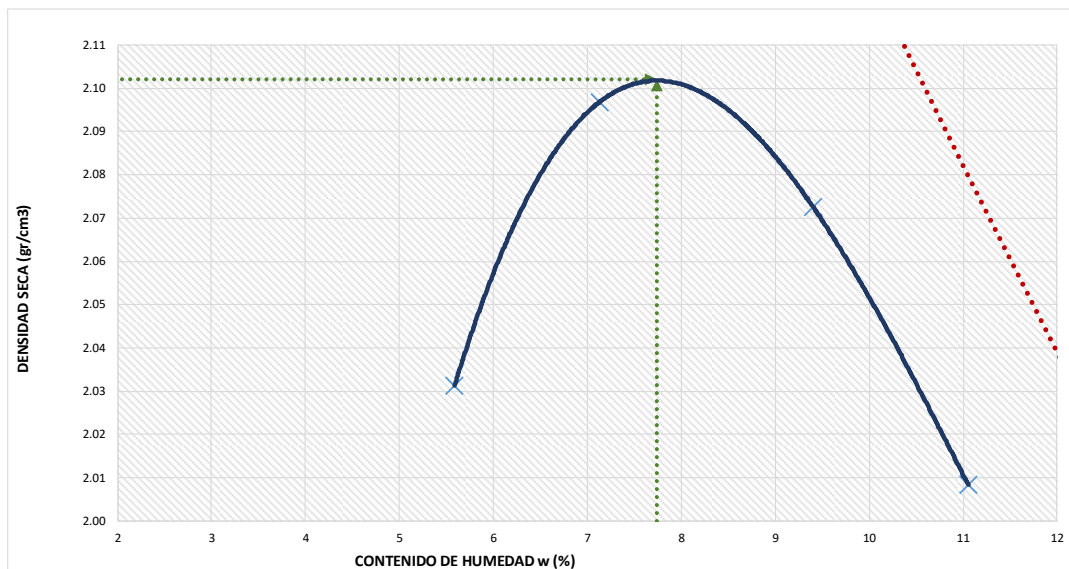
4.1.2.4. De la resistencia mecánica de la Base

Ensayo de Compactación - Proctor Modificado Para CBR

Los datos de densidades secas y contenidos de humedad de la muestra ensayada del material de Base, se muestran en el siguiente gráfico. En la curva se ubica el punto de mayor densidad seca y el correspondiente contenido de humedad, los cuales son llamados máxima densidad seca (MDS) y óptimo contenido de humedad (OCH).

Figura 87

Gráfico de la relación de humedad - densidad seca de la muestra de Base.



Fuente: Elaboración propia.

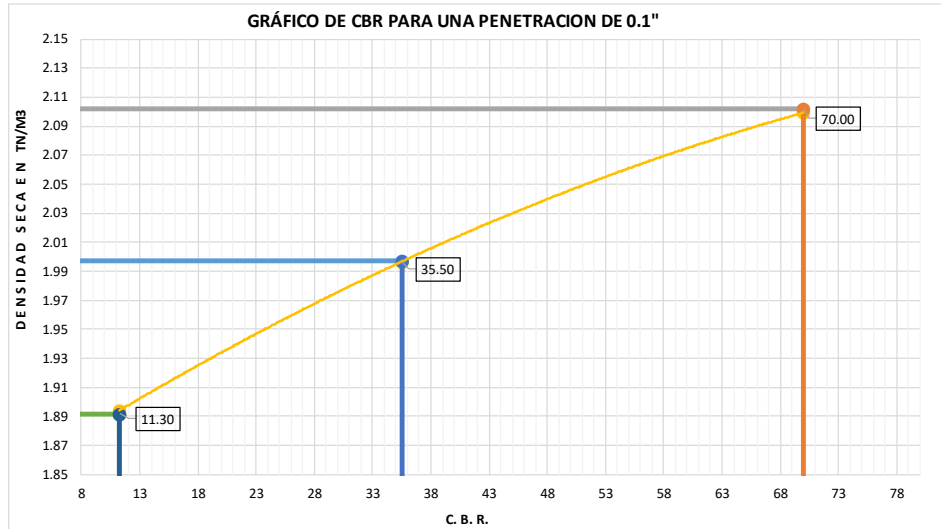
Esta muestra del material de Base presenta óptimo contenido de humedad de 7.745 % y una densidad seca máxima de 2.102gr/cm³.

CBR (Valore de Soporte de California)

El valor esperado del CBR para la muestra del material Base, depende en gran medida de la distribución granulométrica del material, del contenido de finos y la plasticidad.

Figura 88

Gráfico de la relación CBR - Densidad Seca de la Base.



Fuente: Elaboración propia.

Esta muestra del material de Base, presenta un CBR al 100% MDS de 70.00 %, un CBR al 95% MDS de 35.50 % y un CBR al 90% MDS de 11.30 %.

Figura 89

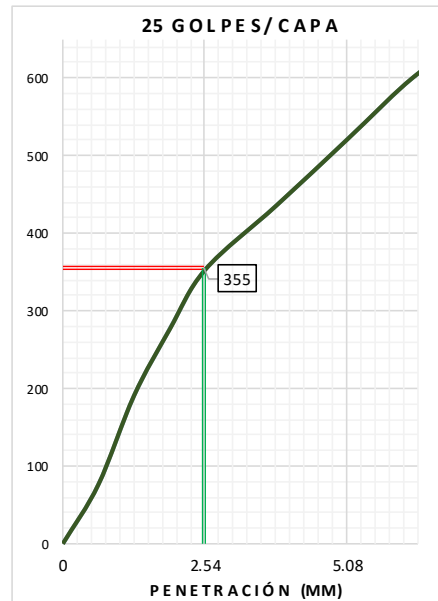
Gráfico de relación Carga - Penetración del molde a 12 golpes de la Base.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 90

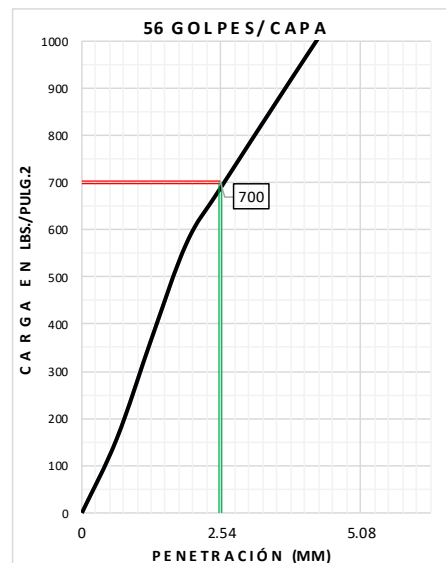
Gráfico de relación Carga - Penetración del molde a 56 golpes de la Base.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 91

Gráfico de relación Carga - Penetración del molde a 25 golpes de la Base.



Fuente: Elaboración propia.

Los gráficos anteriores muestran la relación entre la presión y penetración para los tres moldes de la muestra del material de Sub base compactados a 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes por capa.

4.2. Resultados descriptivos

Tabla 34

Estadística descriptiva del Asentamiento Elástico de acuerdo a la Heterogeneidad de los materiales.

Heterogeneidad de los materiales	Media	Desviación estándar
Material Base	1,1000	,01414
Material Subbase	1,5700	,02828

NOTA: Elaboración propia en base a los datos recogidos

Según la tabla 34, muestra que la media del Asentamiento Elástico para el tipo de material de base (1.100) es menor a la media del material de sub base (1.570).

Tabla 35

Estadística descriptiva del Asentamiento Elástico de acuerdo al tipo de material granular.

Tipo de material granular	Media	Desviación estándar
Graba-limosa con arena	1,1000	,01414
Arena limo arcillosa	1,5700	,02828

NOTA: Elaboración propia en base a los datos recogidos

Según la tabla 35, muestra que la media del Asentamiento Elástico de acuerdo al tipo de material para el tipo base, Graba-limosa con arena (1.10) es menor a la media del material sub base, Arena limo arcillosa (1.57).

Tabla 36

Estadística descriptiva del Asentamiento Elástico de acuerdo a las Características físicas del material y la Resistencia mecánica del material.

	Media	Desviación estándar
Características físicas del material	4,3	0,57735027
Resistencia mecánica del material	0,57	0,15011107

NOTA: Elaboración propia en base a los datos recogidos

Según la tabla 36, muestra que la media del Asentamiento Elástico de acuerdo a las características físicas del material es de (4.3) con una desviación estándar de (0.577) y de acuerdo a la resistencia mecánica del material es de (0.57) con una desviación estándar de (0.150).

4.3. Contrastación de hipótesis

En esta parte formulamos dos hipótesis que se evaluarán en el procedimiento, de manera general y de manera específica; para ello planteamos las pruebas de normalidad la cual se describen a continuación.

4.3.1. Prueba de hipótesis general

Hipótesis de investigación

La heterogeneidad de los materiales de base y sub base influye significativamente al evaluar los asentamientos elásticos empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020.

H_0 : La media de los asentamientos elásticos debido a la heterogeneidad de los materiales de base y sub base son iguales. (La heterogeneidad de los materiales no influye en los asentamientos elásticos).

H_a : La media de los asentamientos elásticos debido a la heterogeneidad de los materiales de base y sub base son diferentes. (La heterogeneidad de los materiales influye en los asentamientos elásticos).

Determinación del nivel de confianza y significancia

Según Silvente (2012), los tests de hipótesis son pruebas significativas que tienen un proceso de aceptación o rechazo; esto debido a que la hipótesis lleva implícito un riesgo que se cuantifica con el valor de la "p", que significa la probabilidad de aceptar la hipótesis alternativa como verdadera, cuando la hipótesis cierta podría ser nula, sabiendo que una seguridad del 95% lleva implícita una $p < 0.05$. En esta investigación se busca determinar la influencia que existe entre la heterogeneidad de los materiales de base y sub base, y los asentamientos elásticos de la vía evaluada con el siguiente grado de confianza y de significancia:

- Nivel de confianza del 95%
- Significancia del 5%

Elección del estadístico de prueba

Se eligió el estadístico de prueba denominado t de Student para muestras independientes, ya que el objetivo principal de la investigación es determinar la influencia que existe entre la heterogeneidad de los materiales de base y sub base, y los asentamientos elásticos empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020.

Debido a que, la muestra tiene las siguientes características:

- Las variables son de tipo cuantitativo (Y) y cualitativo (X)
- Se tiene una muestra menor a 30 datos
- Se pretende comparar medidas de tendencia central

$$H_0: u_1 = u_2$$

$$H_a: u_1 \neq u_2$$

Estadístico de prueba

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_c^2}{n_1} + \frac{S_c^2}{n_2}}}$$

Donde:

t: Estadístico t calculado.

\bar{X}_1 ; \bar{X}_2 : medias muestrales.

S_c^2 : varianza común; $S_c^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}$

Que sigue una distribución t con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad, donde se rechaza la hipótesis nula (H_0), si p-valor $< \alpha=0.05$ (5%).

Pruebas de normalidad

Tabla 37

Prueba de normalidad.

Hipótesis nula	valor $p > 0.05$	Los datos siguen una distribución normal
Hipótesis alternativa	Valor $p < 0.05$	Los datos no siguen una distribución normal

Fuente: Elaboración propia.

Según la regla de decisión para definir si nuestros datos tienen una distribución normal, su p valor o nivel de Significancia debe ser mayor a 0.05; y en el caso que nuestros datos tenga una distribución no normal, el p- valor o nivel de Significancia debe ser menor o igual a 0.05.

Tabla 38

Prueba de normalidad para las variables mediante Shapiro-Wilk .

<i>Variables</i>	Shapiro-Wilk		
	<i>Estadístico</i>	<i>gl</i>	<i>Sig.</i>
Asentamiento elástico	,783	4	,075
Comportamiento mecánico	,828	4	,162
Deformación elástica	,826	4	,158

Fuente: Elaboración propia.

Dado que los datos son de tamaño pequeño (4) el estadístico para probar la normalidad es de Shapiro-Wilk. Se observa en la tabla 38 que los p-valores para las variables asentamiento elástico, comportamiento mecánico del material y deformación elástica son: 0.075; 0.162 y 0.158 respectivamente, los cuales son mayores a 0.05 (nivel de significancia) entonces las variables siguen con una distribución normal. Para utilizar la prueba de t student - muestras independientes se requiere que los datos tengan una distribución normal. Como se mencionó anteriormente por tanto cumple tal requisito (ver tabla 38).

Presentación del p-valor calculado y decisión estadística

Tabla 39

Prueba t para muestras independientes debido a la heterogeneidad de los materiales.

Prueba t para muestras independientes							
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	-21,019	2	,002	-,47000	,02236	-,56621	-,37379
No se asumen varianzas iguales	-21,019	1,471	,008	-,47000	,02236	-,60837	-,33163

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla 39 de acuerdo con el p-valor (sig. bilateral) =0.002 asumiendo varianzas igual y el p-valor (sig. bilateral) =0.008 para varianza diferentes son menores a 0.05 (nivel de significancia), ello nos indica que se rechaza la hipótesis nula por cual se acepta la hipótesis alternativa; entonces la media de los asentamientos elásticos para el tipo de material base y tipo de material sub base son diferentes por tanto concluimos que la heterogeneidad de los materiales influye en los asentamientos elásticos empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020. Por ende, se logró demostrar la hipótesis general de investigación.

4.3.2. Prueba de primera hipótesis específica

Hipótesis de investigación

Los tipos de materiales granulares de base y sub base influye considerablemente al evaluar los asentamientos elásticos empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020.

H₀: La media de los asentamientos elásticos para el tipo de material base y tipo de material sub base son iguales. (Los tipos de materiales no influye en los asentamientos elásticos).

H_a: La media de los asentamientos elásticos para el tipo de material base y tipo de material sub base son diferentes. (Los tipos de materiales influye en los asentamientos elásticos).

De la misma forma, para la primera hipótesis específica se utiliza el mismo estadístico de prueba por las condiciones antes mencionadas.

Tabla 40

Prueba t para muestras independientes debido al tipo de material.

		Prueba t para muestras independientes						
		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
							Inferior	Superior
Se	asumen varianzas iguales	10,119	2	,010	6,40000	,63246	3,67876	9,12124
No se	asumen varianzas iguales	10,119	1,220	,040	6,40000	,63246	1,09116	11,70884

Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla 40 de acuerdo con el p-valor (sig. bilateral) =0.010 asumiendo varianzas igual y el p-valor (sig. bilateral) =0.040 para varianza diferentes son menores a 0.05 (nivel de significancia), ello nos indica que se rechaza la hipótesis nula por cual se acepta la hipótesis alternativa; entonces la media de los asentamientos elásticos del material tipo base y del material sub base son diferentes por tanto concluimos que el tipo de material influye significativamente al evaluar los asentamientos elásticos empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020. Por ende, se logró demostrar la primera hipótesis de investigación.

4.3.3. Prueba de segunda hipótesis específica

Hipótesis de investigación

Las características físicas de los materiales de base y sub base intervienen positivamente en el análisis de los asentamientos elástico al evaluar los asentamientos elásticos empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020.

H₀ Las características físicas de los materiales de base y sub base no influyen en el análisis de los asentamientos elásticos.

H_a: Las características físicas de los materiales de base y sub base influyen en el análisis de los asentamientos elásticos.

Determinación del nivel de confianza y significancia

Según Baños et al. (2019) la relación significativa que existe entre una variable dependiente y el conjunto de las variables independientes se mide mediante el valor de significancia valorando esta relación cuando es menor de 0.05. En esta investigación se busca determinar la influencia que existe entre las características físicas de los materiales de base y sub base, y los asentamientos elásticos de la vía evaluada con el siguiente grado de confianza y de significancia:

- Nivel de confianza del 95%
- Significancia del 5%

Elección del estadístico de prueba

Se eligió el estadístico de prueba denominado Regresión Lineal, ya que las variables son de tipo cuantitativo, siendo el objetivo principal de la investigación, determinar la influencia que existe entre las características físicas de los materiales de base y sub base, y los asentamientos elásticos empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020.

El Análisis de regresión lineal es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre variables, las cuales se cuantifica entre la variable dependiente y las variables independientes; esta técnica analiza la relaciones métricas con el objetivo principal de predecir la variable dependiente seleccionada por el investigador, utilizando las variables independientes (Baños et al., 2019).

Estadístico de prueba

$$y = a + bx$$

Donde:

x: variable independiente.

y: variable dependiente.

a: término constante del modelo.

b: efecto de la variable independiente sobre la dependiente.

Presentación de resultados y decisión estadística

Tabla 41

Resumen del modelo de la segunda hipótesis específica.

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	,998 ^a	,995	,993	,02236

a. Predictores: (Constante), x2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42

Significación de la Anova para la segunda hipótesis específica.

ANOVA ^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,221	1	,221	441,800	,002 ^b
	Residuo	,001	2	,000		
	Total	,222	3			

a. Variable dependiente: y

b. Predictores: (Constante), x2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 43

Coefficientes del modelo de la segunda hipótesis específica.

Coefficientes ^a						
Modelo		Coefficientes no estandarizados		Coefficientes estandarizados		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	-,686	,097		-7,087	,019
	x2	,470	,022	,998	21,019	,002

a. Variable dependiente: y

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 41 el modelo de la segunda hipótesis específica, tiene un coeficiente de determinación $R^2=0.998$ lo que significa que el modelo ($y=a +bx$) explica en un 99.8% la variabilidad. El modelo es estadísticamente significativo pues el p-valor (0.002) menor al 0.05 (nivel de significancia) mostrados en la tabla 42. Asimismo, la constante y el coeficiente del modelo de regresión lineal son estadísticamente significativos de acuerdo a la tabla 43. Entonces por todo lo mencionado anteriormente se concluye que existe una influencia de la característica física de los materiales de base y sub base que intervienen en el análisis de los asentamientos elásticos empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020.

4.3.4. Prueba de tercera hipótesis específica

Hipótesis de investigación

La resistencia mecánica del material de base y sub base influye significativamente al evaluar los asentamientos elásticos empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020.

H_0 : La resistencia mecánica de los materiales de base y sub base no influye en los asentamientos elásticos.

H_a : La resistencia mecánica de los materiales de base y sub base influye en los asentamientos elásticos.

De la misma forma, para la prueba de la tercera hipótesis específica se utiliza el mismo estadístico de prueba por las condiciones antes mencionadas.

Tabla 44

Resumen del modelo de la tercera hipótesis específica.

Resumen del modelo				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
Y=a+bx	,998 ^a	,995	,993	,02236

a. Predictores: (Constante), x3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45*Significación de la Anova para la tercera hipótesis específica.*

ANOVA^a						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	,221	1	,221	441,800	,002 ^b
	Residuo	,001	2	,000		
	Total	,222	3			

a. Variable dependiente: y

b. Predictores: (Constante), x3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46*Coefficientes del modelo de la tercera hipótesis específica.*

Coefficientes^a						
Modelo		Coefficients				
		Coefficients no estandarizados		estandarizados		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	2,365	,050		47,044	,000
	x3	-1,808	,086	-,998	-21,019	,002

a. Variable dependiente: y

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 44 el modelo coeficiente de determinación $R^2=0.998$ lo que significa que el modelo ($y=a+bx$) explica en un 99.8% la variabilidad. El modelo es estadísticamente significativo pues el p-valor (0.002) es menor al 0.05 (nivel de significancia) de acuerdo a la tabla 45. Asimismo, la constante y el coeficiente del modelo de regresión lineal son estadísticamente significativos de acuerdo a la tabla 46. Entonces por todo lo mencionado anteriormente se concluye existe una influencia de la resistencia mecánica de los materiales de base y sub base en el análisis de los asentamientos elásticos empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020.

4.4. Análisis e interpretación

En el presente estudio de diseño experimental, cuyas unidades experimentales están definidas por la evaluación de los asentamientos elásticos; la recolección de datos de análisis forman la muestra intencional que está compuesta por las muestras del material granular de Sub base y Base usados en el pavimento rígido del proyecto: “Mejoramiento del servicio de transitabilidad vial interurbana en la av. Javier Pérez De Cuellar del distrito de Ayacucho - provincia de Huamanga - departamento de Ayacucho”, estas muestras son caracterizados en el laboratorio por la heterogeneidad de estos materiales que se relacionan con los asentamientos elásticos, debido a que se emplea el ensayo de placa de carga estática en el proyecto mencionado.

4.4.1. Análisis e interpretación de resultados del material de Sub base

4.4.1.1. Acerca de los ensayos de laboratorio del material de Sub base

Las propiedades evaluadas sobre el material granular de Sub base, incluyeron la granulometría, humedad, límites de Atterberg, máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad y valor de soporte de california. Estos resultados se evidencian en la siguiente tabla.

Tabla 47

Resultados de los ensayos realizados a la muestra de Sub base.

Ensayo de Materiales	Norma	Material puesto en Obra (Sub base)	
Clasificación SUCS	ASTM D 422, D2216, D 6913	SC-SM	ARENA LIMO - ARCILLOSA CON GRAVA
Clasificación AASHTO		A-1-b	(O)
Límite Líquido	ASTM D 4318	21.6%	
Límite Plástico		16.8%	
Índice de Plasticidad		4.8%	
Proctor Modificado	ASTM D 1557	M.D.S. (gr/cm ³)	2.135
		O.C.H. (%)	7.500
CBR	ASTM D 1883	100% MDS	44.0%
		95% MDS	26.0%

Fuente: Elaboración propia.

La normativa nos indica que ya existe unos rangos de requerimiento mínimos para el material de Sub base, estas características se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 48

Características de Base y Sub base granular para pavimentos urbanos.

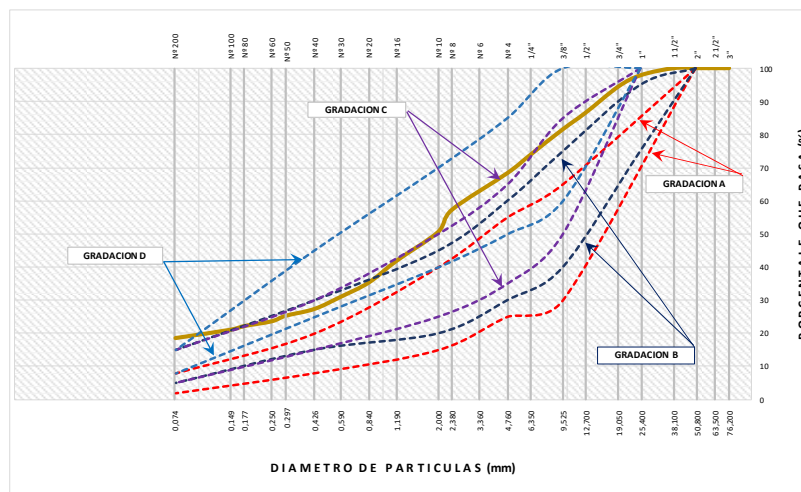
	Base Granular	Sub-base Granular
CBR (mínimo)	80%	30%
Índice Plástico	≤ 6	≤ 10
Límite Líquido	≤ 25	≤ 25
Compactación (densidad AASHTO T-180)	≥ 95%	≥ 95%
Espesores mínimos (mm)	100 para EAL < 500 000 150 para EAL ≥ 500 000	100

Fuente: (MVCS, 2010).

Según los ensayos realizados, se identificó que el tipo de suelo es una Arena Limo – Arcillosa con Grava, con índice de plasticidad de 4.8%, y el límite líquido corresponde a un valor de 21.6 %, como se evidenció en la anterior tabla, esto nos demuestra que estamos dentro de los parámetros establecidos por la normativa. En la siguiente figura se muestra la curva granulométrica y husos para el material de sub base.

Figura 92

Curva granulométrica y Husos para Sub base.



Fuente: Elaboración propia.

De la normativa de los Pavimentos Urbanos (CE.010), rescataremos la tabla de los requerimientos granulométricos para la Sub base granular, mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 49

Requerimientos granulométricos para Sub base granular.

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A *	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4,75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2,0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4,25 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Fuente: (MVCS, 2010).

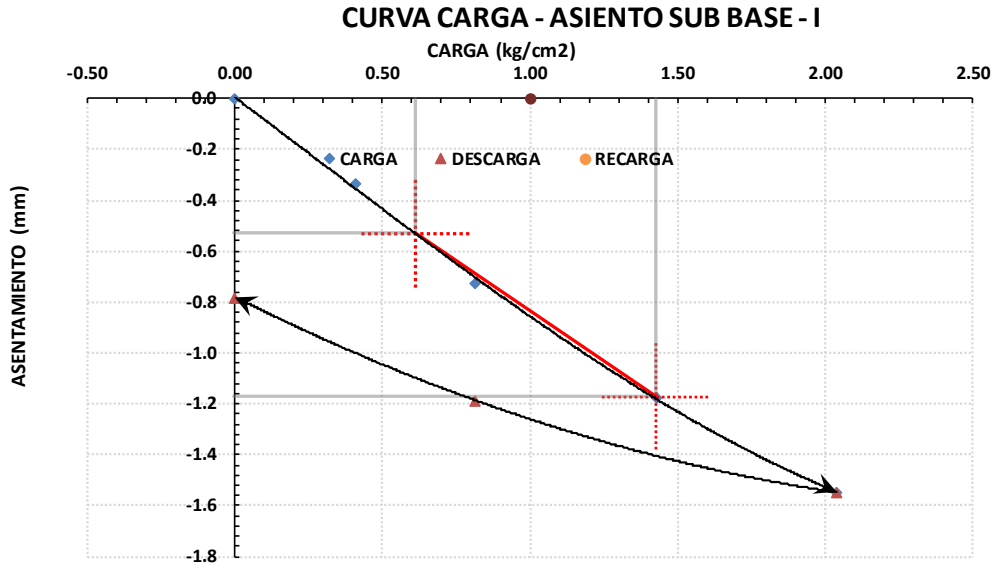
Dado que existen muy pocos depósitos naturales donde la gradación del material ese ideal, por ende, en las canteras se realizan el procedimiento del zarandeo para obtener una granulometría especificada. Del gráfico y tabla mostrados con anterioridad para la Sub base se observa que se adecúa más a la gradación D.

Además, del ensayo de Proctor Modificado, obtuvimos una MDS de 2.135 gr/cm³ y un OCH de 7.50 %; de la misma manera, del ensayo de CBR se obtiene un 44.00 % al 100% de la MDS, cumpliendo con los parámetros mínimos de 30 % para Sub Base Granular.

4.4.1.2. Acerca de los ensayos de placa de carga in situ del material de Sub base
Resultado del Ensayo (E-01: Lado Izquierdo de la Sub base)

Figura 93

Curva de resistencia ensayo (E-01).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50

Resultados obtenidos ensayo (E-01).

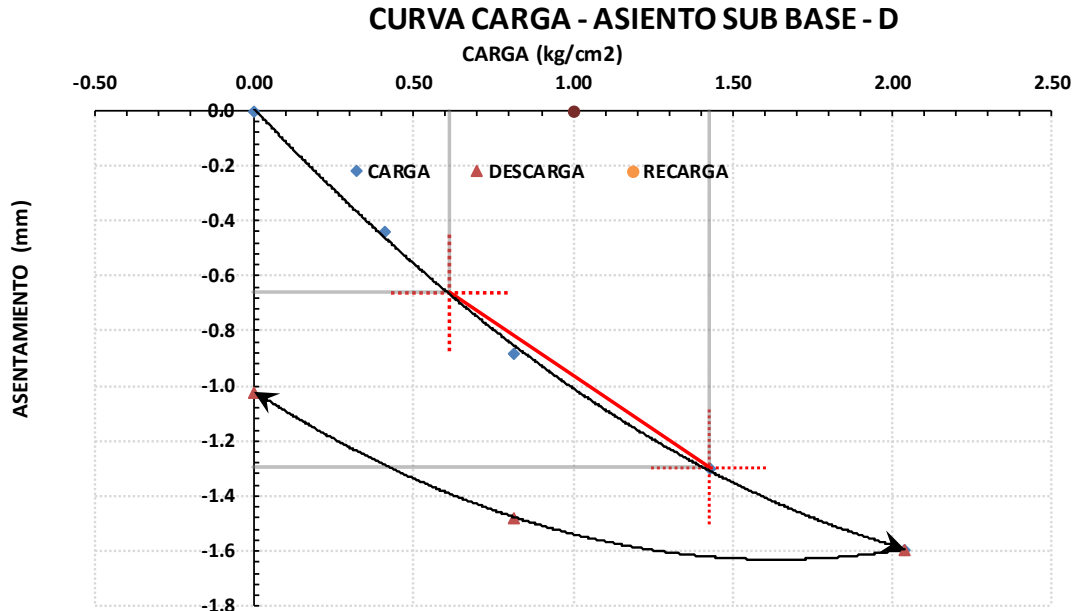
Etapa	Presión (kg/cm ²)	Asentamiento (mm)	NLT - 357 / 98		(E - 01): Sub base / Lado Izquierdo	
			Modulo de Compresibilidad Ev		Modulo de deformación	
CARGA	0.00	0.00	Ev = 1.5 r Δσ/ΔS		E = (1-u ²) w D K P/S	
	0.41	-0.34	σ max	2.039 kg/cm ²	u = Coeficiente de Poisson (0.27 para S, 0.3 para SM, 0.35 (M-C)L, 0.42 CL)	
	0.82	-0.73	0.7 σ max	1.428 kg/cm ²	w = Coeficiente de la forma de la placa (0.79 para placas circulares)	
	1.43	-1.17	0.3 σ max	0.612 kg/cm ²	D = Diámetro de la placa utilizada (metros)	0.610
	2.04	-1.55	s2	-1.172 mm	=	
DESCARGA	0.82	-1.187	s1	-0.530 mm	K = Coeficiente de corrección en función a z/d	0.794
	0.00	-0.780	Ev	57.1 MPa	=	
			Modulo de Reacción Ks = σ/s		Coeficiente de Balasto Ks = P/S	
			s =	-1.250 mm	P(kg/cm ²)=	1.100
			σ =	1.364 kg/cm ²	S (mm) =	-1.100
			Ks76 =	107.0 Mpa/m	ks 60 (kg/cm ³) =	10.00
			Ks76 =	10.9 (kg/cm ² /cm)	E (KN/m ²) =	34155
					ks 30 (kg/cm ³) =	18.0
					S (mm)=	-1.55 P(kg/cm ²)= 2.04

Fuente: Elaboración propia.

Resultado del Ensayo (E-02: Lado Derecho de la Sub base)

Figura 94

Curva de resistencia ensayo (E-02).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51

Resultados obtenidos ensayo (E-02).

Etapa	Presión (kg/cm ²)	Asentamiento (mm)	NLT - 357 / 98		(E - 02): Sub base / Lado Derecho	
			Modulo de Compresibilidad Ev		Modulo de Deformación	
CARGA	0.00	0.00	Ev = 1.5 r Δσ/ΔS		E = (1-u ²) w D K P/S	
	0.41	-0.44	σ max	2.039 kg/cm ²	u = Coeficiente de Poisson (0.27 para S, 0.3 para SM, 0.35 (M-C)L, 0.42 CL)	
	0.82	-0.88	0.7 σ max	1.428 kg/cm ²	w = Coeficiente de la forma de la placa (0.79 para placas circulares)	
	1.43	-1.30	0.3 σ max	0.612 kg/cm ²	D = Diámetro de la placa utilizada (metros)	0.610
	2.04	-1.59	s2	-1.297 mm	=	
DESCARGA	0.82	-1.477	s1	-0.658 mm	K = Coeficiente de corrección en función a z/d	0.794
	0.00	-1.020	Ev	57.3 MPa	S = asentamiento correspondiente al intervalo de carga P (KN/m) escogido (metro)	
			Modulo de Reacción Ks = σ/s		Coeficiente de Balasto Ks = P/S	
			s =	-1.250 mm	P(kg/cm ²)=	1.120
			σ =	1.156 kg/cm ²	S (mm) =	-1.200
			Ks76 =	90.7 Mpa/m	ks 60 (kg/cm ³) =	9.33
			Ks76 =	9.2 (kg/cm ²)/cm	E (KN/m ²) =	31878
					ks 30 (kg/cm ³) =	16.8
					S (mm)=	-1.59 P(kg/cm ²)= 2.04

Fuente: Elaboración propia.

Dada la escasa bibliografía para el módulo de reacción en función a las capas del pavimento, citaremos el trabajo de varios autores respecto a este módulo, pero obtenidos con una placa de 30, debido a esto se realizará la correlación del módulo de reacción obtenido por medio del ensayo de carga de placa de Ks60 a Ks30. En la siguiente tabla se muestra el resultado del rango del módulo de reacción para diferentes tipos de suelos.

Tabla 52

Valores de K30 por tipo de suelo.

Tipo de suelo	Valores de K30	
	Mínimo (kg/cm ³)	Máximo (kg/cm ³)
Arena fina de playa	1	1.5
Arena seca o húmeda Suelta	1	3
Arena seca o húmeda Media	3	9
Arena seca o húmeda Compacta	9	20
Gravilla arenosa Suelta	4	8
Gravilla arenosa Compacta	9	25
Grava arenosa Suelta	7	12
Grava arenosa Compacta	12	30
Margas arcillosas	20	40
Rocas blandas o alteradas	30	500
Rocas sanas	800	30000
Arcilla qu=1-2 kg/cm ²	1.6	3.2
Arcilla qu=2-4 kg/cm ²	3.6	6.4
Arcilla qu>4 kg/cm ²	6.4	20

Fuente: (Rodríguez Ortiz et al., 1989).

De los gráficos y tablas anteriores se observa que para el ensayo (E-01: Lado Izquierdo de la Sub base) con tipo de suelo Arena Limo – Arcillosa con Grava (SC-SM), realizado mediante el ensayo de carga de placa estática, se observa un asentamiento máximo de 1.55 mm al aplicar una carga P de 2.04 kg/cm².

De estos resultados se obtuvo el módulo de elasticidad del suelo, $E = 34155 \text{ KN/m}^2$, así como el módulo de reacción del suelo $K60 = 10.00 \text{ kg/cm}^3$ obtenido por el primer ciclo, además de $K30 = 18.00 \text{ kg/cm}^3$; se advierte que el valor obtenido del Módulo de reacción se encuentra dentro de los rangos recomendados según se aprecia en la Tabla 38.

De la misma manera para el ensayo (E-02: Lado Derecho de la Sub base) ejecutado mediante la prueba de placa de carga estática, resulta un asentamiento máximo de 1.59 mm al aplicar una carga P de 2.04 kg/cm².

De estos resultados también se obtuvo el módulo de elasticidad del suelo, $E = 31878 \text{ KN/m}^2$, así como el módulo de reacción del suelo $K60 = 9.33 \text{ kg/cm}^3$ obtenido por el primer ciclo, además de $K30 = 16.80 \text{ kg/cm}^3$; advirtiéndose que el valor obtenido del módulo de reacción se encuentra dentro de los rangos recomendados según se aprecia en la Tabla 38.

4.4.2. Análisis e interpretación de resultados del material de Base

4.4.2.1. Acerca de los ensayos de laboratorio del material de Base

De los ensayos realizados en el laboratorio, las propiedades evaluadas sobre el material granular de Base, fueron la granulometría, la humedad, los límites de Atterberg, la máxima densidad seca, el óptimo contenido de humedad y el valor de soporte de california. Estos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 53

Resultados de los ensayos realizados a la muestra de Base.

Ensayo de Materiales	Norma	Material puesto en Obra (Base)	
Clasificación SUCS	ASTM D 422, D2216, D 6913	GM	GRAVA LIMOSA CON ARENA
Clasificación AASHTO		A-1-b	(O)
Límite Líquido	ASTM D 4318	23.7%	
Límite Plástico		19.9%	
Índice de Plasticidad		3.8%	
Proctor Modificado	ASTM D 1557	M.D.S. (gr/cm ³)	2.102
		O.C.H. (%)	7.745
CBR	ASTM D 1883	100% MDS	70.0%
		95% MDS	35.5%

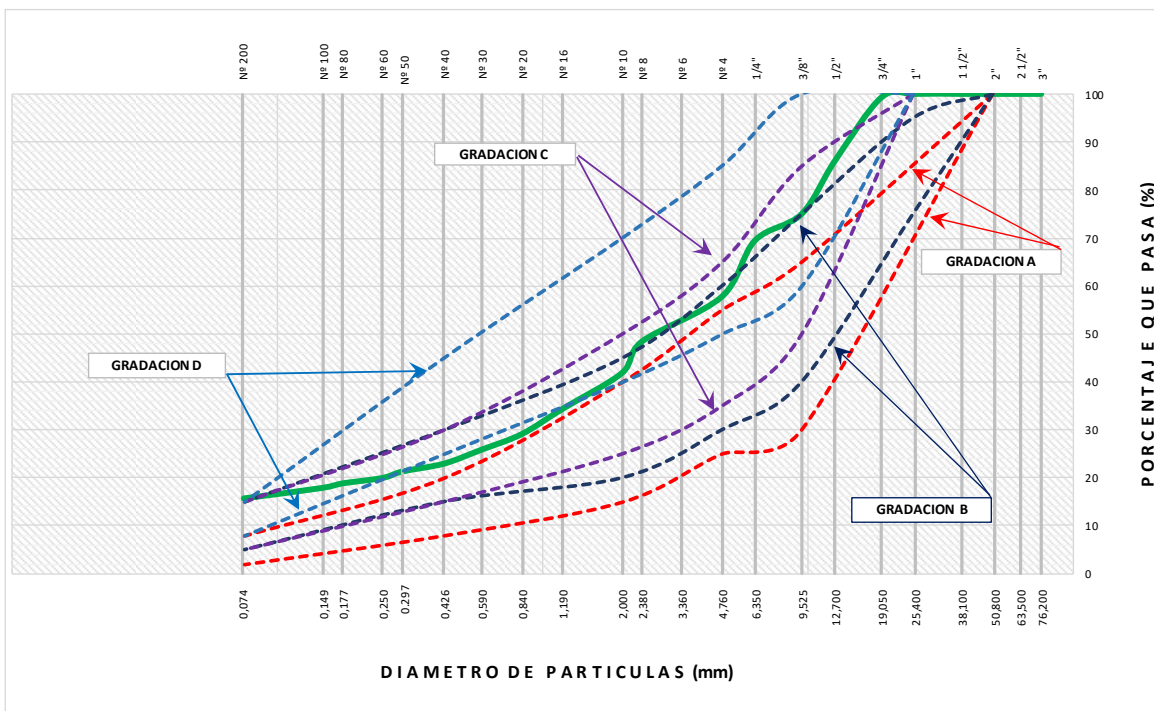
Fuente: Elaboración propia.

La exploración de campo realizada a través de la toma de muestras, indico que el suelo predominante en esta zona de estudio para el material de Base es de Grava Limosa con Arena, con una clasificación de A-1-b (0) según la AASHTO y de GM según el SUCS, con características de plasticidad media-baja, muy susceptible a los cambios de contenido de humedad y de baja al igual que deformación.

El índice de plasticidad es de 3.8% y el límite líquido 23.7%, valores que cumplen para una Base granular, que de acuerdo a la tabla 34 nos indica que debes ser $\leq 6\%$ y $\leq 25\%$ respectivamente.

Figura 95

Curva granulométrica y Husos para Sub base.



Fuente: Elaboración propia.

De la normativa de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013), rescataremos la tabla de los requerimientos granulométricos para la Base granular, mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 54*Requerimientos granulométricos para Base granular.*

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9,5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico y tabla mostrados con anterioridad para la Base se observa que se adecúa más a la gradación C. Del ensayo de Proctor Modificado, obtuvimos una MDS de 2.102 gr/cm³ y un OCH de 7.745 %; además, del ensayo de CBR se obtiene un 70.00 % al 100% de la MDS, no cumpliendo con los parámetros mínimos de 80% para tráfico ligero y medio en Base Granular.

El CBR, es un ensayo elativamente simple, usado para obtener un índice de la resistencia en los materiales de pavimentos y correlaciones respectivas para obtener módulos de reacción del suelo (K) en caso de pavimentos rígidos. Para materiales de Base, el CBR está asociado a la máxima densidad seca del Proctor modificado a una penetración de carga de 0.1" (2.5 mm); de la normativa colombiana podemos obtener una tabla que relaciona el tipo de suelo con el CBR, viendo que su uso es adecuado como base granular.

Tabla 55*Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR.*

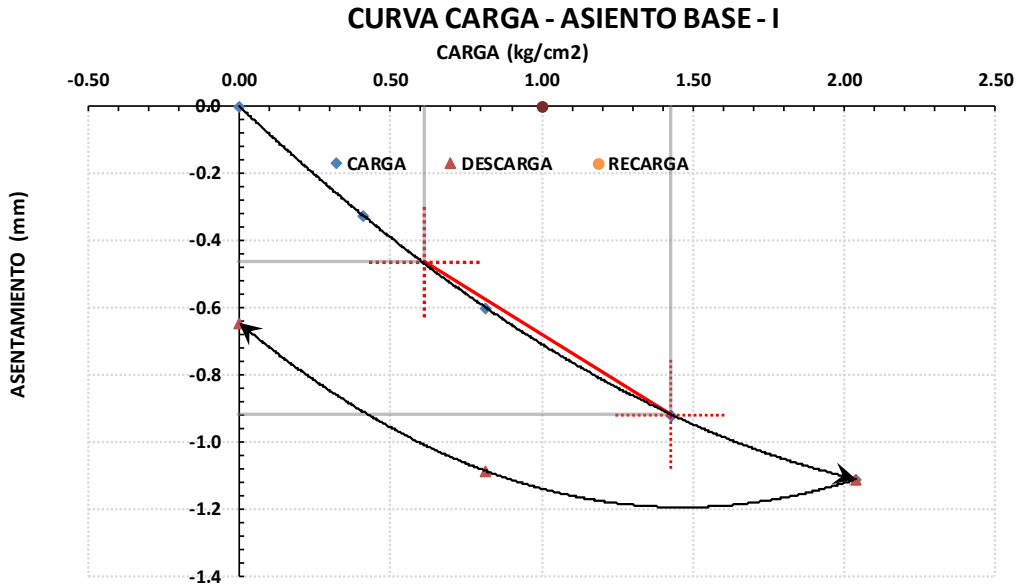
CBR [%]	Clasificación general	Usos
0 – 3	Muy pobre	Subrasante
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante
7 – 20	Regular	Afirmados y subbase
20 – 50	Bueno	Subbase y base
> 50	Excelente	Base

Fuente: (Rondón & Reyes, 2015).

4.4.2.2. Acerca de los ensayos de placa de carga in situ del material de Base
Resultado del Ensayo (E-03: Lado Izquierdo de la Base)

Figura 96

Curva de resistencia ensayo (E-03).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56

Resultados obtenidos ensayo (E-03).

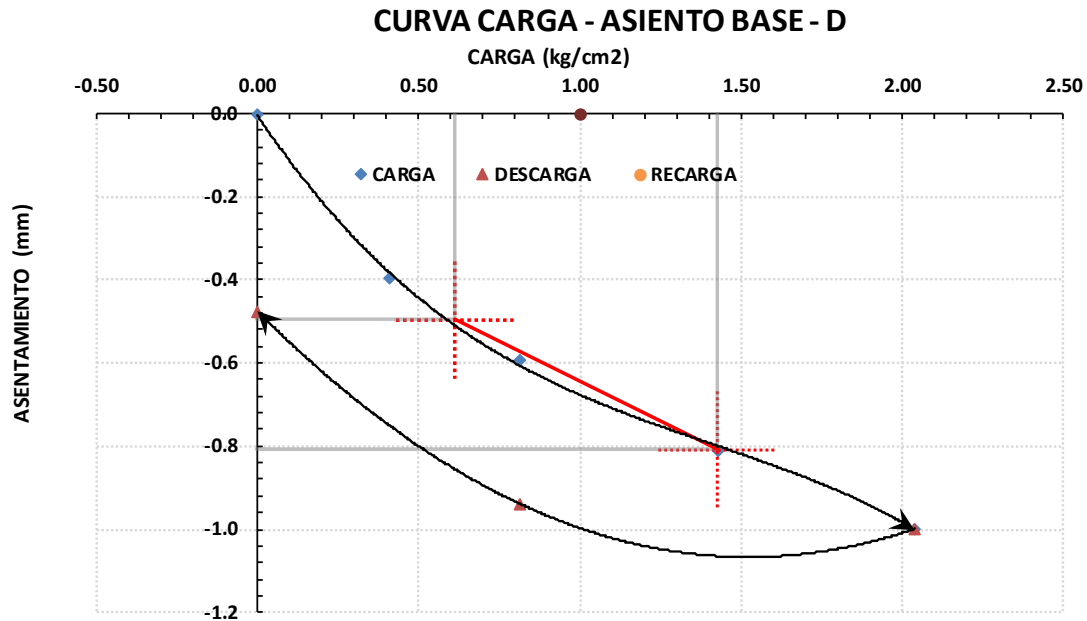
Etapa	Presión (kg/cm ²)	Asentamiento (mm)	NLT - 357 / 98		(E - 03): Base / Lado Izquierdo	
			Modulo de Compresibilidad Ev		Modulo de deformación	
CARGA	0.00	0.00	Ev = 1.5 r Δσ/ΔS		E = (1-u ²) w D K P/S	
	0.41	-0.33	σ max	2.039 kg/cm ²	u = Coeficiente de Poisson (0.27 para S, 0.3 para SM, 0.35 (M-C)L, 0.42 CL)	
	0.82	-0.60	0.7 σ max	1.428 kg/cm ²	w = Coeficiente de la forma de la placa (0.79 para placas circulares)	
	1.43	-0.92	0.3 σ max	0.612 kg/cm ²	D = Diámetro de la placa utilizada (metros)	0.610
	2.04	-1.11	s2	-0.918 mm	=	
DESCARGA	0.82	-1.086	s1	-0.462 mm	K = Coeficiente de corrección en función a z/d	0.794
	0.00	-0.645	Ev	80.3 MPa	S = asentamiento correspondiente al intervalo de carga P (KN/m) escogido (metro)	
			Modulo de Reacción Ks = σ/s		Coeficiente de Balasto Ks = P/S	
			S =	-1.250 mm	P(kg/cm ²)=	1.050
			σ =	1.789 kg/cm ²	S (mm) =	-0.800
			Ks76 =	140.3 Mpa/m	ks 60 (kg/cm ³) =	13.125
			Ks76 =	14.3 (kg/cm ²)/cm	E (KN/m ²) =	44828
					ks 30 (kg/cm ³) =	23.6
					S (mm)=	-1.11 P(kg/cm ²)= 2.04

Fuente: Elaboración propia.

Resultado del Ensayo (E-04: Lado Derecho de la Base)

Figura 97

Curva de resistencia ensayo (E-04).



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 57

Resultados obtenidos ensayo (E-04).

Etapa	Presión (kg/cm2)	Asentamiento (mm)	NLT - 357 / 98	(E - 04): Base / Lado Derecho
			Modulo de Compresibilidad Ev	Modulo de deformación
CARGA	0.00	0.00	Ev = 1.5 r Δσ/ΔS	E = (1-u2) w D K P/S
	0.41	-0.40	σ max 2.039 kg/cm2	u = Coeficiente de Poisson (0.27 para S, 0.3 para SM, 0.35 (M-C)L, 0.42 CL)
	0.82	-0.59	0.7 σ max 1.428 kg/cm2	w = Coeficiente de la forma de la placa (0.79 para placas circulares)
	1.43	-0.81	0.3 σ max 0.612 kg/cm2	D = Diámetro de la placa utilizada (metros) 0.610
	2.04	-1.00	s2 -0.807 mm s1 -0.494 mm Ev 116.6 MPa	K = Coeficiente de corrección en función a z/d = 0.794
DESCARGA	0.82	-0.939		S = asentamiento correspondiente al intervalo de carga P (KN/m) escogido (metro)
	0.00	-0.475		
			Modulo de Reacción Ks = σ/s	Coeficiente de Balasto Ks = P/S
			S = -1.250 mm	P(kg/cm2)= 1.00
			σ = 2.200 kg/cm2	S (mm) = -0.750
			Ks76 = 172.6 Mpa/m	ks 60 (kg/cm3) = 13.33
			Ks76 = 17.6 (kg/cm2)/cm	E (KN/m2) = 45540
				ks 30 (kg/cm3) = 24.0
				S (mm)= -1.0 P(kg/cm2)= 2.04

Fuente: Elaboración propia.

De los gráficos y tablas anteriores se observa que para el ensayo (E-03: Lado Izquierdo de la Base) con tipo de suelo caracterizado como Grava Limosa con Arena (GM), realizado el ensayo de carga de placa estática, se tiene un asentamiento máximo de 1.11 mm al para una carga de 2.04 kg/cm².

De estos resultados se obtuvo el módulo de elasticidad del suelo, $E = 44828 \text{ KN/m}^2$, así como el módulo de reacción del suelo $K60 = 13.13 \text{ kg/cm}^3$ obtenido por el primer ciclo, además de $K30 = 23.60 \text{ kg/cm}^3$; valor que se ajusta al rango de variaciones de este módulo de reacción por el tipo de suelo según se aprecia en la Tabla 38.

De la misma manera para el ensayo (E-04: Lado Derecho de la Base) ejecutado mediante la prueba de placa de carga estática, resulta un asentamiento máximo de 1.00 mm al aplicar una carga P de 2.04 kg/cm².

De estos resultados también se obtuvo el módulo de elasticidad del suelo, $E = 45540 \text{ KN/m}^2$, así como el módulo de reacción del suelo $K60 = 13.33 \text{ kg/cm}^3$ obtenido por el primer ciclo, además de $K30 = 24.00 \text{ kg/cm}^3$; se observa que el valor obtenido del módulo de reacción se encuentra dentro de los rangos recomendados según se aprecia en la Tabla 38.

4.5. Discusión de resultados

La heterogeneidad de estos materiales se caracterizó mediante los ensayos de laboratorio y su relación en la evaluación de los asentamientos producto del ensayo de placa de carga estática, estos materiales fueron la sub base granular clasificado como Arena Limo – Arcillosa con Grava (SC-SM), y la base granular clasificada como Grava Limosa con Arena (GM); estos dos materiales fueron evaluados mediante el ensayo in situ de carga directa respecto a cada capa granular en el pavimento rígido estudiado, junto a las muestras representativas en el laboratorio mencionadas con anterioridad. De los ensayos de laboratorio obtuvimos un CBR de 44.00% y 70.00% respectivamente.

Asimismo, Acevedo & Henao (2017) en la investigación “Determinación del módulo de reacción (k) para el conjunto de capa triturada y sub-rasante”, propuso analizar el módulo de reacción a un tramo de prueba compuesto por el conjunto de subbase triturada y subrasante utilizando los

ensayos de placa de carga, donde encontró resultados de C.B.R de 31,7% y 25,5% a valores de compactación del 100% y 95% respectivamente; además de los valores de coeficiente de balasto o módulo de reacción K_{s76} de 172 lb/plg³ equivalente a 4.76 kg/cm³ para una placa de 76 cm, con lo que se obtiene un K_{s30} de 12.06 kg/cm³, de la misma forma para nuestra muestra de Sub base producto de los dos ensayos se obtuvieron K_{s30} de 18.00 kg/cm³ y K_{s30} de 16.80 kg/cm³ respectivamente; estos valores son cercanos al rango de los suelos arenosos, (ver tabla 38). En función a los ensayos ejecutados y sus resultados se concluye que hay una relación entre la heterogeneidad de cada material y los asentamientos elásticos, parametrizados por el módulo de reacción.

De la misma manera Cortés Mena (2010), en la investigación “Estudio exploratorio para la determinación del coeficiente de balasto a partir de ensayos en laboratorio para suelos cohesivos (HSEQ)”, determinó el módulo de reacción mediante el ensayo de placa de carga in situ para un determinado suelo a partir del resultado del ensayo en el laboratorio; que para un suelo arcilloso, se obtuvo un CBR de 6.54 %, además del módulo de reacción K_{s30} de 7.78 kg/cm³. Estos valores se encuentran en el rango de los suelos arcillosos. A diferencia de nuestros resultados de la muestra de Base, que de los dos ensayos se obtuvieron K_{s30} de 13.13 kg/cm³ y K_{s30} de 13.33 kg/cm³ respectivamente; estos valores son cercanos al rango de las gravas arenosas, (ver tabla 38). Evidenciando estos resultados se concluye que la heterogeneidad de cada material es parametrizada por el módulo de reacción, el cual relaciona los asentamientos elásticos.

Al respecto Higuera (2006), en la investigación “Análisis de sensibilidad de las variables de diseño de un pavimento rígido y su incidencia en la deflexión”, sostuvo que el análisis de sensibilidad de cada una de las variables influyen en la determinación de la deflexión una estructura de un pavimento rígido. El soporte de la losa de concreto fue 22 cm de espesor apoyada sobre una subbase granular 15 cm y estas apoyadas sobre la subrasante, que tuvo un módulo de reacción de 2,71 kg/cm³, además se calculó el módulo de reacción combinado de la subbase y la subrasante, que fue 7,9 kg/cm³; a diferencia de los resultados de nuestra investigación que fueron superiores, demostrando que los materiales con baja capacidad de soporte, proporcionan mayor asentamiento.

Asimismo, Socualaya (2019), en la investigación “Caracterización de suelos para la obtención de coeficiente de balasto, distrito de San Agustín de Cajas” realizó la caracterización del suelo para la obtención del módulo de reacción mediante el ensayo de carga in situ para cinco sitios de estudio. Los resultados fueron, suelo clasificado como arcilla plástica baja (CL) para las calicatas 1, 3, 5 y para las calicatas 2 y 4, como arena limosa (SM); de la relación según el nomograma entre la composición del suelo y los valores de soporte de CBR, arrojaron el módulo de reacción para las calicatas 1, 3, 5 de $9,20 \text{ kg/cm}^3$, $11,35 \text{ kg/cm}^3$ y $7,25 \text{ kg/cm}^3$, respectivamente, y para las calicatas 2 y 4 fueron $20,75 \text{ kg/cm}^3$ y $21,91 \text{ kg/cm}^3$. Se concluye de la investigación que la obtención del módulo de reacción varía por influencia de las características que puede presentar el material heterogéneo, y por el método de estimación que influye en su comportamiento. Este módulo es representativo en nuestra investigación; ya que por la adecuada caracterización del material granular se evalúa el asentamiento elástico de cada material, evidenciado la relación directa que existe entre la heterogeneidad de los materiales y los asientos que se produce al ejecutar el ensayo de placa de carga in situ.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Primera conclusión

La consideración de la heterogeneidad de los materiales de Base y Sub base en la conformación de las capas granulares del pavimento influye significativamente en la evaluación de los asentamientos elásticos utilizando el ensayo de carga directa. Como se observa en la tabla 39 para el modelo de prueba t de student, de acuerdo con el p-valor (sig. bilateral) =0.002 asumiendo varianzas iguales y el p-valor (sig. bilateral) =0.008 para varianzas diferentes, al ser menores a 0.05 (nivel de significancia), la media de estos valores es diferentes concluyendo que la heterogeneidad de estos materiales influye en el análisis de los asentamientos elásticos de las distintas capas que componen el pavimento rígido, tanto en la distribución de esfuerzos verticales, así como las deformaciones elásticas producto del incremento de cargas al realizar el ensayo de carga directa in situ. Dado que la estructura del pavimento debería fallar en una forma progresiva y no súbitamente, estas deformaciones en los componentes del pavimento varían de la misma forma en que se modifican sus propiedades.

Segunda conclusión

De los tipos de materiales granulares de Base y Sub base, se concluye que la tipología de estos materiales influye significativamente en el análisis de los asentamientos elásticos por medio de la ejecución del ensayo de carga directa. Como se aprecia en la tabla 40 para el modelo de prueba t de student, de acuerdo con el p-valor (sig. bilateral) =0.010 asumiendo varianzas iguales y el p-valor (sig. bilateral) =0.040 para varianzas diferentes; al ser menores a 0.05 (nivel de significancia), la media de estos valores es diferentes concluyendo que el tipo de material influye. Los materiales que se emplean en los pavimentos rígidos proporcionan el soporte uniforme de toda la estructura, sabiendo que una buena gradación demuestra un buen comportamiento estructural en la capa del pavimento; los requisitos de la buena calidad de estos materiales se ajustaron a la granulometría representativa ensayada para cada material, para los cuales se clasificaron por el método SUCS y AASHTO, para luego ajustar al determinado huso granulométrico, presentando estos suelos una adecuada gradación y compactación.

Tercera conclusión

De las características físicas de los materiales de Base y Sub base se concluye que existe una influencia en el análisis de los asentamientos elásticos, según la tabla 41 para el modelo de prueba de regresión lineal, el coeficiente de determinación fue de $R^2=0.998$ lo que significa que el modelo explica en un 99.8% su variabilidad, siendo estadísticamente significativo pues el p-valor (0.002) es menor al 0.05 (nivel de significancia) de acuerdo a la tabla 42. Asimismo, la constante y el coeficiente del modelo de regresión lineal son significativos de acuerdo a la tabla 43, evidenciando esta influencia, ya que los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio nos proporcionan información del material de Base y Sub base. Las principales propiedades físicas que se evaluaron en esta investigación son el contenido de humedad y los límites de consistencia (límites de Atterberg), los cuales resultan de mucha utilidad en el control de la ejecución del pavimento rígido, al estimar relaciones que darán una indicación del potencial de deformación y consistencia del material al evaluar los asentamientos elásticos, esto con la ejecución de la prueba de carga directa realizada en campo.

Cuarta conclusión

De la resistencia mecánica de los materiales granulares de Base y Sub base, para cada sector geotécnico de estos estratos de capa de pavimento; se concluye que existe una influencia de la resistencia mecánica de los materiales de base y sub base en el análisis de los asentamientos elásticos, según la tabla 44 para el modelo de prueba de regresión lineal, el coeficiente de determinación fue de $R^2=0.998$ lo que significa que el modelo explica en un 99.8% su variabilidad, siendo estadísticamente significativo pues el p-valor (0.002) es menor al 0.05 (nivel de significancia) de acuerdo a la tabla 45. Asimismo, la constante y el coeficiente del modelo de regresión lineal son significativos de acuerdo a la tabla 46, de modo que los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio para dicha resistencia son relacionados con la rigidez de cada material granular, que es la resistencia a la deformación cuantificada por el módulo de elasticidad y módulo de reacción los cuales fueron obtenidos del ensayo de carga directa.

5.2. Recomendaciones

Primera recomendación

Debido a la heterogeneidad de los materiales de base y sub base al evaluar los asentamientos elásticos por medio del ensayo de carga directa, se recomienda realizar más puntos de evaluación para tener una mayor data y cuantificación de las mismas; ya que, nos proporcionará un mejor análisis estadístico.

Segunda recomendación

Para el empleo del ensayo de placa de carga estática se debe de tener las siguientes consideraciones; utilizar la normativa adecuada para el tipo de evaluación, siendo las europeas las más fiables y difundidas, en los cuales se consideran el método y cálculo de los parámetros del suelo a evaluar como los asentamientos y módulo de reacción, dado que tienen que ver con el rango de presiones, ciclos de carga, deformaciones, tipo de placa y especificaciones propias de las solicitaciones al realizar este ensayo.

Tercera recomendación

Los ensayos realizados en los laboratorios se procesarán con suma rigurosidad, respetando las normas y procedimientos, además de verificar la calibración de los equipos y personal calificado para obtener resultados correctos. Debido a que los parámetros de evaluación en la prueba de carga de placa estática se relacionan con exactitud con los parámetros esenciales de los materiales a ser evaluados, como son la humedad, la granulometría, porcentaje de finos, tamaños máximos, límites de consistencia y relaciones de densidad-humedad que son obtenidos en los laboratorios; sabiendo que nos es posible interpretar adecuadamente un ensayo de placa de carga sin tener en cuenta esa caracterización del material.

Cuarta recomendación

Para atender una futura demanda del servicio de análisis y evaluación de los proyectos con los ensayos de placa con carga estática, tanto para el control de calidad de suelos y pavimentos, se recomienda el uso de un equipo automatizado, para agilizar el proceso y ser más eficiente y eficaz, en la entrega de resultados de análisis, ya que la variabilidad de los resultados se evidencia en la toma de lecturas de los deformímetros de manera mecánica y visual.

Quinta recomendación

Es posible que los valores relativamente aleatorios, resultado del ensayo de placa de carga, puede ser causados porque la zona de ejecución del ensayo estaba expuesta, al paso de maquinaria pesada, volquetes y cisternas; por esta razón se aconseja evitar el paso de estos vehículos a la hora del ensayo, por que causan vibraciones que afectan los resultados, ya que los deformímetros son sumamente sensibles. Además, se aconseja realizar un mayor número de ensayos de placa de carga estática, que permitan mayor análisis de los resultados obtenidos; desafortunadamente, se debe lidiar con el presupuesto económico que llevaría realizar más ensayos.

5.3. Trabajos futuros

Se invita a continuar con la presente investigación, seguir con este estudio y hacer el uso de más correlaciones con el ensayo de placa de carga estática con diferentes métodos y ensayos en todo tipo de fundaciones, además de realizar mayor cantidad de ensayos y lograr establecer la relación más confiable.

Evaluar pavimentos a nivel de subrasante por medio de los ensayos de carga de placa estática, conocer el módulo de reacción, dato de entrada para el análisis de los pavimentos rígidos y su correlación con los ensayos de CBR, correlación que se encuentra en tablas por medio de la revisión de bibliografía y analizarlos.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (2017). *Guía de Diseño Mecánico - Empírico de Pavimentos Manual Práctico* (2.^a ed.). American Association of State Highway and Transportation Officials, Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Acevedo, C., & Henao, L. (2017). *Determinación del módulo de reacción (k) para el conjunto de capa triturada y sub-rasante*. Universidad de Cartagena.
- Arias-Gómez, J., Villasís-Keever, M. Á., & Miranda Novales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia Mexico*, 63(2), 201-206. <https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181>
- ASTM D1194. (1994). *Método de prueba estándar para Pruebas Teniendo capacidad del suelo para la carga estática y zapatas corridas*. American Society for Testing and Materials.
- ASTM D1196. (2012). *Método de prueba estándar para Pruebas de Carga de Placa Estática No Repetitiva de Suelos y Flexibles Componentes de pavimento, para uso en evaluación y diseño de Pavimentos de aeropuertos y carreteras*. American Society for Testing and Materials. <https://doi.org/10.1520/D1196-12.Derechos>
- ASTM D1241. (2015). *Especificación estándar para materiales para cursos de subbase, base y superficie de agregado de suelo*. American Society for Testing and Materials.
- ASTM D1557. (2012). *Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo utilizando esfuerzo modificado*. American Society for Testing and Materials.
- ASTM D1883. (2016). *Método de prueba estándar para California Bearing Ratio (CBR) de suelos compactados en laboratorio*. American Society for Testing and Materials.
- ASTM D2216. (2019). *Método de prueba estándar para la determinación de laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo y roca en masa*. American Society for Testing and Materials.
- ASTM D2487. (1993). *Práctica Estándar Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS)*. American Society for Testing and Materials.
- ASTM D4318. (2017). *Métodos de prueba estándar para límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos*. American Society for Testing and Materials.
- ASTM D6913. (2017). *Métodos de prueba estándar para la distribución del tamaño de partícula*

- (gradación) de los suelos mediante análisis de tamiz. American Society for Testing and Materials.
- Baños, R. V., Fonseca, M. T., & Álvarez, M. R. (2019). Análisis de regresión lineal múltiple con SPSS: un ejemplo práctico. *REIRE*, 12 (2), 1-10. <https://doi.org/10.1344/reire2019.12.222704>
- Barreto, A. (2011). *Evaluación Comparativa De La Capacidad De Carga En Cimentaciones Profundas. Fórmulas Analíticas Y Ensayos De Carga* [Universidad Nacional de Colombia]. <https://core.ac.uk/download/pdf/11056367.pdf>
- Bowles, J. E. (1981). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*. McGraw-Hill.
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design* (5.ª ed.). The McGraw-Hill Companies.
- Carrillo, A. (s. f.). Fallas geotécnicas y ejercicio profesional. *GEOTECNIA DE LOS SUELOS PERUANOS*, 1-9. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-peruana-de-ciencias-aplicadas/mecanica-de-suelos/geotecnica-de-los-suelos-peruanos-1775/15621756>
- Cevallos, K. M. (2021). *Proyecto de investigación Tema : Pavimentos* [Universidad Técnica de Manabí]. https://www.researchgate.net/publication/349214845_pavimentos
- Cifuentes, D. B., & Iguavita, J. A. (2020). *Diseño y construcción de un prototipo para ensayos de placa de carga in situ* [Universidad Santo Tomas]. <http://etd.eprints.ums.ac.id/14871/%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.cell.2017.12.025%0Ahttp://www.depkes.go.id/resources/download/info-terkini/hasil-riskesdas-2018.pdf%0Ahttp://www.who.int/about/licensing/%0Ahttp://jukeunila.com/wp-content/uploads/2016/12/Dea-Nur>
- Coronado Iturbide, J., Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, & Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*.
- Cortés Mena, J. G. (2010). *Estudio exploratorio para la determinación del coeficiente de balasto a partir de ensayos en laboratorio para suelos cohesivos*. Instituto Tecnológico De Costa Rica.
- Crespo Villalaz, C. (2004). Mecánica de suelos y cimentaciones. En *Mecánica de suelos y cimentaciones* (5ª ed.). Limusa.
- Das, B. M. (2011). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (7.ª ed.). Cengage Learning.
- Das, B. M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (4.ª ed.). Cengage Learning.
- Duque, G. (2003). Clasificación de suelos. En *Geomecánica*.

- <http://bdigital.unal.edu.co/53252/97/clasificaciondesuelos.pdf>
- Eka Putri, E., V Kameswara Rao, N. S., & Mannan, M. A. (2012). Evaluation of Modulus of Elasticity and Modulus of Subgrade Reaction of Soils Using CBR Test. *Journal of Civil Engineering Research*, 2(1), 34-40. <https://doi.org/10.5923/j.jce.20120201.05>
- Escalaya, M. (2019a). *Compactación de Suelos*. Mecánica de Suelos Experimental, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Escalaya, M. (2019b). *Ensayos de caracterización de suelos* (p. 26). Mecánica de Suelos Experimental, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Espinace, R. (1979). *Determinación del módulo de reacción (Placa de Carga)*. https://www.academia.edu/4256190/Placa_de_carga
- Figueroa Gómez, J. A. (2005). *Guía para el uso del Método De Diseño de Estructuras de Pavimentos Nuevos Según Método AASHTO 2002* [Universidad De EL Salvador]. [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4538/1/Guía para el uso del método de diseño de estructuras de pavimentos nuevos según método AASHTO 2002.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4538/1/Guía%20para%20el%20uso%20del%20m%C3%A9todo%20de%20dise%C3%B1o%20de%20estructuras%20de%20pavimentos%20nuevos%20seg%C3%BAn%20m%C3%A9todo%20AASHTO%202002.pdf)
- Flores, J., Sanchez, M., & Repetto, P. (2013). *Determinación y Monitoreo de la Capacidad de Carga de Pilotes mediante Ensayos No Destructivos*. Congreso Internacional Hidráulica y Geotecnia, Instituto de la Construcción y Gerencia.
- González, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). Ingeniería Geológica. En *Editorial Pearson Education, Madrid*.
- GRA. (2020). *Expediente Técnico: «ADECUADOS SERVICIOS DE TRANSITABILIDAD VIAL INTERURBANA EN LA AVENIDA JAVIER PÉREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, DE LA PROVINCIA DE HUAMANGA, DEL DEPARTAMENTO AYACUCHO»*. Gobierno Regional de Ayacucho.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. En *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill. <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández- Metodología de la investigación.pdf>
- Hernández - Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Higuera, C. H. (2006). Análisis de sensibilidad de las variables de diseño de un pavimento rígido y su incidencia en la deflexión. *Revista Facultad de Ingeniería UPTC*, 15(20).

- Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Design*. En *University of Kentucky* (2.^a ed.). Pearson Prentice Hall.
- INV E-168. (2013). *Ensayo de Placa con Carga Estática no Repetida sobre suelos y capas no tratadas de Pavimentos, para emplear en la evaluación y el diseño de Pavimentos* (pp. 1-8).
- Jordán, S. Y., & Rosales, J. A. (2017). *Determinación de la influencia en el incremento del contenido de humedad en las arcillas en el asentamiento urbano Alto Locumba, distrito de Locumba, provincia de Jorge Basadre – ciudad de Tacna* [Universidad Privada de Tacna]. <http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2012). *Mecánica de Suelos Tomo I Fundamentos de la mecánica de suelos*. Limusa.
- Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (2012). *Mecánica de suelos*. Limusa.
- Lara, J. R. (2014). *Comparación entre pruebas de carga estática y pruebas de carga dinámica para pilotes hincados en el Perú*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Leoni, A. J. (2005). *Apunte de coeficiente de balasto*. Laboratorio de Mecánica de Suelos, Facultad de Ingeniería, U.N.L.P.
- Leoni, A. J. (2013). *Parametrización de suelos*. Facultad de Ingeniería, U.N.L.P. <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/1435/507154.pdf?sequence=1> <http://www.ezpassva.com/StaticPages/FAQ.aspx#> <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2011.10.011> <http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDIQF>
- Londoño, C., & Alvarez, J. (2008). *Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*. Instituto Nacional de Vías, República de Colombia. <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concreto-para-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>
- Menéndez, J. R. (2016a). *Ingeniería de Pavimentos Tomo 1: Materiales* (5.^a ed.). Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Menéndez, J. R. (2016b). *Ingeniería de Pavimentos Tomo3: Diseño de Pavimentos* (2.^a ed.). Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Minaya, S., & Ordoñez, A. (2006). *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos* (2.^a ed.). Instituto de la Construcción y Gerencia.

- Monsalve Escobar, L. M., Giraldo Vasques, L. C., & Maya Gaviria, J. (2012). Diseño De Pavimento Flexible Y Rígido. En *Facultad de Ciencias y Tecnología*. Universidad del Quindío.
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras* (2.^a ed.). Universidad Católica de Colombia.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, Lima, Perú.
- Muni Budhu. (2015). *Soil Mechanics Fundamentals*. WILEY Blackwell. www.wiley.com%5Cgo%5Cbudhu%5Csoilmechanicsfundamentals
- Muzás Labad, F. (2002). Consideraciones sobre la elección de coeficientes de balasto. *Revista de Obras Publicas*, 149(3427), 45-51.
- MVCS. (2010). *Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima, Perú.
- NLT-357. (1998). *Ensayo de carga con placa*.
- Peñas, R. M. (2009). EL PAVIMENTO DE HORMIGÓN ARMADO CONTINUO DEL TRAMO ENLACE DE ALBUÑOL-VARIANTE DE ADRA EN LA AUTOVÍA DEL MEDITERRÁNEO (A-7). *Realizaciones*, 932(0008-8919), 78-95.
- Rodríguez Ortiz, J. M., Serra Gesta, J., & Oteo Mazo, C. (1989). *Curso Aplicado de Cimentaciones*. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.
- Rondón, H. A., & Reyes, F. A. (2015). *Pavimentos: Materiales, Construcción y Diseño*. Ecoe Ediciones.
- Shuan, L., & Basurto, D. (2019a). *Guía de Laboratorio ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO*. Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Shuan, L., & Basurto, D. (2019b). *Guía de Laboratorio ENSAYO PROCTOR MODIFICADO*. Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Shuan, L., & Basurto, D. (2019c). *Guía de Laboratorio LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE PLÁSTICO*. Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.

- Silvente, V. B. (2012). Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso Práctico. *REIRE*, 5(2), 1-19. <https://doi.org/10.1344/reire2012.5.2527>
- Socualaya, K. (2019). *Caracterización de suelos para la obtención de coeficiente de balasto, distrito de San Agustín de Cajas, año 2017*. [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5267>
- Supo, J. (2012). *Seminarios de Investigación Científica*.
- Supo, J. (2014). *Cómo elegir una muestra*. Bioestadístico EIRL.
- UNI. (2006). *Primer Taller de Mecánica de Suelos - California Bearing Ratio (CBR)*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Valencia, Y., Camapum, J., & Lara, L. (2012). Aplicaciones adicionales de los resultados de pruebas de carga estáticas en el diseño geotécnico de cimentaciones. *DYNA (Colombia)*, 79(175), 182-190. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=49624958023>
- Whitlow, R. (1999). *Fundamento de mecánica de suelos* (2.^a ed.). Compañía Editorial Continental S.A. <https://es.scribd.com/document/414569102/Fundamentos-de-Mecanica-de-Suelos-Segunda-edicion-Roy-Whitlow>

A. ANEXOS

A.1. Matriz de consistencia.

INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿De qué manera influye la heterogeneidad de los materiales de base y sub base al evaluar los asentamientos elásticos empleando el ensayo de Carga directa en la av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Evaluar los asentamientos elásticos por influencia de la heterogeneidad de los materiales de base y sub base empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La heterogeneidad de los materiales de base y sub base influye significativamente al evaluar los asentamientos elásticos empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>X: Heterogeneidad de los materiales de base y sub base</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>X1: Tipo de material granular. X2: Características físicas del material. X3: Resistencia mecánica del material.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Experimental, prospectivo, longitudinal y analítico.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</p> <p>Explicativo</p> <p>DISEÑO</p> <p>Experimental.</p> <p>POBLACIÓN</p> <p>La población para esta investigación está compuesta por los 27 (cuadras) tramos de capa granular de material de base y sub base que se utiliza en el proyecto de mejoramiento del servicio de transitabilidad de la av. Javier Pérez de Cuellar del</p>

<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>a. ¿De qué manera influyen los tipos de materiales granulares de base y sub base al analizar los asentamientos elásticos?</p> <p>b. ¿De qué manera intervienen las características físicas de los materiales de base y sub base al analizar los asentamientos elásticos?</p> <p>c. ¿Cómo influye el resultado de la resistencia mecánica de materiales de base y sub base en el análisis de los asentamientos elásticos?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>a. Determinar la clasificación del tipo de suelo de los materiales de base y sub base.</p> <p>b. Determinar las características físicas de los materiales de base y sub base.</p> <p>c. Evaluar el CBR de la resistencia mecánica de materiales de base y sub base.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</p> <p>a. Los tipos de materiales granulares de base y sub base influyen considerablemente en la obtención de los asentamientos elásticos.</p> <p>b. Las características físicas de los materiales de base y sub base intervienen positivamente en el análisis de los asentamientos elásticos.</p> <p>c. La determinación de la resistencia mecánica de los materiales de base y sub base influye significativamente para evaluar los asentamientos elásticos.</p>	<p>INDICADORES</p> <p>X1: Clasificación SUCS y AASHTO.</p> <p>X2: Contenido de humedad, límites de Atterberg.</p> <p>X3: Resultados de Proctor Modificado, Resultados de CBR.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Y: Asentamiento Elástico.</p> <p>DIMENSIONES</p> <p>Y1: Comportamiento mecánico del material.</p> <p>Y2: Deformación elástica del material</p> <p>INDICADORES</p> <p>Y1: Módulo de reacción del suelo</p> <p>Y2: Módulo de deformación.</p>	<p>distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho.</p> <p>MUESTRA</p> <p>Se realiza un muestreo no probabilístico por conveniencia, utilizando 2 tramos y los puntos de evaluación son las progresivas 0+280 y 0+160 del margen izquierdo. Este muestreo se justifica por las consideraciones siguientes; los materiales de base y sub base proviene de la misma cantera, para la conformación de la capa granular se realiza mediante las mismas especificaciones técnicas, y el costo elevado de cada punto de evaluación del ensayo in situ de placa de carga.</p> <p>TÉCNICAS</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis documentario. <p>INSTRUMENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Registro.
---	--	--	--	---

A.2. Instrumento de registro

El presente instrumento permite levantar datos para la heterogeneidad de los materiales de base y sub base, que serán obtenidas mediante el análisis documental y ensayos de laboratorio, consultando las normativas vigentes de todos los procesos. Asimismo, para el asentamiento elástico usando el ensayo in situ de carga directa.

HIPÓTESIS GENERAL

La heterogeneidad de los materiales de base y sub base influye significativamente al evaluar los asentamientos elásticos empleando el ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020.

VARIABLE INDEPENDIENTE (VI) Heterogeneidad de los materiales de Base y Sub base

VARIABLE DEPENDIENTE (VD) Asentamiento Elástico

VARIABLES	DIMENSION	INDICADOR	ITEMS	ESCALA DE MEDICIÓN / UNIDAD
(VI) HETEROGENEIDAD DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUB BASE	TIPO DE MATERIAL GRANULAR (Los sistemas de clasificación de suelos dividen a estos materiales en grupos y subgrupos con base en propiedades como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico)	Clasificación SUCS	1. ¿Cuál es la clasificación SUCS del material?	GM / SC-SM
		Clasificación AASHTO	2. ¿Cuál es la clasificación AASHTO del material?	A-1-b(0)
	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MATERIAL (Las propiedades físicas de los materiales nos proporcionan información básica del suelo; las principales propiedades físicas son: contenido de humedad, densidad y la plasticidad, límites de Atterberg)	Contenido de humedad	3. ¿Cuál es el contenido de humedad del material?	N° / (%)
		Límites de Atterberg	4. ¿Cuáles son los límites de Atterberg del material?	N° / (%)

	RESISTENCIA MECÁNICA DEL MATERIAL (La resistencia mecánica de los materiales desempeñan un papel importante en el rendimiento de los pavimentos, esta característica es la responsable de proporcionar una estructura global fuerte para resistir las deformaciones debido a las cargas).	Resultados de Proctor Modificado	5. ¿Cuál es la máxima densidad seca del material?	N° / (gr/cm ³)
		Resultados de CBR	6. ¿Cuál es el contenido óptimo de humedad del material?	N° / (%)
			7. ¿Cuál es el valor del CBR del material?	N° / (%)
(VD) ASENTAMIENTO ELÁSTICO	COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL MATERIAL (El comportamiento mecánico de los materiales granulares están asociadas a las propiedades de los mismos; con su resistencia a la degradación debido al desgaste y con el impacto o carga de esfuerzo en la capa del pavimento).	Módulo de reacción del suelo	1. ¿Cuál es el módulo de reacción del material?	N° / (kg/cm ³)
			2. ¿Cómo es la curva de esfuerzo-deformación del material?	Gráfico/ (mm vs kg/cm ²)
	DEFORMACIÓN ELÁSTICA DEL MATERIAL (La presión transmitida al suelo es permanente y baja, el cual conlleva a que la deformación sea elástica. Existe una relación lineal entre la presión transmitida y la deformación, de esa relación se construye un gráfico, donde la pendiente de la recta mostrada es el módulo elástico).	Módulo de deformación	3. ¿Cuál es el módulo de deformación elástica del material?	N° / (KN/m ²)
			4. ¿Cuál es la máxima deformación del material?	N° / (mm)

A.3. Certificado de Validez de contenido del instrumento



Certificado de validez de contenido del instrumento

Tesis: “Influencia de la heterogeneidad en los asentamientos elásticos de los materiales de base y sub base empleando ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020”

(VI): Heterogeneidad de los materiales de base y sub base

Medición de dimensiones: Tipo de material, Características físicas del material y Resistencia mecánica del material.

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar el componente o dimensión específicos del constructo

³**Claridad:** se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Señor juez o experto se requiere su colaboración para determinar la validez de contenido del instrumento registro, usted puede sugerir retirar ítems, incorporar ítems o cambiar el contenido de un ítem. Se agradece por su colaboración.

Nº	Variable x/ ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias / Observaciones
		Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión x1: Tipo de material								
1	¿Cuál es la clasificación SUCS del material?	✓		✓		✓		
2	¿Cuál es la clasificación AASHTO del material?	✓		✓		✓		
Dimensión x2: Características físicas del material								
3	¿Cuál es el contenido de humedad del material?	✓		✓		✓		



4	¿Cuáles son los límites de Atterberg del material?	✓		✓		✓		
Dimensión x3: Resistencia mecánica del material								
5	¿Cuál es la máxima densidad seca del material?	✓		✓		✓		
6	¿Cuál es el contenido óptimo de humedad del material?	✓		✓		✓		
7	¿Cuál es el valor del CBR del material?	✓		✓		✓		

(VD): Asentamiento Elástico de los materiales de base y sub base**Medición de dimensiones: Comportamiento mecánico del material y****Deformación elástica del material.**

Nº	Variable y/ ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias/Observaciones
		Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión y1: Comportamiento mecánico del material								
1	¿Cuál es el módulo de reacción del material?	✓		✓		✓		
2	¿Cómo es la curva de esfuerzo-deformación del material?	✓		✓		✓		



Dimensión y2: Deformación elástica del material							
3	¿Cuál es el módulo de deformación elástica del material?	✓		✓		✓	
4	¿Cuál es la máxima deformación del material?	✓		✓		✓	

Observaciones (precisar si hay observaciones):

NINGUNA

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir []
No aplicable []

Nombres y Apellidos del juez validador Dr. / Mg :

ANGEL HUGO VILCHEZ PEÑA

UNIVERSIDAD QUE OTORGÓ EL GRADO:

PONTIFICIA UNIVERSIDADE CATOLICA DE RIO DE JANIERO-BRASIL

DNI: 09720928

Especialidad del validador:

GEOTECNIA-ESPECIALISTA EN OBRAS DE TIERRA, PRESAS, ENSAYOS EXPERIMENTALES CAMPO Y LABORATORIO, MODELOS DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES, REDES NEURONALES. INVESTIGADOR EN NEOMATERIALES.

firma

¹ Pertinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado.

² Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³ Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Certificado de validez de contenido del instrumento

Tesis: “Influencia de la heterogeneidad en los asentamientos elásticos de los materiales de base y sub base empleando ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020”

(VI): Heterogeneidad de los materiales de base y sub base

Medición de dimensiones: Tipo de material, Características físicas del material y Resistencia mecánica del material.

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Señor juez o experto se requiere su colaboración para determinar la validez de contenido del instrumento registro, usted puede sugerir retirar ítems, incorporar ítems o cambiar el contenido de un ítem. Se agradece por su colaboración.

Nº	Variable s/ ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias / Observaciones
		Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión x1: Tipo de material								
1	¿Cuál es la clasificación SUCS del material?	X		X		X		
2	¿Cuál es la clasificación AASHTO del material?	X		X		X		
Dimensión x2: Características físicas del material								
3	¿Cuál es el contenido de humedad del material?	X		X		X		



4	¿Cuáles son los límites de Atterberg del material?	X		X		X		
Dimensión x3: Resistencia mecánica del material								
5	¿Cuál es la máxima densidad seca del material?	X		X		X		
6	¿Cuál es el contenido óptimo de humedad del material?	X		X		X		
7	¿Cuál es el valor del CBR del material?	X		X		X		

(VD): Asentamiento Elástico de los materiales de base y sub base

Medición de dimensiones: Comportamiento mecánico del material y

Deformación elástica del material.

Nº	Variable y/ ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias/Observaciones
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión y1: Comportamiento mecánico del material								
1	¿Cuál es el módulo de reacción del material?	X		X		X		
2	¿Cómo es la curva de esfuerzo-deformación del material?	X		X			X	



Dimensión y2: Deformación elástica del material							
3	¿Cuál es el módulo de deformación elástica del material?	X		X		X	
4	¿Cuál es la máxima deformación del material?	X		X		X	

Observaciones (precisar si hay observaciones):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir
 No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg :

_____ Ms. Ing. Abner Cuti Vega

DNI: 44490038

Especialidad del validador:

_____ M^{STR} ING. ESTRUCTURAS, CIMENTAC. Y MATERIALES


 Ing. ABNER CUTI VEGA
 Ingeniero Civil
 Reg. Colegio de Ingenieros 203720

- ¹ **Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
 - ² **Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
 - ³ **Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo
- Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



Certificado de validez de contenido del instrumento

Tesis: “Influencia de la heterogeneidad en los asentamientos elásticos de los materiales de base y sub base empleando ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020”

(VI): Heterogeneidad de los materiales de base y sub base

Medición de dimensiones: Tipo de material, Características físicas del material y Resistencia mecánica del material.

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Señor juez o experto se requiere su colaboración para determinar la validez de contenido del instrumento registro, usted puede sugerir retirar ítems, incorporar ítems o cambiar el contenido de un ítem. Se agradece por su colaboración.

N°	Variable x/ ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias / Observaciones
		Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión x1: Tipo de material								
1	¿Cuál es la clasificación SUCS del material?	X		X		X		
2	¿Cuál es la clasificación AASHTO del material?	X		X		X		
Dimensión x2: Características físicas del material								
3	¿Cuál es el contenido de humedad del material?	X		X		X		



4	¿Cuáles son los límites de Atterberg del material?	X		X		X		
Dimensión x3: Resistencia mecánica del material								
5	¿Cuál es la máxima densidad seca del material?	X		X		X		
6	¿Cuál es el contenido óptimo de humedad del material?	X		X		X		
7	¿Cuál es el valor del CBR del material?	X		X			X	

(VD): Asentamiento Elástico de los materiales de base y sub base

Medición de dimensiones: Comportamiento mecánico del material y

Deformación elástica del material.

N°	Variable y/ ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias/Observaciones
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión y1: Comportamiento mecánico del material								
1	¿Cuál es el módulo de reacción del material?	X		X			X	
2	¿Cómo es la curva de esfuerzo-deformación del material?	X		X		X		



Dimensión y2: Deformación elástica del material							
3	¿Cuál es el módulo de deformación elástica del material?	X		X		X	
4	¿Cuál es la máxima deformación del material?	X		X		X	

Observaciones (precisar si hay observaciones):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir []
 No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg :

Msc. JAIME LEONARDO BENDEZÚ PRADO

DNI: 08041589

Especialidad del validador:

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA


 Msc. JAIME LEONARDO BENDEZÚ PRADO
 INGENIERO CIVIL
 Nº del Colegio de Ingenieros Nº 02107
 Firma

¹ Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
² Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del construido.
³ Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.
 Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.



Certificado de validez de contenido del instrumento

Tesis: “Influencia de la heterogeneidad en los asentamientos elásticos de los materiales de base y sub base empleando ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020”

(VI): Heterogeneidad de los materiales de base y sub base

Medición de dimensiones: Tipo de material, Características físicas del material y Resistencia mecánica del material.

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto técnico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Señor juez o experto se requiere su colaboración para determinar la validez de contenido del instrumento registro, usted puede sugerir retirar ítems, incorporar ítems o cambiar el contenido de un ítem. Se agradece por su colaboración.

Nº	Variable x/ ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias / Observaciones
		Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión x1: Tipo de material								
1	¿Cuál es la clasificación SUCS del material?	x		x		x		
2	¿Cuál es la clasificación AASHTO del material?	x		x		x		
Dimensión x2: Características físicas del material								
3	¿Cuál es el contenido de humedad del material?	x		x		x		



4	¿Cuáles son los límites de Atterberg del material?	X			X		X	
Dimensión x3: Resistencia mecánica del material								
5	¿Cuál es la máxima densidad seca del material?	X		X			X	
6	¿Cuál es el contenido óptimo de humedad del material?	X		X			X	
7	¿Cuál es el valor del CBR del material?	X		X			X	

(VD): Asentamiento Elástico de los materiales de base y sub base

Medición de dimensiones: Comportamiento mecánico del material y

Deformación elástica del material.

Nº	Variable y/ ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias/Observaciones
		Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Dimensión y1: Comportamiento mecánico del material								
1	¿Cuál es el módulo de reacción del material?	X		X		X		
2	¿Cómo es la curva de esfuerzo-deformación del material?	X		X		X		



Dimensión y2: Deformación elástica del material							
3	¿Cuál es el módulo de deformación elástica del material?	X		X		X	
4	¿Cuál es la máxima deformación del material?	X		X		X	

Observaciones (precisar si hay observaciones):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir
 No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg :

MAESTRO EN ING. ESTRUCTURAS ROLANDO CISNEROS AYALA

DNI: 441679570

Especialidad del validador:

MAESTRO EN ESTRUCTURAS


 Rolando Cisneros Ayala
 INGENIERO CIVIL
 CP: 170598

firma

¹Perinencia: El ítem corresponde al concepto técnico formulado

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítem planteados son suficientes para medir la dimensión



Certificado de validez de contenido del instrumento

Tesis: “Influencia de la heterogeneidad en los asentamientos elásticos de los materiales de base y sub base empleando ensayo de carga directa en la Av. Javier Pérez de Cuellar del distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, región Ayacucho, 2020”

(VI): Heterogeneidad de los materiales de base y sub base

Medición de dimensiones: Tipo de material, Características físicas del material y Resistencia mecánica del material.

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

Señor juez o experto se requiere su colaboración para determinar la validez de contenido del instrumento registro, usted puede sugerir retirar ítems, incorporar ítems o cambiar el contenido de un ítem. Se agradece por su colaboración.

Nº	Variable x/ ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias / Observaciones
		Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión x1: Tipo de material								
1	¿Cuál es la clasificación SUCS del material?	X		X		X		
2	¿Cuál es la clasificación AASHTO del material?	X		X		X		
Dimensión x2: Características físicas del material								
3	¿Cuál es el contenido de humedad del material?	X		X		X		



4	¿Cuáles son los límites de Atterberg del material?	X		X		X		
Dimensión x3: Resistencia mecánica del material								
5	¿Cuál es la máxima densidad seca del material?	X				X	X	
6	¿Cuál es el contenido óptimo de humedad del material?	X		X			X	
7	¿Cuál es el valor del CBR del material?	X				X		X

(VD): Asentamiento Elástico de los materiales de base y sub base
Medición de dimensiones: Comportamiento mecánico del material y
Deformación elástica del material.

Nº	Variable y/ ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias/Observaciones
		Si	No	Si	No	Si	No	
Dimensión y1: Comportamiento mecánico del material								
1	¿Cuál es el módulo de reacción del material?	X		X		X		
2	¿Cómo es la curva de esfuerzo-deformación del material?	X		X		X		



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

Dimensión y2: Deformación elástica del material							
3	¿Cuál es el módulo de deformación elástica del material?	X		X		X	
4	¿Cuál es la máxima deformación del material?	X		X		X	

Observaciones (precisar si hay observaciones):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable Aplicable después de corregir
No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg :

SAÚL WALTER RETAMOSO FERNÁNDEZ

DNI: 46120203

Especialidad del validador:

MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL

Ing. Saúl Walter Retamoso Fernández
INGENIERO CIVIL
CIP: 194078

firma

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

A.4. Cálculo de la V de Aiken con intervalos de confianza

(VI): Heterogeneidad de los materiales de base y sub base

Medición de dimensiones: Tipo de material, Características físicas del material y Resistencia mecánica del material.

<i>min</i>	0
<i>max</i>	1
<i>k</i>	1
<i>n</i>	5
<i>sig</i>	1.96

95%

											Intervalo de Confianza	
		Juez 1	Juez 2	Juez 3	Juez 4	Juez 5	Media	DE	V de Aiken	Interpretación V	Inferior	Superior
¿Cuál es la clasificación SUCS del material?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
¿Cuál es la clasificación AASHTO del material?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
¿Cuál es el contenido de humedad del material?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
¿Cuáles son los límites de Atterberg del material?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
¿Cuál es la máxima densidad seca del material?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	0	1.00	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
¿Cuál es el contenido óptimo de humedad del material?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
¿Cuál es el valor del CBR del material?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	0	1.00	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
	Claridad	1	1	1	1	0	1.00	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96

(VD): Asentamiento Elástico de los materiales de base y sub base


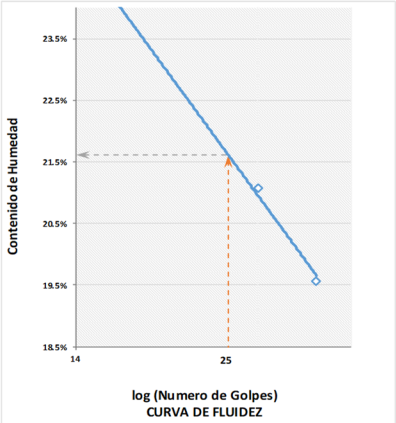
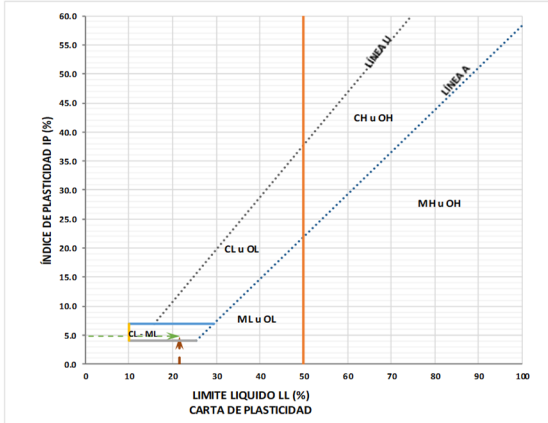
Medición de dimensiones: Comportamiento mecánico del material y Deformación elástica del material.

<i>min</i>	0
<i>max</i>	1
<i>k</i>	1
<i>n</i>	5
<i>sig</i>	1.96

95%

											Intervalo de Confianza	
		Juez 1	Juez 2	Juez 3	Juez 4	Juez 5	Media	DE	V de Aiken	Interpretación V	Inferior	Superior
¿Cuál es el módulo de reacción del material?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	0	1	1	1.00	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
¿Cómo es la curva de esfuerzo-deformación del material?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	0	1	1	1	1.00	0.45	0.80	VALIDO	0.38	0.96
¿Cuál es el módulo de deformación elástica del material?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
¿Cuál es la máxima deformación del material?	Relevancia	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Representatividad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00
	Claridad	1	1	1	1	1	1.00	0.00	1.00	VALIDO	0.57	1.00

A.5. Diferentes Ensayos de campo y laboratorio para la muestra de Sub base.

	LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLÁSTICO - ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129																																																						
PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO EN SAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"																																																							
SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio REGISTRO N° : 001																																																							
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Huamanga FECHA: JUNIO, 2021 DISTRITO: Ayacucho LOCALIDAD: Av. Javier Perez de Cuellar																																																							
1. MUESTRA UBICACIÓN: Material puesto en obra CALICATA: Exp-1 MATERIAL: Sub Base MUESTREADO POR: C. Tello ENSAYADO POR: C. Tello	2. PERSONAL																																																						
3.-LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, ASTM D-4318)																																																							
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th colspan="4">MUESTRAS</th> </tr> <tr> <th></th> <th>ID</th> <th>T-506</th> <th>T-500</th> <th>T-504</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO</td> <td>(gr)</td> <td>41.58</td> <td>40.76</td> <td>39.03</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO</td> <td>(gr)</td> <td>39.23</td> <td>38.26</td> <td>36.50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL RECIPIENTE</td> <td>(gr)</td> <td>27.22</td> <td>26.40</td> <td>26.20</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL AGUA</td> <td>(gr)</td> <td>2.35</td> <td>2.50</td> <td>2.53</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO</td> <td>(gr)</td> <td>12.01</td> <td>11.86</td> <td>10.30</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD</td> <td>(%)</td> <td>19.57</td> <td>21.08</td> <td>24.56</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NUMERO DE GOLPES</td> <td>N°</td> <td>35</td> <td>28</td> <td>15</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS					ID	T-506	T-500	T-504		PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(gr)	41.58	40.76	39.03		PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(gr)	39.23	38.26	36.50		PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	27.22	26.40	26.20		PESO DEL AGUA	(gr)	2.35	2.50	2.53		PESO DEL SUELO SECO	(gr)	12.01	11.86	10.30		CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.57	21.08	24.56		NUMERO DE GOLPES	N°	35	28	15	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS																																																					
	ID	T-506	T-500	T-504																																																			
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(gr)	41.58	40.76	39.03																																																			
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(gr)	39.23	38.26	36.50																																																			
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	27.22	26.40	26.20																																																			
PESO DEL AGUA	(gr)	2.35	2.50	2.53																																																			
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	12.01	11.86	10.30																																																			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.57	21.08	24.56																																																			
NUMERO DE GOLPES	N°	35	28	15																																																			
4.-LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, ASTM D-4318)																																																							
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th colspan="2">MUESTRAS</th> </tr> <tr> <th></th> <th>ID</th> <th>T-505</th> <th>T-524</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO</td> <td>(gr)</td> <td>27.28</td> <td>26.77</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO</td> <td>(gr)</td> <td>27.10</td> <td>26.57</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL RECIPIENTE</td> <td>(gr)</td> <td>26.11</td> <td>25.28</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL AGUA</td> <td>(gr)</td> <td>0.18</td> <td>0.20</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO</td> <td>(gr)</td> <td>0.99</td> <td>1.29</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD</td> <td>(%)</td> <td>18.18</td> <td>15.50</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			ID	T-505	T-524	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(gr)	27.28	26.77	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(gr)	27.10	26.57	PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	26.11	25.28	PESO DEL AGUA	(gr)	0.18	0.20	PESO DEL SUELO SECO	(gr)	0.99	1.29	CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	18.18	15.50																						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS																																																					
	ID	T-505	T-524																																																				
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(gr)	27.28	26.77																																																				
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(gr)	27.10	26.57																																																				
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	26.11	25.28																																																				
PESO DEL AGUA	(gr)	0.18	0.20																																																				
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	0.99	1.29																																																				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	18.18	15.50																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">LIMITE LIQUIDO (%)</td> <td style="text-align: right;">21.62%</td> </tr> <tr> <td>LIMITE PLÁSTICO (%)</td> <td style="text-align: right;">16.84%</td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)</td> <td style="text-align: right;">4.78%</td> </tr> </table>		LIMITE LIQUIDO (%)	21.62%	LIMITE PLÁSTICO (%)	16.84%	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	4.78%																																																
LIMITE LIQUIDO (%)	21.62%																																																						
LIMITE PLÁSTICO (%)	16.84%																																																						
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	4.78%																																																						
 <p style="text-align: center;">log (Numero de Golpes) CURVA DE FLUIDEZ</p>	 <p style="text-align: center;">LIMITE LIQUIDO LL (%) CARTA DE PLASTICIDAD</p>																																																						

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, D 1557)
NTP 339.129 - NTP 339.134

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio

REGISTRO N°: 001

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Huamanga

DISTRITO: Ayacucho LOCALIDAD: Av. Javier Perez de Cuellar

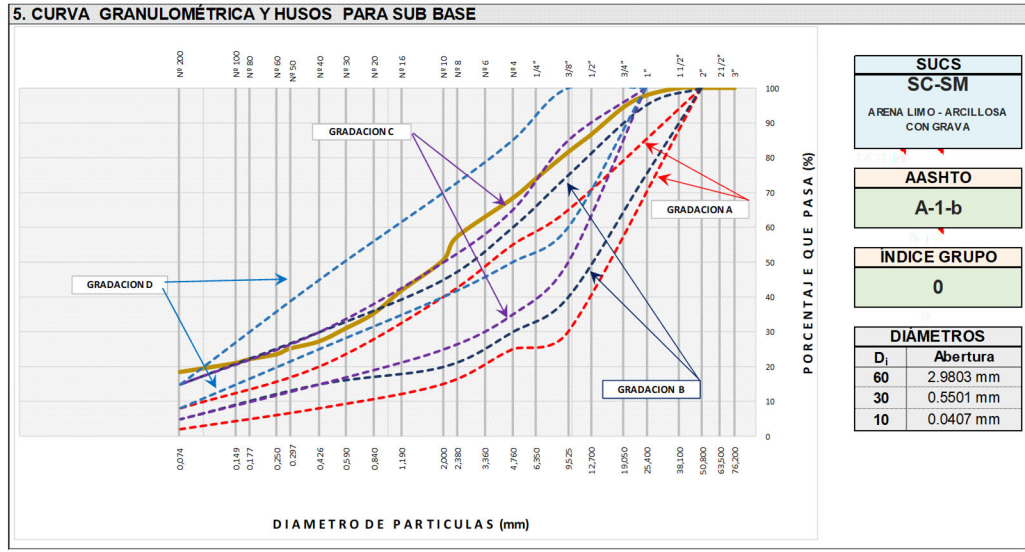
FECHA: JUNIO, 2021

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Material puesto en obra	MUESTREADO POR: C. Tello
MATERIAL: Sub Base	ENSAYADO POR: C. Tello
CALICATA: Exp-1	

N°	TAMIZ		RETENIDO		PASANTE
	ASTM	ABERTURA (mm)	PESO (g)	%	MATERIAL SUBBASE
1	3"	76.200	0.0	0.00	
2	2 1/2"	63.500	0.0	0.00	
3	2"	50.800	0.0	0.00	
4	1 1/2"	38.100	0.0	0.00	100.00
5	1"	25.400	19.1	2.10	97.90
6	3/4"	19.050	31.4	3.45	94.44
7	1/2"	12.700	71.5	7.87	86.58
8	3/8"	9.525	45.8	5.04	81.54
9	1/4"	6.350	70.0	7.70	73.84
10	N°4	4.760	50.5	5.56	68.28
11	N°8	2.380	100.7	11.08	57.21
12	N°10	2.000	61.0	6.71	50.50
13	N°16	1.190	79.0	8.69	41.80
14	N°20	0.840	60.0	6.60	35.20
15	N°30	0.590	39.2	4.31	30.89
16	N°40	0.426	33.3	3.66	27.23
17	N°50	0.297	18.6	2.05	25.18
18	N°60	0.250	15.0	1.65	23.53
19	N°80	0.177	13.3	1.46	22.07
20	N°100	0.149	10.0	1.10	20.97
21	N°200	0.075	23.0	2.53	18.44
22	Fondo			0.00	
23	Lavado		167.6	18.44	
24	TOTAL		909.0	47.67	

DESCRIPCIÓN	VALOR
DATOS GENERALES	
Peso muestra seca	909 g
Peso muestra seca y lavada	741 g
Perdida por lavado	168 g
ENSAYOS ESTÁNDAR	
% Grava	31.72%
Grava Gruesa-Hasta (N°1 1/2)	0.00%
Grava Fina-Hasta (N°4)	31.72%
% Arena	49.84%
Arena Gruesa-Hasta (N°10)	17.79%
Arena Media-Hasta (N°40)	23.27%
Arena Fina-Hasta (N°100)	8.79%
% Finos	18.44%
COEFICIENTES	
Uniformidad (Cu)	73.27
Curvatura (Cc)	2.50

DESCRIPCIÓN	REGISTRO
Límite Líquido (LL):	21.62%
Límite Plástico (LP):	16.84%
Índice Plástico (IP):	4.78%
	001



GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, D 1557)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio

REGISTRO N°: 001

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho

PROVINCIA: Huamanga

DISTRITO: Ayacucho

LOCALIDAD: Av. Javier Perez de Cuellar

FECHA: JUNIO, 2021

1. MUESTRA

UBICACIÓN: Material puesto en obra

CALICATA: Exp-1

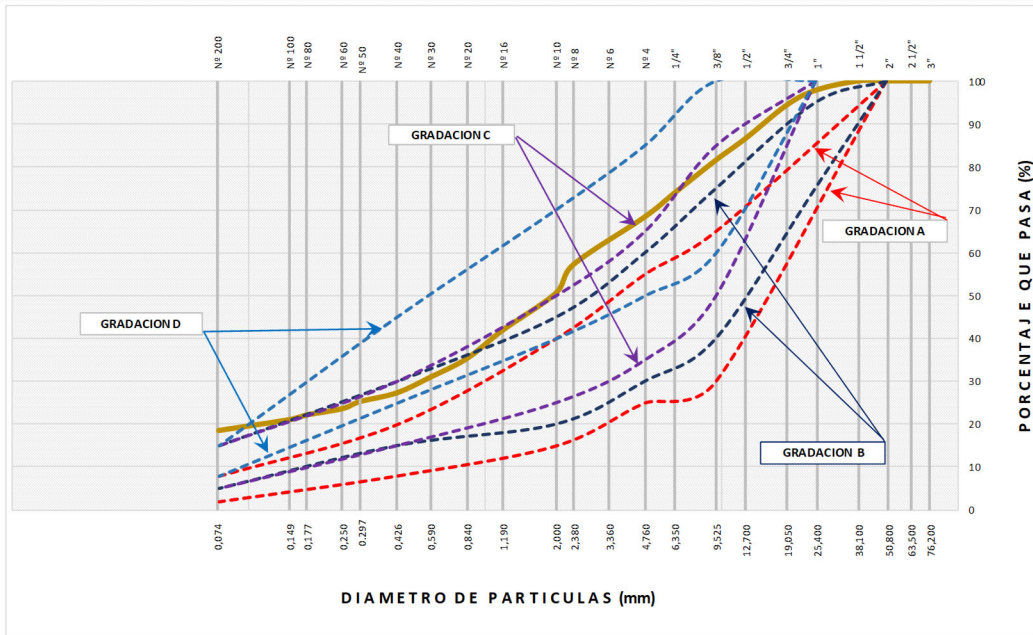
MATERIAL: Sub Base

2. PERSONAL

MUESTREO POR: C. Tello

ENSAYO POR: C. Tello

3. CURVA GRANULOMÉTRICA Y HUSOS PARA SUB BASE



% Pasa	D (mm)	GRADACION A			GRADACION B			GRADACION C		GRADACION D			
		Limites %Pasa	Cond.		Limites %Pasa	Cond.		Limites %Pasa	Cond.	Limites %Pasa	Cond.		
100.0	50.000	100	100	OK	100	100	OK	0	0		0	0	
97.9	25.000	0	0		75	95	NO	100	100	NO	100	100	NO
81.5	9.500	30	65	NO	40	75	NO	50	85	OK	60	100	OK
68.3	4.750	25	55	NO	30	60	NO	35	65	NO	50	85	OK
50.5	2.000	15	40	NO	20	45	NO	25	50	NO	40	70	OK
27.2	0.425	8	20	NO	15	30	OK	15	30	OK	25	45	OK
18.4	0.075	2	8	NO	5	15	NO	5	15	NO	8	15	NO

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



**CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216, MTC E 108-2000)
NTP 339.127**

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 001
UBICACIÓN: **DEPARTAMENTO:** Ayacucho **PROVINCIA:** Huamanga
DISTRITO: Ayacucho **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

1. MUESTRA		2. PERSONAL	
UBICACIÓN: Material puesto en obra	CALICATA: Exp-1	MUESTREADO POR: C. Tello	
MATERIAL: Sub Base		ENSAYADO POR: C. Tello	

3. DETERMINACION DE LA HUMEDAD

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS	
	RECIPIENTE	N°	246.00	520.00
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	66.30	64.50
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	60.52	58.92
3	PESO RECIPIENTE	gr	14.19	14.19
4	PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr	5.78	5.58
5	PESO SECO DE LA MUESTRA	gr	46.33	44.73
6	HUMEDAD	%	12.48%	12.48%
	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	12.48%	

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN				5. RECIPIENTES			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	246.0	520.0		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	ALUMINIO	ALUMINIO		

6. DESCRIPCIÓN DE SUELO

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS - PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 001
UBICACIÓN: **DEPARTAMENTO:** Ayacucho **PROVINCIA:** Huamanga
DISTRITO: Ayacucho **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

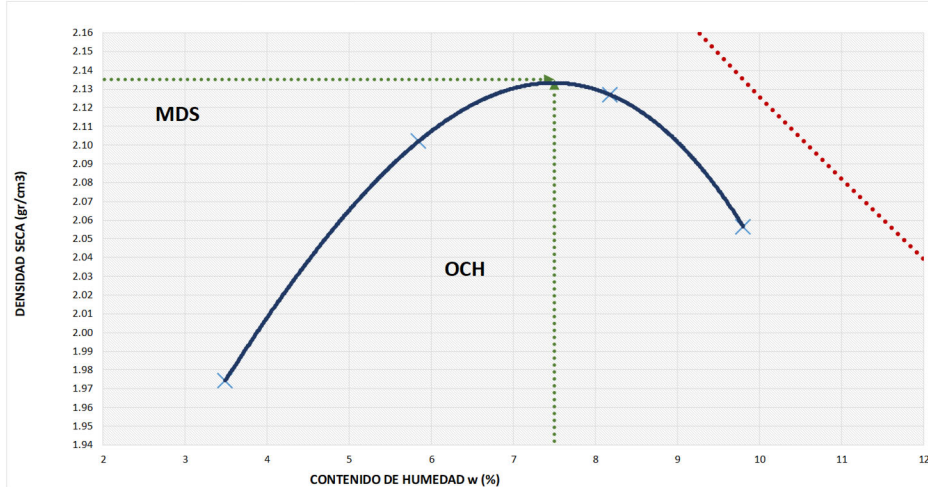
1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Material puesto en obra	MUESTREADO POR: C. Tello
MATERIAL: Sub Base	ENSAYADO POR: C. Tello
CALICATA: Exp-1	

3. DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS:	SC-SM	ARENA LIMO - ARCILLOSA CON GRAVA	
Clasificación AASHTO:	A-1-b	Capas:	3.00
% Retenido acumulado malla N°4:	31.7	Material Pasante a usar	PASA 3/4
% Retenido acumulado malla 3/8":	18.5	Molde (Pulg)	4
% Retenido acumulado malla 3/4":	5.6	Peso Molde (gr):	6006.00
			Volumen: 2127.05
			METODO C
			Golpes/Capa: 56.00
			M5

4. ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	10352.00	10739.00	10900.00	10809.00
Peso de la muestra compactada	gr	4,346.0	4,733.0	4,894.0	4,803.0
Densidad húmeda	gr/cc	2.04	2.23	2.30	2.26
Densidad seca	gr/cc	1.97	2.10	2.13	2.06

5. CONTENIDO DE HUMEDAD									
Tarro N°		N-27	N-31	N-2	N-6	N-22	N-30	N-34	N-5
Peso del tarro	gr	11.12	11.98	11.40	10.47	11.29	11.57	9.45	11.57
Peso tarro + suelo húmedo	gr	68.37	72.81	73.36	82.57	69.09	67.30	91.64	85.15
Peso de tarro + suelo seco	gr	66.53	70.66	70.01	78.50	64.71	63.10	84.34	78.55
Peso del agua	gr	1.84	2.15	3.35	4.07	4.38	4.20	7.30	6.60
Peso del suelo seco	gr	55.41	58.68	58.61	68.03	53.42	51.53	74.89	66.98
Contenido de humedad	%	3.32	3.66	5.72	5.98	8.20	8.15	9.75	9.85
Contenido promedio de humedad	%	3.49		5.85		8.17		9.80	

6. CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Optimo Contenido de Humedad (%)
7.5
MDS Máxima Densidad Seca (tn/m3)
2.135

7. EQUIPOS DE MEDICIÓN			8. TAMICES		
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 3/4"	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	HUMBOLDT	

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR (ASTM D 1883, AASHTO T 193, MTC E 132-2000)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Crísthian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 001
UBICACIÓN: **DEPARTAMENTO:** Ayacucho **PROVINCIA:** Huamanga
DISTRITO: Ayacucho **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Material puesto en obra	MUESTREADO POR: C. Tello
CALICATA: Exp-1	ENSAYADO POR: C. Tello
MATERIAL: Sub Base	

3. COMPACTACION DEL CBR						
MOLDE N°		1.00	2.00	3.00		
CAPAS N°		5.00	5.00	5.00		
GOLPES POR CAPA N°		56.00	25.00	12.00		
COND. DE LA MUESTRA		SATURADA	SATURADA	SATURADA		
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO		8,895.00	8,851.00	8,695.00		
PESO DEL MOLDE	gr.	4,024.00	4,097.00	4,256.00		
PESO DEL SUELO HÚMEDO	gr.	4,871.00	4,754.00	4,439.00		
VOLUMEN DEL MOLDE	cc	2,119.00	2,131.00	2,150.00		
DENSIDAD HÚMEDA	gr./cc	2.30	2.23	2.06		
DENSIDAD SECA	gr./cc	2.14	2.08	1.92		
TARRO N°		N-33	N-7	N-8	N-9	N-15 N-16
TARRO + SUELO HÚMEDO	gr.	69.85	69.95	72.97	72.65	76.97 77.55
TARRO + SUELO SECO	gr.	65.79	65.85	68.25	68.71	72.36 72.85
AGUA	gr.	4.06	4.10	4.72	3.94	4.61 4.70
PESO DEL TARRO	gr.	11.54	11.19	10.61	10.89	10.83 10.78
PESO DEL SUELO SECO	gr.	54.25	54.66	57.64	57.82	61.53 62.07
% DE HUMEDAD		7.48	7.50	8.19	6.81	7.49 7.57
PROMEDIO DE HUMEDAD		7.49		7.50		7.53

4. EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
04/06/2021	18:00:00	0:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
05/06/2021	18:00:00	24:00:00	1.00	116.23	0.0%	3.00	116.28	0.1%	5.00	116.33	0.1%
06/06/2021	18:00:00	48:00:00	2.00	116.25	0.0%	5.00	116.33	0.1%	6.00	116.35	0.1%
07/06/2021	18:00:00	72:00:00	4.00	116.30	0.1%	7.00	116.38	0.2%	6.00	116.35	0.1%
08/06/2021	18:00:00	96:00:00	5.00	116.33	0.1%	9.00	116.43	0.2%	6.00	116.35	0.1%

5. PENETRACION													
PENETRACIÓN Pulg.	CARGA STAND. Lbs/Pulg. ²	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		CARGA				CARGA				CARGA			
		Lec (Di)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (Di)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (Di)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %
0.000		0.0	0	0		0.0	0	0		0.0	0	0	
0.025		101.6	223	74		56.5	124	41		54.3	119	40	
0.050		302.4	663	221		151.3	332	111		97.2	213	71	
0.075		471.2	1033	344		301.6	661	220		128.4	281	94	
0.100	1000	589.9	1293	431	43.1	459.3	1007	336	33.6	155.7	341	114	
0.150		757.3	1660	553		647.5	1420	473		202.4	444	148	
0.200	1500	927.7	2034	678	45.2	766.4	1680	560	37.3	237.5	521	174	
0.250		1139.5	2498	833		917.2	2011	670		276.5	606	202	
0.300		1387.8	3042	1014		1075.2	2357	786		292.1	640	213	
0.400		1592.0	3490	1163		1347.5	2954	985		386.7	848	283	
0.500		1910.2	4188	1396		1798.0	3942	1314		425.9	934	314	

7. EQUIPOS DE MEDICIÓN					8. MOLDES DE CBR				
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Extensómetro	1.00	2.00	3.00		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	MITUYO					

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO	

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



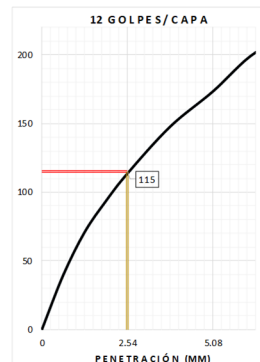
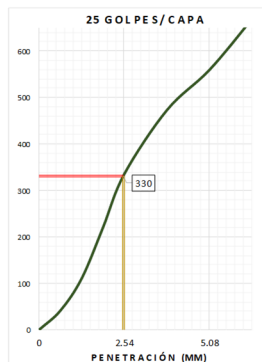
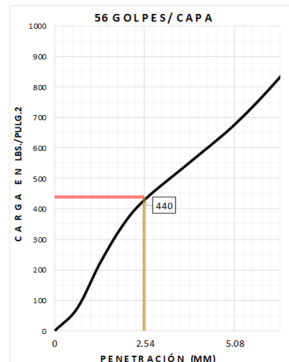
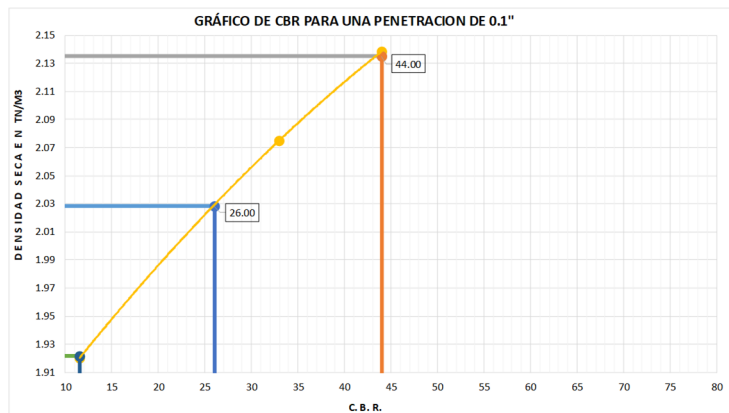
VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 001
UBICACIÓN: **DEPARTAMENTO:** Ayacucho **PROVINCIA:** Huamanga
DISTRITO: Ayacucho **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Material puesto en obra	MUESTREADO POR: C. Tello
MATERIAL: Sub Base	ENSAYADO POR: C. Tello

3. DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	SC-SM	ARENA LIMO - ARCILLOSA CON GRAVA	AASHTO : A-1-b (0)
Maxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	2.14		Optimo Contenido de Humedad OCH % = 7.50
% Grava =	31.72	% Arena = 49.84	% Finos = 18.44 LL % = 21.62
Expansion % =	0.2	IP % = 4.78	LP % = 16.8
CBR AL 100% DE LA MDS =	44.0	CBR AL 95% DE LA MDS =	26.00 CBR AL 90% = 11.50



7. EQUIPOS DE MEDICIÓN			8. PRENSA DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	PRENSA DE CBR		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	ORION		

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 001

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** MAYO, 2021

ITEM: -.-

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+200) - Lado izquierdo	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Sub base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo: **Suelo Granular**
 Diámetro de la Placa de carga: **610** mm Área de aplicación (cm²) = **2922.5**
 Manómetro inicial: **0** psi

Manómetro de lectura: **68.688** psi Carga : **0.102** kg/cm²

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Manómetro de lectura: **225.024** psi Carga : **0.408** kg/cm²

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.345	0.295	0.350	0.345	0.295	0.350	0.330
04	0.360	0.310	0.365	0.360	0.310	0.365	0.345
06	0.365	0.325	0.315	0.365	0.325	0.315	0.335

Manómetro de lectura: **433.470** psi Carga : **0.816** kg/cm²

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.365	0.325	0.315	0.365	0.325	0.315	0.335
02	0.750	0.450	0.845	0.750	0.450	0.845	0.682
04	0.775	0.470	0.875	0.775	0.470	0.875	0.707
06	0.796	0.485	0.895	0.796	0.485	0.895	0.725

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ	Equipo de placa de carga				
ID	ENERPAC P-80				

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N° :** 001

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** MAYO, 2021

ITEM: -.-

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+200) - Lado Izquierdo	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Sub base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo: **Suelo Granular**
 Diámetro de la Placa de carga: **610 mm** Área de aplicación (cm²) = **2922.5**
 Manómetro inicial: **0 psi**

Manómetro de lectura: **746.141 psi** Carga : **1.428 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.796	0.485	0.895	0.796	0.485	0.895	0.725
02	1.060	0.880	1.330	1.060	0.880	1.330	1.090
04	1.100	0.900	1.355	1.100	0.900	1.355	1.118
06	1.157	0.785	1.573	1.157	0.785	1.573	1.172

Manómetro de lectura: **1058.811 psi** Carga : **2.039 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	1.157	0.785	1.573	1.157	0.785	1.573	1.172
02	1.750	1.020	1.775	1.750	1.020	1.775	1.515
04	1.780	1.030	1.815	1.780	1.030	1.815	1.542
06	1.785	1.035	1.825	1.785	1.035	1.825	1.548

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ	Equipo de placa de carga				
ID	ENERPAC P-80				

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N° :** 001

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** MAYO, 2021

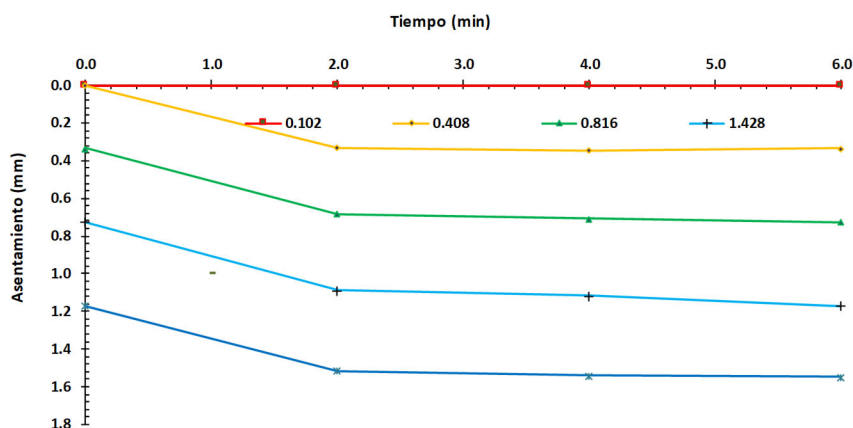
ITEM: --

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+200) - Lado izquierdo	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Sub base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo:	Suelo Granular		
Diámetro de la Placa de carga:	610 mm	Área de aplicación (cm ²) =	2922.5
Manómetro inicial:	0 psi		
Manómetro de lectura:	psi	Carga :	kg/cm ²

Asentamientos en la placa (Etapa de Carga)



4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ	Equipo de placa de carga				
ID	ENERPAC P-80				

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 001

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** MAYO, 2021

ITEM: --

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+200) - Lado Izquierdo	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Sub base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo: **Suelo Granular**
 Diámetro de la Placa de carga: **610 mm** Área de aplicación (cm²) = 2922.5
 Manómetro inicial: **0 psi**

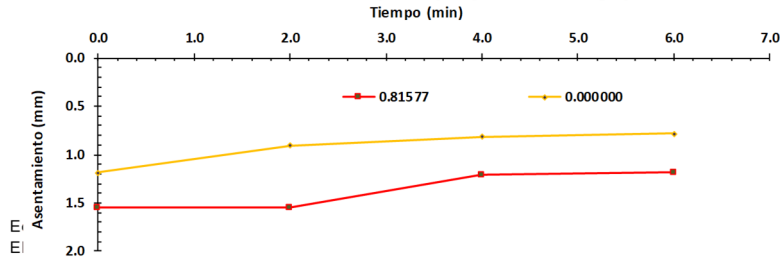
Manómetro de lectura: **433.4704 psi** Carga: **0.81577 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.785	1.035	1.825	1.785	1.035	1.825	1.548
2	1.785	1.035	1.825	1.785	1.035	1.825	1.548
4	1.445	0.845	1.340	1.445	0.845	1.340	1.210
6	1.435	0.805	1.320	1.435	0.805	1.320	1.187

Manómetro de lectura: **16.57754 psi** Carga: **0.000000 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.435	0.805	1.320	1.435	0.805	1.320	1.187
2	1.000	0.740	0.970	1.000	0.740	0.970	0.903
4	0.850	0.650	0.950	0.850	0.650	0.950	0.817
6	0.830	0.610	0.900	0.830	0.610	0.900	0.780

Asentamientos en la placa (Etapa de Descarga)



4. EQUIPOS DE MEDICIÓN							
EQ	Equipo de placa de carga						
ID	ENERPAC P-80						

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 001

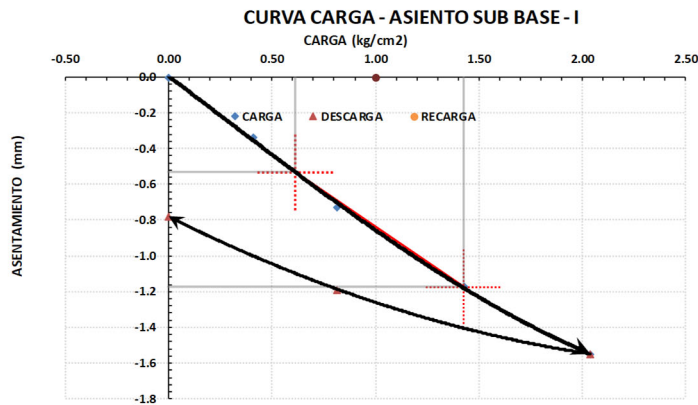
UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** MAYO, 2021

ITEM: --

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+200) - Lado izquierdo	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Sub base	ASISTENTE: W.T.V.

3. RESULTADOS



NLT - 357 / 98			(E - 01): Sub base / Lado izquierdo	
Etapa	Presión (kg/cm ²)	Asentamiento (mm)	Modulo de Compresibilidad Ev	Modulo de deformación
CARGA	0.00	0.00	Ev = 1.5 r Δσ/ΔS	E = (1-u ²) w D K P/S u = Coeficiente de Poisson (0.27 para S, 0.3 para SM, 0.35 (M-C)L, 0.42 CL) w = Coeficiente de la forma de la placa (0.79 para placas circulares) D = Diámetro de la placa utilizada (metros) = 0.610 K = Coeficiente de corrección en función a z/d = 0.794 S = asentamiento correspondiente al intervalo de carga P (KN/m) escogido (metro)
	0.41	-0.34	σ max 2.039 kg/cm ²	
	0.82	-0.73	0.7 σ max 1.428 kg/cm ²	
	1.43	-1.17	0.3 σ max 0.612 kg/cm ²	
	2.04	-1.55	s2 -1.172 mm s1 -0.530 mm Ev 57.1 MPa	
DESCARGA	0.82	-1.187	Modulo de Reacción Ks = σ/s	Coefficiente de Balasto Ks = P/S
	0.00	-0.780	s = -1.250 mm σ = 1.364 kg/cm ² Ks76 = 107.0 Mpa/m Ks76 = 10.9 (kg/cm ²)	P(kg/cm ²) = 1.100 S (m) = -1.100 ks 60 (kg/cm ³) = 10.00 E (KN/m ²) = 34155 ks 30 (kg/cm ³) = 18.0 S (m) = -1.55 P(kg/cm ²) = 2.04

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ	Equipo de placa de carga				
ID	ENERPAC P-80				

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 002

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** MAYO, 2021

ITEM: --

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+200) - Lado Derecho	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Sub Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo: **Suelo Granular**
 Diámetro de la Placa de carga: **610** mm Área de aplicación (cm²) = 2922.5
 Manómetro inicial: **0** psi

Manómetro de lectura: **68.688** psi Carga : **0.102** kg/cm²

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Manómetro de lectura: **225.024** psi Carga : **0.408** kg/cm²

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.430	0.420	0.410	0.430	0.420	0.410	0.420
04	0.435	0.430	0.420	0.435	0.430	0.420	0.428
06	0.445	0.435	0.430	0.445	0.435	0.430	0.437

Manómetro de lectura: **433.470** psi Carga : **0.816** kg/cm²

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.445	0.435	0.430	0.445	0.435	0.430	0.437
02	0.845	0.835	0.850	0.845	0.835	0.850	0.843
04	0.860	0.850	0.855	0.860	0.850	0.855	0.855
06	0.885	0.875	0.880	0.885	0.875	0.880	0.880

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ	Equipo de placa de carga					
ID	ENERPAC P-80					

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N° :** 002

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA :** MAYO, 2021

ITEM: -.-

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+200) - Lado Derecho	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Sub Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo: **Suelo Granular**
 Diámetro de la Placa de carga: **610 mm** Área de aplicación (cm²) = **2922.5**
 Manómetro inicial: **0 psi**

Manómetro de lectura: **746.141 psi** Carga : **1.428 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.885	0.875	0.880	0.885	0.875	0.880	0.880
02	1.162	1.150	1.280	1.162	1.150	1.280	1.197
04	1.178	1.260	1.300	1.178	1.260	1.300	1.246
06	1.210	1.350	1.330	1.210	1.350	1.330	1.297

Manómetro de lectura: **1058.811 psi** Carga : **2.039 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	1.210	1.350	1.330	1.210	1.350	1.330	1.297
02	1.620	1.610	1.342	1.620	1.610	1.342	1.524
04	1.640	1.630	1.370	1.640	1.630	1.370	1.547
06	1.690	1.680	1.410	1.690	1.680	1.410	1.593

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ	Equipo de placa de carga					
ID	ENERPAC P-80					

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

--	--

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N° :** 002

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** MAYO, 2021

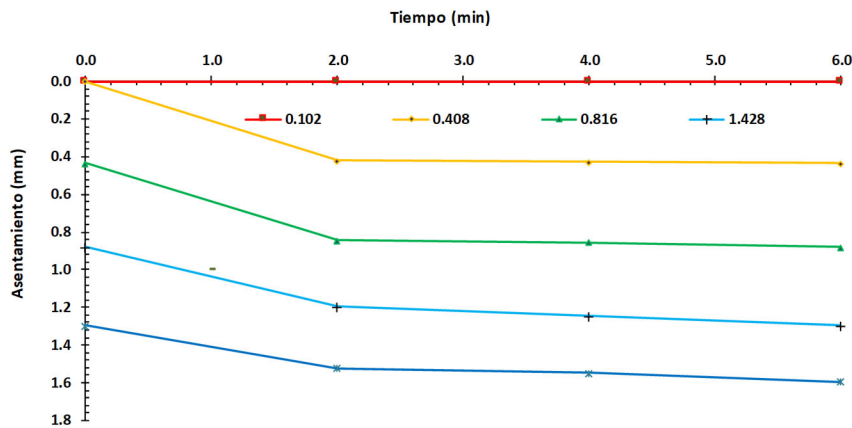
ITEM: --

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+200) - Lado Derecho	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Sub Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo:	Suelo Granular		
Diámetro de la Placa de carga:	610 mm	Área de aplicación (cm ²) =	2922.5
Manómetro inicial:	0 psi		
Manómetro de lectura:	psi	Carga :	kg/cm ²

Asentamientos en la placa (Etapa de Carga)



4. EQUIPOS DE MEDICIÓN						
EQ	Equipo de placa de carga					
ID	ENERPAC P-80					

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 002

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** MAYO, 2021

ITEM: --

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+200) - Lado Derecho	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Sub Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo: **Suelo Granular**
 Diámetro de la Placa de carga: **610 mm** Área de aplicación (cm²) = 2922.5
 Manómetro inicial: **0 psi**

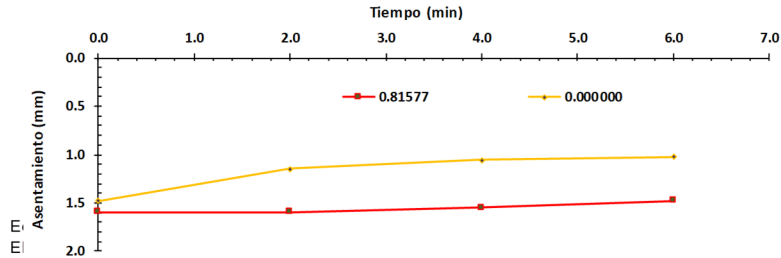
Manómetro de lectura: **433.4704 psi** Carga: **0.81577 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.690	1.680	1.410	1.690	1.680	1.410	1.593
2	1.690	1.680	1.410	1.690	1.680	1.410	1.593
4	1.550	1.650	1.450	1.550	1.650	1.450	1.550
6	1.490	1.500	1.440	1.490	1.500	1.440	1.477

Manómetro de lectura: **16.57754 psi** Carga: **0.000000 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.490	1.500	1.440	1.490	1.500	1.440	1.477
2	1.005	1.385	1.040	1.005	1.385	1.040	1.143
4	0.855	1.295	1.020	0.855	1.295	1.020	1.057
6	0.835	1.255	0.970	0.835	1.255	0.970	1.020

Asentamientos en la placa (Etapas de Descarga)



4. EQUIPOS DE MEDICIÓN							
EQ	Equipo de placa de carga						
ID	ENERPAC P-80						

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 002

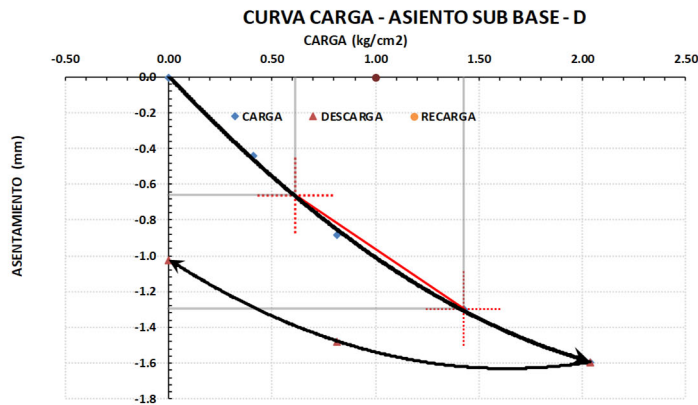
UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** MAYO, 2021

ITEM: --

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+200) - Lado Derecho	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Sub Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. RESULTADOS



NLT - 357 / 98			(E - 02): Sub base / Lado Derecho	
Etapa	Presión (kg/cm ²)	Asentamiento (mm)	Modulo de Compresibilidad Ev	Modulo de Deformación
CARGA	0.00	0.00	Ev = 1.5 r Δσ/ΔS	E = (1-u ²) w D K P/S u = Coeficiente de Poisson (0.27 para S, 0.3 para SM, 0.35 (M-C)L, 0.42 CL) w = Coeficiente de la forma de la placa (0.79 para placas circulares) D = Diámetro de la placa utilizada (metros) = 0.610 K = Coeficiente de corrección en función a z/d = 0.794 S = asentamiento correspondiente al intervalo de carga P (KN/m) escogido (metro)
	0.41	-0.44	σ max 2.039 kg/cm ²	
	0.82	-0.88	0.7 σ max 1.428 kg/cm ²	
	1.43	-1.30	0.3 σ max 0.612 kg/cm ²	
	2.04	-1.59	s2 -1.297 mm s1 -0.658 mm Ev 57.3 MPa	
DESCARGA	0.82	-1.477	Modulo de Reacción Ks = σ/s	Coefficiente de Balasto Ks = P/S
	0.00	-1.020	s = -1.250 mm σ = 1.156 kg/cm ² Ks76 = 90.7 Mpa/m Ks76 = 9.2 (kg/cm ²)	P(kg/cm ²) = 1.120 S (m) = -1.200 ks 60 (kg/cm ³) = 9.33 E (KN/m ²) = 31878 ks 30 (kg/cm ³) = 16.8 S (m) = -1.59 P(kg/cm ²) = 2.04

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN


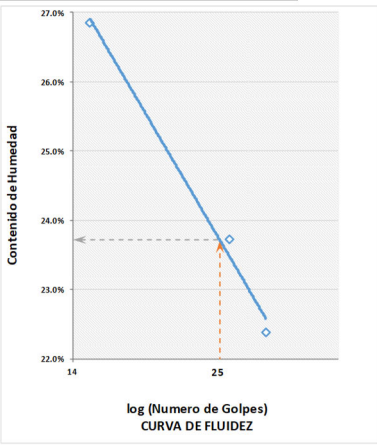
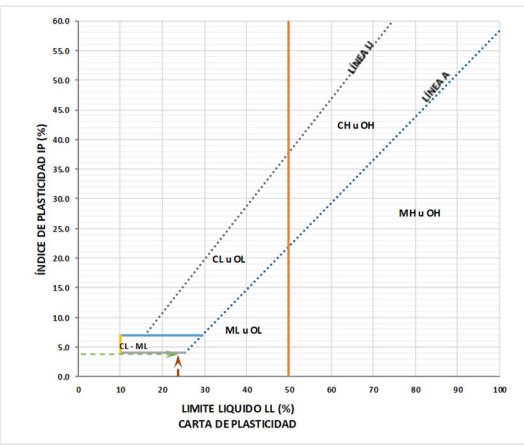
EQ	Equipo de placa de carga				
ID	ENERPAC P-80				

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

A.6. Diferentes Ensayos de campo y laboratorio para la muestra de Base.

	LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLÁSTICO - ÍNDICE DE PLASTICIDAD NTP 339.129																																													
PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA REGIÓN AYACUCHO, 2020"																																														
SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio REGISTRO N°: 002																																														
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Huamanga FECHA: JUNIO, 2021 DISTRITO: Ayacucho LOCALIDAD: Av. Javier Perez de Cuellar																																														
1. MUESTRA UBICACIÓN: Material puesto en obra CALICATA: Exp-2 MATERIAL: Base	2. PERSONAL MUESTREADO POR: C. Tello ENSAYADO POR: C. Tello																																													
3.-LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, ASTM D-4318)																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th colspan="3">MUESTRAS</th> </tr> <tr> <th>RECIPIENTE</th> <th>ID</th> <th>T-484</th> <th>T-462</th> <th>T-430</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO</td> <td>(gr)</td> <td>35.86</td> <td>33.54</td> <td>33.89</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO</td> <td>(gr)</td> <td>33.34</td> <td>31.34</td> <td>31.39</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL RECIPIENTE</td> <td>(gr)</td> <td>22.08</td> <td>22.07</td> <td>22.08</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL AGUA</td> <td>(gr)</td> <td>2.52</td> <td>2.20</td> <td>2.50</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO</td> <td>(gr)</td> <td>11.26</td> <td>9.27</td> <td>9.31</td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD</td> <td>(%)</td> <td>22.38</td> <td>23.73</td> <td>26.85</td> </tr> <tr> <td>NUMERO DE GOLPES</td> <td>N°</td> <td>30</td> <td>26</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			RECIPIENTE	ID	T-484	T-462	T-430	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(gr)	35.86	33.54	33.89	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(gr)	33.34	31.34	31.39	PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.08	22.07	22.08	PESO DEL AGUA	(gr)	2.52	2.20	2.50	PESO DEL SUELO SECO	(gr)	11.26	9.27	9.31	CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.38	23.73	26.85	NUMERO DE GOLPES	N°	30	26	15	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS																																												
RECIPIENTE	ID	T-484	T-462	T-430																																										
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(gr)	35.86	33.54	33.89																																										
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(gr)	33.34	31.34	31.39																																										
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.08	22.07	22.08																																										
PESO DEL AGUA	(gr)	2.52	2.20	2.50																																										
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	11.26	9.27	9.31																																										
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.38	23.73	26.85																																										
NUMERO DE GOLPES	N°	30	26	15																																										
4.-LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, ASTM D-4318)																																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UNIDAD</th> <th colspan="3">MUESTRAS</th> </tr> <tr> <th>RECIPIENTE</th> <th>ID</th> <th>T-484</th> <th>T-420</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO</td> <td>(gr)</td> <td>24.01</td> <td>24.24</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO</td> <td>(gr)</td> <td>23.69</td> <td>23.88</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL RECIPIENTE</td> <td>(gr)</td> <td>22.08</td> <td>22.08</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL AGUA</td> <td>(gr)</td> <td>0.32</td> <td>0.36</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO</td> <td>(gr)</td> <td>1.61</td> <td>1.80</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD</td> <td>(%)</td> <td>19.88</td> <td>20.00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			RECIPIENTE	ID	T-484	T-420		PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(gr)	24.01	24.24		PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(gr)	23.69	23.88		PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.08	22.08		PESO DEL AGUA	(gr)	0.32	0.36		PESO DEL SUELO SECO	(gr)	1.61	1.80		CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.88	20.00							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS																																												
RECIPIENTE	ID	T-484	T-420																																											
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(gr)	24.01	24.24																																											
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(gr)	23.69	23.88																																											
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	22.08	22.08																																											
PESO DEL AGUA	(gr)	0.32	0.36																																											
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	1.61	1.80																																											
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.88	20.00																																											
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">LIMITE LIQUIDO (%)</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">23.72%</td> </tr> <tr> <td>LIMITE PLÁSTICO (%)</td> <td style="text-align: right;">19.94%</td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)</td> <td style="text-align: right;">3.78%</td> </tr> </table>		LIMITE LIQUIDO (%)	23.72%	LIMITE PLÁSTICO (%)	19.94%	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	3.78%																																							
LIMITE LIQUIDO (%)	23.72%																																													
LIMITE PLÁSTICO (%)	19.94%																																													
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	3.78%																																													
																																														

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC		
RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:

ENSAYO ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN
(ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, D 1557)
NTP 339.129 - NTP 339.134

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

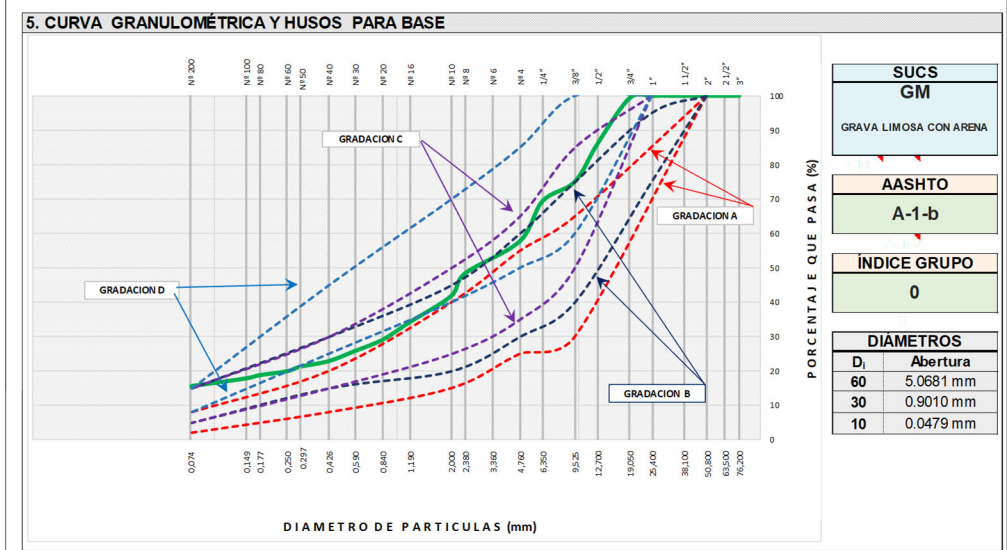
SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 002
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho **PROVINCIA:** Huamanga
 DISTRITO: Ayacucho **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

1. MUESTRA **2. PERSONAL**
 UBICACIÓN: Material puesto en obra **CALICATA:** Exp-2 **MUESTREO POR:** C. Tello
 MATERIAL: Base **ENSAYO POR:** C. Tello

N°	ASTM	ABERTURA (mm)	RETENIDO		PASANTE
			PESO (g)	%	MATERIAL
					BASE
1	3"	76.200	0.0	0.00	
2	2 1/2"	63.500	0.0	0.00	
3	2"	50.800	0.0	0.00	
4	1 1/2"	38.100	0.0	0.00	
5	1"	25.400	0.0	0.00	100.00
6	3/4"	19.050	6.7	0.70	99.30
7	1/2"	12.700	127.8	13.28	86.02
8	3/8"	9.525	106.2	11.03	74.99
9	1/4"	6.350	53.4	5.55	69.44
10	N°4	4.760	112.7	11.71	57.73
11	N°8	2.380	90.0	9.35	48.38
12	N°10	2.000	63.0	6.55	41.83
13	N°16	1.190	72.6	7.54	34.29
14	N°20	0.840	50.0	5.20	29.09
15	N°30	0.590	31.7	3.29	25.80
16	N°40	0.426	27.9	2.90	22.90
17	N°50	0.297	15.7	1.63	21.27
18	N°60	0.250	13.0	1.35	19.92
19	N°80	0.177	10.8	1.12	18.80
20	N°100	0.149	9.0	0.94	17.86
21	N°200	0.075	21.3	2.21	15.65
22	Fondo			0.00	
23	Lavado		151.3	15.72	
24	TOTAL		963.1	46.38	

DESCRIPCIÓN	VALOR
DATOS GENERALES	
Peso muestra seca	962 g
Peso muestra seca y lavada	811 g
Perdida por lavado	151 g
ENSAYOS ESTÁNDAR	
% Grava	42.27%
Grava Gruesa-Hasta (N°1 1/2)	0.00%
Grava Fina-Hasta (N°4)	42.27%
% Arena	42.08%
Arena Gruesa-Hasta (N°10)	15.90%
Arena Media-Hasta (N°40)	18.93%
Arena Fina-Hasta (N°100)	7.25%
% Finos	15.65%
COEFICIENTES	
Uniformidad (Cu)	105.74
Curvatura (Cc)	3.34

DESCRIPCIÓN	VALOR	REGISTRO
Limite Líquido (LL):	23.72%	002
Limite Plástico (LP):	19.94%	
Indice Plástico (IP):	3.78%	



GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D 422, D 4318, D 2487, D 2216, D 4254, D 854, D 1557)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio

REGISTRO N°: 002

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho

PROVINCIA: Huamanga

DISTRITO: Ayacucho

LOCALIDAD: Av. Javier Perez de Cuellar

FECHA: JUNIO, 2021

1. MUESTRA

UBICACIÓN: Material puesto en obra

CALICATA: Exp-2

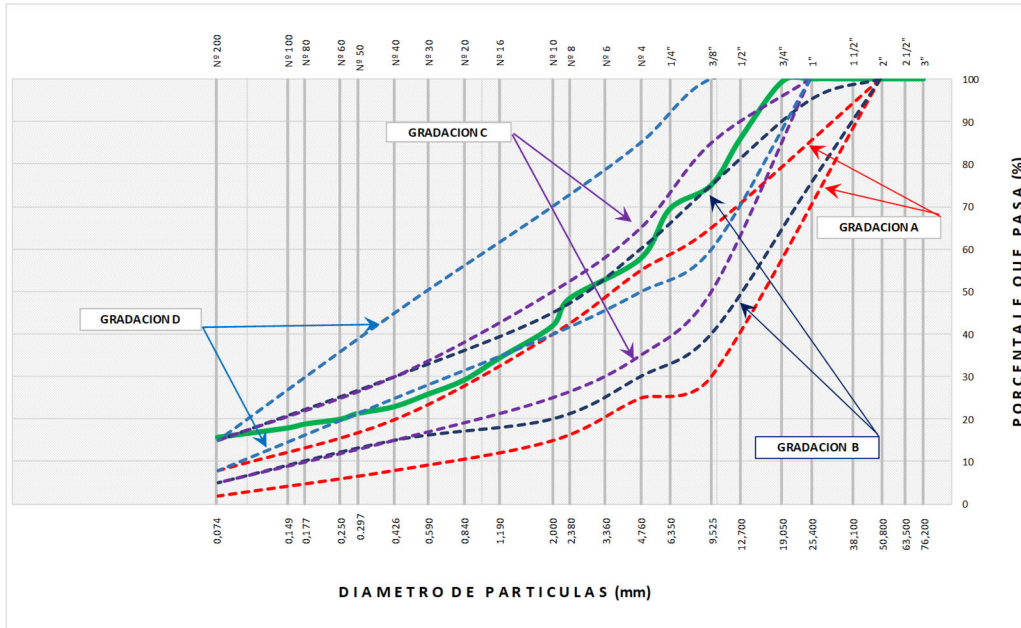
MATERIAL: Base

2. PERSONAL

MUESTREADO POR: C. Tello

ENSAYADO POR: C. Tello

3. CURVA GRANULOMÉTRICA Y HUSOS PARA SUB BASE



% Pasa	D (mm)	GRADACION A			GRADACION B			GRADACION C			GRADACION D		
		Limites %Pasa		Cond.	Limites %Pasa		Cond.	Limites %Pasa		Cond.	Limites %Pasa		Cond.
100.0	50.000	100	100	OK	100	100	OK	0	0	OK	0	0	OK
100.0	25.000	0	0	OK	75	95	NO	100	100	OK	100	100	OK
75.0	9.500	30	65	NO	40	75	OK	50	85	OK	60	100	OK
57.7	4.750	25	55	NO	30	60	OK	35	65	OK	50	85	OK
41.8	2.000	15	40	NO	20	45	OK	25	50	OK	40	70	OK
22.9	0.425	8	20	NO	15	30	OK	15	30	OK	25	45	NO
15.6	0.075	2	8	NO	5	15	NO	5	15	NO	8	15	NO

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



**CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216, MTC E 108-2000)
NTP 339.127**

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 002
UBICACIÓN: **DEPARTAMENTO:** Ayacucho **PROVINCIA:** Huamanga
DISTRITO: Ayacucho **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

1. MUESTRA		2. PERSONAL	
UBICACIÓN:	Material puesto en obra	CALICATA:	Exp-2
MATERIAL:	Base	MUESTREADO POR:	C. Tello
		ENSAYADO POR:	C. Tello

3. DETERMINACION DE LA HUMEDAD

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS	
	RECIPIENTE	N°	246.00	520.00
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	66.30	64.50
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	62.78	61.10
3	PESO RECIPIENTE	gr	14.19	14.19
4	PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr	3.52	3.40
5	PESO SECO DE LA MUESTRA	gr	48.59	46.91
6	HUMEDAD	%	7.24%	7.24%
	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.24%	

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN			5. RECIPIENTES				
EQ	Balanza	Balanza	Horno	246.0	520.0		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	ALUMINIO	ALUMINIO		

6. DESCRIPCIÓN DE SUELO

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS - PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 002
UBICACIÓN: **DEPARTAMENTO:** Ayacucho **PROVINCIA:** Huamanga
DISTRITO: Ayacucho **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

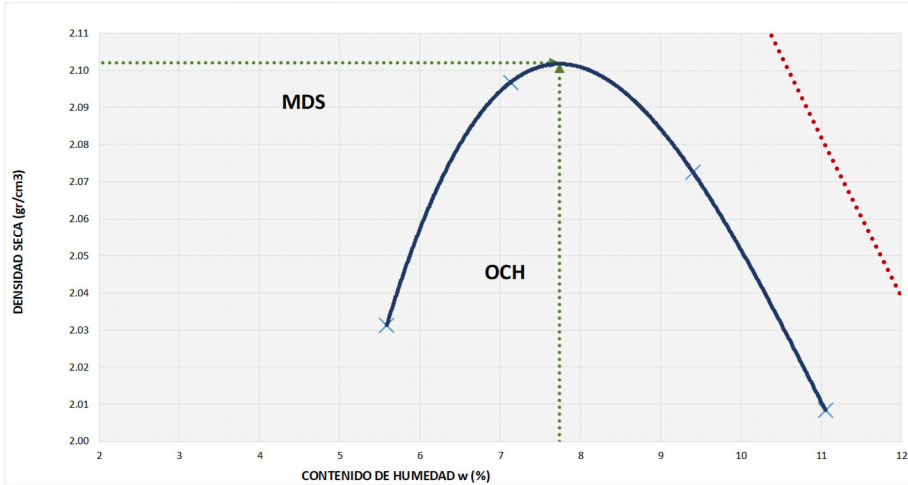
1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Material puesto en obra	MUESTREADO POR: C. Tello
MATERIAL: Base	ENSAYADO POR: C. Tello
CALICATA: Exp-2	

3. DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	GM	GRAVA LIMOSA CON ARENA	METODO C
Clasificación AASHTO :	A-1-b	(0)	Capas : 3.00
% Retenido acumulado malla N°4:	42.3	Material Pasante a usar	PASA 3/4
% Retenido acumulado malla 3/8"	25.0	Molde (Pulg)	6
% Retenido acumulado malla 3/4"	0.7	Peso Molde (gr) :	6006.00
			Volumen: 2127.05

4. ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	10568.00	10784.00	10829.00	10750.00
Peso de la muestra compactada	gr	4,562.0	4,778.0	4,823.0	4,744.0
Densidad húmeda	gr/cc	2.14	2.25	2.27	2.23
Densidad seca	gr/cc	2.03	2.10	2.07	2.01

5. CONTENIDO DE HUMEDAD									
Tarro N°		N-35	N-33	N-14	N-12	N-23	N-88	N-17	N-26
Peso del tarro	gr	11.43	10.97	11.19	11.08	10.56	11.27	11.20	10.91
Peso tarro + suelo húmedo	gr	73.29	65.40	57.09	55.57	83.87	88.43	110.89	127.01
Peso de tarro + suelo seco	gr	69.87	62.65	54.18	52.47	77.35	82.03	101.63	114.69
Peso del agua	gr	3.42	2.75	2.91	3.10	6.52	6.40	9.26	12.32
Peso del suelo seco	gr	58.44	51.68	42.99	41.39	66.79	70.76	90.43	103.78
Contenido de humedad	%	5.85	5.32	6.77	7.49	9.76	9.04	10.24	11.87
Contenido promedio de humedad	%	5.59		7.13		9.40		11.06	

6. CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%)
7.745
MDS Máxima Densidad Seca (tn/m3)
2.102

7. EQUIPOS DE MEDICIÓN			8. TAMICES		
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 3/4"	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	HUMBOLDT	

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CCC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR (ASTM D 1883, AASHTO T 193, MTC E 132-2000)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio

REGISTRO N°: 002

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho

PROVINCIA: Huamanga

DISTRITO: Ayacucho

LOCALIDAD: Av. Javier Perez de Cuellar

FECHA: JUNIO, 2021

1. MUESTRA		2. PERSONAL	
UBICACIÓN: Material puesto en obra	CALICATA: Exp-2	MUESTREADO POR: C. Tello	
MATERIAL: Base		ENSAYADO POR: C. Tello	

3. COMPACTACION DEL CBR						
MOLDE N°		1.00	2.00	3.00		
CAPAS N°		5.00	5.00	5.00		
GOLPES POR CAPA N°		56.00	25.00	12.00		
COND. DE LA MUESTRA		SATURADA	SATURADA	SATURADA		
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO		8,816.00	8,681.00	8,645.00		
PESO DEL MOLDE	gr.	4,024.00	4,097.00	4,256.00		
PESO DEL SUELO HÚMEDO	gr.	4,792.00	4,584.00	4,389.00		
VOLUMEN DEL MOLDE	cc	2,119.00	2,131.00	2,150.00		
DENSIDAD HÚMEDA	gr./cc	2.26	2.15	2.04		
DENSIDAD SECA	gr./cc	2.10	2.00	1.89		
TARRO N°		N-28b	N-18	N-36	N-3	N-28 N-13
TARRO + SUELO HÚMEDO	gr.	70.05	71.32	72.97	73.05	76.85 77.65
TARRO + SUELO SECO	gr.	65.79	66.96	68.48	68.61	72.16 72.85
AGUA	gr.	4.26	4.36	4.49	4.44	4.69 4.80
PESO DEL TARRO	gr.	10.83	10.32	10.83	10.78	11.40 11.38
PESO DEL SUELO SECO	gr.	54.96	56.64	57.65	57.83	60.76 61.47
% DE HUMEDAD		7.75	7.70	7.79	7.68	7.72 7.81
PROMEDIO DE HUMEDAD		7.72		7.73		7.76

4. EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
04/06/2021	18:00:00	0:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
05/06/2021	18:00:00	24:00:00	5.00	116.33	0.1%	14.00	116.56	0.3%	15.00	116.58	0.3%
06/06/2021	18:00:00	48:00:00	5.00	116.33	0.1%	14.00	116.56	0.3%	16.00	116.61	0.3%
07/06/2021	18:00:00	72:00:00	6.00	116.35	0.1%	15.00	116.58	0.3%	18.00	116.66	0.4%
08/06/2021	18:00:00	96:00:00	6.00	116.35	0.1%	15.00	116.58	0.3%	20.00	116.71	0.4%

5. PENETRACION													
PENETRACIÓN Pulg.	CARGA STAND. Lbs/Pulg. ²	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		CARGA				CARGA				CARGA			
		Lec (Di)	Lbs.	Lbs/Pulg. ²	CBR %	Lec (Di)	Lbs.	Lbs/Pulg. ²	CBR %	Lec (Di)	Lbs.	Lbs/Pulg. ²	CBR %
0.000		0.0	0	0		0.0	0	0		0.0	0	0	
0.025		215.0	471	157		104.7	230	77		54.3	119	40	
0.050		506.4	1110	370		260.9	572	191		97.2	213	71	
0.075		783.2	1717	572		377.8	828	276		128.4	281	94	
0.100	1000	946.9	2076	692	69.2	483.1	1059	353	35.3	155.7	341	114	11.4
0.150		1258.7	2759	920		596.1	1307	436		202.4	444	148	
0.200	1500	1570.5	3443	1148	76.5	713.0	1563	521	34.7	237.5	521	174	11.6
0.250		1921.3	4212	1404		829.9	1820	607		276.5	606	202	
0.300		2038.2	4468	1489		907.9	1990	663		292.1	640	213	
0.400		2184.6	4789	1596		1018.3	2232	744		386.7	848	283	
0.500		2297.1	5036	1679		1131.8	2481	827		425.9	934	142	

7. EQUIPOS DE MEDICIÓN					8. MOLDES DE CBR				
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Extensómetro	1.00	2.00	3.00		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	MITUYO					

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO	

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



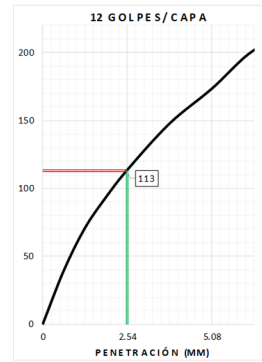
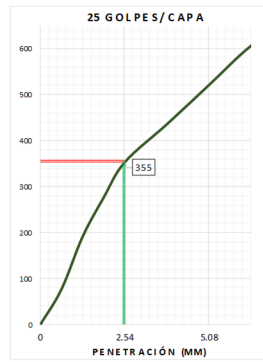
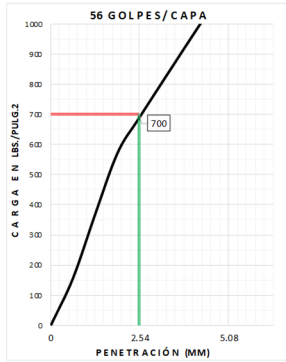
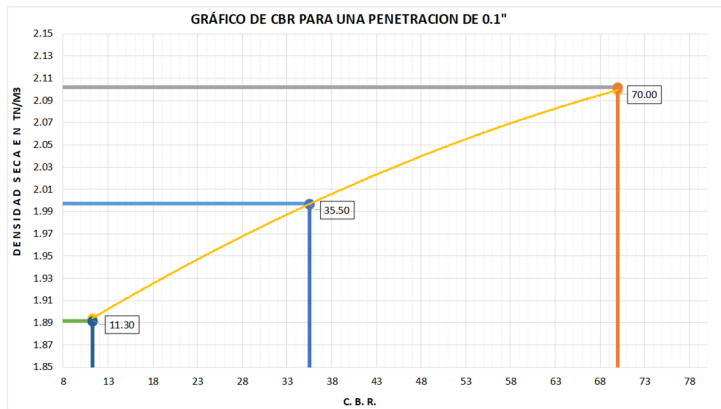
VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 002
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho **PROVINCIA:** Huamanga
DISTRITO: Ayacucho **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Material puesto en obra	CALICATA: Exp-2
MATERIAL: Base	MUESTREADO POR: C. Tello
	ENSAYADO POR: C. Tello

3. DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	GM	GRAVA LIMOSA CON ARENA	AASHTO: A-1-b (0)
Maxima Densidad Seca MDS (tn/m3):	2.10		Optimo Contenido de Humedad OCH % = 7.75
% Grava =	42.27	% Arena = 42.08	% Finos = 15.65
Expansion % =	0.2	IP % = 3.78	LP % = 19.9
CBR AL 100% DE LA MDS =	70.0	CBR AL 95% DE LA MDS =	35.50
		CBR AL 90% =	11.30



7. EQUIPOS DE MEDICIÓN			8. PRENSA DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	PRENSA DE CBR		
ID	SE6001F	R31P30	AUTOCMP	ORION		

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 003

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

ITEM: -.-

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+140) - Lado Izquierdo	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo: **Suelo Granular**
 Diámetro de la Placa de carga: **610** mm Área de aplicación (cm²) = 2922.5
 Manómetro inicial: **0** psi

Manómetro de lectura: 68.688 psi **Carga :** 0.102 kg/cm²

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Manómetro de lectura: 225.024 psi **Carga :** 0.408 kg/cm²

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.360	0.370	0.230	0.360	0.370	0.230	0.320
04	0.365	0.375	0.231	0.365	0.375	0.231	0.324
06	0.368	0.377	0.232	0.368	0.377	0.232	0.326

Manómetro de lectura: 433.4704 psi **Carga :** 0.816 kg/cm²

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.368	0.377	0.232	0.368	0.377	0.232	0.326
02	0.760	0.614	0.367	0.760	0.614	0.367	0.580
04	0.768	0.623	0.369	0.768	0.623	0.369	0.587
06	0.785	0.629	0.382	0.785	0.629	0.382	0.599

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ	Equipo de ensayo placa de carga					
ID	ENERPAC P-80					

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N° :** 003

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA :** JUNIO, 2021

ITEM: -,-

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+140) - Lado Izquierdo	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo: **Suelo Granular**
 Diámetro de la Placa de carga: **610 mm** Área de aplicación (cm2) = **2922.5**
 Manómetro inicial: **0 psi**

Manómetro de lectura: **746.141 psi** Carga : **1.428 kg/cm2**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.785	0.629	0.382	0.785	0.629	0.382	0.599
02	1.122	0.894	0.575	1.122	0.894	0.575	0.864
04	1.175	0.927	0.608	1.175	0.927	0.608	0.903
06	1.197	0.939	0.618	1.197	0.939	0.618	0.918

Manómetro de lectura: **1058.811 psi** Carga : **2.039 kg/cm2**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	1.197	0.939	0.618	1.197	0.939	0.618	0.918
02	1.378	1.115	0.765	1.378	1.115	0.765	1.086
04	1.395	1.134	0.779	1.395	1.134	0.779	1.103
06	1.405	1.142	0.781	1.405	1.142	0.781	1.109

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ	Equipo de ensayo placa de carga				
ID	ENERPAC P-80				

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N° :** 003

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

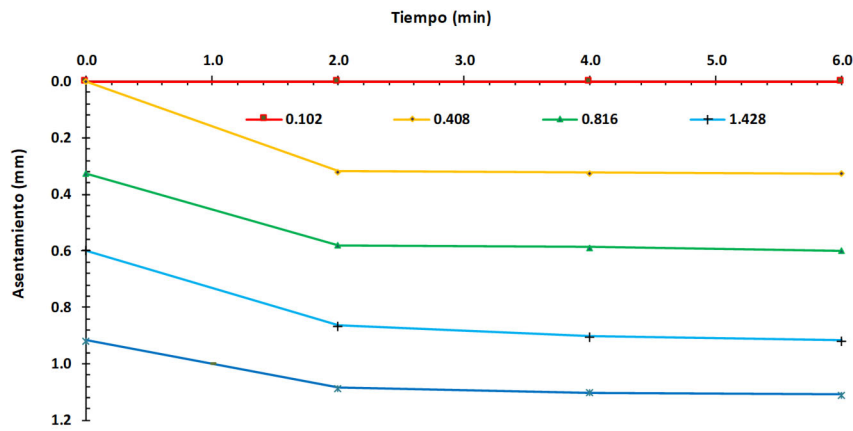
ITEM: --

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+140) - Lado izquierdo	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo:	Suelo Granular		
Diámetro de la Placa de carga:	610 mm	Área de aplicación (cm ²) =	2922.5
Manómetro inicial:	0 psi		
Manómetro de lectura:	psi	Carga :	kg/cm ²

Asentamientos en la placa (Etapa de Carga)



4. EQUIPOS DE MEDICIÓN						
EQ	Equipo de ensayo placa de carga					
ID	ENERPAC P-80					

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 003

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

ITEM: --

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+140) - Lado Izquierdo	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo: **Suelo Granular**
 Diámetro de la Placa de carga: **610 mm** Área de aplicación (cm²) = **2922.5**
 Manómetro inicial: **0 psi**

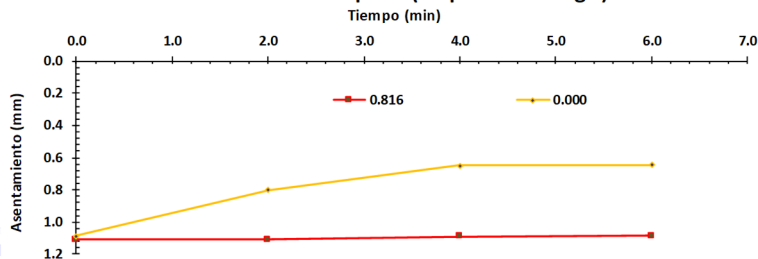
Manómetro de lectura: **433.470 psi** Carga : **0.816 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.405	1.142	0.781	1.405	1.142	0.781	1.109
2	1.405	1.142	0.781	1.405	1.142	0.781	1.109
4	1.400	1.089	0.780	1.400	1.089	0.780	1.090
6	1.392	1.086	0.779	1.392	1.086	0.779	1.086

Manómetro de lectura: **16.578 psi** Carga : **0.000 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.392	1.086	0.779	1.392	1.086	0.779	1.086
2	1.100	0.800	0.500	1.100	0.800	0.500	0.800
4	0.969	0.590	0.386	0.969	0.590	0.386	0.648
6	0.966	0.589	0.381	0.966	0.589	0.381	0.645

Asentamientos en la placa (Etapas de Descarga)



4. EQUIPOS DE MEDICIÓN							
EQ	Equipo de ensayo placa de carga						
ID	ENERPAC P-80						

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 003

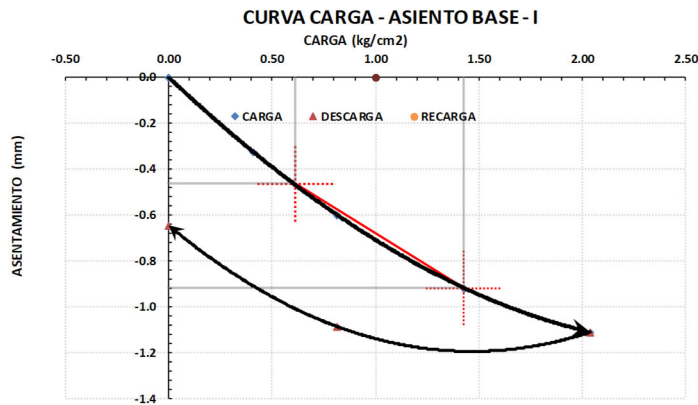
UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

ITEM: --

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+140) - Lado izquierdo	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. RESULTADOS



NLT - 357 / 98			(E - 03): Base / Lado izquierdo	
Etapa	Presión (kg/cm2)	Asentamiento (mm)	Modulo de Compresibilidad Ev	Modulo de deformación
CARGA	0.00	0.00	Ev = 1.5 r Δσ/ΔS	E = (1-u2) w D K P/S u = Coeficiente de Poisson (0.27 para S, 0.3 para SM, 0.35 (M-C), 0.42 CL) w = Coeficiente de la forma de la placa (0.79 para placas circulares) D = Diámetro de la placa utilizada (metros) = 0.610 K = Coeficiente de corrección en función a z/d = 0.794 S = asentamiento correspondiente al intervalo de carga P (KN/m) escogido (metro)
	0.41	-0.33	σ max 2.039 kg/cm2	
	0.82	-0.60	0.7 σ max 1.428 kg/cm2	
	1.43	-0.92	0.3 σ max 0.612 kg/cm2	
	2.04	-1.11	s2 -0.918 mm	
DESCARGA	0.82	-1.086	s1 -0.462 mm	Coeficiente de Balasto Ks = P/S P(kg/cm2) = 1.050 S (m) = -0.800 ks 60 (kg/cm3) = 13.125 E (KN/m2) = 44828 ks 30 (kg/cm3) = 23.6 S (m) = -1.11 P(kg/cm2) = 2.04
	0.00	-0.645	Ev 80.3 MPa	
			Modulo de Reacción Ks = σ/s	
			s = -1.250 mm	
			σ = 1.789 kg/cm2	
			Ks76 = 140.3 Mpa/m	
			Ks76 = 14.3 (kg/cm2)/c	

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ	Equipo de ensayo placa de carga	
ID	ENERPAC P-80	

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAMER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 004

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

ITEM: -.-

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+140) - Lado Derecho	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo: **Suelo Granular**
 Diámetro de la Placa de carga: **610** mm Área de aplicación (cm²) = 2922.5
 Manómetro inicial: **0** psi

Manómetro de lectura: **68.688** psi Carga : **0.102** kg/cm²

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
04	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
06	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Manómetro de lectura: **225.024** psi Carga : **0.408** kg/cm²

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
02	0.405	0.400	0.360	0.405	0.400	0.360	0.388
04	0.408	0.403	0.361	0.408	0.403	0.361	0.391
06	0.409	0.408	0.372	0.409	0.408	0.372	0.396

Manómetro de lectura: **433.470** psi Carga : **0.816** kg/cm²

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.409	0.408	0.372	0.409	0.408	0.372	0.396
02	0.532	0.618	0.532	0.532	0.618	0.532	0.561
04	0.542	0.628	0.544	0.542	0.628	0.544	0.571
06	0.544	0.658	0.570	0.544	0.658	0.570	0.591

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN							
EQ	Equipo de ensayo placa de carga						
ID	ENERPAC P-80						

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N° :** 004

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA :** JUNIO, 2021

ITEM: -.-

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+140) - Lado Derecho	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo: **Suelo Granular**
 Diámetro de la Placa de carga: **610 mm** Área de aplicación (cm²) = **2922.5**
 Manómetro inicial: **0 psi**

Manómetro de lectura: **746.141 psi** Carga : **1.428 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.544	0.658	0.570	0.544	0.658	0.570	0.591
02	0.964	0.707	0.681	0.964	0.707	0.681	0.784
04	0.965	0.753	0.691	0.965	0.753	0.691	0.803
06	0.970	0.760	0.692	0.970	0.760	0.692	0.807

Manómetro de lectura: **1058.811 psi** Carga : **2.039 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
00	0.970	0.760	0.692	0.970	0.760	0.692	0.807
02	1.154	0.928	0.937	1.154	0.928	0.937	1.006
04	1.136	0.960	0.911	1.136	0.960	0.911	1.002
06	1.133	0.963	0.900	1.133	0.963	0.900	0.999

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ	Equipo de ensayo placa de carga					
ID	ENERPA C P-80					

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N° :** 004

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

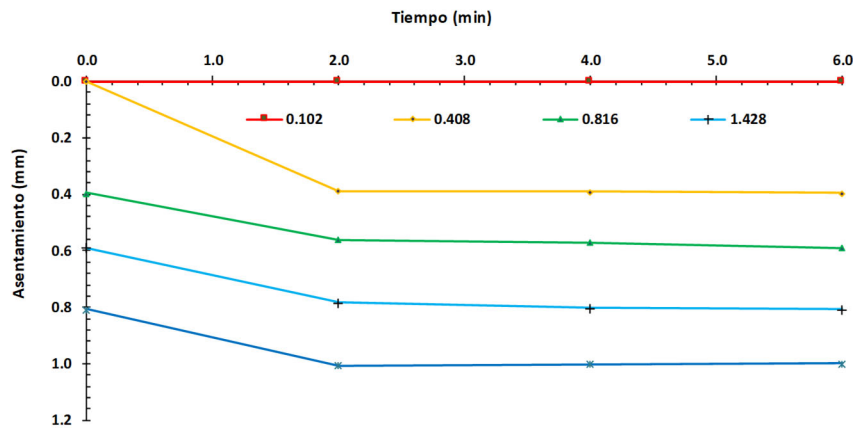
ITEM: -,-

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+140) - Lado Derecho	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo:	Suelo Granular		
Diámetro de la Placa de carga:	610 mm	Área de aplicación (cm ²) =	2922.5
Manómetro inicial:	0 psi		
Manómetro de lectura:	psi	Carga :	kg/cm ²

Asentamientos en la placa (Etapa de Carga)



4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ	Equipo de ensayo placa de carga					
ID	ENERPAC P-80					

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 004

UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

ITEM: --

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+140) - Lado Derecho	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. DATOS

Clase de suelo: **Suelo Granular**
 Diámetro de la Placa de carga: **610 mm** Área de aplicación (cm²) = **2922.5**
 Manómetro inicial: **0 psi**

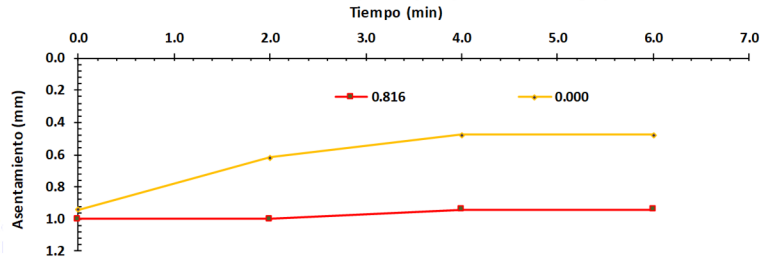
Manómetro de lectura: **433.470 psi** Carga: **0.816 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.133	0.963	0.900	1.133	0.963	0.900	0.999
2	1.133	0.963	0.900	1.133	0.963	0.900	0.999
4	1.068	0.863	0.890	1.068	0.863	0.890	0.940
6	1.067	0.862	0.889	1.067	0.862	0.889	0.939

Manómetro de lectura: **16.578 psi** Carga: **0.000 kg/cm²**

Tiempo (min)	Dial 01 (mm)	Dial 02 (mm)	Dial 03 (mm)	Asentamiento Dial 01 (mm)	Asentamiento Dial 02 (mm)	Asentamiento Dial 03 (mm)	Promedio (mm)
0	1.067	0.862	0.889	1.067	0.862	0.889	0.939
2	0.781	0.576	0.500	0.781	0.576	0.500	0.619
4	0.571	0.366	0.496	0.571	0.366	0.496	0.478
6	0.570	0.365	0.491	0.570	0.365	0.491	0.475

Asentamientos en la placa (Etapas de Descarga)



4. EQUIPOS DE MEDICIÓN							
EQ	Equipo de ensayo placa de carga						
ID	ENERPAC P-80						

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:



ENSAYO DE CARGA CON PLACA ESTÁTICA (NLT - 357/98)

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA HETEROGENEIDAD EN LOS ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS DE LOS MATERIALES DE BASE Y SUBBASE EMPLEANDO ENSAYO DE CARGA DIRECTA EN LA AV. JAVIER PEREZ DE CUELLAR DEL DISTRITO DE AYACUCHO, PROVINCIA DE HUAMANGA, REGIÓN AYACUCHO, 2020"

SOLICITANTE: Bach. Cristhian Tello Antonio **REGISTRO N°:** 004

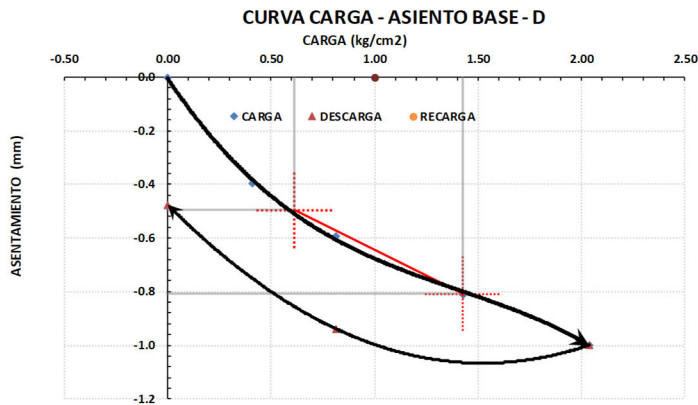
UBICACIÓN: **REGION:** AYACUCHO **PROVINCIA:** HUAMANGA

DISTRITO: AYACUCHO **LOCALIDAD:** Av. Javier Perez de Cuellar **FECHA:** JUNIO, 2021

ITEM: -.-

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Superficie (0+140) - Lado Derecho	OPERADOR: C.T.A.
MATERIAL: Base	ASISTENTE: W.T.V.

3. RESULTADOS



Etapa	Presión (kg/cm ²)	Asentamiento (mm)	NLT - 357 / 98		(E - 04): Base / Lado Derecho
			Modulo de Compresibilidad Ev	Modulo de deformación	
CARGA	0.00	0.00	Ev = 1.5 r Δσ/ΔS	Primer Ciclo	E = (1-u ²) w D K P/S
	0.41	-0.40	σ max = 2.039 kg/cm ²		u = Coeficiente de Poisson (0.27 para S, 0.3 para SM, 0.35 (M-C)L, 0.42 CL)
	0.82	-0.59	0.7 σ max = 1.428 kg/cm ²		w = Coeficiente de la forma de la placa (0.79 para placas circulares)
	1.43	-0.81	0.3 σ max = 0.612 kg/cm ²		D = Diámetro de la placa utilizada (metros) = 0.610
	2.04	-1.00	s2 = -0.807 mm s1 = -0.494 mm Ev = 116.6 MPa		K = Coeficiente de corrección en función a z/d = 0.794
DESCARGA	0.82	-0.939			S = asentamiento correspondiente al intervalo de carga P (KN/m) escogido (metro)
	0.00	-0.475			
			Modulo de Reacción Ks = σ/s	Coefficiente de Balasto Ks = P/S	
			S = -1.250 mm	P(kg/cm ²) = 1.00	
			σ = 2.200 kg/cm ²	S (mm) = -0.750	
			Ks 76 = 172.6 Mpa/m	ks 60 (kg/cm ³) = 13.33	
			Ks 76 = 17.6 (kg/cm ² /e	E (KN/m ²) = 45540	
				ks 30 (kg/cm ³) = 24.0	
				S (mm) = -1.0 P(kg/cm ²) = 2.04	

4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

EQ	Equipo de ensayo placa de carga				
ID	ENERPAC P-80				

5. DESCRIPCIÓN Y/O OBSERVACIONES

GEOTECNIA & INGENIERIA SAC

RESPONSABLE G&I SAC	JEFE G&I SAC	CQC - G&I SAC
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma: