



UNIVERSIDAD
SAN IGNACIO
DE LOYOLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DEL MÓDULO RESILIENTE
FUNDAMENTADO EN LA DEFLECTOMETRÍA Y LA
GEOTECNIA PARA OPTIMIZAR DISEÑOS Y
COSTOS EN PAVIMENTOS RECICLADOS DE LA
CARRETERA YANANGO – PUENTE HERRERÍA**

**Tesis para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil**

JAIRO ELICER RODRIGUEZ NORIEGA
(0000-0001-8841-6251)

Asesor:
Mg./Ing. Guillermo Lazo Lázaro
(0000-0002-7968-7858)

Lima - Perú
2020

El conocimiento tiene que ser mejorado,
desafiado e incrementado constantemente,
o se desvanece.

Peter Drucker

Índice de Contenidos

Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Resumen	III
Abstract	IV
Capítulo I. Introducción	V
Capítulo II: Planteamiento del Problema	1
2.1 Situación Problemática	1
2.2 Formulación del Problema	1
2.2.1 Problema General	2
2.2.2 Problemas Específicos	2
2.3 Justificación de la Investigación	2
2.3.1 Teórica	2
2.3.2 Práctica	2
2.3.3 Social	2
2.4 Objetivos	2
2.4.1 Objetivo General	2
2.4.2 Objetivos Específicos	3
Capítulo III: Marco Teórico	4
3.1 Antecedentes del Problema	4
3.1.1 Antecedentes Internacionales	4
3.1.2 Antecedentes Nacionales	4
3.2 Bases Teóricas	5
3.2.1 Pavimentos	5
3.2.2 Módulo Resiliente	6
3.2.3 Ensayos Destructivos	6
3.2.4 Ensayos no Destructivos (retrocálculo)	7
3.3 Marco Conceptual.	10
Capítulo IV: Hipótesis y Variables	11
4.1 Hipótesis General	11
4.2 Hipótesis Específicas	11
4.3 Identificación de Variables	11
4.3.1 Definición Conceptual de las variables.	11
4.3.2 Definición Operacional de las Variables.	11
4.4 Operacionalización de las Variables	12
4.5 Matriz de Consistencia	12
Capítulo V: Metodología	15
5.1 Tipo y Diseño de Investigación	15
5.2 Unidad de Análisis	15
5.3 Población de Estudio	15
5.4 Descripción del Ámbito de Investigación	15
5.5 Tamaño de Muestra	16
5.6 Selección de Muestra	16
5.7 Técnica de Recolección de Datos	16
5.8 Análisis e Interpretación de la Información	17
Capítulo VI: Procedimiento y Método de Análisis	18
6.1 Estudio de Tráfico	18

6.1.1	Actividades de Campo	18
6.1.2	Metodología	19
6.1.3	Trabajo en Gabinete	20
6.1.4	Proyecciones del Tráfico Normal y ESAL	23
6.2	Diseño por Deflectometría	24
6.2.1	Método de diseño AASHTO 1993	24
6.2.2	Cálculo del Módulo Resiliente por Deflectometría	25
6.2.3	Propuesta de Diseño por Deflectometría	27
6.3	Diseño por Geotecnia	29
6.3.1	Cálculo del Módulo Resiliente por Geotecnia	29
6.3.2	Propuesta de Diseño por Geotecnia	34
6.4	Análisis de Costos	36
6.4.1	Recursos y Precios	36
6.4.2	Presupuesto Total por Deflectometría	37
6.4.3	Presupuesto Total por Geotecnia	39
Capítulo VII: Resultados y Discusión		40
7.1	Resultados	40
7.1.1	Deflectometría	40
7.1.2	Geotecnia	40
7.1.3	Correlación	41
7.2	Discusión de los Resultados	42
Capítulo VIII: Conclusiones y Recomendaciones		44
8.1	Conclusiones	44
8.2	Recomendaciones	44
Referencias		45
Anexos		67

Índice de tablas

<i>Tabla 1</i> Operacionalización de las variables.	13
<i>Tabla 2</i> Matriz de consistencia.	14
<i>Tabla 3</i> Ubicación de la estación de conteo.	18
<i>Tabla 4</i> Conteos factores de corrección estacional Peaje Challhuapuquio.	20
<i>Tabla 5</i> Resultados del factor de carga equivalente.	22
<i>Tabla 6</i> Cálculo de ejes equivalentes del 2019-2028.	24
<i>Tabla 7</i> Resumen del Retrocálculo por tramos homogéneos.	27
<i>Tabla 8</i> Pavimento Existente – Retrocálculo.	27
<i>Tabla 9</i> Saldo del Pavimento – Retrocálculo.	27
<i>Tabla 10</i> Número Estructural Remanente – Retrocálculo.	29
<i>Tabla 11</i> Número Estructural Propuesto – Retrocálculo.	29
<i>Tabla 12</i> Números Estructurales – Retrocálculo.	29
<i>Tabla 13</i> Estructura propuesta – Retrocálculo.	29
<i>Tabla 14</i> Porcentajes del CBR.	32
<i>Tabla 15</i> Módulo Resiliente Promedio por Geotecnia.	34
<i>Tabla 16</i> Estructura Existente – Geotecnia.	34
<i>Tabla 17</i> Saldo del pavimento – Geotecnia.	34
<i>Tabla 18</i> Coeficientes Estructurales del Pavimento Remanente – Geotecnia.	35
<i>Tabla 19</i> Número Estructural Remanente -Geotécnia.	35
<i>Tabla 20</i> Número Estructural Propuesto – Geotecnia.	36
<i>Tabla 21</i> Números Estructurales-Geotecnia.	36
<i>Tabla 22</i> Estructura Propuesta -Geotecnia.	36
<i>Tabla 23</i> Metrado de las Principales Partidas.	36
<i>Tabla 24</i> Material Requerido de Mezcla asfáltica en Caliente.	37
<i>Tabla 25</i> CBR diferentes por Retrocálculo y Geotecnia.	41

Índice de figuras

<i>Figura 1</i> Representación de la Situación Problemática.	1
<i>Figura 2</i> Capas típicas de pavimento flexible.	5
<i>Figura 3</i> Evolución del Módulo Resiliente.	6
<i>Figura 4</i> Pasos para estimar un ensayo CBR del laboratorio.	6
<i>Figura 5</i> Curva de compactación (Densidad vs Humedad).	7
<i>Figura 6</i> Filosofía del cálculo inverso.	7
<i>Figura 7</i> Cuenco de deflexiones con el equipo FWD.	8
<i>Figura 8</i> Normas internacionales para el FWD.	8
<i>Figura 9</i> Ubicación del Proyecto.	16
<i>Figura 10</i> Ubicación estación de conteo Pedregal.	18
<i>Figura 11</i> Personal de conteo turno día y noche.	19
<i>Figura 12</i> Censo de carga.	20
<i>Figura 13</i> Índice Medio Diario Anual, Estación Pedregal.	21
<i>Figura 14</i> Variación Horaria Promedio, E.	21
<i>Figura 15</i> Clasificación Vehicular del Promedio.	22
<i>Figura 16</i> Tasa de Crecimiento del Tránsito.	23
<i>Figura 17</i> Diagrama de Flujo Retrocálculo.	25
<i>Figura 18</i> Diferencias Acumuladas Retrocálculo.	26
<i>Figura 19</i> Deflexión central.	26
<i>Figura 20</i> Módulo Resiliente de Diseño AASHTO 1993.	27
<i>Figura 21</i> SNreq Subtramo 1 Deflectometría.	28
<i>Figura 22</i> Análisis granulométrico.	30
<i>Figura 23</i> Curva de compactación Proctor Modificado.	31
<i>Figura 24</i> Determinación del CBR.	32
<i>Figura 25</i> Sectorización por Subtramos Diferencias Acumuladas.	33
<i>Figura 26</i> SNreq Subtramo 1 Geotecnia.	35
<i>Figura 27</i> Presupuesto total – Retrocálculo.	38
<i>Figura 28</i> Presupuesto total – Geotecnia.	39
<i>Figura 29</i> Catálogo de Estructuras – Retrocálculo.	40
<i>Figura 30</i> Catálogo de Estructuras – Geotecnia.	41
<i>Figura 31</i> Comparación de Módulo Resiliente.	42
<i>Figura 32</i> Correlación de módulos resilientes.	42

Lista de Símbolos y Siglas

<i>CBR</i>	: Índice de soporte, en ingles California Bearing Radio
<i>FWD</i>	: Deflectómetro de impacto, en ingles Falling Weight Deflectometer
<i>RAP</i>	: Pavimento reciclado, en ingles Reclaimed Asphalt Pavement
<i>FDR</i>	: Reciclado de toda la carpeta asfáltica , en ingles Full Depth Reclamation
<i>AASHTO</i>	: Asociación americana oficial de carreteras estatales y transportes, en ingles American Association of State Highway and Transportation Officials.
<i>ASTM</i>	: Asociación americana de ensayo de materiales, en inglés American Society of Testing Materials
<i>NCHRP</i>	: Programa nacional de investigación cooperativa de carreteras, en ingles National Cooperative Highway Research Program
<i>TRB</i>	: Junta de investigación de transporte, en ingles Transport Research Board
<i>MEPDG</i>	: Guía de diseño de pavimentos empíricos – mecanicistas, en ingles Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide
<i>FHWA</i>	: Administración federal de transportes de estados unidos, en ingles The Federal Highway Administration
<i>LTTP</i>	: Programa de rendimiento de pavimento a largo plazo, en ingles Long-Term Pavement Performance Program
<i>SUCS</i>	: Sistema unificado de clasificación de suelos, en ingles Unified Soil Classification System
<i>ESAL</i>	: Ejes equivalentes, en ingles Equivalent Simple Axial Load
<i>MTC</i>	: Ministerio de transportes y comunicaciones
<i>OPP</i>	: Oficina general de planificación y presupuesto del MTC
<i>SGGP</i>	: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos
<i>EG</i>	: Especificaciones generales para la construcción
<i>TPDS</i>	: Tránsito promedio diario semanal
<i>IMDA</i>	: Índice medio diario anual
<i>FECV</i>	: Factor equivalente de carga por vehículo
<i>FCLL</i>	: Factor de corrección de presión de llantas
<i>Mr</i>	: Módulo resiliente calculado por geotecnia
<i>Mrr</i>	: Módulo resiliente calculado por deflectometría
<i>MDS</i>	: Máxima densidad seca
<i>TDR</i>	: Términos de referencia
<i>C</i>	: Factor de ajuste
<i>Mr_{req}</i>	: Modulo resiliente requerido
<i>Mr_{rem}</i>	: Modulo resiliente remanente
<i>Mr_{pro}</i>	: Modulo resiliente propuesto

Índice de Ecuaciones

<i>Ecuación 1</i> California Bearing Radio	6
<i>Ecuación 2</i> Modulo resiliente retrocalculado	9
<i>Ecuación 3</i> Deflexión central	9
<i>Ecuación 4</i> Radio del bulbo de presiones	9
<i>Ecuación 5</i> Módulo resiliente de diseño AASHTO	10
<i>Ecuación 6</i> Número estructural efectivo	10
<i>Ecuación 7</i> Módulo resiliente	12
<i>Ecuación 8</i> Tránsito Promedio Diario Semanal	20
<i>Ecuación 9</i> Crecimiento del tránsito	23
<i>Ecuación 10</i> Número de repeticiones de ejes equivalentes	23
<i>Ecuación 11</i> Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo	23
<i>Ecuación 12</i> Ecuación AASHTO 1993 – SNreq. Fuente AASHTO 1993	28
<i>Ecuación 13</i> Ecuación AASHTO 1993 – SNprop	28
<i>Ecuación 14</i> Interpolación semi logarítmica	30
<i>Ecuación 15</i> Coeficiente de uniformidad y curvatura.	30
<i>Ecuación 16</i> Índice de grupo.	30
<i>Ecuación 17</i> Densidad húmeda y seca	31

Dedicatoria

A mis padres Cesar Rodriguez y Catalina Noriega por brindarme el apoyo económico y emocional constantemente, los amo.
A mi hermano Eisthen Rodriguez por ser mi confidente y mejor amigo.

Agradecimientos

A mi asesor, el MSc. Ing° Guillermo Lazo Lázaro por brindarme su conocimiento y contribuir en mi desarrollo profesional en cada paso de esta investigación. A la empresa COSAPI Ingeniería y Construcción S.A, por otorgarme las facilidades de acceso al proyecto, experiencia fundamental adquirida en los laboratorios de asfalto y de mecánica de suelos en obra. Asimismo, la experiencia con los equipos de deflectometría y pasantía guiada a campo para el reconocimiento, y verificación de los componentes de construcción y calidad de la investigación. Al laboratorio de suelos y pavimentos de mi alma mater, la Universidad San Ignacio de Loyola, en la cual fue posible desarrollar parte de las experiencias con los materiales traídos de obra. Las actividades mencionadas contribuyeron notoriamente a la identificación y planteamiento del problema estudiado para el tramo 3 del proyecto “Servicio De Reciclado De La Carretera: Huancayo - Tarma – La Merced. Tramo: Quebrada Onda - Huancayo; Santa Fe - Valdivia Y Yanango - Puente Herreria”.

Resumen

La presente investigación evalúa el módulo resiliente del terreno de fundación vial fundamentado en la deflectometría y la geotecnia, utilizando la Guía de Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO 1993, incorporando pavimentos reciclados con carpeta asfáltica de gran espesor para el proyecto de la carretera Yanango – Puente Herrería. La pesquisa es de connotación teórico experimental, siendo la selección de la muestra de naturaleza no probabilística; el proyecto vial abordado en selva central, en esencia consta de una longitud de 23.6 km con presencia de suelos granulares a lo largo de la vía, habiéndose ejecutado 48 pozos exploratorios, de los que se extrajeron los materiales que componen el pavimento en funciones hasta alcanzar el terreno de fundación, para lo cual su módulo es analizado a partir del valor obtenido del CBR efectivo de laboratorio. Por otro lado, se evalúan los módulos resilientes de la fundación y del paquete estructural utilizando modelos elásticos, por deflectometría, en la que fue posible analizar y comparar los resultados de ambas técnicas para este caso muy singular, de contar como paquete en funciones con una carpeta asfáltica rigidizada y envejecida de gran espesor, con diversas edades de envejecimiento.

Esta particularidad encontrada conllevó a que deflectométricamente se identifiquen valores altos de módulos en operación, comparado con los módulos resilientes obtenidos de la geotecnia, lo cual constituye un caso muy particular, en esencia, reiterando, por la presencia de importantes espesores de carpetas envejecidas que sirvieron de escudo al pavimento subyacente, éste último no logrando ser detectado por los geófonos del *Falling Weight Deflectometer*, situación que si fue alertada por la medición geotécnica.

Sintetizando, los módulos resilientes partiendo de la deflectometría resultaron en mayores valores comparados con los medidos por el método geotécnico. Recomendando el primero menores refuerzos, ocasionando realmente sub-dimensionamientos atípicos, no inherentes a los métodos elásticos, como lo es el método deflectométrico. El análisis conlleva a la aferición del método elástico deflectométrico al método geotécnico.

En otros temas, analizando el costo del pavimento evaluado por deflectometría resulta ser menor al costo del pavimento por geotecnia en 3.2%, que es interesante haber identificado los aportes estructurales reales de las capas por debajo de las carpetas; así mismo el costo total/km por deflectometría y geotecnia resultaba en 676 694 soles y de 699 237 soles respectivamente. Además, el coeficiente de correlación C resultó de 0.72 con una desviación estándar de 42%. En conclusión, la investigación identifica resultados de diseño deflectométricos atípicos, menos robustos y más económicos. Sin embargo, dada la condición que se toma como hallazgo, la deflectometría, en este caso investigado, no logra evaluar el aporte real de las capas en funciones por debajo de estas carpetas, dando pie a la necesidad de aferir obligatoriamente estos resultados al método geotécnico, el que si, por su naturaleza, logra medir el real aporte estructural de las capas inferiores en funciones, incluyendo la subrasante.

Se aporta, como resultado, un diseño más confiable, ciertamente más robusto y de mayor costo, pero que atiende esta singularidad muy particular de este proyecto, reiterando, referente a la presencia de espesas capas asfálticas rigidizadas por el tiempo, éstas que perdieron sus propiedades viscoelásticas, mostrando en plataforma formación permanente de fisuras en bloque con diferentes grados de deterioro.

Estadísticamente, el tramo en estudio origina desviaciones en los resultados obtenidos de las capas inferiores (base, subbase y subrasante) con el deflectómetro de impacto (FWD) en 51% de la longitud, y el índice de soporte geotécnico (CBR) calculado a la densidad natural se encuentra por debajo del CBR a la Máxima Densidad Seca (MDS) en 94% de las calicatas.

Palabras claves: Pavimentos reciclados, Módulo resiliente, Deflectómetro de impacto, Índice de soporte y retrocálculo.

Abstract

This research assesses the resilient modulus of the road foundation terrain based on deflectometry and geotechnics, using the AASHTO 1993 Pavement Structures Design Guide, incorporating recycled pavements with thick asphalt layer for the Yanango - Puente highway project. Smithy. The research has a theoretical-experimental connotation, being the selection of the sample of a non-probabilistic nature; The road project addressed, in the central jungle, essentially consists of a length of 23.6 km with the presence of granular soils along the road, having executed 48 exploratory wells, from which the materials that make up the pavement in operation and until the foundation ground is also reached, for which its effective modulus is analyzed from the value obtained from the effective laboratory CBR. On the other hand, the resilient modules of the foundation and the structural package are evaluated using elastic models, by deflectometry, in which it was possible to analyze and compare the results of both techniques for this unique case of having a functional package with a folder stiffened and aged asphalt of great thickness and in double layer with different ages of aging.

This particular singularity found led to deflectometrically identifying high values of modules in operation in the package, resulting in lower recommended reinforcements for the new pavement, compared to the resilient modules obtained from geotechnics, which constitutes a very particular case, in essence, reiterating, due to the presence of significant thicknesses of aged folders that served as a shield for the remaining existing underlying pavement, the latter failing to be detected by the geophones of the Falling Weight Deflectometer, a situation that was alerted by the geotechnical measurement.

Synthesizing, the resilient modules based on deflectometry resulted in lower values compared to those measured by the geotechnical method. Recommending the first minor reinforcements, causing atypical undersizing, not inherent to elastic methods, such as the deflectometric method. The analysis leads to the addition of the deflectometric elastic method to the geotechnical method.

On other issues, analyzing the cost of the pavement evaluated by deflectometry, it turns out to be 3.2% less than the cost of the pavement by geotechnics, which would be interesting if this method had identified the real structural contributions of the layers below the folders; Likewise, the total cost / km for deflectometry and geotechnics was 676 694 soles and 699 237 soles, respectively. In addition, the correlation coefficient C was 0.72 with a standard deviation of 42%. In conclusion, the research identifies atypical, less robust and cheaper deflectometric design results, which, however, given the condition taken as a finding, deflectometry, in this case investigated, fails to evaluate the real contribution of the layers in functions below these folders, giving rise to the need to compulsorily assign these results to the geotechnical method, which, by its nature, manages to measure the real structural contribution of the lower layers in function, including the subgrade.

Therefore, as a result, a more reliable design is provided, certainly more robust and of higher cost, but that attends to this very particular singularity of this project, reiterating, referring to the presence of thick asphalt layers stiffened by time, these that lost their viscoelastic properties, showing permanent formation of block cracks with different degrees of deterioration on the platform.

Statistically, the section under study causes deviations in the results obtained from the lower layers (base, subbase, and subgrade) with the impact deflectometer (FWD) in 51% of the length, and the geotechnical support index (CBR) calculated at the Natural density is below the CBR at Maximum Dry Density (MDS) in 94% of the pits.

Keywords: Reclaimed Asphalt Pavement, Resilient modulus, Falling Weight Deflectometer, California Baring Radio and back calculation.

Capítulo I. Introducción

El módulo resiliente de la subrasante tradicionalmente constituye un parámetro fundamental dentro de la filosofía de diseño AASHTO 1993 para obtener el número estructural requerido (SNreq), este último como concepto abstracto para operacionalizar las variables que intervienen en el método referido. Además, corresponde a la categoría de Diseños Empíricos que involucran la operacionalización y uso de correlaciones de otros ensayos y ecuaciones para obtener el módulo, estableciendo un valor de serviciabilidad. Por otro lado, el Programa Nacional de Investigación Cooperativa de Carreteras (NCHRP) por medio de la Junta de Investigación de Transporte (TRB) en el año 2004 publicó la guía de diseño de pavimentos empíricos mecanicistas (MEPDG), donde establece una relación entre el CBR en el laboratorio y el módulo resiliente, válido para diversos tipos de suelos.

También se resalta que el módulo resiliente puede ser obtenido a partir de resultados de deformaciones verticales elásticas recuperadas (deflexiones) de ensayos indirectos; denominada esta técnica de retrocálculo (backcalculation).

Para atender esta técnica existen diferentes métodos de cálculo. En la presente investigación la metodología usada es AASHTO 1993, siguiendo las directrices del documento *Design Pamphlet for the Determination of Design Subgrade in Support of the 1993 AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures*, publicado por la Administración Federal de Transportes (FHWA) en 1997.

Para la presente investigación la técnica señalada anteriormente se aplica a un caso de obra en la que los pavimentos presentan singularidades especiales, entre otros, éstos son de tipo reciclados, los que se constituyen en innovación de la ingeniería vial, principalmente desde un enfoque ambiental y de resistencia estructural.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) viene promoviendo diversos proyectos de rehabilitación de pavimentos asfálticos en las vías de la red vial nacional. Y dadas las exigencias actuales como la alta incidencia de tráfico pesado, geografías abruptas, cambios de temperatura y suelos con bajo índice de soporte; consecuentemente se requiere, un mayor análisis del diseño pavimentos a entornos distintos.

En el Capítulo II, se define el planteamiento del problema, formulación, justificación y objetivos. Así mismo, en el Capítulo III, se da a conocer el *status* actual de las investigaciones nacionales e internacionales respecto al módulo resiliente obtenido por deflectometría y geotecnia. Se adiciona también los conceptos generales respecto a pavimentos, ensayos destructivos, no destructivos, metodologías de cálculo, etc. y el concepto de los principales términos usados en la investigación. Seguidamente, en el Capítulo IV se presenta las hipótesis, operacionalización de las variables y matriz de consistencia.

En el Capítulo V, se aplica la metodología del estudio: tipo y diseño de investigación, unidad de análisis, población y muestra, técnicas de recolección de datos y análisis e interpretación de la información.

En el Capítulo VI, se presenta el procedimiento y método de análisis de acuerdo con el planeamiento estratégico de capítulos previos. Por último, en el Capítulo VII y VIII se presenta los resultados, conclusiones y recomendaciones.

Capítulo II: Planteamiento del Problema

2.1 Situación Problemática

Los pavimentos sirven para brindar confort, conectar ciudades, transportar personas y mercancías, dinamizar las exportaciones e importaciones, y sobre todo aportar al crecimiento económico del país. A lo largo del periodo de diseño de las vías, el efecto de las cargas dinámicas lentas, cambios de temperatura (muy altas o bajas), proceso constructivo inadecuado y materiales deficientes, como resultado un deterioro o colapso del paquete estructural. En función de las condiciones de las carreteras: estructural, superficial, y funcional se realizan mejoramientos, mantenimientos o rehabilitaciones para ampliar el periodo de diseño propuesto.

Cualquier método de diseño estructural de pavimentos flexibles, mecanicista o empíricos usan como parámetro fundamental el módulo resiliente o elástico. Dicho parámetro simula el comportamiento mecánico de los materiales de las capas de la estructura del pavimento representando información valiosa sobre el esfuerzo y deformación.

El módulo resiliente es calculado de dos formas: la primera, es la forma directa con la cámara triaxial dinámica y la segunda, a partir de correlaciones y calibraciones con otros ensayos del laboratorio y ensayos de campo, por ejemplo, la deflectometría y ensayos geotécnicos. De aquí se desprende fundamentalmente las principales desviaciones que se suscitan entre los resultados de ambos métodos, pese a que la bibliografía y espacios técnicos confirman que los resultados de los diseños por deflectometría y geotécnicos deberían ser similares. Ya para el caso de estudio de esta tesis, y fundamentalmente referente a pavimentos reciclados, esta última afirmación va a mostrar desviaciones importantes entre una y otra técnica.

Por otro lado, dado que el ensayo CBR en el laboratorio tiene algunas consideraciones especiales, sin embargo, se ha usado en gran parte de América durante años y los resultados han sido satisfactorios. En esta investigación se considera importante la necesidad de diseñar y correlacionar módulos entre resultados de ensayos destructivos (CBR de laboratorio) y resultados no destructivos (deflectometría) de la vía operando para el caso de obra referido al proyecto “Servicio de reciclado de la carretera: Huancayo – Tarma – La Merced. Tramo: Quebrada Honda – Huancayo; Santa Fe – Valdivia y Yanango – Puente Herrería”, Tramo III Yanango - Puente Herrería”.

Diagrama de Ishikawa

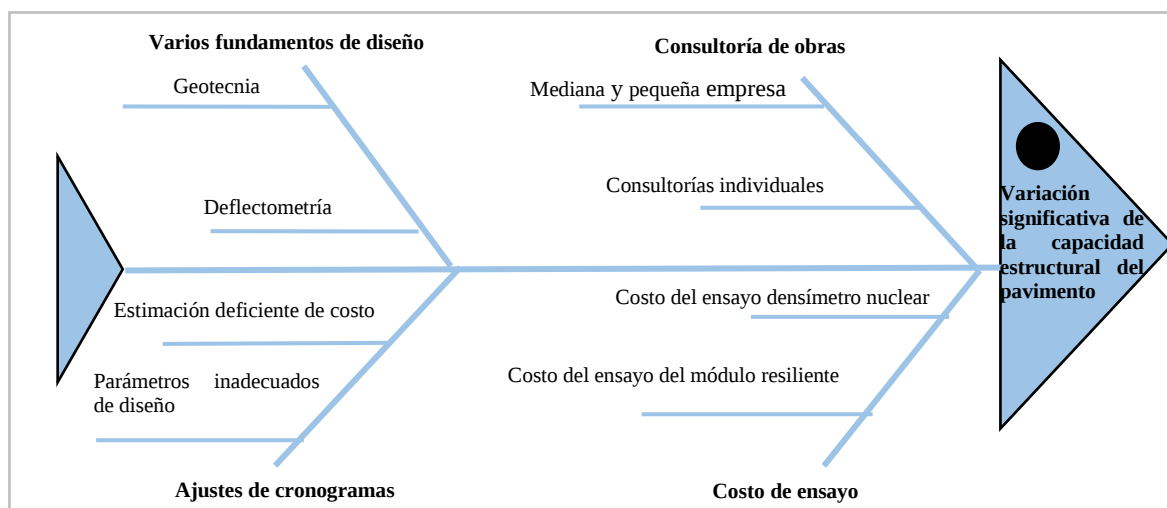


Figura 1 Representación de la Situación Problemática. Fuente propia.

2.2 Formulación del Problema

La formulación del problema corresponde a dos secciones: problema general y problemas específicos.

2.2.1 Problema General

¿De qué manera la evaluación módulo resiliente del terreno de fundación vial, fundamentado en la deflectometría y la geotecnia, optimiza diseños y costos en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería?

2.2.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cómo influye los fundamentos deflectométricos en la propuesta de diseño y el análisis de costo del terreno de fundación vial operando, en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería?
- b) ¿Cómo influye los fundamentos geotécnicos en la propuesta de diseño y el análisis de costo del terreno de fundación vial operando, en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería?
- c) ¿Cómo establecer una correlación entre fundamentos deflectométricos y geotécnicos en el terreno de fundación vial operando, en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería?

2.3 Justificación de la Investigación

En la justificación de la investigación se presentará la justificación teórica o metodológica, práctica y social.

2.3.1 Teórica

Este estudio es importante porque aporta al conocimiento existente en el discernimiento de encontrar resultados y relaciones entre módulos resilientes en pavimentos reciclados con carpetas asfálticas de gran espesor desde dos enfoques: geotécnico y deflectométrico. Se tiene previsto evaluar la incorporación de este análisis como conocimiento a la comunidad técnica y recomendar la incorporación en los proyectos viales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) la aferición de ambos métodos en los Diseños de paquetes estructurales en vías operando por más de 10 o 15 años.

2.3.2 Práctica

Esta investigación se realiza por la necesidad en nuestro país de diseñar pavimentos eficientes para estos casos particulares de carpetas rigidizadas de espesores importantes. Así mismo, el análisis y resultados ayudarán a tomar decisiones en la rehabilitación, restauración y reparación de pavimentos flexibles, reiterando, especialmente reciclados, identificando singularidades y peculiaridades e influencias de estos materiales, previendo optimizar además costos para los proyectos de este tipo, lo cual impactaría en la disminución del tiempo en los entregables y obteniendo datos más precisos de diseño para cualquier red vial. Así mismo, servirá esta investigación como fuente para la creación de nuevos métodos e instrumentos, así como nuevos materiales que sean sostenibles en el tiempo y no deterioren al medio ambiente.

Por otro lado, la investigación es importante ya que, al momento, a nivel nacional se cuenta con escasas investigaciones sobre el diseño y correlación entre deflectometría y principios geotécnicos para el cálculo del módulo resiliente del terreno de fundación vial. Esto daría un impulso para comenzar nuevas investigaciones, abriendo también nuevas puertas a la tecnología en este sector, para que trabajen conjuntamente con el problema del dimensionamiento o sobredimensionamiento del paquete estructural.

2.3.3 Social

Esta investigación contribuirá al uso eficiente de los recursos naturales para la rehabilitación y remediación de la vía, en especial, racionalizando la extracción de la materia prima de canteras, asimismo, la incesante búsqueda de nuevos desafíos para mitigar la contaminación ambiental se provee que los proyectos de infraestructura vial se desarrollen con responsabilidad social tanto del contratista como del cliente. De esta manera generando rapidez, calidad y economía al país. Prueba de ello se adiciona el hecho de utilizar ligantes de bajo calentamiento, es decir, mínima emisión de gases tóxicos al medio ambiente.

2.4 Objetivos

Los objetivos se dividen en dos secciones: objetivo general y objetivos específicos, los cuales son realistas y medibles.

2.4.1 Objetivo General

Evaluar el módulo resiliente del terreno de fundación vial fundamentado en la deflectometría y la geotecnia, para inducir a optimizar diseños y costos, utilizando la guía AASHTO 1993, en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería.

2.4.2 *Objetivos Específicos*

- a) Interpretar de manera objetiva y sistemática los resultados de los ensayos no destructivos con el Falling Weight Deflectometer ejecutados en la vía en operación, para diseñar y estimar costos directos en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería.
- b) Interpretar de manera objetiva y sistemática los resultados de los ensayos destructivos con CBR, verificando en el laboratorio de obra y de la USIL, para medir la resistencia estructural de operación del pavimento y poder diseñar y estimar costos directos en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería.
- c) Calcular el módulo resiliente mediante ensayo CBR efectivo en el laboratorio y ensayo deflectométrico para establecer una correlación confiable del terreno de fundación de la carretera Yanango - Puente Herrería.

Capítulo III: Marco Teórico

3.1 Antecedentes del Problema

Lo antecedentes corresponden a investigaciones realizadas durante los 10 últimos años en el Perú y el Mundo.

3.1.1 Antecedentes Internacionales

Se realizó una exhaustiva búsqueda en la siguiente literatura científica como Scopus, ProQuest, Web of Science, Dialnet y EBSCO Host, en los últimos 10 años, a continuación, se presentan las investigaciones.

Soto, L. & Soruco, K. (2017), presentaron una investigación sobre la comparación de resultados entre deflectometría y ensayos de CBR, relativos a la Evaluación del módulo resiliente, Bolivia. El objetivo general fue analizar las deformaciones mediante el estudio de comparación entre la Viga Benkelman y el CBR. Utilizaron un diseño de investigación experimental puro. Realizaron 9 ensayos de CBR y cada 50 metros de los 15 kilómetros propuestos con la Viga Benkelman. Entre las conclusiones se halló la variación de los resultados entre los ensayos CBR y los medidos por deflectometría oscilan entre 0,02% y 5. 89%.

Guzmán, E. (2016), llevó a cabo un estudio sobre los factores para el ajuste de los módulos de retro cálculo de pavimentos flexibles, Colombia. El objetivo fue determinar el factor ajuste mediante ensayos con el deflectómetro de impacto liviano en una vía de 10 km. Dentro de sus recomendaciones destaca usar una expresión matemática que permita seleccionar la temperatura de referencia y conocer la relación entre módulo de retro cálculo y el de laboratorio.

Gutiérrez, A. (2012), realizó un estudio sobre la evaluación de estructuras de pavimento flexible usando técnicas no destructivas como el equipo Falling Weight Deflectometer, Colombia. El objetivo general fue determinar el comportamiento de las estructuras de pavimento flexible en términos de su capacidad estructural y compararlo con metodologías de análisis de diseños más recientes. La estructura de pavimento fue flexible con materiales asfálticos y granulares con una longitud de 200 metros a espesores variables. Entre las conclusiones indica que las mezclas asfálticas y materiales granulares presentan valores superiores que las especificaciones técnicas de los manuales colombianos (IDU-ET-2005).

3.1.2 Antecedentes Nacionales

Se realizó una exhaustiva búsqueda en las siguientes bases científicas como, Renati, Alicia, repositorio de la UNI, repositorio de la PUCP y repositorio de la UPC, en los últimos 10 años, a continuación, se presentan las investigaciones.

Chávez, B. y Vargas, J. (2017), realizó un estudio sobre la influencia del módulo resiliente de subrasante a partir de resultados geotécnicos y resultados deflectométricos. El objetivo de la siguiente tesis de investigación fue determinar la influencia del módulo resiliente en el diseño de pavimentos flexibles. Se utilizó un diseño experimental puro. La muestra estaba conformada por la carretera binacional Tramo: Mazocruz – Puente Internacional. Los instrumentos usados para el ensayo CBR fueron prensa similar a las usadas en el ensayo de compresión y para el cálculo de deflectometría el equipo FWD. Entre las conclusiones más importantes se halló que existe variación significativa del módulo resiliente mediante el cálculo del CBR y el FWD.

Quiñonez, D. (2015), desarrollo un estudio sobre la aplicación de retrocálculo en carreteras no asfaltadas mediante el deflectómetro de impacto liviano (LWD). El objetivo general de la siguiente tesis de investigación fue usar LWD para obtener las características de las capas del paquete estructural. Utilizaron un diseño experimental puro. Este estudio se llevó a cabo en el proyecto de “Redes Viales Regionales integrando el Cusco”, la superficie de rodadura estaba constituida por Slurry Seal y Monocapa de 1 cm. Como instrumentos para la recolección de datos se usó el Deflectómetro de impacto liviano (LWD) dado que tiene un carácter dinámico de la carga de ensayo. Entre las conclusiones se halló que existe valores admisibles de deflexiones para cada tipo de suelo, por otro lado, indica que el CBR es un ensayo que no representa el comportamiento real de los materiales in-situ.

Acosta, G. (2011), condujo una investigación sobre la evaluación estructural del pavimento con Viga Benkelman, el objetivo general fue desarrollar un modelo de deterioro y contrastar en campo. Se utilizó un diseño cuasi experimental. El lugar de estudio fue la carretera Cañete – Chuapaca, esta vía tiene estudios sobre modelo lineal esfuerzo-deformación de Hogg y de modelo no lineal de esfuerzo deformación. Entre las conclusiones se halló que los ensayos no destructivos son útiles para determinar el comportamiento estructural de una carretera de bajo volumen de tránsito y la medición de deflexiones se debe realizar con el mismo equipo a lo largo de su longitud.

3.2 Bases Teóricas

En este apartado se describe la teoría involucrada directamente a los pavimentos reciclados, módulo resiliente, ensayos destructivos y ensayos no destructivos.

3.2.1 Pavimentos

De acuerdo con el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos (2014) sostiene que el pavimento es una estructura de varias capas construidas sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito: Por lo general está conformado por las siguientes capas: Base, subbase y capa de rodadura.

Capa de rodadura: Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de bitumen o cemento portland o de adoquines, la función principal es sostener directamente el tránsito.

Base: Es la capa inferior de la capa de rodadura, su función es sostener el tráfico y distribuir esfuerzos a capa inmediatamente inferior, esta capa es de material granular drenante, con un CBR mayor al 80 % o será estabilizado de acuerdo con la necesidad del proyecto.

Subbase: Es una capa de material especificado y con un espesor establecido de diseño. Dependiendo del tipo de diseño, esta capa podría ser obviada, esta capa puede ser de material granular con CBR mayor al 40% o será estabilizado de acuerdo con la necesidad del proyecto.

Vista de perfil de un pavimento flexible típico

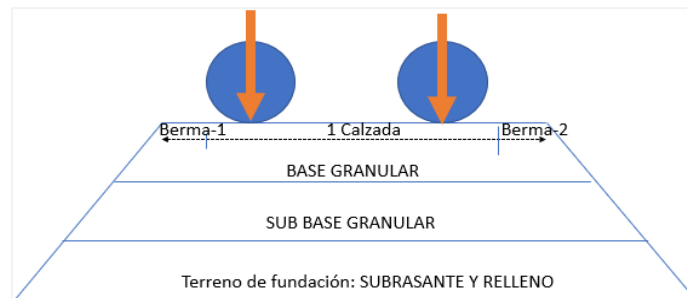


Figura 2 Capas típicas de pavimento flexible. Fuente propia.

Los tipos de pavimentos que existen son: pavimento rígido, flexible y semirrígido, a continuación, se describe al pavimento flexible:

Compuesto por capas granulares (subbase y base drenante) y una superficie de rodadura bituminosa en frío como: tratamiento superficial bicapa, lechada asfáltica, motero asfáltico, micro pavimento en frío, macadam asfáltico, carpeta de mezclas asfálticas en frío, etc.

Compuesto por capas granulares (subbase y base drenante) y una superficie de rodadura bituminosa en caliente de espesor variable según sea necesario.

3.2.2 Módulo Resiliente

3.2.2.1 Concepto y Características. El término resiliencia es aplicado en múltiples disciplinas. Por ejemplo, en la arquitectura, mecánica, ciencias sociales, psicología, etc., pero en cualquier área que se utilice el vocablo siempre alude a “ir y regresar”. Pero en la Ingeniería Vial, los pavimentos sufren solicitaciones (cargas y descarga) de los neumáticos del tráfico vehicular, por lo que las vías sufren deformaciones permanentes o plásticas y deformaciones recuperables (resilientes o elásticas). Por lo que el módulo resiliente es una variable elemental en el diseño de pavimentos, además de abordar temas de investigación al nivel micromecánico para incrementar la vida útil de las carreteras y pistas de aterrizaje, es de gran interés lograr la flexibilidad. (Cortés, 2015) . De acuerdo con Quiñonez (2015) y el Instituto Mexicano de Transporte (2000) se presenta al término “Módulo Resiliente”, como se describe en la siguiente Figura.

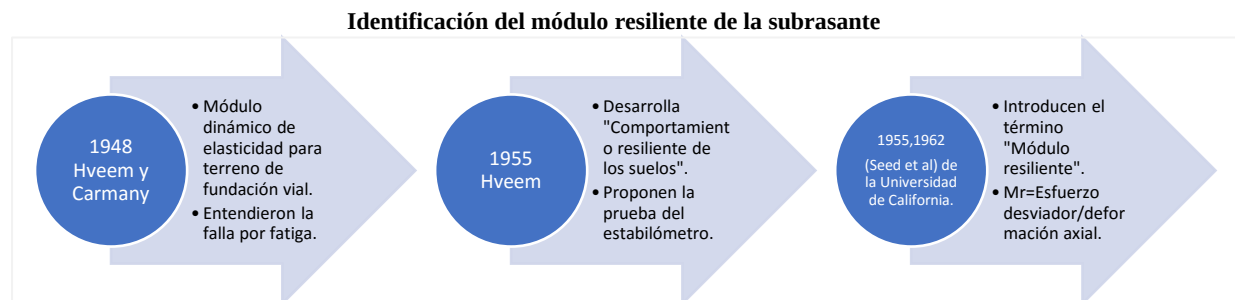


Figura 3 Evolución del Módulo Resiliente. Fuente propia.

3.2.2.2 Ensayo. Para el cálculo del Módulo Resiliente existe el Ensayo Triaxial Dinámico o Cíclico y las correlaciones de ensayos en el laboratorio. En la publicación técnica del Instituto Mexicano de transporte, Sed (1962) lo define como la magnitud del esfuerzo desviador repetido en compresión triaxial entre la deformación axial recuperable, esto aplica para suelos granulares y suelos finos.

3.2.3 Ensayos Destructivos

3.2.3.1 Generalidades y Características. El CBR es la resistencia estructural del suelo puro, se calcula el esfuerzo del material en estudio dividido por el esfuerzo del material de california, no olvidar que el CBR se calcula mediante una regla de tres simples como se muestra en la Ecuación 1, y puede ser mayor al 100%:

$$CBR(\%) = \frac{\text{Esf. suelo corregido}}{\text{Esf. california}} \times 100$$

Ecuación 1 California Bearing Ratio

Para el CBR se usa aproximadamente 80 kg, desde la granulometría, pasando por la elección del Método del Proctor (A/B/C), donde A material más fino y el C material más grueso hasta calcular el Índice de Soporte del suelo. los pasos para realizar en el laboratorio son los siguientes:

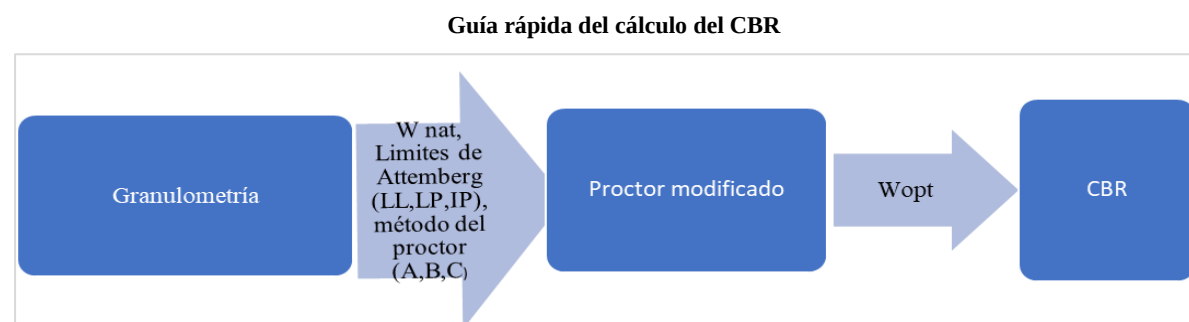


Figura 4 Pasos para estimar un ensayo CBR del laboratorio. Fuente propia.

Para el Proctor modificado, se utiliza como mínimo 4 especímenes del laboratorio para plotear una gráfica como se muestra a continuación, la máxima densidad seca (MDS) en el eje de las ordenadas y la humedad óptima en el eje de las abscisas, para obtener el esfuerzo cortante del suelo, se debería calcular previamente el porcentaje de compactación del suelo a una humedad y densidad controlada.

Significado de calcular la MDS

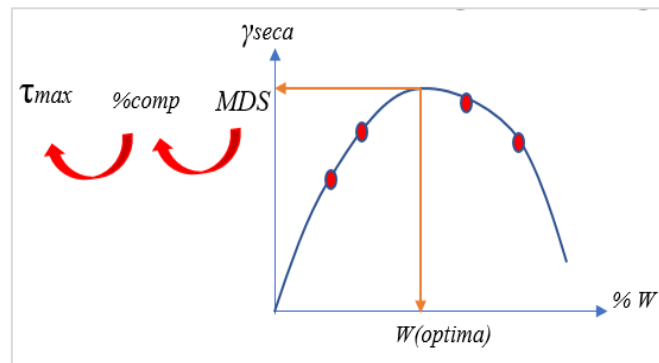


Figura 5 Curva de compactación (Densidad vs Humedad). Fuente propia.

3.2.3.2 Correspondencia de Normas. Las referencias normativas para el CBR del laboratorio son la siguientes:

Perú	América
MTC E132-2016 (Ensayo de materiales)	ASTM D-1883
NTP 339.145 – 1999	AASHTO T-193-99 (2003)

3.2.3.3 Tipos de Ensayos. Se tiene dos ensayos destructivos, por un lado, el ensayo CBR en el laboratorio y por otro lado el ensayo CBR *in situ*. En la presente investigación se usará el ensayo CBR en el laboratorio.

3.2.4 Ensayos no Destructivos (retrocálculo)

3.2.4.1 Filosofía del Cálculo Inverso. El cálculo inverso o retrocálculo consiste en evaluar la capacidad estructural de cada una de las capas del pavimento. Como se muestra en la Figura 8, el cálculo de los esfuerzos, las deformaciones y las deflexiones en pavimentos, se calcula con diferentes herramientas de cómputo, previo a conocer, los datos de equipo FWD, parámetros estructurales y espesores de las capas (e), módulo (E), coeficiente de Poisson (μ), espesor propuesto (d) (Leal, 2011).

Retrocálculo

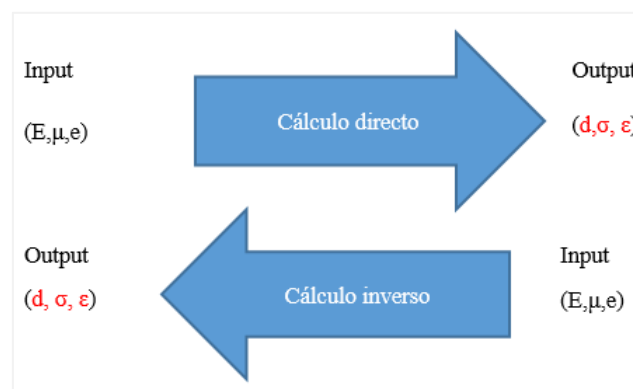


Figura 6 Filosofía del cálculo inverso. Fuente propia con filosofía del retrocálculo.

3.2.4.2 Generalidades. Frente a una constante evolución de la era tecnológica, la ingeniería de pavimentos también ha evolucionado ampliamente, por ejemplo, los ensayos para calcular la capacidad estructural de los pavimentos flexibles, hoy en día las microempresas y pequeñas empresas (MYPE) tratan de mantener sus altos estándares de competitividad para ello es sumamente importante contar con equipos que sean competentes, uno de ellos es el FWD. Estos equipos permiten ahorro considerable de tiempo y dinero, además de la eficiencia y confiabilidad de los datos, de acuerdo con Dynatest (2018), el FWD usado para evaluar la resistencia estructural por deflectometría está en la razón de 60 puntos por hora.

De acuerdo con Garnica et al (2018) y Pulido (2011) y Leal (2010), no se debe confundir el termino módulo resiliente y módulo dinámico, cuando se hace referencia al módulo resiliente se asocia al terreno de fundación vial y las capas granulares, por otro lado, el término módulo dinámico hace referencia a la resistencia de la carpeta asfáltica. Mediante el retrocálculo o calculo inverso se calcula, los módulos de las capas, el número estructural, entre otros.

3.2.4.3 Equipos Para los Ensayos. El equipo usado para ensayo no destructivo de evaluación estructural es la Viga Benkelman, en principio, posteriormente aparecieron equipos modernos como Fast FWD, FWD, HWD, LWD y TMD. En esta investigación se usará el FWD, de acuerdo con el portal de Dynatest tiene los siguientes beneficios:

- Automatización de ensayo en pavimentos.
- Identificación de la capa de falla.
- Aumenta el control y aseguramiento de calidad (QC/QA)
- Datos estructurales precisos, reproducibles y repetibles.
- Se usa en climas diversos.

3.2.4.4 Deflectometría. De acuerdo con Leal (2011), el termino deflectometría se asocia al desplazamiento vertical, producto de la solicitud de una carga normalizada, generalmente el orden de las deflexiones aceptables en campo oscila de 200 a 400 micras . El rango de deflexión refleja si las capas de la estructura de pavimento están trabajando adecuadamente. Así mismo los términos más utilizados son: área de cuenco de deflexiones y deflexión máxima o central.

Equipo FWD y las deflexiones del plato de carga

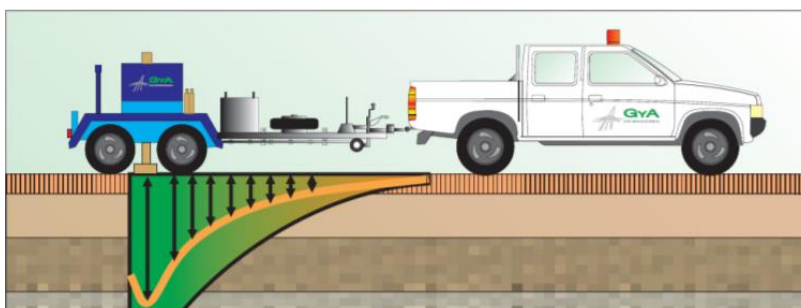


Figura 7 Cuenco de deflexiones con el equipo FWD. Fuente: Tavira, 2016.

3.2.4.5 Correspondencia de Normas. Las referencias normativas para el ensayo con el FWD en el Perú no existe, pero las normas internacionales son la siguientes:

América	
ASTM D4602:	Nondestructive Testing of Pavements Using Cyclic-Loading Dynamic Deflection Equipment.
ASTM D4694:	Deflections with a Falling – Weight – Type Impulsive Load Device.
ASTM D4695:	Guide for General Pavement Deflection Measurements
ASTM D5858:	Guide for Calculating in Situ Equivalent Elastic Module of Pavement Materials Using Layered Elastic Theory.
AASHTO T256-77 (86)	Pavement Deflection Measurement

Figura 8 Normas internacionales para el FWD. Fuente propia.

Para consulta, en el Manual de Ensayo de Materiales del MTC E1002. Están descritas las medidas de deflexión de un pavimento flexible empleando la Viga Benkelman.

3.2.4.6 Aplicación del retrocálculo.

Existen diversas metodologías para obtener el módulo efectivo de la subrasante, por ejemplo: AASHTO 1993, Hogg Simplificado, Hogg Modificado, Lukanen, Yonape, Ecuación de Darter y Rohde, Ecuaciones de regresión del departamento de Washington, etc. En este apartado se describe el proceso de cálculo de la guía AASHTO 1993, la misma que se encuentra en la parte 3 (*pavement design procedures for rehabilitación of existing pavement*), específicamente el capítulo 5 de la guía mencionada, donde detalla el cálculo del módulo resiliente de la subrasante, a partir de deflexiones tomadas con el deflectómetro de impulso, por medio de la siguiente expresión:

$$MR = \frac{0.24 \cdot P}{dr \cdot r}$$

Ecuación 2 Módulo resiliente retrocalculado

Donde:

MR: Módulo resiliente AASHTO de la subrasante obtenido por retrocálculo, en psi.

P: Carga aplicada, en libras.

dr: Deflexión medida a una distancia “r” del centro de carga, en pulgadas.

r: Distancia del centro del plato de carga, a la cual se mide la deflexión, en pulgadas.

Una vez calculado el MR se estima el módulo efectivo o equivalente del pavimento (E_p), lo cual es un valor que refleja la capacidad estructural de toda la estructura existente, es decir, la carpeta asfáltica que lo conforman y los materiales que se encuentran debajo de éste. El cálculo de E_p se realizó con la aplicación de la siguiente invariante:

$$d_0 = 1.5 \cdot p \cdot a \cdot \left\{ \frac{1}{MR \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_p}{MR}} \right)^2}} + \left[\frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}}}{E_p} \right] \right\}$$

Ecuación 3 Deflexión central

Donde:

do: Deflexión central, micras.

p: Presión del plato de carga, en psi.

a: Radio del plato de carga, en pulgadas.

MR: Módulo resiliente AASHTO de la subrasante, en psi.

D: Espesor total del pavimento sobre la subrasante, en pulgadas.

E_p : Módulo efectivo de todas las capas del pavimento, en psi.

La ecuación 2 está basada en la hipótesis de que, en un punto suficientemente distante del punto de aplicación de la carga, la deflexión medida se debe en su mayoría a la deformación de la subrasante, y es también independiente del efecto de alguna capa superior. Es importante resaltar que la deflexión debe estar tan cerca posible al punto de aplicación de la carga para evitar que no sea demasiado pequeño para medir con precisión, pero al mismo tiempo debe estar suficientemente lejos para satisfacer la hipótesis mencionada, para calcular la mínima distancia r, se emplea la siguiente relación:

$$r \geq 0.7 ae$$

Donde:

$$ae = \sqrt{a^2 + \left(D \cdot \sqrt[3]{\frac{E_p}{MR}} \right)^2}$$

Ecuación 4 Radio del bulbo de presiones

ae: Radio del bulbo de presiones a nivel de subrasante, en pulgadas.

a: Radio del plato de carga, en pulgadas.

D: Espesor total del pavimento sobre la subrasante, en pulgadas.

E_p : Módulo efectivo de todas las capas del pavimento, en psi.

MR: Módulo resiliente AASHTO de la subrasante, en psi.

Una vez aceptado los resultados por los sensores, se calcula el módulo resiliente obtenido de la correlación propuesta por MEPDG-2002, como se muestra a continuación:

$$MR_{AASHTO} = C \cdot MR$$

Ecuación 5 Módulo resiliente de diseño AASHTO

Donde:

MR AASHTO: Módulo resiliente de diseño AASHTO de la subrasante, en psi.

C: Coeficiente de ajuste o factor de corrección.

MR: Módulo resiliente AASHTO de la subrasante, en psi.

Recordemos que este método es iterativo, si no cumple la verificación mencionada en la Ecuación 4 , se tiene que calcular nuevamente con diferente módulo equivalente del pavimento. A partir de la determinación del E_p , y con el objetivo de determinar el número estructural efectivo (SN_{eff}), se empleó la siguiente formula:

$$SN_{eff} = 0.0045 \cdot D \cdot \sqrt[3]{E_p}$$

Ecuación 6 Número estructural efectivo

Donde:

SN_{eff} : Número estructural efectivo de la estructura existente

D: Espesor total de las capas del pavimento sobre la subrasante, en pulgadas.

E_p : Módulo equivalente de la estructura de pavimento, en psi.

3.3 Marco Conceptual.

A partir del marco teórico se desprenden los siguientes conceptos:

- Terreno de fundación vial: Es la subrasante del paquete estructural de pavimento flexible, rígido o semirrígido lo cual es transmitido de manera uniforme de las capas superiores: subbase, base y carpeta de rodadura.
- Pavimento reciclado: (RAP: *Reclaimed Asphalt Pavement*) Es un pavimento removido y generalmente los materiales de las capas del paquete estructural se generan cuando el proyecto de la red vial consiste en la rehabilitación o reconstrucción parcial o total de acuerdo con los términos de referencia (TDR) del contrato.
- Módulo resiliente: Es el módulo elástico, la capacidad estructural de la subrasante y capas granulares. Para calcular el módulo resiliente es a través del ensayo del módulo resiliente o a través de correlaciones de otros ensayos.
- CBR en el laboratorio: Es el índice de soporte del suelo (*California Bearing Ratio*) y la capacidad estructural. Es una comparación entre el suelo en estudio y el suelo de california, expresándose en porcentaje.
- FWD: Es un equipo que mide deflexiones en la superficie de la vía, en inglés (*Falling Weight Deflectometer*). Así mismo, mide la resistencia estructural de las capas del pavimento y se calcula a través de la filosofía del retrocálculo.

Capítulo IV: Hipótesis y Variables

4.1 Hipótesis General

Al evaluar el módulo resiliente del terreno de fundación vial fundamentado en la deflectometría, dada la condición existente muy particular de carpetas asfálticas recicladas envejecidas de gran espesor, resultan diseños estructurales y costos subdimensionados, posibles de ser aferidos y optimizados fundamentando el diseño y costos a las condiciones geotécnicas existentes en el pavimento reciclado de la carretera Yanango- Puente Herrería.

4.2 Hipótesis Específicas

- a) Al interpretar los ensayos no destructivos con el Falling Weight Deflectometer el diseño estructural del pavimento queda subdimensionado estructuralmente y subestima los costos directos en carpetas asfálticas recicladas de gran espesor de la carretera Yanango - Puente Herrería.
- b) Al interpretar el ensayo CBR en el laboratorio no queda subdimensionado el diseño deflectométrico con respecto al geotécnico y no subestima los costos directos en carpetas asfálticas recicladas de gran espesor de la carretera Yanango - Puente Herrería.
- c) Al calcular el módulo resiliente mediante ensayo CBR en el laboratorio y ensayo deflectométrico se establece una correlación estadística del terreno de fundación para ambos métodos en la carretera Yanango - Puente Herrería

4.3 Identificación de Variables

Las variables principales de la investigación son:

Evaluación del módulo resiliente fundamentado en la deflectometría y la geotecnia (es variable independiente por su relación causal y cuantitativa continua por su naturaleza) y la optimización de diseño y costo (variable dependiente por su relación causal y cuantitativa continúa por su naturaleza), así mismo la variable interviniente es pavimentos reciclados **con doble carpetas asfálticas** de la carretera Yanango – Puente Herrería.

4.3.1 Definición Conceptual de las variables.

Mediante una exhaustiva revisión bibliográfica especializada tenemos lo siguiente:

- Variable dependiente: Esta variable indica la finalidad del estudio y se explicará por separado las dimensiones de la variable “optimización de diseño y costo”. El diseño de estructuras de pavimentos es el dimensionamiento de las capas que lo componen el paquete estructural, se emplea métodos empíricos y/o mecanicistas para la evaluación de pavimentos. Por otro lado, el costo de pavimentos es el valor estimado que hace referencia al presupuesto. (SGGP, 2014)
- Variable independiente: Dado que nuestra variable independiente contiene varias dimensiones, lo definiremos por separado: Pero antes conviene definir al módulo resiliente o módulo elástico supuesto de los materiales del pavimento y del terreno de fundación, este módulo es calculado mediante correlaciones empíricas o mediante el ensayo triaxial dinámico, es *un* parámetro fundamental de la ecuación AASHTO 1993. La primera dimensión de la variable dependiente es el ensayo CBR en el laboratorio, lo cual es un método empírico el cual mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada, estableciendo una relación entre la resistencia a la penetración y su capacidad de soporte (Quiñonez, 2015). La segunda dimensión es la deflectometría con el FWD, de acuerdo con Acosta (2011) es un instrumento de prueba que mide las cargas dinámicas normalizadas a 8.2 tn. Mediante retro cálculo o cálculo inverso se calcula la resistencia estructural de las capas del pavimento subyacentes a la carpeta asfáltica.

4.3.2 Definición Operacional de las Variables.

A continuación, se indicará el conjunto de procedimientos empleados en la medición y como vamos a proceder para recoger la información de las variables.

- Variable dependiente: Esta variable consiste en obtener el módulo resiliente; ya sea por retrocálculo o geotecnia, el tráfico, clima y las variables involucradas de la ecuación AASHTO 1993 tanto para el número estructural requerido como para el número estructural propuesto, con estos datos se diseña la estructura de pavimento, consecuentemente se puede estimar el presupuesto, en base al metrado, análisis de precios unitarios y las partidas adoptadas del proyecto.
- Variable independiente: Dado que esta variable no se puede modificar, describimos el proceso a grandes rasgos de las ecuaciones descritas en guías validadas y aceptadas internacionalmente, una de ellas es el cálculo del módulo resiliente realizado a través del CBR en el laboratorio y el ensayo FWD, para el CBR en el laboratorio se usará la correlación propuesta por *Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide* (MEPDG) mediante la siguiente ecuación:

$$M_r = 2555 \times \text{CBR}^{0.64} \text{ (psi)}$$

Ecuación 7 Módulo resiliente

El CBR se expresa en porcentaje como lo indicado en la Ecuación 1. Para medir las deflexiones en la vía se usará la FWD, mediante la teoría de Burmister para un modelo multicapas linealmente elástica. Así mismo, para la deflectometría con el FWD, los equipos y personal mínimos que requiere el ensayo son: Camioneta, el equipo FWD, un personal de soporte y laptop portátil. Previamente el equipo tiene que contar con un certificado de calibración.

4.4 Operacionalización de las Variables

La operacionalización de la variable se muestra en la Tabla 1.

4.5 Matriz de Consistencia

La matriz de consistencia se muestra en la Tabla 2.

Tabla 1 Operacionalización de las variables. Fuente propia.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento	Herramienta
Dependiente: Optimización de diseño y costo	Un diseño de estructuras de pavimentos es el dimensionamiento de las capas que lo componen el paquete estructural, se emplea métodos empíricos y/o mecanistas para la evaluación de pavimentos. Por otro lado, el costo de pavimentos es el valor estimado que se hace referencia al presupuesto. (SGGP, 2014)	Obtenido el módulo resiliente, ya sea por retrocálculo o geotecnia, el tráfico, clima y las variables involucradas de la ecuación AASHTO 1993 tanto para el número estructural requerido como para el número estructural propuesto, se diseña la estructura de pavimento, consecuentemente se puede estimar el presupuesto, en base al metrado, análisis de precios unitarios y las partidas adoptadas del proyecto.	Evaluación técnica	Serviciabilidad, confiabilidad, desviación estándar y global, tráfico y módulo de las capas del pavimento.	Serviciabilidad (adimensional), confiabilidad(en %), desviación estándar y global (adimensional), tráfico (en ejes equivalentes(y módulo de las capas del pavimento (en psi).	Hoja de cálculo con las variables de la Ecuación AASHTO	Ecuación AASHTO 1993, número estructural requerido.
				Coeficiente estructural y coeficiente de drenaje de las capas del pavimento	Coeficiente estructural (1/in) y coeficiente de drenaje (adimensional)	Hoja de cálculo con el resultado del número estructural	Ecuación AASHTO 1993, número estructural propuesto.
				La carpeta asfáltica debe tener un espesor mínimo de 4 cm y la base y subbase espesor mínimo 15 cm.	Espesores de la capa en cm	Formatos típicos de resumen de los parámetros de diseño	Manuales del MTC (SGGP-2014, EM-2016, EG-2018)
			Evaluación económica	Partidas, metrados, análisis de precio unitario (APU) y el costo total debe ser menor a 1.05 millones.	Su unidad de las partidas puede ser m ² , m ³ , glb, km y und. El metrado es por metro lineal a lo largo de su longitud y por metro cuadrado en la plataforma. El costo del pavimento en soles.	Formatos de hoja típica de presupuesto	Software de costos y presupuesto S10
Independiente: Evaluación del módulo resiliente fundamentado en la deflectometría y geotecnia	El módulo resiliente es el módulo elástico supuesto de los materiales del pavimento y del terreno de fundación, se calcula mediante correlaciones empíricas o mediante el ensayo triaxial dinámico, es un parámetro fundamental de la ecuación AASHTO 1993 (Quiñonez, D. 2015) Deflectometría con el FWD, de acuerdo con Acosta, G. (2011) es un instrumento de prueba que mide las cargas dinámicas normalizadas a 8.2 tn. Mediante retro cálculo o calculo inverso se calcula la resistencia estructural de las capas del pavimento. El ensayo CBR en el laboratorio, es un método empírico el cual mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada, estableciendo una relación entre la resistencia a la penetración y su capacidad de soporte (Quiñonez, D. 2015)	El cálculo del módulo resiliente efectivo se realizará por medio del ensayo de CBR en el laboratorio y/o el FWD, para el CBR en el laboratorio se usará la correlación propuesta por Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (MEPDG-2002) mediante la siguiente ecuación: $Mr=2555\times CBR^{0.64} \text{ (psi)}$ Para medir las deflexiones en la vía se usará el deflectómetro de impacto FWD, considerando la teoría de Burmister para un modelo multicapas linealmente elástica. Deflectometría con el FWD, los equipos y personal mínimos que requiere el ensayo: Camioneta, el equipo FWD, y un personal de soporte, laptop portátil. Previamente el equipo tiene que contar con un certificado de calibración. El CBR se calcula mediante la siguiente ecuación: $CBR = \frac{\text{Valor corregido de la carga}}{\text{Carga estandar}} \times 100$	Evaluación del módulo resiliente por deflectometría	Los valores del ensayo FWD debe estar de 200 a 400 micras, para considerarse aceptables o permisibles.	En Micras	Laptop para recoger información de campo de las deflexiones.	Equipo de impacto FWD, ELMOD6, y las normas internacionales inherentes al ensayo: FHWA-RD-98-085, AASHTO-D4694.
			Evaluación del módulo resiliente por geotecnia	Granulometría	Se mide en porcentaje (%) lo pasante por los tamices.	Formatos de CASAPI y USIL para los distintos ensayos	Tamices, y todas las herramientas correspondientes a las normas: MTC E 107, ASTM D 422 y AASHTO T 88.
				Límites de Atterberg	Se mide en porcentaje el Límite Líquido y Plástico	involucrados en el cálculo de CBR.	Copa de Casagrande, vidrio esmerilado y todas las herramientas correspondientes a las normas: MTC E 111, ASTM D 423 y AASHTO T 89.
				Proctor Modificado	Mide el porcentaje de compactación a una densidad y humedad controlada. En porcentaje.		Molde modificado, pistón y todas las herramientas correspondientes a las normas: MTC E 115, ASTM D 422 y AASHTO T 180.
				Los valores del ensayo CBR de la subrasante debe ser mayor a 6%.			Prensa CBR y todas las herramientas correspondientes a las normas: MTC E 132, ASTM D 1883 y AASHTO T 193.

Tabla 2 Matriz de consistencia. Fuente propia.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Método
Problema general	Objetivo general	Hipótesis General.	Variable dependiente:		
¿De qué manera la evaluación módulo resiliente del terreno de fundación vial, fundamentado en la deflectometría y la geotecnia, optimiza diseños y costos en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería?	Evaluar el módulo resiliente del terreno de fundación vial fundamentado en la deflectometría y la geotecnia, para inducir a optimizar diseños y costos, utilizando la guía AASHTO 1993, en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería.	Al evaluar el módulo resiliente del terreno de fundación vial fundamentado en la deflectometría, dada la condición existente muy particular de carpetas asfálticas recicladas envejecidas de gran espesor, resultan diseños estructurales y costos subdimensionados, posibles de ser aferidos y optimizados fundamentando el diseño y costos a las condiciones geotécnicas existentes en el pavimento reciclado de la carretera Yanango- Puente Herrería.	Optimizar diseños y costos	Serviciabilidad, confiabilidad, desviación estándar y global, tráfico y módulo de las capas del pavimento. Coeficiente estructural y coeficiente de drenaje de las capas del pavimento La carpeta asfáltica debe tener un espesor mínimo de 4 cm y la base y subbase espesor mínimo 15 cm. Partidas, metrados, análisis de precio unitario (APU) y el costo total debe ser menor a 1.05 millones.	Tipo de investigación es explicativo.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable independiente:		El diseño es experimental, trasversal y retrospectivo
¿Cómo influye los fundamentos deflectométrico en la propuesta de diseño y el análisis de costo del terreno de fundación vial operando, en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería?	Interpretar de manera objetiva y sistemática los resultados de los ensayos no destructivo con el Falling Weight Deflectometer ejecutados en la vía en operación, para diseñar y estimar costos directos en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería.	Al interpretar los ensayos no destructivos con el Falling Weight Deflectometer el diseño estructural del pavimento queda subdimensionado estructuralmente y subestima los costos directos en carpetas asfálticas recicladas de gran espesor de la carretera Yanango - Puente Herrería.	Evaluar el módulo resiliente fundamentado en la deflectometría y geotecnia.	Los valores del ensayo FWD debe estar de 200 a 400 micras, para considerarse aceptables o permisibles. Granulometría Límites de Atterberg Proctor Modificado	Estudio de diseño es de cohorte. Tiene un enfoque cuantitativo. La selección de la muestra es no probabilística, dado que nos basamos en un juicio subjetivo siguiendo el método por conveniencia
¿Cómo influye los fundamentos geotécnicos en la propuesta de diseño y el análisis de costo del terreno de fundación vial operando, en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería?	Interpretar de manera objetiva y sistemática los resultados de los ensayos destructivos con CBR, verificando en el laboratorio de obra y de la USIL, para medir la resistencia estructural de operación del pavimento y poder diseñar y estimar costos directos en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería.	Al interpretar el ensayo CBR en el laboratorio no queda subdimensionado el diseño deflectométrico con respecto al geotécnico y no subestima los costos directos en carpetas asfálticas recicladas de gran espesor de la carretera Yanango - Puente Herrería.		Los valores del ensayo CBR de la subrasante debe ser mayor a 6%.	La muestra corresponde a 23. 6 km. El análisis e interpretación de la información es en los siguientes softwares: Ecuación AASHTO 1993, S10, ELMOD6 y Minitab
¿Cómo establecer una correlación entre fundamentos deflectométricos y geotécnicos en el terreno de fundación vial operando, en pavimentos reciclados de la carretera Yanango - Puente Herrería?	Calcular el módulo resiliente mediante ensayo CBR efectivo en el laboratorio y ensayo deflectométrico para establecer una correlación confiable del terreno de fundación de la carretera Yanango - Puente Herrería.	Al calcular el módulo resiliente mediante ensayo CBR en el laboratorio y ensayo deflectométrico se establece una correlación estadística del terreno de fundación para ambos métodos en la carretera Yanango - Puente Herrería			

Capítulo V: Metodología

5.1 Tipo y Diseño de Investigación

De acuerdo con Arias (2006) el tipo de investigación es **explicativo y correlacional**, porque en base a los resultados obtenidos se indica la naturaleza de las propiedades mecánicas de la subrasante desde el enfoque deflectométrico y geotécnico, así mismo, se explica cuáles fueron las causas que se presentó el problema de la evaluación del módulo resiliente de la subrasante.

El tipo de diseño es **experimental** ya que tiene como objetivo recolectar datos de campo de los ensayos destructivos y no destructivos para procesarlo en gabinete, por otro lado, es **transversal**, porque los datos son tomados en un solo momento o periodo de tiempo. Así mismo, el diseño es **retrospectivo** por que los datos son tomados de fuentes primarias, por ejemplo, obtener los datos de los ensayos deflectométrico en campo y CBR en el laboratorio.

Estudio de diseño es de **cohorte (causa-efecto)**, debido al desarrollo de distintas metodologías para obtener el módulo resiliente de la subrasante se consideran diferentes parámetros, involucrando una variación considerable de la capacidad estructural de la subrasante.

5.2 Unidad de Análisis

La unidad de análisis es cada punto a lo largo de la vía evaluado por deflectometría y geotecnia correspondiente al tramo 3 del proyecto “Servicio de reciclado de la carretera: Huancayo – Tarma – La Merced. Tramo: Quebrada Honda – Huancayo; Santa Fe – Valdivia y Yanango – Puente Herrería”.

5.3 Población de Estudio

La población es toda la longitud del proyecto (23.6 km), comprendida entre las progresivas 79+000 a 102+600d e la vía PE-22B, de acuerdo con la Norma de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos (2014) para una carretera de primera clase se debe realizar 3 CBR y 1 módulo resiliente por cada km, calculando 138 CBR y 46 módulos resilientes. Por el criterio de exclusión, el ensayo del módulo resiliente tiene poco uso en Perú, quedando fuera de la población.

5.4 Descripción del Ámbito de Investigación

El proyecto se ubica en el departamento de Junín, entre las provincias de Chanchamayo y Tarma. Abarca la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes del centro del Perú, las alturas ortométricas van desde 775 msnm hasta los 1400 msnm con un clima tropical, con temperaturas mayores a 25 °C en época de invierno de noviembre a marzo. Consta de 3 tramos, se escogió para el estudio el tramo 3 con 23.6 km de longitud, ubicado entre Yanango y Puente Herrería.

Tramo 3: Yanango- Puente Herrería. Longitud 23.6 Km



Figura 9 Ubicación del Proyecto. Fuente propia.

5.5 Tamaño de Muestra

El tamaño de la muestra se seleccionó a criterio de los estándares nacionales, por lo tanto, la muestra se dividiría en dos tipos, la primera de acuerdo con los TDR del proyecto se debe realizar 2 CBR por kilómetro, esto indica que se realizará 48 CBR cada 500 m de forma alternada y la segunda, sería las deflexiones con el FWD cada 100 m a lo largo de la vía tomando dos veces la lectura de los geófonos por punto.

5.6 Selección de Muestra

La selección de muestra o técnica de muestreo es de tipo **no probabilístico** debido al planteamiento del problema y tipo de estudio, así mismo, nos basamos en un juicio subjetivo siguiendo el método por conveniencia, quiere decir, todo lo que está a nuestro alcance. Ya que el número de CBR realizados en la vía no puede ser un número con decimales ($\frac{1}{2}$ CBR sería incorrecto, por ejemplo).

5.7 Técnica de Recolección de Datos

La técnica de recolección de datos son los **formatos** proporcionados por COSAPI y Universidad San Ignacio de Loyola, correspondientes al estudio de suelos y estudio de tráfico. Las técnicas para la recolección de la información son **pruebas estandarizadas** por las normas Internacionales: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y American Society for Testing and Materials (ASTM), además debe cumplir con los requerimientos mínimos establecidos por los manuales nacionales vigentes:

- Manual de carreteras: Diseño geométrico (DG-2018)
- Manual de carreteras: Sección suelos, geología, geotecnia y pavimentos (SGGP-2014)
- Manual de carreteras: Especificaciones generales para la construcción (EG-2013)
- Manual de ensayo de materiales (EM-2016)

Dentro de los **ensayos** corresponden al área de suelos y pavimentos, tenemos lo siguiente:

Granulometría (Clasificación del suelo por SUCS y AASHTO): MTC E 107, ASTM D 422 y AASHTO T 88.

Límites de Atterberg (LL, LP): MTC E 111, ASTM D 423 y AASHTO T 89.

Proctor Modificado (calcular el porcentaje de humedad óptimo): MTC E 115, ASTM D 422 y AASHTO T 180.

CBR en el laboratorio: MTC E 132, ASTM D 1883 y AASHTO T 193.

Ensayo de deflectometría con el deflectómetro de impacto: ASTM 4694-96 (2003), ASTM 4695-03(2015) y AASHTO T256.

Las **pruebas** para verificar si el material de base y subbase es adecuado son los siguientes:

Durabilidad, Partículas chatas y alargadas, Caras fracturadas, Sales solubles totales

y Absorción. Finalmente, el **enfoque** es cuantitativo porque se muestra los resultados mediante tablas y figuras, además las conclusiones indican números.

5.8 Análisis e Interpretación de la Información

El recurso para el análisis de la información se utilizará los softwares: **Ecuación AASHTO 1993, S10, ELMOD6 y Minitab** la última versión actualizada de los mismos.

La información obtenida se presentará en cuadros y gráficos, a partir de los ensayos del CBR en el laboratorio y el deflectómetro de impacto. Para la parte analítica se empleará un modelo comparativo de dos poblaciones independientes, utilizando el método de 2 proporciones, aplicándose la prueba del R^2 y la correlación de Pearson para establecer su validez estadística.

Capítulo VI: Procedimiento y Método de Análisis

6.1 Estudio de Tráfico

El estudio de tráfico es un estudio básico de ingeniería. Comprende: aforo vehicular, censos de carga y encuesta origen - destino. A continuación, se desarrolla el aforo vehicular y los censos de carga.

6.1.1 Actividades de Campo

Las actividades de aforo y clasificación vehicular en la estación de conteo y clasificación se ubicaron:

Tabla 3 Ubicación de la estación de conteo. Fuente propia.

Estación de conteo vehicular	Progresiva de referencia	UTM		
		Zona	Abscisa	Coordenada
E3 Pedregal	PE-22B 92+400	18L	457965.52 m E	8769044.37 m S

Nota. Los datos son del Tramo 3 del proyecto.

6.1.1.1 Aforo Vehicular. La E3 Pedregal se realizó a la altura del Km 92+400 de la ruta PE-22B del 3 al 10 de julio del 2019. Se detectó el flujo vehicular en ambos sentidos en el tramo Yanango – San Ramón – Puente Herrería. El conteo se realizó durante 7 días de la semana las 24 horas, La Figura 10 muestra el registro del aforo vehicular a las 5:30 pm.

Estación de aforo vehicular Pedregal

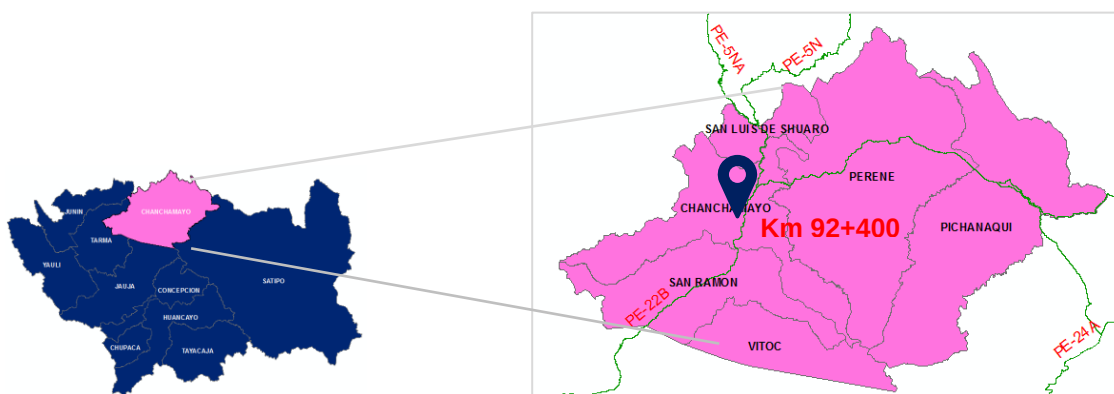


Figura 10 Ubicación estación de conteo Pedregal. Fuente propia.

6.1.1.2 Censos de carga. La clasificación de los vehículos pesados se llevó a cabo en la Estación Pedregal: Tramos Santa Fé - Valdivia y Yanango - Puente Herrería. Las actividades del censo de carga en esta ubicación se vincularon con los dos tramos homogéneos. La ubicación del censo de carga en el control policial y forestal de Pedregal a la altura del Km 92+480 permitió efectuar las mediciones de pesos por ejes durante 4 días de la semana en turnos de 12 horas por día, del 07 al 10 de julio del 2019.

6.1.2 Metodología

Los métodos empleados para realizar el presente informe de tráfico se describen a continuación: El conteo vehicular se realizó observando los parámetros establecidos en el Manual para el Estudio de Tráfico de la Oficina General de Presupuesto y Planificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC-OPP).

El método empleado fue el Método Manual, donde cada clasificador anotaba el paso de cada vehículo y por hora, llenando un formato especial. En cada locación, por el volumen de tráfico se empleó un clasificador por turno en los tramos Santa Fe - Valdivia y Yanango- Puente Herrería y, en el tramo Quebrada Onda - Huancayo dos clasificadores en hora puntas por cada sentido de tráfico.

Por el volumen vehicular, el personal de conteo, empleo contador manuales para el aforo de los vehículos ligeros y se procedió a tabular de forma manual el registro de los vehículos pesados de carga y pasajeros.

Aforo vehicular - Método manual



Figura 11 Personal de conteo turno día y noche. Fuente propia.

Las ubicaciones elegidas permitían una visibilidad adecuada y reunía los requisitos logísticos necesarios para llevar adelante esta tarea. Para el conteo, los vehículos fueron clasificados según su tamaño y número de líneas de rotación (ejes), de acuerdo con la configuración vehicular aprobada en el Reglamento Nacional de Vehículos, Decreto Supremo N° 058-2003-MTC, así:

Vehículos Livianos:	Automóvil, camioneta, camionetas rurales (combi), pick-up, SUV 4x4 y Microbuses.
Buses	: Buses de 2, 3 y 4 ejes (B2, B3 y B4)
C2	: Camión de 2 ejes (2 ejes simples)
C3	: Camión de 3 ejes (1 eje simple y 1 eje doble)
C4	: Camión de 4 ejes (1 eje simple y 1 eje triple)
T2S1 (2S1)	: Semitrayer (3 ejes simples)
T2S2 (2S2)	: Semitrayer (3 ejes, 2 simples y 1 eje doble)
T2S3 (2S3)	: Semitrayer (3 ejes, 2 simples y 1 eje triple)
T3S2 (3S2)	: Semitrayer (3 ejes, 1 simples y 2 ejes dobles)
T3S3 (3S3)	: Semitrayer (3 ejes, 1 simple, 1 eje doble y 1 eje triple)
C3R2 (3T2)	: Trayler (Camión C2+carreta de 2 ejes simples)
C3R3 (3T3)	: Trayler (Camión C2+carreta de 2 ejes, uno simple y otro doble)
C4R2 (4T2)	: Trayler (Camión C4+carreta de 2 eje simples)
E7	: Vehículos especiales con 7 ejes (biarticulados o doble semirremolque)

Para el censo de carga se realizaron las mediciones de pesos por ejes en la modalidad de pesaje dinámico (pesaje en movimiento), con el empleo de una balanza marca **PAT Traffic Modelo DAW300**, para lo cual, los vehículos no deben exceder los 7 km/h por el paso de los sensores, en este proceso se detecta el peso de cada rueda, obteniendo como resultado final el peso bruto vehicular o peso total de vehículo. Este procedimiento de mediciones de peso por ejes se efectuó en concordancia con el Art. 35 del Reglamento Nacional de Vehículos (Decreto Supremo N°058-2003-MTC). El control de presión de neumáticos se realizará siempre con el visto bueno del transportista, esta acción se efectuará en los neumáticos del lado de la berma o lugar seguro.

Las actividades del censo de carga se realizaron a la altura del Km 92+450 de la ruta PE-22B en el control de la estación Pedregal, en 4 turnos para totalizar 48 horas.

Personal de censo de carga y control de presión de neumáticos



Figura 12 Censo de carga. Fuente propia.

6.1.3 Trabajo en Gabinete

Luego de concluido el trabajo de campo, se ha iniciado el desarrollo de los trabajos de gabinete. Como es conocido que los volúmenes de tráfico varían cada mes debido a las diferentes estaciones (periodos) que se presentan en el año ocasionado por las cosechas, festividades, variación de clima, movimiento y extracción de determinados productos.

Cuando las variaciones tienen cierto comportamiento estadístico, se acostumbra a usar unos factores que correlacionan unos períodos con otros. Teniendo en cuenta los registros de tránsito vehicular realizados para este estudio, se puede hallar el Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS) con la siguiente fórmula:

$$TPDS = \frac{V_{\text{lunes}} + V_{\text{martes}} + V_{\text{miércoles}} + V_{\text{jueves}} + V_{\text{viernes}} + V_{\text{sábado}} + V_{\text{domingo}}}{7}$$

Ecuación 8 Tránsito Promedio Diario Semanal

Para obtener el Índice Medio Diario Anual (IMDA), este valor promedio de la semana se debe corregir por un factor denominado: Factor de Corrección Estacional y, para obtener dicho factor, se ha tomado la información obtenida del Memorandum N° 193-2017 –MTC/09.02, correspondiente a las estaciones de peaje vinculadas a los tramos de carretera materia de estudio. Los Factores de Corrección Estacional que serán empleados son:

Tabla 4 Conteos factores de corrección estacional Peaje Challhuapuquio. Fuente propia.

Peaje Chalhuapuquio	Tipos de vehículos	
	Vehículos ligeros	Vehículos pesados
Factor estacional 2014	0.7948	0.9799
Factor estacional 2015	0.7613	0.9619
Factor estacional 2016	0.7424	0.9504
Factor estacional 2017	0.7562	0.9357
Factor estacional 2018	0.8716	0.9982
Promedio	0.785257	0.965217

Para el cálculo de los factores destructivos para cada tipo de vehículo se utilizó las relaciones obtenidas del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos publicado en abril del 2014 aprobado con RD N° 10-2014-MTC/14. El cálculo de los factores de equivalencia de carga por vehículo (FECV) para cada tipo de vehículo, se ha procesado la data generada en la estación de censo de carga.

Los FECV por tipo de vehículo obtendrá sumando los factores de carga por eje o conjunto de eje que componen el vehículo, para luego promediar el Factor Equivalente de Carga (FEC) de un mismo tipo de vehículo, y representa el efecto destructivo de ese vehículo expresado en un número equivalente de repeticiones de ejes simples estándar de 8.2 toneladas de peso. Respecto a la presión de inflado de llantas promedio por tipo y clase de vehículo, convertirá a presión de contacto estimada mediante el 90% de la presión de llantas promedio.

Los factores de carga en cada estación se han determinado en relación con el sentido de circulación; se ha calculado los resultados de los factores de carga considerando el número de carriles de circulación y el respectivo factor de corrección de

presión de las llantas (FCLL) de acuerdo con el espesor del pavimento. Espesor de $e= 50$ y 75 mm para el Tramo III: Yanango – Puente Herrería.

Para determinar los valores de los factores de presión de neumáticos obtenidos en el censo de carga, ha sido necesario extrapolar cuando no se hallan indicados en el Manual Suelos y Pavimentos - MTC 2014. A continuación, se presenta el resultado de los conteos vehiculares:

Los resultados del promedio diario de los conteos de la semana Estación Pedregal la cual caracterizó el flujo vehicular en el tramo comprendido Yanango (79+000) – Puente Herrería (102+600) de la ruta PE – 22B, detectando vehículos del 04 al 10 de julio del 2019, los resultados del conteo en la estación Pedregal se muestran en la Figura 13.

El Índice Medio Diario Anual se obtiene multiplicando el Tránsito Promedio Diario semanal por el factor de corrección del mes de julio. En la Figura 13 se muestra el Índice Medio Diario Anual encontrado para la Estación Pedregal E-3 (IMDA = 2,153 veh/día) y la composición vehicular correspondiente.

IMDA total y distribución del tráfico

Tipo de vehículo	IMDA a La Merced	IMDA a Palca	IMDA TOTAL	Distrib. %
Autos	281	280	561	26.04
S. Wagon	75	71	146	6.78
C. Pick Up	155	149	304	14.12
C. Panel	9	6	15	0.72
Camioneta Rural	169	171	339	15.77
Micro	5	5	10	0.47
Ómnibus 2E	21	19	40	1.85
Omnibus 3E	46	49	94	4.39
Omnibus 4E	7	5	12	0.56
Camión 2E	165	163	328	15.25
Camión 3E	78	80	158	7.33
Camión 4E	13	11	24	1.13
Semitraylers 2S2	1	1	1	0.06
Semitraylers 2S3	1	0	1	0.04
Semitraylers 3S2	4	3	7	0.31
Semitraylers 3S3	56	54	110	5.12
Traylers 3T2	1	0	1	0.03
TOTAL, IMDA	1085	1068	2153	100

Figura 13 Índice Medio Diario Anual, Estación Pedregal. Fuente propia.

El volumen horario se incrementa desde las 05:00 horas, para alcanzar la hora punta de la mañana desde las 06:00 hasta 07:00 horas con un promedio del 5.08% del tráfico diario, antes del medio día entre las 11:00 y 12:00 horas se registra un 5.32% del tráfico diario. Entre las 17:00 a 18:00 horas, alcanza la hora punta de la tarde con un 5.80% de flujo vehicular.

Variación horaria a la Merced y a Palca

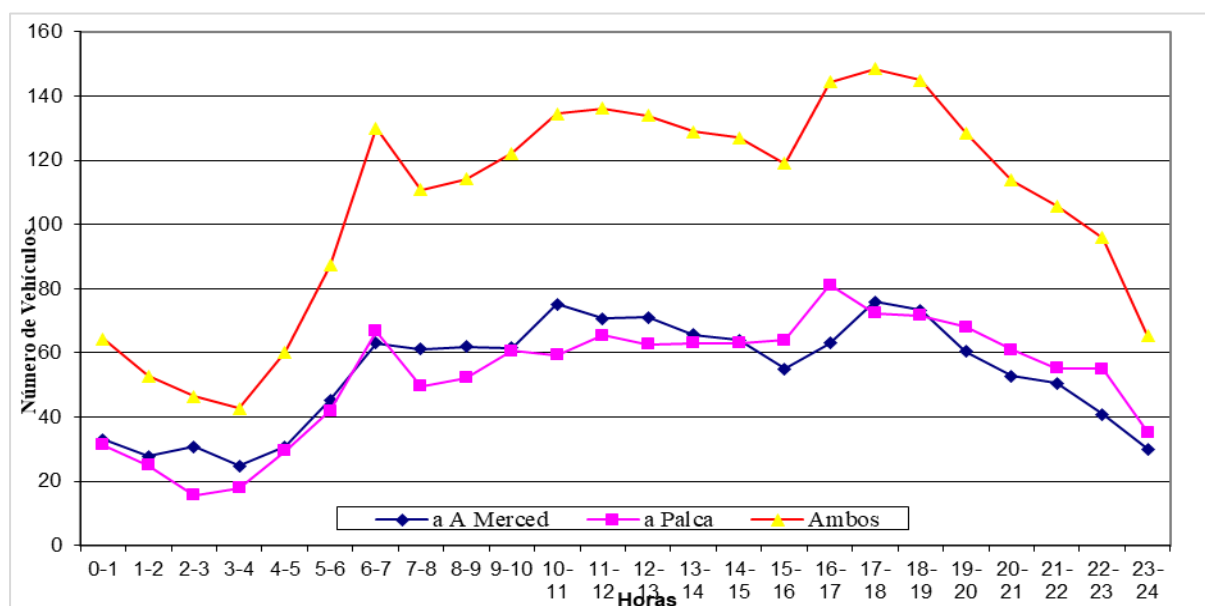


Figura 14 Variación Horaria Promedio, E. Fuente propia.

El análisis de la composición del flujo vehicular actual en la vía está distribuido por vehículos ligeros con 68.52% y vehículos pesados con un 31.48%, en el rubro de vehículos pesados con destacan los vehículos de 2 ejes con 14.92% del total del flujo vehicular, los vehículos de 3 ejes con 10.22% del total del flujo vehicular y los vehículos con 6 ejes con un 4.47%.

Clasificación vehicular a la Merced y a Palca

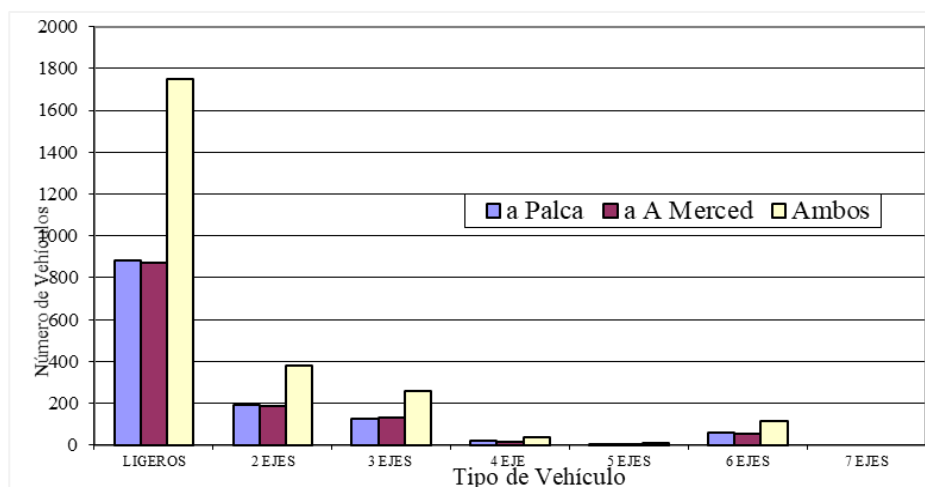


Figura 15 Clasificación Vehicular del Promedio. Fuente propia

Para el cálculo de los ESAL en los tres tramos que se vinculan con el presente estudio, se determinó realizar el censo de carga en el Km 115+730 altura del paradero “Milpo” que permitirá determinar los factores de carga para el tramo Quebrada Onda – Huancayo. El censo de carga se realizó del 11 al 14 de julio del 2019.

En la ruta entre Tarma – La Merced, los dos tramos homogéneos se vinculan a los factores de carga detectados en el censo de carga del Km 92+500 a la altura del Control Policial Pedregal, las mediciones de pesos por ejes se efectuaron entre el 07 al 10 de julio del 2019.

Los resultados obtenidos en base al promedio de configuración vehicular en la Estación CC1 Huancayo se encuentran dentro de los límites de los factores de carga calculados con los pesos máximos por ejes permitidos en el Reglamento Nacional de Vehículos. En la Estación CC2 Pedregal se han detectado mediciones de pesos por ejes con valores superiores a los máximos permitidos a la norma legal. Con los resultados obtenidos del IMDA en las estaciones de conteo se procederá a efectuar el cálculo de ejes equivalentes se relacionarán con los factores equivalentes de carga obtenidos en el censo de carga correspondiente.

El resultado obtenido en el censo de carga durante los cuatro turnos en 4 días de la semana se presenta a continuación: El total de vehículos del censo de carga en la estación pedregal sentido entrada fue 283 y los vehículos en sentido salida fue 267. Los resultados de los cálculos de los factores de carga (FCE) en ambos sentidos y para diferentes espesores se muestran a continuación:

Tabla 5 Resultados del factor de carga equivalente. Fuente propia.

Entrada				Salida			
Tipo	FCE sin FCLL	FCE con FCLL		Tipo	FCE sin FCLL	FCE con FCLL	
		e=50 mm	e= 75 mm			e=50 mm	e= 75 mm
B2	3.3767	5.1198	4.7479	B2	5.7284	7.7906	7.3896
B3	2.7751	4.3940	4.0447	B3	3.4198	4.6509	4.4115
B4	1.3833	1.8813	1.7845	B4	1.5979	2.6220	2.3979
C2	1.2924	1.5491	1.4990	C2	3.5583	5.2056	4.8444
C3	3.3283	5.6369	5.1206	C3	4.8967	8.8843	7.9744
C4	3.8952	7.8662	6.9369	C4	3.5957	6.9987	6.2071
8X4	5.1865	11.3208	9.8616	2S2	5.0686	10.6895	9.3619
3S1	2.8311	5.3521	4.7734	2S3	3.9424	6.9229	6.2566
3S2	0.7483	1.3943	1.2465	3S2	2.5812	4.5325	4.0963
3S3	5.1049	9.0459	8.1608	3S3	3.7144	6.9029	6.1737
				3T2	5.6744	9.9643	9.0053

Nota: FCLL: Factor de corrección de presión de llantas.

6.1.4 Proyecciones del Tráfico Normal y ESAL

La proyección del tráfico normal, para vehículos de pasajeros y carga se calculó aplicando la tasa de crecimiento por tipo de vehículo del año base 2019. En los tramos afectos al servicio de reciclado de pavimentos no están sujetos a mejoras en su diseño geométrico o tramo, recuperándose las condiciones de operación de la vía, por ello no se estima un incremento de tráfico generado, así también por las mismas consideraciones, estos tramos no están afectos a tráfico desviado o atraído. Para determinar las proyecciones de IMDA y de ESAL se emplearon las tasas de crecimiento de la población para los vehículos de transporte de pasajeros (buses) y la tasa de crecimiento del PBI para los vehículos de carga. Mediante un promedio ponderado de los censos nacionales 2017 y las encuestas origen-destino se obtuvo las siguientes tasas de crecimiento por tipo de vehículo.

El cálculo del crecimiento del tránsito se calculó con la fórmula de progresión geométrica para vehículos de pasajeros y vehículos de carga se representa en un diagrama circular:

Tasas de crecimiento por tipo de vehículo

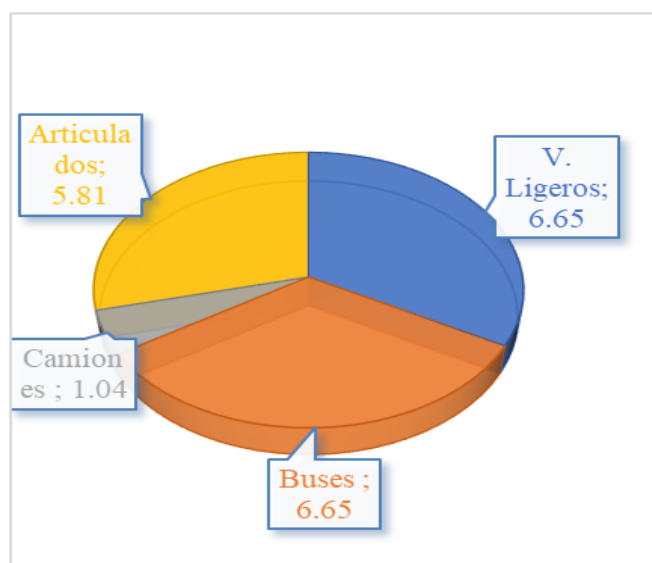


Figura 16 Tasa de Crecimiento del Tránsito. Fuente propia.

Remplazando datos la Ecuación 4 al año 2030, se tendría 3813 veh/día, verificar en el Anexo 3.

$$T_n = T_o(1 + r)^{n-1}$$

Ecuación 9 Crecimiento del tránsito

En la que:

T_n = Tránsito proyectado

T_o = Tránsito actual

n = Número de años del periodo de diseño

r = Tasa anual del crecimiento del tránsito

$$Nrep\ de\ EE_{8.2\ tn} = \sum [EE_{día-carril} \times Fca \times 365]$$

Ecuación 10 Número de repeticiones de ejes equivalentes

$$EE_{día-carril} = IMDp_i \times Fd \times Fc \times Fvp_i \times Fp_i$$

Ecuación 11 Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo

Donde:

Fca: factor de crecimiento anual.

IMDpi: Índice Medio Diario

Fd: Factor direccional

Fc: Factor carril

Fvp_i: Factor vehículo pesado

Fp_i: Factor de presión de neumático

Para el cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 tn, se usará la siguiente fórmula, para cada tipo de vehículo.

Los resultados de los cálculos de las proyecciones de ESAL con los resultados de los conteos realizados y censo de carga efectuados en el presente relevamiento del 2019, se muestran por sentido de circulación, como se muestra en el Anexo 4 y 5, Los valores de los factores de carga mostrados con sobra amarilla corresponden a valores obtenidos con los pesos máximos del Reglamento Nacional de Vehículos.

El resumen del cálculo de los ejes equivalentes con factor de corrección de presión de llantas $e = 50 - 75$ mm.

Tabla 6 Cálculo de ejes equivalentes del 2019-2028. Fuente propia.

Año	50 mm	75 mm	Año	50 mm	75 mm
2019	8.85E+05	8.11E+05	2029	1.27E+07	1.16E+07
2020	1.81E+06	1.66E+06	2030	1.42E+07	1.30E+07
2021	2.79E+06	2.56E+06	2031	1.58E+07	1.45E+07
2022	3.82E+06	3.50E+06	2032	1.75E+07	1.61E+07
2023	4.90E+06	4.49E+06	2033	1.94E+07	1.77E+07
2024	6.03E+06	5.53E+06	2034	2.13E+07	1.94E+07
2025	7.23E+06	6.62E+06	2035	2.33E+07	2.13E+07
2026	8.48E+06	7.77E+06	2036	2.54E+07	2.32E+07
2027	9.81E+06	8.98E+06	2037	2.76E+07	2.52E+07
2028	1.12E+07	1.03E+07	2038	2.99E+07	2.74E+07

6.2 Diseño por Deflectometría

6.2.1 Método de diseño AASHTO 1993

Para el cálculo del módulo resiliente de la subrasante y el número estructural efectivo de la estructura existente se usó la guía de diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 1993 (*Guide of Design of Pavemnt Structures*), lo datos recolectados de campo son: las deflexiones, la carga aplicada, espesor de la carpeta asfáltica y de toda la estructura del pavimento, temperatura del ambiente, temperatura del pavimento y características del equipo. La Figura 17 muestra el diagrama de flujo del método usado.

Diagrama de flujo retrocálculo AASHTO 1993

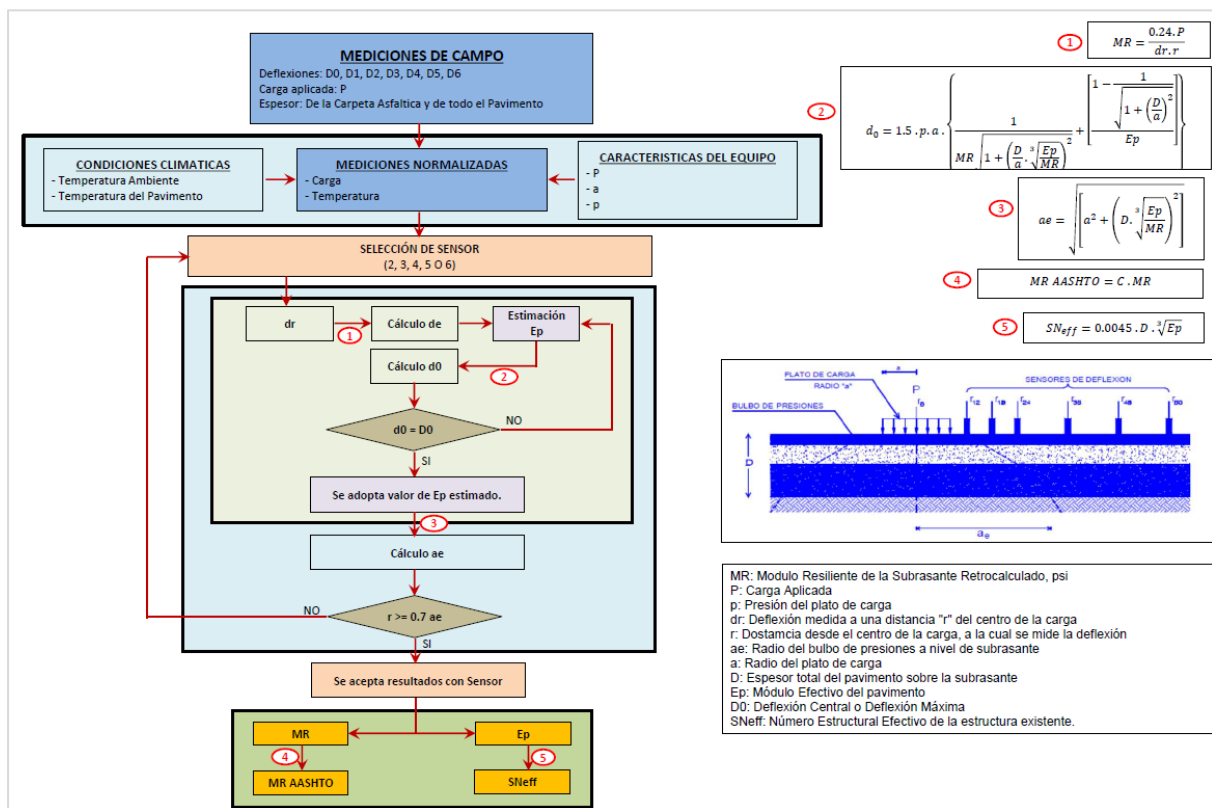


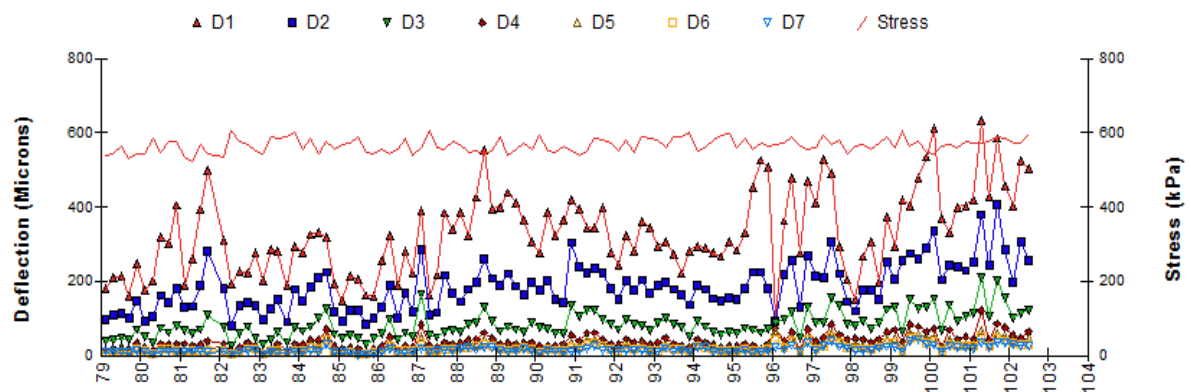
Figura 17 Diagrama de Flujo Retrocálculo. Fuente propia con información AASHTO 1993.

El equipo usado para obtener datos de las deflexiones es el Falling Weight Deflectometer (FWD) Dynatest modelo 8081 como se muestra en el Anexo 1, la metodología aplicada estuvo enmarcada por la norma AASHTO R32-09, previo a tomar las medidas de campo se verificó la calibración de las celdas de carga y los geófonos (sensores).

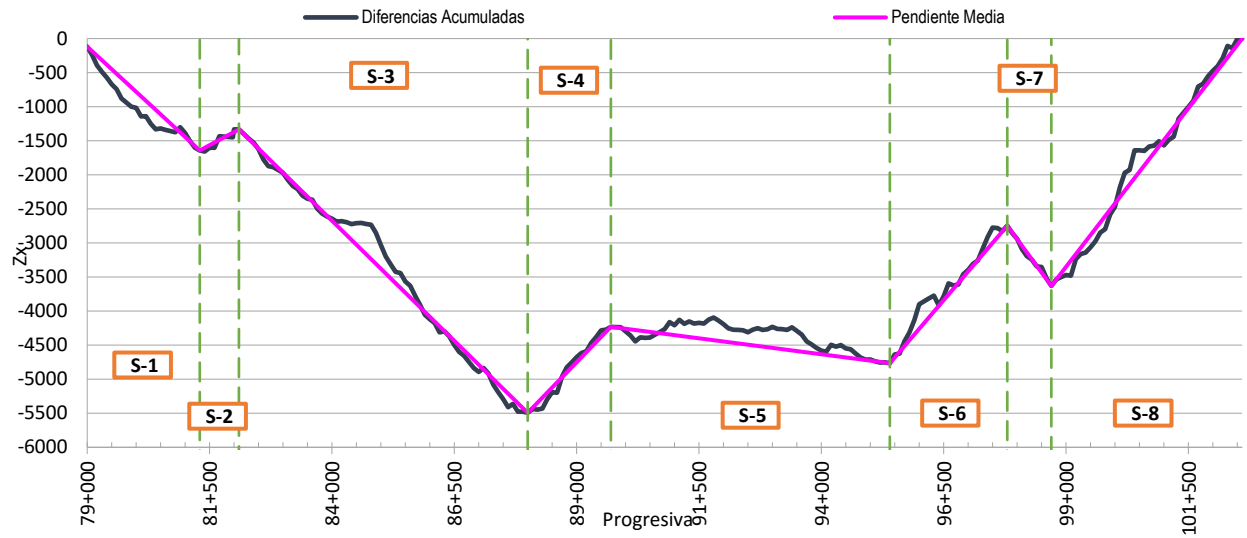
6.2.2 Cálculo del Módulo Resiliente por Deflectometría

Los sensores se ubicaron a 20, 30, 45, 60, 90 y 120 cm del centro de carga. La carga aplicada (P) es de 8981.2 lb, el radio del plato de carga (a) de 5.98 pulg y la presión del plato de carga (p) de 80 psi. Las deflexiones en campo fueron tomadas dos veces por punto; cada 100 m de forma alternada (carril izquierdo y carril derecho), de tal manera que las deflexiones sean más precisas. La corrección de las deflexiones por temperatura carga y estacionalidad se realizó con el programa ELMOD6 (Figura a). Por el método de diferencias acumuladas se obtiene 8 tramos homogéneos, como se muestra en el siguiente Figura b.

Datos deflectométrico y diferencias acumuladas



(a) Medida de la deflexión y esfuerzo



(b) Diferencias acumuladas – AASHTO 1993 anexo J

Figura 18 Diferencias Acumuladas Retrocálculo. Fuente propia.

La deflexión central, máxima y media se muestran en la Figura 19 y Anexo 11.

Deflexión central – Deflexión media – Deflexión máxima

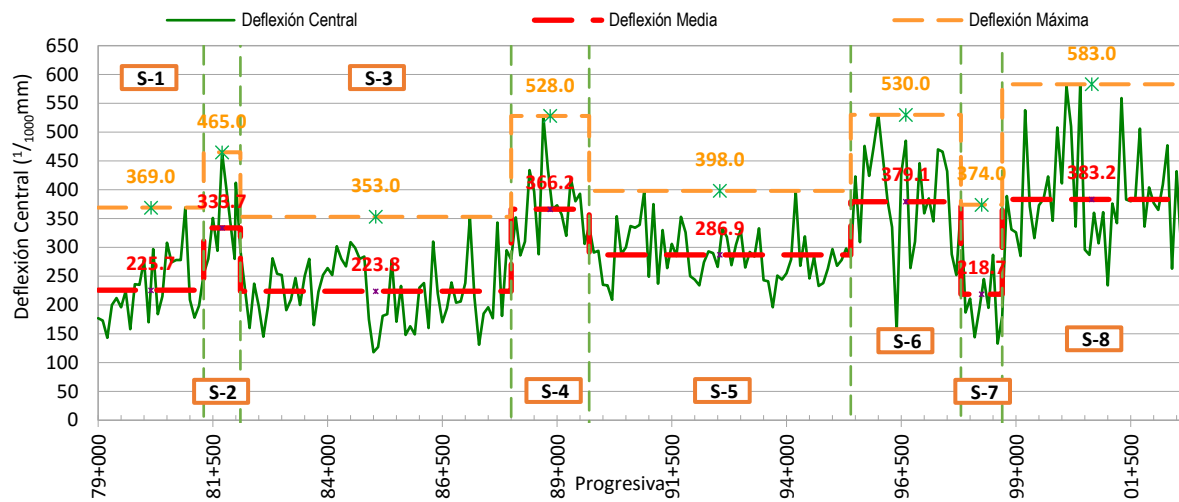


Figura 19 Deflexión central. Fuente propia.

El módulo resiliente de diseño retrocalculado, afectado por un factor “C”; (el factor es obtenido a través de la división entre el módulo resiliente elegido por retrocalculado y el módulo resiliente obtenido por geotecnia), arroja el módulo resiliente de diseño AASHTO, se muestra a continuación.

Módulo resiliente de diseño AASHTO 1993

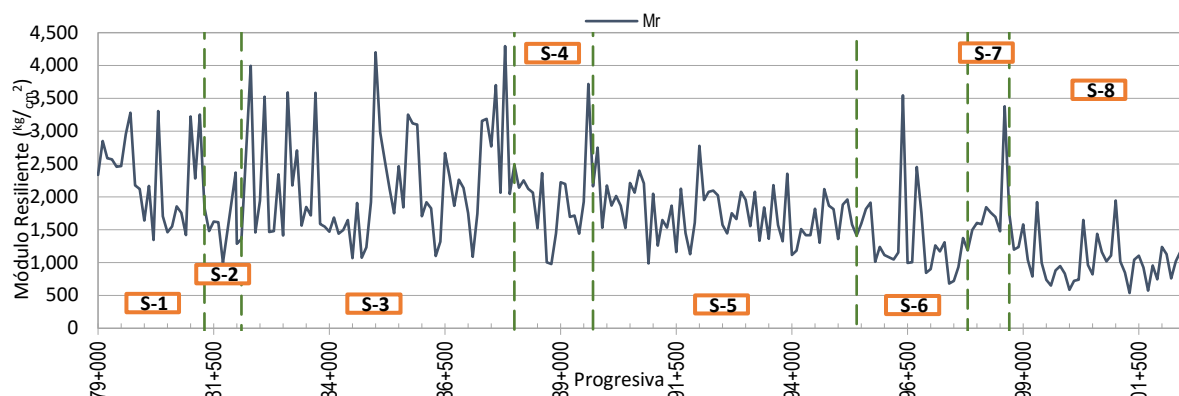


Figura 20 Módulo Resiliente de Diseño AASHTO 1993. Fuente propia.

De acuerdo con los tramos establecidos, se presenta el siguiente resumen, los datos y el cálculo se muestra en el Anexo 10.

Tabla 7 Resumen del Retrocálculo por tramos homogéneos. Fuente propia.

Sector	Inicio	Fin	Deflexión máxima Promedio (1/1000mm)	Deflexión Característica (1/1000mm)	Radio Característico (m)	Módulo Resiliente Diseño AASHTO (psi)	CBR (%)	Módulo efectivo Equivalente (Ep) (psi)	Número Estructural efectivo (SNff)
1	079+000	081+300	226	318	370	32631.8	53.5	105650.7	4.3
2	081+300	082+100	334	464	187	22778.5	30.5	68261.7	3.8
3	082+100	088+000	224	316	380	31028.6	49.5	115119.0	4.2
4	088+000	089+700	366	475	169	27856.8	41.8	60120.2	3.5
5	089+700	095+400	287	361	283	25177.3	35.7	91469.3	3.5
6	095+400	097+800	379	533	266	19323.1	23.6	82978.1	2.5
7	097+800	098+700	219	342	548	25321.4	36.0	131910.0	4.6
8	098+700	102+600	383	535	289	14900.2	15.7	76128.4	3.3

6.2.3 Propuesta de Diseño por Deflectometría

Los espesores promedio (en cm) de las capas del pavimento existente es el siguiente,

Tabla 8 Pavimento Existente – Retrocálculo. Fuente propia.

Item	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4	Subtramo 5	Subtramo 6	Subtramo 7	Subtramo 8
Progresiva inicial	079+000	081+300	082+100	088+000	089+700	095+400	097+800	098+700
Progresiva final	081+300	082+100	088+000	089+700	095+400	097+800	098+700	102+600
Distancia	002+300	000+800	005+900	001+700	005+700	002+400	000+900	003+900
Carpeta asfáltica	9	13	14	9	10	9	7	11
Base granular	21	14	17	17	17	15	26	16
Sub base granular	21	21	19	24	16	10	23	14
Estructura total	52	48	50	50	43	34	56	41

El espesor para reciclar es 20 cm; por lo tanto, el saldo de la estructura sería la siguiente.

Tabla 9 Saldo del Pavimento – Retrocálculo. Fuente propia.

Item	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4	Subtramo 5	Subtramo 6	Subtramo 7	Subtramo 8
Progresiva inicial	079+000	081+300	082+100	088+000	089+700	095+400	097+800	098+700
Progresiva final	081+300	082+100	088+000	089+700	095+400	097+800	098+700	102+600
Distancia	002+300	000+800	005+900	001+700	005+700	002+400	000+900	003+900
Carpeta asfáltica								
Base granular	11	7	11	6	7	4	13	8
Sub base granular	21	21	19	24	16	10	23	14
Estructura total	32	28	30	30	23	14	36	21

AASHTO 1993 propone siguiente ecuación para calcular el Número Estructural Requerido (SNreq).

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_R S_0 + 9.36 \text{Log}_{10}(\text{SN}_{\text{req}} + 1) - 0.2 + \frac{\text{Log}_{10} \left[\frac{\Delta \text{PSI}}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(\text{SN}_{\text{req}} + 1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(M_r) - 8.07$$

Ecuación 12 Ecuación AASHTO 1993 – SNreq. Fuente AASHTO 1993

Donde:

W18: Tráfico expresado en número de repeticiones de ejes equivalentes (EE) de 8.2 t

Z_R: Desviación estándar normal asociada a una confiabilidad

S₀: Desviación estándar global

ΔPSI: Variación de la serviciabilidad

M_r: Módulo resiliente

Para el cálculo del Número Estructural Propuesto (SN_{prop}) se usó la siguiente formula.

$$\text{SN}_{\text{prop}} = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + a_3 d_3 m_3$$

Ecuación 13 Ecuación AASHTO 1993 – SN_{prop}

Donde:

a₁, a₂, a₃: Coeficiente estructural (carpeta, base y subbase) (1/in).

d₁, d₂, d₃: Espesor de la capa (carpeta, base y subbase)

m₁, m₂: Coeficiente de drenaje de base y subbase, la carpeta asfáltica es impermeable (adimensional).

La filosofía de diseño consiste en operacionalizar las variables de la Ecuación 7 y debería responder que el SN_{prop} debe ser mayor al SN_{req}.

Con el Módulo Resiliente de diseño AASHTO y considerando los factores (Z₀, S₀ y ΔPSI), se calcula los SN_{req} de la Ecuación 9 con el software “Ecuación AASHTO 93” para el subtramo 1.

Software Ecuación AASHTO 1993

Figura 21 SNreq Subtramo 1 Deflectometría. Fuente propia.

El mismo cálculo se efectuó del subtramo 2 al 8. Los Número Estructural Remanente (SN rem) y el Número Estructural Propuesto se muestra en Tabla 10 y Tabla 11 respectivamente,

Tabla 10 Número Estructural Remanente – Retrocálculo. Fuente propia.

Item	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4	Subtramo 5	Subtramo 6	Subtramo 7	Subtramo 8
a1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
d2	0	0	0	0	0	0	0	0
a2	0.100	0.170	0.040	0.100	0.17	0.18	0.19	0.11
d2	4	3	4	2	3	2	5	3
m2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
a3	0.200	0.200	0.200	0.200	0.2	0.2	0.2	0.2
d3	8	8	7	9	6	4	9	5
m3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
SNrem	2.10	2.14	1.64	2.09	1.75	1.07	2.81	1.41

Tabla 11 Número Estructural Propuesto – Retrocálculo. Fuente propia.

Item	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4	Subtramo 5	Subtramo 6	Subtramo 7	Subtramo 8
a1	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
d2	2	2	2	2	2	2	2	2
a2	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
d2	0	2	2	1	3	6	0	7
m2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
a3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
d3	0	0	0	0	0	0	0	0
m3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SNpropuesto	0.59	0.94	1.03	0.77	1.21	2.17	0.50	2.22

En el diseño por retrocálculo, como se muestra en la Tabla 12, el SNprop es mayor a la diferencia del SNreq y SNrem, por lo que se propone un catálogo de estructuras dividido en 8 subtramos indicados en la Tabla 13.

Tabla 12 Números Estructurales – Retrocálculo. Fuente propia.

Item	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4	Subtramo 5	Subtramo 6	Subtramo 7	Subtramo 8
SNreq	2.60	3.01	2.66	2.77	2.89	3.21	2.88	3.57
SNrem	2.10	2.14	1.64	2.09	1.75	1.07	2.81	1.41
*SNreq-SNrem	0.50	0.87	1.02	0.68	1.14	2.14	0.07	2.16
SNprop	0.59	0.94	1.03	0.77	1.21	2.17	0.50	2.22

Tabla 13 Estructura propuesta – Retrocálculo. Fuente propia.

Item	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4	Subtramo 5	Subtramo 6	Subtramo 7	Subtramo 8
Carpeta asfáltica	4	4	4	4	4	6	4	5
Base granular reciclada	1	5	6	3	8	16	0	18
Base granular existente	11	7	11	6	7	4	13	8
Sub base granular existient	21	21	19	24	16	10	23	14
Estructura total	37	37	40	37	35	36	40	44

6.3 Diseño por Geotecnia

6.3.1 Cálculo del Módulo Resiliente por Geotecnia

Se ejecutaron 48 calicatas, cada 500 m de forma alternada, cumpliendo lo establecido en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC. Para el cálculo del módulo resiliente, se procesaron previamente los CBR en el laboratorio USIL y en el laboratorio de COSAPI. Las muestras (base, subbase y subrasante) correspondiente a la calicata 38 se procesó en el Laboratorio USIL Pachacamac, el resto de las calicatas se ensayaron en el laboratorio de mecánica de suelos de COSAPI, los datos se muestran en el Anexo 6, 7 y 8. A continuación se detalla el proceso para el cálculo del CBR.

6.3.1.1 Análisis Granulométrico. Para la clasificación granulométrica por SUCS Y AASHTO de la subrasante (calicata 38) revisar el Anexo 9, del análisis granulométrico por tamizado (Anexo 6) se obtuvo los siguientes datos:

Datos de la subrasante

Input	Valor
%Pasa # 4	38
%Pasa # 10	29.3
%Pasa # 40	16.3
%Pasa # 200	6.1
% LL	20
% LP	14
D60,D10 y D30 (mm)	Curva granulométrica

Figura 22 Análisis granulométrico. Fuente propia.

Lo que pasa por el tamiz número 200 es menor al 50%, por lo tanto, se trata de un material granular, luego el material que pasa por el tamiz número 4 es menor al 50% entonces es una grava, pero lo que pasa por el tamiz número 200 es esta comprendido entre 5 y 12% y tendría

simbología doble. La curva granulométrica no presenta un comportamiento lineal, por lo que el cálculo del coeficiente de curvatura(c_c) y coeficiente de uniformidad(c_u) es mediante una interpolación semi logarítmica, vamos a convertir la escala natural (% que pasa) a logarítmica para trabajar en la misma escala.

Abertura	% Pasa	$\frac{a-b}{x-b} = \frac{\text{Log10}(c) - \text{Log10}(e)}{\text{Log10}(d) - \text{Log10}(e)}$
a	c	
x	d	
b	e	

$$x = D_{10/30/60} = \frac{\text{Log10}(d) - \text{Log10}(e)}{\text{Log10}(c) - \text{Log10}(e)} \times (a - b) + b$$

Ecuación 14 Interpolación semi logarítmica

Calculamos el D_{10} ,

$$x = D_{10} = \frac{\text{Log10}(8.7) - \text{Log10}(14.1)}{\text{Log10}(10) - \text{Log10}(14.1)} \times (0.15 - 0.30) + 0.30 = 0.19 \text{ mm}$$

La misma operación se repite para el D_{30} y D_{60} , obteniendo 2.25 y 15.39 respectivamente. Calculamos los coeficientes de uniformidad y curvatura:

$$cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}; cu = \frac{D_{30}}{D_{60} \times D_{10}}$$

Ecuación 15 Coeficiente de uniformidad y curvatura.

Remplazando en la Ecuación 10 el D_{10} , D_{30} y D_{60} se obtiene $C_u=79.6$ y $C_c=1.7$.

Con los datos obtenidos del coeficiente de curvatura y uniformidad y la carta de plasticidad del Anexo 9, satisface los criterios de graduación para un GW, así mismo, los límites de Atterberg se encuentran por encima de la línea "A", verificando el símbolo como GM, finalmente la clasificación por SUCS sería GW-GM (grava bien graduada con presencia de limo). Para la clasificación por AASHTO se usó las especificaciones estándares de la Tabla 2 de *Clasification of Soil and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*, por descarte con los datos de la Figura 22, se obtiene la clasificación de grupo A-1-a, usando la fórmula del índice de grupo:

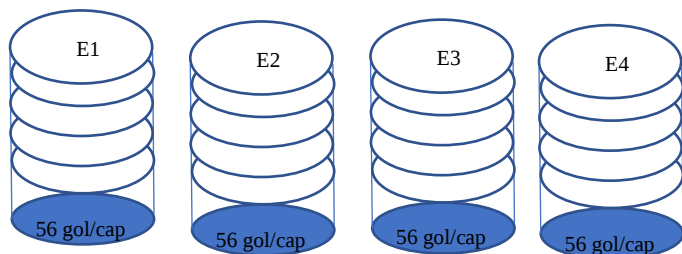
$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

Ecuación 16 Índice de grupo.

Donde:
 IG: Índice de grupo.
 F: % pasa malla N° 200.
 LL: Límite líquido.
 IP: Índice de plasticidad.

Se obtiene, $IG=-3.0$, cuando el valor es negativo se considera 0, finalmente la clasificación por AASHTO sería A-1-a (0), no olvidar revisar el índice de grupo por que presenta ciertas consideraciones.

6.3.1.2 Proctor Modificado. Se usó el Proctor Modificado, por que recrea escenarios más eficientes a lo largo de la vida útil del pavimento y necesitamos responder al tráfico pesado de la vía en estudio, la diferencia principal con el Proctor Estándar es la energía de compactación y la capacidad del molde. El ensayo se corrigió por densidad y contenido de humedad para suelos que contienen partículas extradimensionadas ASTM D-4718, se preparó cuatro especímenes de 5 capaz a 56 golpes/capa (energía constante), con las siguientes formulas se calcula para cada espécimen, la densidad humedad y la densidad seca.



$$\gamma_{Hi} = \frac{P_i}{V_i}$$

$$\gamma_{si} = \frac{\gamma_{Hi}}{1 + \%W}$$

$$\%comp = \frac{\gamma_{comp}^{seca}}{(\gamma_{lab}^{seca})_{máx}} \times 100$$

Donde:

γ_{Hi} = Peso específico húmedo.

γ_{Hi} =Peso específico seco.

$\%W$ = Humedad

Ecuación 17 Densidad húmeda y seca

Corrigiendo la curva de compactación del Proctor Modificado por partículas extradimensioandas el punto máximo de la ecuación de segundo grado sería 2.372 gr/cm³ (máxima densidad seca) y 4.5 % (óptimo contenido de humedad).

Proctor modificado

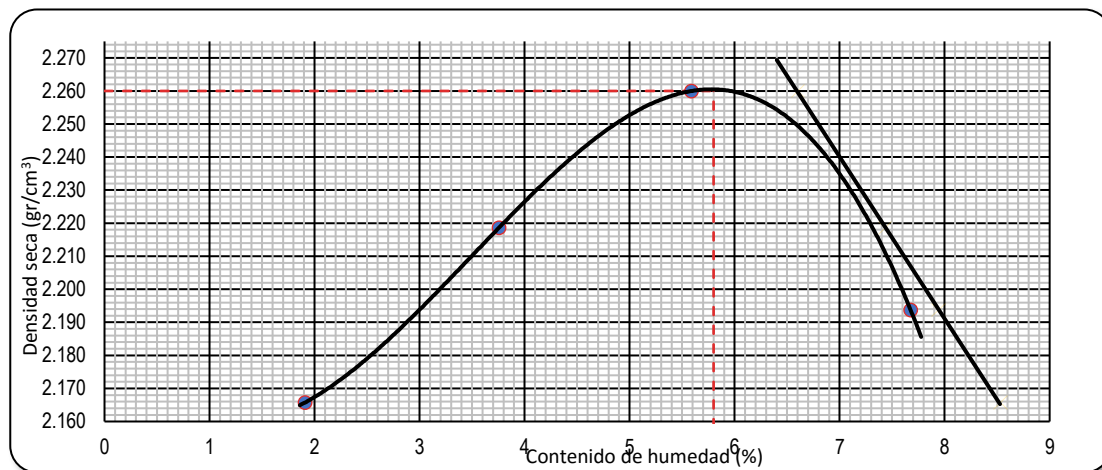
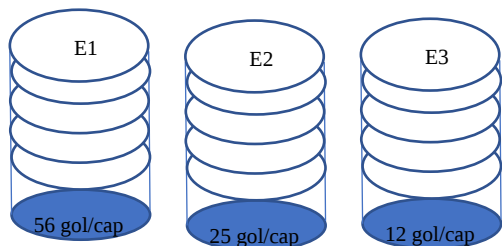


Figura 23 Curva de compactación Proctor Modificado. Fuente propia.

6.3.1.3 CBR en el Laboratorio. La energía de compactación de los especímenes es variable, 56, 25 y 12 golpes por capa.



La corrección del CBR se realizó de forma estadística por mínimos cuadrados, reemplazando en la Ecuación 1, para una penetración de 2.54 mm (1”) se obtiene:

$$CBR(\%) = \frac{\left(\frac{775.4 \text{ kgf}}{19.48 \text{ cm}^2}\right)}{70.5 \text{ kg/cm}^2} \times 100 = 56.5$$

Para el CBR al 95% de MDS se usó interpolación polinomial de Lagrange.

CBR a la densidad natural

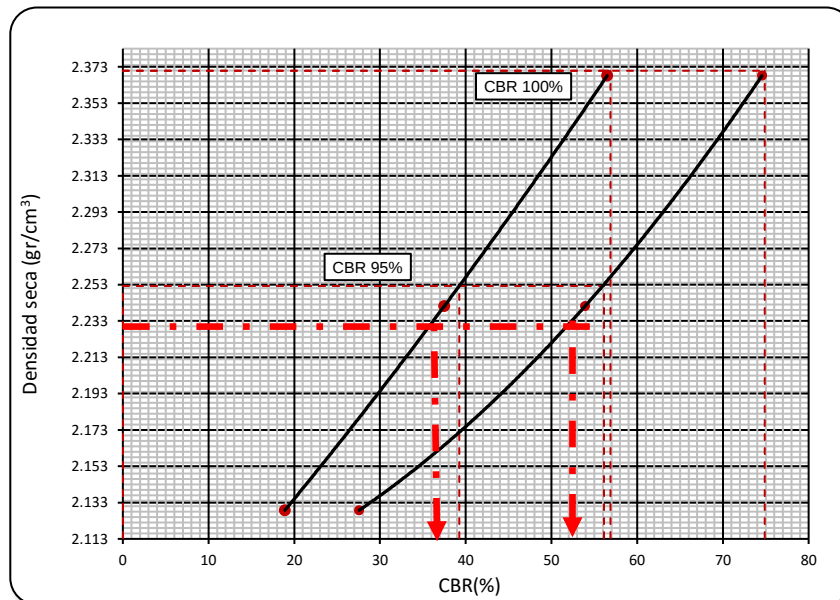


Figura 24 Determinación del CBR. Fuente propia.

Finalmente, el CBR a 1” y a 95% MDS es 39.2%, se puede verificar en la Tabla 14.

Tabla 14 Porcentajes del CBR. Fuente propia.

N golpes	$\gamma_{seca}(\text{gr/cm}^3)$	CBR a 0.1”	CBR a 0.2”
56	2.371	56.5	74.6
25	2.238	37.5	53.9
12	2.124	18.9	27.6
	100% MDS = 2.371	56.9	74.9
	95 %MDS = 2.252	39.2	56.1
	Densidad Natural = 2.233	36.9	52.8

Nota. La toma de medidas diarias a demostrado que es un suelo no expansivo.

Usando diferencias acumuladas del Anexo J de la Guía de Diseño de Estructuras de pavimentos AASHTO 1993 se obtiene 4 subtramos como se muestra en la siguiente Figura 21, el resumen de los de los ensayos de mecánica de suelos (Granulometría, Contenido de humedad, Límites de Atterberg, Proctor modificado, CBR, peso específico y absorción, materia orgánica y detalles de las calicatas se muestra en el Anexo 10

Diferencias acumuladas sugeridas por AASHTO 1993

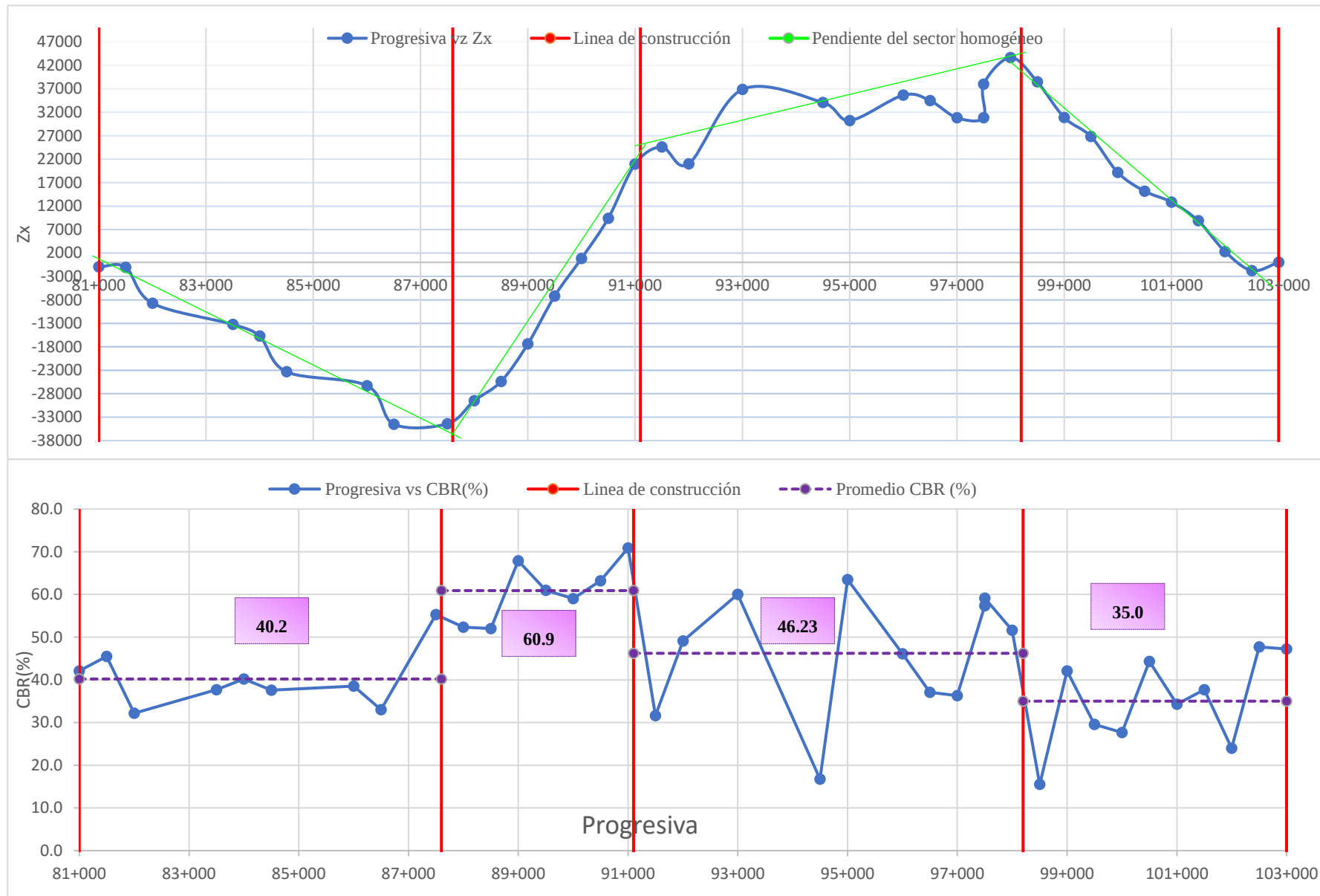


Figura 25 Sectorización por Subtramos Diferencias Acumuladas. Fuente propia

Con la Ecuación 2 propuesta por NCHRP 2004 para el cálculo de Módulo Resiliente se obtiene la Tabla 15.

Tabla 15 Módulo Resiliente Promedio por Geotecnia. Fuente propia.

Progresiva		CBR (%)	Mr (psi)	Mr (ksi)
Inicio (Km)	Fin (Km)			
079+000	087+500	40.20	27181	27.2
087+500	091+000	60.90	35442	35.4
091+000	098+000	46.23	29714	29.7
098+000	102+600	35.00	24867	24.9

Nota. Los CBR fueron obtenidos del método de Diferencias Acumuladas.

6.3.2 Propuesta de Diseño por Geotecnia

El subtramo 3 representa el 26% de la longitud total y los espesores promedio (en cm) de las capas del pavimento existente es el siguiente:

Tabla 16 Estructura Existente – Geotecnia. Fuente propia.

Item	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4
Progresiva inicial	079+000	087+500	091+000	098+000
Progresiva final	087+500	091+000	098+000	102+600
Distancia	008+500	003+500	007+000	004+600
Carpeta asfáltica	12	10	8	11
Base granular	17	17	20	16
Sub base granular	20	20	16	14
Estructura total	50	46	45	41

El espesor para reciclar es 20 cm; por lo tanto, el saldo del pavimento (en cm) es:

Tabla 17 Saldo del pavimento – Geotecnia. Fuente propia.

Item	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4
Carpeta asfáltica				
Base granular	10	7	9	8
Sub base granular	20	20	16	14
Estructura total	30	26	25	21

El periodo de diseño es 5 años, de acuerdo con los términos de referencia del contrato. La variación de la serviciabilidad es 1.5, la confianza considerada es 90% de acuerdo con el tráfico, y la desviación estándar global 0.45, el cálculo de SN_{req} se calculó mediante el Software Ecuación AASHTO 1993, el cálculo para el subtramo 1 se muestra a continuación.

Software Ecuación AASHTO 1993

Figura 26 SNreq Subtramo 1 Geotecnia. Fuente propia.

El mismo cálculo se efectuó para los subtramos 2,3 y 4. Los coeficientes estructurales (a_1 , a_2 y a_3) fueron calculados mediante los ábacos (Anexo 11) propuestos por AASHTO 1993.

Tabla 18 Coeficientes Estructurales del Pavimento Remanente – Geotecnia. Fuente propia.

Item	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4
Progresiva inicial	079+000	087+500	091+000	098+000
Progresiva final	087+500	091+000	098+000	102+600
Base granular (%)	69	71	77	75
Sub base granular (%)	56	63	69	54
a_2 (1/in)	0.128	0.131	0.134	0.133
a_3 (1/in)	0.128	0.129	0.130	0.128

El tiempo que tarda el agua en ser evacuada es 1 día, clasificando la calidad de drenaje como bueno y el tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercano a la saturación es mayor al 25%; por lo tanto, el coeficiente de drenaje (m_2 y m_3) es 1.

Cálculo del número estructural remanente medidas en pulgadas.

Tabla 19 Número Estructural Remanente -Geotecnia. Fuente propia

Item	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4
a_1	0	0	0	0
d_2	0	0	0	0
a_2	0.128	0.131	0.134	0.133
d_2	3.8	2.6	3.4	3.0
m_2	1.000	1.000	1.000	1.000
a_3	0.128	0.129	0.130	0.128
d_3	8.0	7.8	6.5	5.4
m_3	1	1	1	1
SNrem	1.51	1.35	1.30	1.09

El coeficiente estructural (a1) recomendado para todo tipo de tráfico, módulo 430, 000 psi a 20 °C es 0.32 in⁻¹, para hallar el coeficiente estructural (a2) de la base reciclada se hizo pruebas en el laboratorio y se obtuvo un coeficiente de 0.23 in⁻¹. Por lo tanto, el número estructural propuesto (medidas en pulgadas) es:

Tabla 20 Número Estructural Propuesto – Geotecnia. Fuente propia.

Item	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4
a1	0.32	0.32	0.32	0.32
d2	2	2	2	2
a2	0.225	0.225	0.225	0.225
d2	3	3	4	6
m2	1.0	1.0	1.0	1.0
a3	0.00	0.00	0.00	0.00
d3	0	0	0	0
m3	0.0	0.0	0.0	0.0
SNprop	1.46	1.46	1.55	1.99

Los Números Estructurales, se presentan a continuación:

Tabla 21 Números Estructurales-Geotecnia. Fuente propia.

Item	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4
SNreq	2.80	2.52	2.70	2.90
SNrem	1.51	1.35	1.30	1.09
*SNreq-SNrem	1.29	1.17	1.40	1.81
SNprop	1.46	1.46	1.55	1.99

Nota. * Número Estructural Necesario. Elaboración propia.

La estructura propuesta (en cm) sería como se muestra en la Tabla 22:

Tabla 22 Estructura Propuesta -Geotecnia. Fuente propia.

Item	Subtramo 1	Subtramo 2	Subtramo 3	Subtramo 4
Carpeta asfáltica	6	6	6	6
Base granular reciclada	8	8	9	14
Base granular existente	10	7	9	8
Sub base granular	20	20	16	14
Estructura total	44	40	40	41

6.4 Análisis de Costos

A continuación, se presenta el análisis de la estimación del presupuesto total por geotecnia y deflectometría.

6.4.1 Recursos y Precios

6.4.1.1 Metrado de las Partidas. De acuerdo con el glosario de partidas aplicables a obras de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras y puente, resolución directoral N° 17-2012-MTC/14, se consideró las siguientes: Reciclado y estabilizado con emulsión asfáltica, imprimación asfáltica y recapeo asfáltico, partidas equivalentes con los términos de referencia del contrato. Así mismo, el metrado de la estructura de pavimento es lineal considerando el largo y ancho de la vía, la partida mencionada con su respectivo metrado se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23 Metrado de las Principales Partidas. Fuente propia.

Partida	Und	Longitud(m)	Ancho promedio(m)	Metrado
Reciclado e=20 cm y estabilizado con emulsión asfáltica	m2	023+600	7.8	185,142.0
Imprimación asfáltica MC-30	m2	023+600	7.8	185,142.0
Recapeo asfáltico e=5.0 cm	m2	023+600	7.8	185,142.0

Los materiales requeridos de mezcla asfáltica, con un factor de esponjamiento (FE) de 1.3 varía por deflectometría y geotecnia en 3926.4 m3, los resultados se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24 Material Requerido de Mezcla asfáltica en Caliente. Fuente propia.

Longitud(m)	Und	Ancho promedio(m)	Altura (m)	FE	Metrado (m3)
002+300	m3	7.8	0.04	1.3	938.3
000+800	m3	7.8	0.04	1.3	326.4
005+900	m3	7.8	0.04	1.3	2406.8
001+700	m3	7.8	0.04	1.3	693.5
005+700	m3	7.8	0.04	1.3	2325.3
002+400	m3	7.8	0.06	1.3	1468.6
000+900	m3	7.8	0.04	1.3	367.1
003+900	m3	7.8	0.05	1.3	1988.7
				Deflectometría	10514.7
008+500	m3	7.8	0.06	1.3	5201.2
003+500	m3	7.8	0.06	1.3	2141.7
007+000	m3	7.8	0.06	1.3	4283.4
004+600	m3	7.8	0.06	1.3	2814.8
				Geotecnia	14441.1

6.4.1.2 Análisis de Precios Unitarios. Los rendimientos fueron tomados de otros proyectos ejecutados por Cosapi con características similares, el análisis de precio por retrocálculo y geotecnia se muestra en el Anexo 13.

6.4.1.3 Lista de Precios. Las listas de precios fueron tomados a precios de obra, tomando como referencia principal a la revista costos, las horas hombre (hh) se obtuvo de la Tabla Salarial 2019-2020 de La Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) y la Federación de Trabajadores en Construcción Civil del Perú (FTCCP), los precios y cantidades de los recursos se muestra en el Anexo 14.

6.4.2 Presupuesto Total por Deflectometría

El costo directo asciende a 10 millones 830 mil 464 soles, considerándose el costo directo de 15%, utilidades 10% y el impuesto general a las ventas (IGV) 18%, obteniendo un costo total de 15 millones 974 mil 934 soles. Recordemos que el costo indirecto es asumido en base a experiencia, pero no altera los objetivos de la presente tesis.

S10						1
UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA						
Presupuesto						
Presup	1104001	SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: YANANGO-PUENTE HERRERIA				
Subpre	002	PAVIMENTO FELXIBLE - DEFLECTOMETRÍA				
Cliente	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES				Costo al	19/08/2020
Lugar	JUNIN - CHANCHAMAYO - SAN RAMON					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
01	TRABAJOS PRELIMINARES				369,209.61	
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	366,032.11	366,032.11	
01.02	TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN	km	23.60	134.64	3,177.50	
02	TRABAJOS EN PLATAFORMA				10,340,180.70	
02.01	RECICLADO e=20cm ESTABILIZADO C/EMULSIÓN (2.8% del asfalto residual)	m2	185,142.00	28.12	5,206,193.04	
02.02	IMPRIMACION ASFALTICA MC-30	m2	185,142.00	3.80	703,539.60	
	RECAPEO ASFÁLTICO e=4.0 cm	m2	185,142.00	23.93	4,430,448.06	
03	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				120,218.68	
03.01	REPOSICIÓN DE SEÑAL PREVENTIVA Y REGLAMENTARIA	und	9.00	262.80	2,365.20	
03.02	REPOSICIÓN DE SEÑAL INFORMATIVA	und	10.00	333.14	3,331.40	
03.03	REPOSICIÓN DE POSTES DELINEADORES	und	131.00	59.48	7,791.88	
03.04	CONSERVACIÓN DE MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	4,328.00	23.28	100,755.84	
03.05	REPOSICIÓN DE TACHAS REFLECTIVAS	und	532.00	11.23	5,974.36	
04	PROTECCIÓN AMBIENTAL				854.78	
04.01	ELIMINACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES	m3	111.30	5.40	601.02	
04.02	ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EXCEDENTE en DME	m3	111.30	2.28	253.76	
	COSTO DIRECTO				10,830,463.77	
	GASTOS GENERALES (15%CD)				1,624,569.57	
	UTILIDADES (10%CD)				1,083,046.38	
	SUBTOTAL				13,538,079.72	
	IMPUESTO IGV 18%				2,436,854.35	
	TOTAL PRESUPUESTO				15,974,934.07	
SON : QUINCE MILLONES NOVECIENTOS SETENTICUATRO MIL NOVECIENTOS TRENTICUATRO Y 07/100 NUEVOS SOLES						

Figura 27 Presupuesto total – Retrocálculo. Fuente propia con el software S10.

6.4.3 Presupuesto Total por Geotecnia

El costo directo asciende a 11 millones 187 mil 788 soles, considerándose el costo directo de 15%, utilidades 10% y el impuesto general a las ventas (IGV) 18%, obteniendo un costo total de 16 millones 501 mil 987 soles. La variación respecto al presupuesto total por deflectometría es 527 mil 053 soles (3.2%).

S10						1
UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA						
Presupuesto						
Presupuesto	1104001	SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: YANANGO-PUENTE HERRERIA				
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO FLEXIBLE - GEOTÉCNIA				
Cliente	MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES				Costo al	19/08/2020
Lugar	JUNIN - CHANCHAMAYO - SAN RAMON					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
01	TRABAJOS PRELIMINARES				369,209.61	
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	366,032.11	366,032.11	
01.02	TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN	km	23.60	134.64	3,177.50	
02	TRABAJOS EN PLATAFORMA				10,697,504.76	
02.01	RECICLADO e=20cm ESTABILIZADO C/EMULSIÓN (2.8% del asfalto residual)	m2	185,142.00	28.12	5,206,193.04	
02.02	IMPRIMACION ASFALTICA MC-30	m2	185,142.00	3.80	703,539.60	
	RECAPEO ASFÁLTICO e=6.0 cm	m2	185,142.00	25.86	4,787,772.12	
03	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				120,218.68	
03.01	REPOSICIÓN DE SEÑAL PREVENTIVA Y REGLAMENTARIA	und	9.00	262.80	2,365.20	
03.02	REPOSICIÓN DE SEÑAL INFORMATIVA	und	10.00	333.14	3,331.40	
03.03	REPOSICIÓN DE POSTES DELINEADORES	und	131.00	59.48	7,791.88	
03.04	CONSERVACIÓN DE MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	4,328.00	23.28	100,755.84	
03.05	REPOSICIÓN DE TACHAS REFLECTIVAS	und	532.00	11.23	5,974.36	
04	PROTECCIÓN AMBIENTAL				854.78	
04.01	ELIMINACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES	m3	111.30	5.40	601.02	
04.02	ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EXCEDENTE en DME	m3	111.30	2.28	253.76	
	COSTO DIRECTO				11,187,787.83	
	GASTOS GENERALES (15%CD)				1,678,168.17	
	UTILIDADES (10%CD)				1,118,778.78	
	SUBTOTAL				13,984,734.78	
	IMPUESTO IGV 18%				2,517,252.26	
	TOTAL PRESUPUESTO				16,501,987.04	
SON : DIECISEIS MILLONES QUINIENTOS UNO MIL NOVECIENTOS OCHENTISIETE Y 04/100 NUEVOS SOLES						

Figura 28 Presupuesto total – Geotecnia. Fuente propia con el software s10.

Capítulo VII: Resultados y Discusión

En el presente capítulo se presentará los resultados y discusión de los resultados. Los resultados por deflectometría son el diseño del catálogo de estructuras y la estimación del costo total, y los resultados por geotecnia son los ensayos involucrados al cálculo del CBR en el laboratorio y el costo total involucrado al catálogo de estructuras, así mismo, la discusión de los resultados está orientado a comparar los resultados obtenidos con otras investigaciones.

7.1 Resultados

7.1.1 Deflectometría

La estructura existente promedio o representativa tiene una carpeta asfáltica de 10 cm y un espesor de paquete estructural 46 cm, del pavimento se recicló mecánicamente 20 cm y se estabilizó con emulsión (2.8% del asfalto residual) , así mismo se ejecutó un recapeo asfáltico de espesor promedio 6 cm a lo largo de la vía con una dosificación 6% de PEN, por diferencias acumuladas se obtuvo 8 subtramos y el costo total por deflectometría es 15 millones 974 mil 934 soles y el costo por kilómetro es de 676 mil 904 soles, el subtramo N° 5 representa la mayor longitud (24.2%) del Tramo 3 del proyecto, los catálogos de estructuras (en cm) se muestran en la Figura 29. Las progresivas de los subtramos (inicio, fin y longitud) de la estructura propuesta unidades en Kilómetros.

Alternativa de solución - Deflectometría

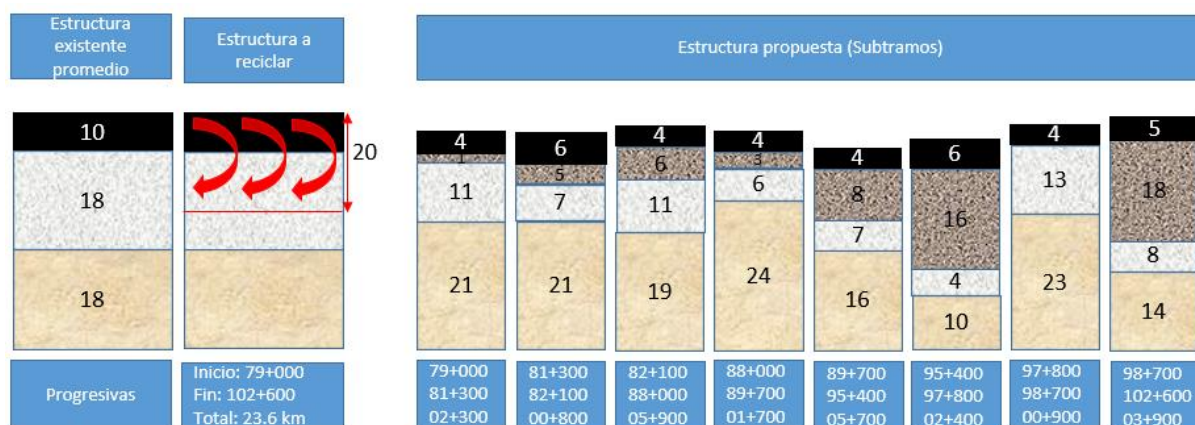


Figura 29 Catálogo de Estructuras – Retrocálculo. Fuente propia.

7.1.2 Geotecnia

El Anexo 10 muestra el resumen de los ensayos de mecánica de suelos, es evidente demostrar que existe una diferencia entre el CBR calculado al 95% MDS y el CBR calculado a la densidad natural, por lo que la forma correcta de diseño de pavimentos reciclados sería mediante la densidad natural (operando). Al calcular el módulo resiliente mediante la ecuación propuesta por AASHTO 2002, EL CBR al 95% MDS estaríamos diseñando un paquete estructural de mayor espesor, lo cual el diseño propuesto no respondería a las solicitudes del tráfico.

El costo total por geotecnia asciende a 16 millones 501 mil 987 soles (una variación de 3.2% respecto al costo total por deflectometría, representando una variación de 527 mil 053 soles, aproximadamente medio millón), el costo por kilómetro es de 699 mil 237 soles. En la Figura 30 se muestra el catálogo de estructuras por geotecnia.

Alternativa de solución - Geotecnia

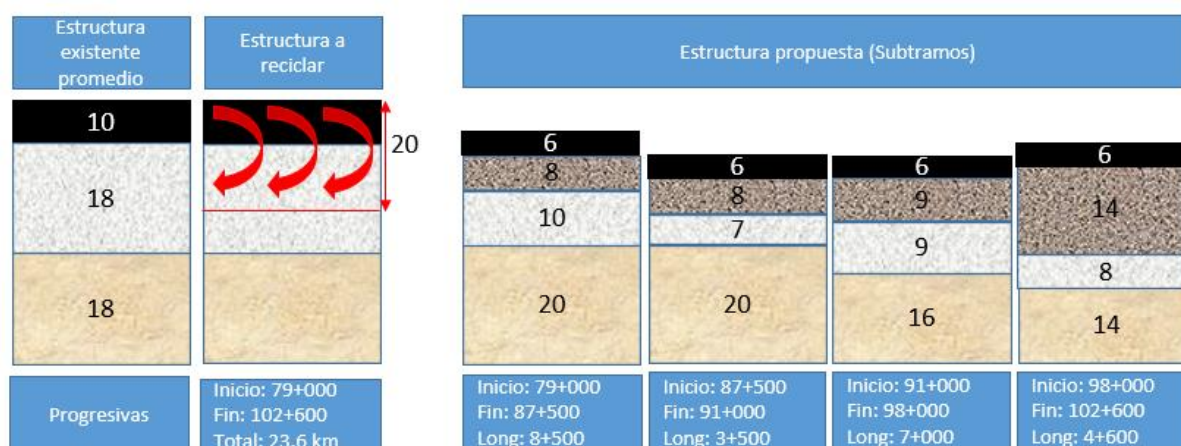


Figura 30 Catálogo de Estructuras – Geotecnia. Fuente propia.

7.1.3 Correlación

De las 48 calicatas de geotecnia procesadas en gabinete, 13 (27.1%) calicatas presentan incoherencia en sus CBR; por ejemplo, para un CBR de 17.4% (por retrocálculo) sería equivalente a un suelo rocoso (geotecnia), lo cual está incorrecto, ya que un CBR de suelo rocoso sería mayor a 80%. En la Figura 25 se muestra las diferencias de ambos métodos de cálculo.

Tabla 25 CBR diferentes por Retrocálculo y Geotecnia Fuente propia.

Item	Progresiva	Retrocálculo		Geotécnia	
		Mr (psi)	CBR (%)	CBR (%)	Mr (psi)
1	079+000	33210.8	55.0	Suelo rocoso	
2	079+500	35114.8	60.0	Relleno masivo	
3	080+000	23328.1	31.7	Pedraplen	
4	080+500	20786.2	26.5	Pedraplen	
5	082+500	27607.0	41.2	Enrocado	
6	083+000	20089.4	25.1	Roca	
7	085+000	59748.1	137.7	Roca	
8	085+500	35085.3	59.9	Roca	
9	087+000	24934.6	35.2	Pedraplen	
10	092+500	22377.8	29.7	Roca	
11	093+500	19373.0	23.7	Roca	
12	094+000	15879.2	17.4	Roca	
13	095+500	22641.1	30.2	Roca	

De las 35 calicatas que guardan una relación entre sí por ambos métodos (deflectometría y geotecnia), 17 (49%) calicatas tienen un módulo resiliente por retrocálculo mayor al módulo resiliente por geotecnia y 18 (51%) calicatas tienen un módulo resiliente por geotecnia mayor al módulo resiliente por retrocálculo. Los pozos de exploración se muestran en la Figura 31.

Comparación de módulos

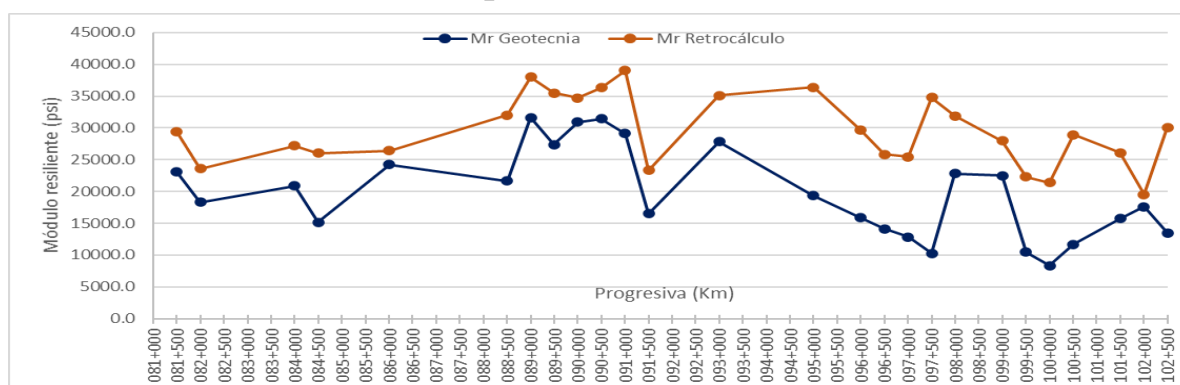


Figura 31 Comparación de Módulo Resiliente. Fuente propia.

De acuerdo con el análisis inferencial y usando el paquete estadístico Minitab, se obtiene lo siguiente: un valor de Pearson igual a 0.73, coeficiente de relación p igual a 0.0001 ($p < 0.005$) y el Coeficiente R^2 igual a 0.53 (53%). La muestra es mayor a 15 por lo tanto no se presenta un problema la distribución normal. El nivel de confianza seleccionado es 95 %, tal como las fuentes bibliográficas consideraron para predecir el comportamiento entre el módulo resiliente obtenido por deflectometría y el módulo resiliente obtenido por geotecnia, de este modo, se podría comprar los resultados. por lo tanto, el modelo de regresión lineal explica la fuerza de relación entre las variables, entonces, la ecuación de la Figura 32 se puede usar para predecir valores o un rango de valores deseados para el Mr geotecnia. $N=35$, La desviación estandar del coeficiente de ajuste C promedio de 0.74 de cada muestra es 41%. Fuente propia.

Correlación

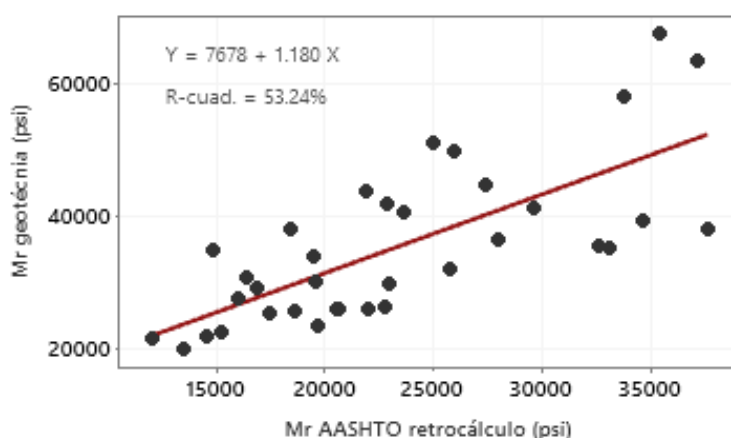


Figura 32 Correlación de módulos resilientes. Fuente propia.

7.2 Discusión de los Resultados

Se acepta la hipótesis general, donde al evaluar el módulo resiliente del terreno de fundación vial fundamentado en la deflectometría y la geotecnia **se induce a reducir diseño y costo**. Así mismo, la variación del diseño por deflectometría y geotecnia es de 527 mil 053 soles, con una diferencia porcentual entre ambos de 3.2 %. El costo total por kilómetro usando deflectometría y geotecnia es de 676 mil 904 soles y de 699 mil 237 soles respectivamente. Estos resultados indican a mayor módulo resiliente, menor espesor de la estructura diseñada; por lo tanto, menor costo total. El costo por deflectometría es menor debido que el FWD no está modelando lo que realmente está pasando en las capas inferiores base y subbase, estas capas durante años de operación han sufrido reacomodo, desconfinamiento y pérdida progresiva de la humedad, desviando los datos y creyendo que aún se tiene una estructura en condiciones aceptable de operación estructural; por consiguiente, considerando la particularidad mencionada se estaría enmascarando una capacidad estructural de la subrasante equívoca. Comparando con el valor ofertado del proyecto general el costo por kilómetro es de 795 mil 756 soles, con una variación respecto al costo deflectométrico de 17.6% y una variación respecto al costo geotécnico de 13.8%. Analizando los datos, la alternativa de diseño propuesta para el reciclado del pavimento del tramo en estudio, es elaborar pozos exploratorios (calicatas) y hacer un estudio de mecánica de suelos aferido a un estudio deflectométrico.

Se acepta la primera hipótesis específica, donde al realizar el ensayo no destructivo con el defrectómetro de impacto **se diseña y subestima los costos directos** en pavimentos reciclados. El diseño corresponde a 8 subtramos y la estructura promedio es: Carpeta asfáltica en caliente 4 cm, base granular reciclada 7 cm, base granular existente 8 cm y subbase granular existente 18

cm, obteniendo un costo de 15 millones 974 mil 934 soles. De los resultados en promedio obtenemos menor espesor total que la estructura existente; por lo tanto, no concuerda completamente con lo que AASHTO 1993 y Leal (2010) sostiene que el Módulo resiliente retrocalculado es mayor al módulo resiliente obtenido por geotecnia, lo cual solo el 51% del tramo de la vía cumple y el 49% no cumple. Bajo lo referido anteriormente y al analizar estos resultados confirmamos que la vía PE-22B Tramo Yanango-Puente Herrería del Km 79+000 al Km 102+600 en particular, con doble carpeta asfáltica, no se adecúan completamente al ensayo del FWD.

Se acepta la segunda hipótesis específica, donde al realizar el ensayo CBR en el laboratorio **se diseña** pavimentos reciclado de la carretera central, así mismo, se acepta la estimación de los costos directos. El diseño corresponde a 4 subtramos mediante el análisis de diferencias acumuladas propuesto por AASHTO 93; la estructura promedio es: Carpeta asfáltica en caliente 6 cm, base granular reciclada 10 cm, base granular existente 8 cm y subbase granular existente 18 cm, obteniendo un costo de 16 millones 501 mil 987 soles. De los resultados obtenidos se evidencia menor espesor del pavimento existente. Pese a tener ciertas consideraciones especiales el ensayo del CBR sigue usándose y se valida su efectividad. Estoy de acuerdo con Chávez et al, (2017), Quiñones (2015) y Soto& Surco (2017) donde concluye que el módulo resiliente calculados por el FWD y CBR en el laboratorio varían significativamente; pero no estoy de acuerdo con lo que Pullido (2011) y Fuentes et al (2015) sostienen, que no existe variación significativa al comparar los diseños.

Se acepta la tercera hipótesis específica, donde al calcular el módulo resiliente mediante ensayo CBR en el laboratorio y ensayo deflectométrico **se establece una correlación** del terreno de fundación. La correlación entre ambas variables mediante el Coeficiente lineal de Pearson es 0.73 y la ecuación ajustada para el modelo de regresión lineal simple es $Y=1.180x+7678$ con un coeficiente R^2 de 53.24%. Por lo tanto, la correlación entre ambas variables tiene una clasificación como una asociación alta, indica que cuando el Mr AASHTO retrocálculo aumenta, Mr geotecnia también tiende a aumentar. La relación entre el Mr geotecnia y Mr AASHTO es estadísticamente significativa ($p\text{-value} < 0.005$) con un coeficiente de ajuste "C" de 0.74. Verificamos que la correlación obtenida del factor de ajuste C se encuentra por encima de la media aritmética de las siguientes investigaciones: Guzmán et al (2016), Petersen et al. (2014), Leal (2010), Kam et al. (2016) y Baladi et al, (2009) es 0.37, 0.45, 0.65, 0.67 y 0.96 respectivamente. Las investigaciones se llevaron a cabo en suelos granulares, el mismo suelo del presente estudio.

Capítulo VIII: Conclusiones y Recomendaciones

8.1 Conclusiones

A continuación, se presenta la conclusión general de la presente investigación. El espesor del paquete estructural diseñado por deflectometría es menor al diseñado por geotecnia, en consecuencia, el costo por deflectometría es menor al costo por geotecnia. Esto indica que, el módulo resiliente calculado por deflectometría es menor al obtenido por geotecnia, las dos capas de carpeta asfáltica rígida impiden conocer los verdaderos valores de las capas inferiores (base, subbase y subrasante), desviando los datos del FWD, pensando que el paquete estructural está trabajando adecuadamente, cuando realmente no presenta las condiciones óptimas de operación. Entonces, el método por deflectometría es aferido al método por Geotecnia, las conclusiones específicas son las siguientes:

- a) El diseño corresponde a 8 subtramos donde la estructura promedio es: Carpeta asfáltica en caliente 4 cm, base granular reciclada 7 cm, base granular existente 8 cm y subbase granular existente 18 cm, obteniendo un costo de 15 millones 974 mil 934 soles. Bajo lo referido anteriormente y al analizar estos resultados, confirmamos que la vía PE-22B Tramo Yanango-Puente Herrería del Km 79+000 al Km 102+600 en particular, no se adecúan completamente al ensayo del FWD.
- b) El diseño corresponde a 4 subtramos mediante el análisis de diferencias acumuladas propuesto por AASHTO 93 y la estructura promedio es: Carpeta asfáltica en caliente 6 cm, base granular reciclada 10 cm, base granular existente 8 cm y subbase granular existente 18 cm, obteniendo un costo de 16 millones 501 mil 987 soles. Pese a tener ciertas consideraciones especiales el ensayo CBR sigue usándose y se valida su efectividad, se concluye que el diseño de rehabilitación de pavimentos se debería realizar con la densidad de campo y no al 95% de la MDS y, por otro lado, para conocer el módulo resiliente de la subrasante es muy eficiente el ensayo CBR para pavimentos con doble carpeta asfáltica.
- c) La correlación entre ambas variables mediante el Coeficiente lineal de Pearson es 0.73 y la ecuación ajustada para el modelo de regresión lineal simple es $Y=1.180x+7678$ con un coeficiente R^2 de 53.24%. Por lo tanto, la correlación entre ambas variables tiene una clasificación como una asociación alta; indicando que, cuando el Mr AASHTO retrocálculo aumenta el Mr geotecnia también tiende a aumentar. La relación entre el Mr geotecnia y Mr AASHTO es estadísticamente significativa ($p\text{-value} < 0.005$) con un coeficiente de ajuste "C" de 0.74.

8.2 Recomendaciones

Al diseñar pavimentos se debe verificar las condiciones de entorno al cual está expuesto y seleccionar el ensayo apropiado; así mismo, necesitamos proponer estructuras eficientes ante presupuesto cada vez más reducidos. Se recomienda:

- a) Elaborar más estudios respecto al FWD a lo largo de las vías al nivel nacional y presentar al módulo resiliente con sus desviaciones desde distintas metodologías; por ejemplo, por AASHTO 1993, Hogg Simplificado, Hogg Modificado, Lukanen, Yonape, Ecuación de Darter y Rohde, Ecuaciones de regresión del departamento de Washington, etc., para obtener suficiente data para suelos granulares y finos, donde el ingeniero consultor pueda elegir parámetro apropiados y con mayor grado de confiabilidad en el diseño de rehabilitaciones de pavimentos.
- b) Comparar la variación diseños por AASHTO 2008 y estimar costos en pavimentos flexibles mediante el módulo resiliente obtenido con la cámara triaxial dinámica y el FWD.
- c) En países latinoamericanos como Colombia, Chile y México, tienes bastante investigación respecto al factor de corrección C entre el módulo resiliente retrocalculado y el obtenido mediante geotecnia (CBR en el laboratorio); sin embargo, en nuestro país se evidencia poca investigación al respecto, y el valor C de corrección adoptados en los diseños corresponden a estudios llevados a cabo en condiciones diferentes, por ejemplo, se asume una corrección de 0.33 por el método AASHTO 1993 para todo tipo de suelo, cuando realmente la corrección está asociada a factores del entorno *in situ* como carga, temperatura y estacionalidad. Recomendamos investigar sobre la corrección del módulo resiliente para optimizar recursos y disminuir impactos ambientales.

Referencias

- Acosta, G. (2011). Evaluación estructural del pavimento con Viga Benkelman-Modelo matemático, carretera cañete chupaca. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- American Association of State Highway and Transportation Official. (1993). *Design of Pavement Structures*. EE.UU: AASHTO.
- Arias, F. G. (2006). *El proyecto de investigación* (6ta ed.). Caracas, Republica Bolivariana de Venezuela: Editorial Episteme.
- Baladi, G., Dawson, T., & Sessions, C. (2009). FWD Investigations and data analysis. En *Pavement subgrade MR design values for Michigan's seasonal changes* (pág. 136). Michigan - EE.UU: Michigan State University- Department of Civil Engineering.
- Bisquerra, R. (2012). *Metodología de la investigación educativa*. (3ra ed.). Madrid: La muralla.
- Chávez, B., & Vargas, J. (2017). Influencia del módulo resiliente de subrasante a partir de resultados geotécnicos y resultados deflectométricos en el diseño de pavimentos del proyecto de conservación vial de la carretera binacional Tramo: Mazocruz - Puente Internacional. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.
- Coria, C., Hernández, R., & Garnica, P. (2018). *Teoría para calcular esfuerzo, deformaciones y deflexiones: un enfoque mecanicista*. México: Instituto Mexicano de Transporte.
- Cortés, O. C. (2015). Propiedades que definen los materiales resilientes. *Revista de tecnología-Volumen 14.*, 117-126.
- Dirección general de caminos y ferrocarriles. (2014). *Manual de carreteras: "Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos"* Sección: suelos y pavimentos. Lima: Empresa Editora Macro EIRL.
- Dirección general de caminos y ferrocarriles. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico (DG-2018)*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Fernández, R., Hernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. Madrid: Mc Hill.
- Fuentes, C., Sepulveda, C., Gaete, R., & Valverde, S. (2015). *Uso del Deflectómetro de Impacto FWD en la Prospección de Suelos*. Chile: GAUSS S.A. Servicios Especializados Ingeniería Vial.
- Gutierrez, A. (2012). Evaluación de estructuras de pavimento flexible usando técnicas no destructivas utilizando el deflectómetro de impacto liviano o FWD(Falling Weight Deflectometer). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá.
- Guzmán, E. (15 de Noviembre de 2016). Factores de ajuste para el módulo de retrocálculo de pavimento flexible. Tunja, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Guzman, E., & Higuera, C. (2016). Comparison between the subgrade resilient module determined in the laboratory and retrocalculated adjustment factor C. *Grinfravial*, 22.
- INEI. (07 de Septiembre de 2018). *Instituto de Estadística e Informática*. Obtenido de <http://www.censos2017.pe/inei-difunde-base-de-datos-de-los-censos-nacionales-2017-y-el-perfil-sociodemografico-del-peru/#>
- Instituto Mexicano de Transportes. (2011). *Modulo de resiliencia en suelos finos y materiales granulares*. México: Portal Web-Publicación Técnica No. 142 .
- Leal, M. (2010). *Relación entre el módulo resiliente hallado por retrocálculo y el encontrado en ensayos de laboratorio*. Bogotá - Colombia: Universidad Nacional de Colombia - Posgrado en Ingeniería Agrícola y Geotecnia.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Ensayo de Materiales*. Lima: MTC.
- Ng, K., Hellrung, D., Ksaibati, K., & Wulft, S. (2016). Systematic back calculation protocol and prediction of resilient modulus for MEPDG. *Internacional journal of pavement engineering*, 35.
- Petersen, M., Wahr, C., Palma, G., Castro, L., & Albornoz, J. (2015). Reacción entre el módulo resiliente determinando mediante deflectómetro de impacto y el laboratorio. *Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*, 17.
- Pulido, F. (2011). *CBR vs Deflectómetro de Impacto (FWD) para determinar el módulo de resiliencia en la subrasante en el diseño de estructuras de pavimento*. Bolivia: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Quiñonez, D. (2015). Uso del deflectómetro de impacto liviano (LWD), para la aplicación del retrocálculo en carreteras no asfaltadas , caso práctico: Proyecto Regional Cusco. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

- Soto, L., & Soruco, K. (Junio de 2017). Comparación de resultados entre deflectometría y ensayos de CBR, relativo a la estimación del módulo resiliente. Falda de la Queñua - San Lorencito, Bolivia: Universidad Atónoma Juan Misael Saracho.
- Tavira, J. D. (2016). *Cálculo mecánico de pavimentos apartir de ensayos no destructivos* . Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería -Universidad de Sevilla .

Anexos

Índice de anexos

Anexo 1 Panel fotográfico de las visitas a campo	- 1 -
Anexo 2 Panel fotográfico del laboratorio USIL	- 2 -
Anexo 3 Proyecciones del tráfico año 2019-2030	- 3 -
Anexo 4 Proyecciones de ESAL 2019-2038 e = 50 mm	- 4 -
Anexo 5 Proyecciones de ESAL 2019-2038 e = 75 mm	- 5 -
Anexo 6 Ensayos del laboratorio-Subrasante	- 6 -
Anexo 7 Ensayos del laboratorio-Sub Base Granular	- 7 -
Anexo 8 Ensayos del laboratorio-Base Granular	- 8 -
Anexo 9 Clasificación de suelos por SUCS Y AASHTO	- 9 -
Anexo 10 Resumen de los ensayos de mecánica de suelos	- 10 -
Anexo 11 Resumen de la evaluación estructural por retrocálculo	- 11 -
Anexo 12 Ábacos AASHTO 1993 - Coeficientes Estructurales	- 12 -
Anexo 13 Análisis de Precios Unitarios (APU) Deflectometría y Geotecnia	- 13 -
Anexo 14 Precios y Cantidades de Recursos - Deflectometría y Geotecnia	- 14 -

Anexo 1 Panel fotográfico de las visitas a campo



Puente Herrería



Planta de asfalto



Carril derecho



Profundidad 1.6 m



Tipo de vehículo de carga T3S3



Tipo de vehículo de carga T2S2

Visita a campo con el asesor de tesis.

Calicata para el CBR laboratorio (Km 97+500)

Verificación de la alta incidencia del tráfico pesado



Recicladora Wirtgen WR240



Transporte de material reciclado



Puente San Ramón



Km 97+000

Reciclado del pavimento (e = 20 cm)

Equipo Deynatest FWD modelo 8081



Antes del proyecto



Después del proyecto

Inicio del tramo III (Km 79+000) antes y después

Anexo 2 Panel fotográfico del laboratorio USIL



Planeamiento y preparación de la muestra



Granulometría del agregado grueso y fino.



Límites de Atterberg (LL y LP)



Compactación del Proctor Modificado



Medida de la expansión del CBR



Medida de la penetración en la prensa CBR

Anexo 3 Proyecciones del tráfico año 2019-2030

PROYECCIONES DE TRAFICO

Carretera PE-3S: Tramo Quebrada Onda - Huancayo
PROYECCION DEL TRAFICO POR TIPO DE VEHICULO
TASA DE CRECIMIENTO DEL TRAFICO POR TIPO
DE VEHICULO

TIPO DE VEHICULO	TASA ANUAL %
AUTO	6.65
CAMIONETA	6.65
CAMIONETA RURAL	1.04
MICRO	1.04
BUS	1.04
CAMIONES	5.81
ARTICULADOS	5.81

TRAMO: Yanango - Puente Herrería

ESTACION: E3

TRAFICO NORMAL	AÑO									
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2028	2029	2030
AUTO/SW	707	754	804	858	915	975	1040	1262	1346	1435
CAMIONETA PICK UP/PANEL	321	342	365	389	415	443	472	573	611	652
CAMIONETA RURAL	339	343	346	350	353	357	361	372	376	380
MICRO	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11
BUSES	146	148	149	151	152	154	155	160	162	164
CAMION 2E	328	347	367	389	411	435	460	545	577	610
CAMION 3E	158	167	177	187	198	210	222	263	278	294
CAMION 4E	24	25	27	28	30	32	34	40	42	45
SEMITRAYLER 252	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
SEMITRAYLER 253	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
SEMITRAYLER 352	7	7	7	8	8	9	9	11	12	12
SEMITRAYLER 353	110	116	123	130	138	146	154	183	194	205
TRAYLER 2T2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
TRAYLER 2T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TRAYLER 3T2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TRAYLER 3T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	2,153	2,262	2,378	2,503	2,635	2,777	2,923	3,425	3,614	3,815
TRAFICO GENERADO	0% del actual									
AUTO/SW			0	0	0	0	0	0	0	0
CAMIONETA PICK UP/PANEL			0	0	0	0	0	0	0	0
CAMIONETA RURAL			0	0	0	0	0	0	0	0
MICRO			0	0	0	0	0	0	0	0
BUSES			0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION 2E			0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION 3E			0	0	0	0	0	0	0	0
CAMION 4E			0	0	0	0	0	0	0	0
SEMITRAYLER 252			0	0	0	0	0	0	0	0
SEMITRAYLER 253			0	0	0	0	0	0	0	0
SEMITRAYLER 352			0	0	0	0	0	0	0	0
SEMITRAYLER 353			0	0	0	0	0	0	0	0
TRAYLER 2T2			0	0	0	0	0	0	0	0
TRAYLER 2T3			0	0	0	0	0	0	0	0
TRAYLER 3T2			0	0	0	0	0	0	0	0
TRAYLER 3T3			0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRAFICO TOTAL										
AUTO/SW	707	754	804	858	915	975	1040	1262	1346	1435
CAMIONETA PICK UP/PANEL	321	342	365	389	415	443	472	573	611	652
CAMIONETA RURAL	339	343	346	350	353	357	361	372	376	380
MICRO	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11
BUSES	146	148	149	151	152	154	155	160	162	164
CAMION 2E	328	347	367	389	411	435	460	545	577	610
CAMION 3E	158	167	177	187	198	210	222	263	278	294
CAMION 4E	24	25	27	28	30	32	34	40	42	45
SEMITRAYLER 252	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
SEMITRAYLER 253	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
SEMITRAYLER 352	7	7	7	8	8	9	9	11	12	12
SEMITRAYLER 353	110	116	123	130	138	146	154	183	194	205
TRAYLER 2T2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
TRAYLER 2T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TRAYLER 3T2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TRAYLER 3T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	2,153	2,262	2,378	2,503	2,635	2,777	2,923	3,425	3,614	3,815

Anexo 4 Proyecciones de ESAL 2019-2038 e = 50 mm

Carretera PE - 22B
Tramo Yanango - Puente Herrería
Estación E-3 Pedregal (50 mm)
Censo de Carga CC Pedregal
Factor direccional: 1
Factor Carril: 1

Entrada

CÁLCULO DEL N° DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES (8.2 Tn)

		Omnibus			Camiones			Semi Trayler				Trayler			Total	Acumulado	Total
		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2/2T3	3T2	3T3			
Índice Medio Diario Anual*	2019	21	46	7	165	78	13	1	1	4	56	0	0	0	391		
Fc x Fp**		5.120	4.394	1.881	1.549	5.637	7.866	8.871	8.445	1.394	9.046	14.933	13.275	11.617			
Tasa crecimiento = R		1.040	1.040	1.040	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810			
R/100 = r		0.010	0.010	0.010	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058			
Factor de Crecimiento		1.010	1.010	1.010	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058			
Días del año		365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365			
IMDa x Fc x Fp x 365	2019	39,377	73,553	5,107	93,214	160,383	36,775	1,784	1,699	1,822	185,076	2,252	667	584	602,294	602,294	6.02E+05
2020	1	39,787	74,318	5,160	98,629	169,701	38,911	1,887	1,798	1,928	195,829	2,383	706	618	631,657	1,233,950	1.23E+06
2021	1	40,201	75,091	5,214	104,360	179,561	41,172	1,997	1,902	2,040	207,207	2,521	747	654	662,667	1,896,617	1.90E+06
2022		40,619	75,872	5,268	110,423	189,993	43,564	2,113	2,013	2,159	219,246	2,668	791	692	695,420	2,592,037	2.59E+06
2023		41,041	76,661	5,323	116,838	201,032	46,095	2,236	2,130	2,284	231,984	2,823	836	732	730,016	3,322,053	3.32E+06
2024		41,468	77,459	5,378	123,627	212,712	48,774	2,366	2,253	2,417	245,462	2,987	885	775	766,561	4,088,614	4.09E+06
2025		41,899	78,264	5,434	130,809	225,070	51,607	2,503	2,384	2,557	259,723	3,160	936	820	805,169	4,893,783	4.89E+06
2026		42,335	79,078	5,490	138,410	238,147	54,606	2,649	2,523	2,706	274,813	3,344	991	867	845,959	5,739,742	5.74E+06
2027		42,775	79,901	5,548	146,451	251,983	57,778	2,803	2,670	2,863	290,780	3,538	1,048	918	889,055	6,628,798	6.63E+06
2028		43,220	80,732	5,605	154,960	266,624	61,135	2,965	2,825	3,029	307,674	3,744	1,109	971	934,593	7,563,391	7.56E+06
2029		43,670	81,571	5,664	163,963	282,114	64,687	3,138	2,989	3,205	325,550	3,961	1,174	1,027	982,713	8,546,104	8.55E+06
2030		44,124	82,420	5,722	173,489	298,505	68,445	3,320	3,162	3,392	344,465	4,191	1,242	1,087	1,033,565	9,579,669	9.58E+06
2031		44,583	83,277	5,782	183,569	315,848	72,422	3,513	3,346	3,589	364,478	4,435	1,314	1,150	1,087,306	10,666,975	1.07E+07
2032		45,046	84,143	5,842	194,234	334,199	76,630	3,717	3,541	3,797	385,654	4,693	1,391	1,217	1,144,104	11,811,079	1.18E+07
2033		45,515	85,018	5,903	205,519	353,616	81,082	3,933	3,746	4,018	408,061	4,965	1,471	1,288	1,204,135	13,015,214	1.30E+07
2034		45,988	85,902	5,964	217,460	374,161	85,793	4,161	3,964	4,251	431,769	5,254	1,557	1,362	1,267,587	14,282,802	1.43E+07
2035		46,466	86,795	6,026	230,095	395,900	90,778	4,403	4,194	4,498	456,855	5,559	1,647	1,442	1,334,659	15,617,460	1.56E+07
2036		46,950	87,698	6,089	243,463	418,902	96,052	4,659	4,438	4,760	483,398	5,882	1,743	1,525	1,405,558	17,023,018	1.70E+07
2037		47,438	88,610	6,152	257,608	443,240	101,632	4,930	4,696	5,036	511,484	6,224	1,844	1,614	1,480,508	18,503,526	1.85E+07
2038		47,931	89,532	6,216	272,575	468,992	107,537	5,216	4,969	5,329	541,201	6,585	1,951	1,708	1,559,743	20,063,269	2.01E+07
2039		48,430	90,463	6,281	288,412	496,241	113,785	5,519	5,257	5,638	572,645	6,968	2,065	1,807	1,643,510	21,706,779	2.17E+07

* = Vehículos Pesados

**= Factor de Carga Equivalente detectado en Censo de Carga

Carretera PE - 22B
Tramo Yanango - Puente Herrería
Estación E-3 Pedregal (50 mm)
Censo de Carga CC Pedregal
Factor direccional: 1
Factor Carril: 1

Salida

CÁLCULO DEL N° DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES (8.2 Tn)

		Omnibus			Camiones			Semi Trayler				Trayler			Total	Acumulado	Total
		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2/2T3	3T2	3T3			
Índice Medio Diario Anual*	2019	19	48	5	163	80	11	1	0	3	54	0	0	0	385		
Fc x Fp**		7.791	4.651	2.622	5.206	8.884	6.999	10.689	6.923	4.533	6.903	14.933	9.964	11.617			
Tasa crecimiento = R		1.040	1.040	1.040	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810			
R/100 = r		0.010	0.010	0.010	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058			
Factor de Crecimiento		1.010	1.010	1.010	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058			
Días del año		365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365			
IMDa x Fc x Fp x 365	2019	53,261	82,297	4,350	309,830	258,586	29,201	2,687	696	5,013	136,026	1,501	1,503	0	884,950	884,950	8.85E+05
2020	1	53,815	83,153	4,395	327,831	273,609	30,898	2,843	736	5,304	143,929	1,589	1,590	0	929,692	1,814,641	1.81E+06
2021	1	54,375	84,018	4,440	346,878	289,506	32,693	3,008	779	5,612	152,291	1,681	1,682	0	976,964	2,791,605	2.79E+06
2022		54,940	84,891	4,487	367,031	306,326	34,592	3,183	825	5,938	161,139	1,779	1,780	0	1,026,912	3,818,517	3.82E+06
2023		55,512	85,774	4,533	388,356	324,124	36,602	3,368	872	6,283	170,501	1,882	1,884	0	1,079,692	4,898,208	4.90E+06
2024		56,089	86,666	4,580	410,919	342,956	38,729	3,563	923	6,648	180,408	1,991	1,993	0	1,135,466	6,033,674	6.03E+06
2025		56,672	87,568	4,628	434,794	362,881	40,979	3,770	977	7,034	190,889	2,107	2,109	0	1,194,409	7,228,083	7.23E+06
2026		57,262	88,478	4,676	460,055	383,965	43,360	3,989	1,033	7,443	201,980	2,229	2,231	0	1,256,703	8,484,786	8.48E+06
2027		57,857	89,399	4,725	486,785	406,273	45,879	4,221	1,094	7,876	213,715	2,359	2,361	0	1,322,542	9,807,329	9.81E+06
2028		58,459	90,328	4,774	515,067	429,877	48,545	4,467	1,157	8,333	226,132	2,496	2,498	0	1,392,133	11,199,461	1.12E+07
2029		59,067	91,268	4,824	544,992	454,853	51,365	4,726	1,224	8,817	239,270	2,641	2,643	0	1,465,691	12,665,152	1.27E+07
2030		59,681	92,217	4,874	576,656	481,280	54,349	5,001	1,295	9,330	253,172	2,794	2,797	0	1,543,446	14,208,598	1.42E+07
2031		60,302	93,176	4,925	610,160	509,243	57,507	5,291	1,371	9,872	267,881	2,957	2,959	0	1,625,643	15,834,241	1.58E+07
2032		60,929	94,145	4,976	645,610	538,830	60,848	5,599	1,450	10,445	283,445	3,128	3,131	0	1,712,537	17,546,777	1.75E+07
2033		61,563	95,124	5,027	683,120	570,136	64,383	5,924	1,535	11,052	299,913	3,310	3,313	0	1,804,401	19,351,178	1.94E+07
2034		62,203	96,113	5,080	722,809	603,261	68,124	6,268	1,624	11,694	317,338	3,503	3,506	0	1,901,622	21,252,700	2.13E+07
2035		62,850	97,113	5,133	764,805	638,310	72,082	6,632	1,718	12,374	335,775	3,706	3,709	0	2,004,207	23,256,907	2.33E+07
2036		63,504	98,123	5,186	809,240	675,396	76,270	7,018	1,818	13,092	355,284	3,921	3,925	0	2,112,776	25,369,683	2.54E+07
2037		64,164	99,143	5,240	856,257	714,636	80,701	7,425	1,924	13,853	375,926	4,149	4,153	0	2,227,572	27,597,255	2.76E+07
2038		64,831	100,175	5,294	906,005	756,157	85,390	7,857	2,035	14,658	397,767	4,390	4,394	0	2,348,954	29,946,209	2.99E+07
2039		65,506	101,216	5,349	958,644	800,089	90,351	8,313	2,154	15,510	420,877	4,645	4,649	0	2,477,305	32,423,513	3.24E+07

* = Vehículos Pesados

**= Factor de Carga Equivalente detectado en Censo de Carga

Anexo 5 Proyecciones de ESAL 2019-2038 e = 75 mm

Carretera PE - 22B
Tramo Yanango - Puente Herrería
Estación E-3 Pedregal (75 mm)
Censo de Carga CC Pedregal
Factor direccional: 1
Factor Carril: 1

Entrada

CÁLCULO DEL N° DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES (8.2 Tn)

		Omnibus			Camiones			Semi Trayler				Trayler			Total	Acumulado	Total
		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2/2T3	3T2	3T3			
Índice Medio Diario Anual*	2019	21	46	7	165	78	13	1	1	4	56	0	0	0	391		
Fc x Fp**		4.748	4.045	1.784	1.499	5.121	6.937	8.414	8.010	1.246	8.161	14.164	12.592	11.019			
Tasa crecimiento = R		1.040	1.040	1.040	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810			
R/100 = r		0.010	0.010	0.010	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058			
Factor de Crecimiento		1.010	1.010	1.010	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058			
Días del año		365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365			
IMDa x Fc x Fp x 365	2019	36.517	67.708	4.844	90.199	145.692	32.430	1.692	1.612	1.629	166.968	2.136	633	554	552.614	552.614	5.53E+05
	2020	36.897	68.412	4.894	95.439	154.157	34.315	1.790	1.705	1.724	176.669	2.260	670	586	579.518	1.132.133	1.13E+06
	2021	37.281	69.123	4.945	100.984	163.114	36.308	1.894	1.804	1.824	186.933	2.392	709	620	607.932	1.740.064	1.74E+06
	2022	37.668	69.842	4.997	106.852	172.591	38.418	2.004	1.909	1.930	197.794	2.530	750	656	637.941	2.378.005	2.38E+06
	2023	38.060	70.569	5.049	113.060	182.618	40.650	2.121	2.020	2.042	209.286	2.678	793	694	669.639	3.047.644	3.05E+06
	2024	38.456	71.303	5.101	119.628	193.228	43.012	2.244	2.138	2.161	221.445	2.833	840	735	703.123	3.750.767	3.75E+06
	2025	38.856	72.044	5.154	126.579	204.455	45.511	2.374	2.262	2.286	234.311	2.998	888	777	738.495	4.489.262	4.49E+06
	2026	39.260	72.793	5.208	133.933	216.334	48.155	2.512	2.393	2.419	247.925	3.172	940	823	775.866	5.265.128	5.27E+06
	2027	39.668	73.550	5.262	141.715	228.903	50.952	2.658	2.532	2.560	262.329	3.356	995	870	815.350	6.080.479	6.08E+06
	2028	40.081	74.315	5.317	149.948	242.202	53.913	2.813	2.679	2.708	277.571	3.551	1.052	921	857.071	6.937.550	6.94E+06
	2029	40.498	75.088	5.372	158.660	256.274	57.045	2.976	2.835	2.866	293.697	3.757	1.113	974	901.156	7.838.706	7.84E+06
	2030	40.919	75.869	5.428	167.878	271.163	60.359	3.149	3.000	3.032	310.761	3.976	1.178	1.031	947.744	8.786.450	8.79E+06
	2031	41.344	76.658	5.484	177.632	286.918	63.866	3.332	3.174	3.208	328.816	4.207	1.247	1.091	996.978	9.783.428	9.78E+06
	2032	41.774	77.455	5.541	187.953	303.588	67.577	3.526	3.358	3.395	347.921	4.451	1.319	1.154	1.049.012	10.832.440	1.08E+07
	2033	42.209	78.261	5.599	198.873	321.226	71.503	3.730	3.554	3.592	368.135	4.710	1.396	1.221	1.104.008	11.936.448	1.19E+07
	2034	42.648	79.075	5.657	210.427	339.889	75.658	3.947	3.760	3.801	389.523	4.983	1.477	1.292	1.162.138	13.098.586	1.31E+07
	2035	43.091	79.897	5.716	222.653	359.637	80.053	4.177	3.978	4.021	412.155	5.273	1.563	1.367	1.223.582	14.322.168	1.43E+07
	2036	43.539	80.728	5.776	235.589	380.532	84.704	4.419	4.210	4.255	436.101	5.579	1.653	1.447	1.288.533	15.610.700	1.56E+07
	2037	43.992	81.568	5.836	249.277	402.641	89.626	4.676	4.454	4.502	461.438	5.903	1.749	1.531	1.357.193	16.967.894	1.70E+07
	2038	44.450	82.416	5.896	263.760	426.034	94.833	4.948	4.713	4.764	488.248	6.246	1.851	1.620	1.429.779	18.397.673	1.84E+07
	2039	44.912	83.273	5.958	279.084	450.787	100.343	5.235	4.987	5.041	516.615	6.609	1.959	1.714	1.506.516	19.904.189	1.99E+07

* = Vehículos Pesados

**= Factor de Carga Equivalente detectado en Censo de Carga

Carretera PE - 22B
Tramo Yanango - Puente Herrería
Estación E-3 Pedregal (75 mm)
Censo de Carga CC Pedregal
Factor direccional: 1
Factor Carril: 1

Salida

CÁLCULO DEL N° DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES (8.2 Tn)

		Omnibus			Camiones			Semi Trayler				Trayler			Total	Acumulado	Total
		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2/2T3	3T2	3T3			
Índice Medio Diario Anual*	2019	19	48	5	163	80	11	1	0	3	54	0	0	0	385		
Fc x Fp**		7.390	4.412	2.398	4.844	7.974	6.207	9.362	6.257	4.096	6.174	14.164	9.005	11.019			
Tasa crecimiento = R		1.040	1.040	1.040	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810	5.810			
R/100 = r		0.010	0.010	0.010	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058	0.058			
Factor de Crecimiento		1.010	1.010	1.010	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058	1.058			
Días del año		365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365			
IMDa x Fc x Fp x 365	2019	50.520	78.061	3.978	288.336	232.104	25.898	2.353	629	4.530	121.657	1.424	1.358	0	810.848	810.848	8.11E+05
	2020	51.045	78.873	4.019	305.088	245.589	27.403	2.490	666	4.793	128.725	1.507	1.437	0	851.635	1.662.484	1.66E+06
	2021	51.576	79.693	4.061	322.814	259.858	28.995	2.634	704	5.072	136.204	1.594	1.520	0	894.727	2.557.210	2.56E+06
	2022	52.113	80.522	4.103	341.569	274.956	30.680	2.788	745	5.367	144.118	1.687	1.609	0	940.255	3.497.465	3.50E+06
	2023	52.655	81.359	4.146	361.414	290.930	32.462	2.949	788	5.678	152.491	1.785	1.702	0	988.361	4.485.826	4.49E+06
	2024	53.202	82.206	4.189	382.412	307.833	34.348	3.121	834	6.008	161.351	1.889	1.801	0	1.039.195	5.525.021	5.53E+06
	2025	53.755	83.061	4.233	404.630	325.719	36.344	3.302	883	6.357	170.725	1.998	1.906	0	1.092.913	6.617.935	6.62E+06
	2026	54.315	83.924	4.277	428.139	344.643	38.455	3.494	934	6.727	180.645	2.115	2.017	0	1.149.684	7.767.618	7.77E+06
	2027	54.879	84.797	4.321	453.014	364.667	40.689	3.697	988	7.118	191.140	2.237	2.134	0	1.209.682	8.977.300	8.98E+06
	2028	55.450	85.679	4.366	479.335	385.854	43.054	3.912	1.046	7.531	202.245	2.367	2.258	0	1.273.096	10.250.396	1.03E+07
	2029	56.027	86.570	4.411	507.184	408.272	45.555	4.139	1.106	7.969	213.996	2.505	2.389	0	1.340.123	11.590.519	1.16E+07
	2030	56.610	87.470	4.457	536.651	431.992	48.202	4.380	1.171	8.432	226.429	2.651	2.528	0	1.410.972	13.001.491	1.30E+07
	2031	57.198	88.380	4.504	567.831	457.091	51.002	4.634	1.239	8.922	239.584	2.804	2.675	0	1.485.864	14.487.355	1.45E+07
	2032	57.793	89.299	4.551	600.822	483.648	53.965	4.903	1.311	9.440	253.504	2.967	2.830	0	1.565.034	16.052.388	1.61E+07
	2033	58.394	90.228	4.598	635.729	511.748	57.101	5.188	1.387	9.988	268.233	3.140	2.994	0	1.648.729	17.701.117	1.77E+07
	2034	59.001	91.166	4.646	672.665	541.481	60.418	5.490	1.467	10.569	283.817	3.322	3.168	0	1.737.211	19.438.328	1.94E+07
	2035	59.615	92.115	4.694	711.747	572.941	63.929	5.808	1.553	11.183	300.307	3.515	3.352	0	1.830.759	21.269.087	2.13E+07
	2036	60.235	93.073	4.743	753.100	606.229	67.643	6.146	1.643	11.832	317.755	3.720	3.547	0	1.929.664	23.198.751	2.32E+07
	2037	60.862	94.040	4.792	796.855	641.450	71.573	6.503	1.738	12.520	336.216	3.936	3.753	0	2.034.239	25.232.990	2.52E+07
	2038	61.494	95.019	4.842	843.152	678.719	75.731	6.881	1.839	13.247	355.750	4.164	3.971	0	2.144.811	27.377.801	2.74E+07
	2039	62.134	96.007	4.892	892.139	718.152	80.131	7.281	1.946	14.017	376.420	4.406	4.202	0	2.261.728	29.639.528	2.96E+07

* = Vehículos Pesados

**= Factor de Carga Equivalente detectado en Censo de Carga

Anexo 6 Ensayos del laboratorio-Subrasante

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-01-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

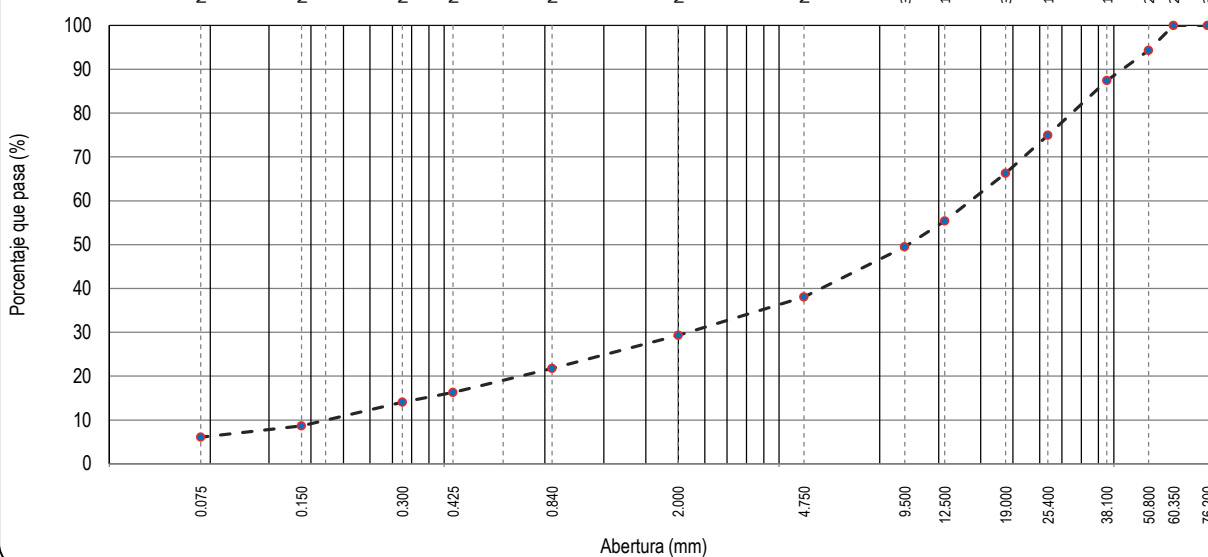
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 01
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: SUBRASANTE	PROFUNDIDAD	: DE 0.44 A 0.60 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 22-02-20

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000						Peso de la Muestra
4"	101.600						Peso Total de la Muestra (gr.): 30122.0
3"	76.200						Material Fino < N°4 (gr.): 11455
2 1/2"	60.350				100.0		Material Grueso > N°4 (gr.): 18667
2"	50.800	1730.0	5.7	5.7	94.3		Fracción Material < N°4 (gr.): 710.0
1 1/2"	38.100	2062.0	6.8	12.6	87.4		Límites de Consistencia
1"	25.400	3749.0	12.4	25.0	75.0		Límite Líquido (%): 20
3/4"	19.000	2622.0	8.7	33.7	66.3		Límite Plástico (%): 14
1/2"	12.500	3285.0	10.9	44.6	55.4		Índice Plástico (%): 6
3/8"	9.500	1770.0	5.9	50.5	49.5		Clasificación de Suelo
N°4	4.750	3449.0	11.5	62.0	38.0		Clasificación SUCS : GW-GM
N°10	2.000	162.3	8.7	70.7	29.3		Clasificación AASHTO : A-1-a (0)
N°20	0.840	142.1	7.6	78.3	21.7		
N°40	0.425	101.9	5.5	83.7	16.3		Humedad Natural (%): 4.2
N°50	0.300	41.2	2.2	85.9	14.1		Máxima Dens. Seca Correg. (gr/cm³): 2.371
N°100	0.150	100.9	5.4	91.3	8.7		Óptimo Cont. Humedad Correg. (%): 4.5
N°200	0.075	48.2	2.6	93.9	6.1		CBR 0.1" al 95% de la M.D.S. (%): 39.2
< N°200	FONDO	113.4	6.1	100.0	0.0		Abrasión Los Angeles (%): 40.0

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		V° B° Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-03-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 01
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: SUBRASANTE	PROFUNDIDAD	: DE 0.44 A 0.60 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 22/02/2020

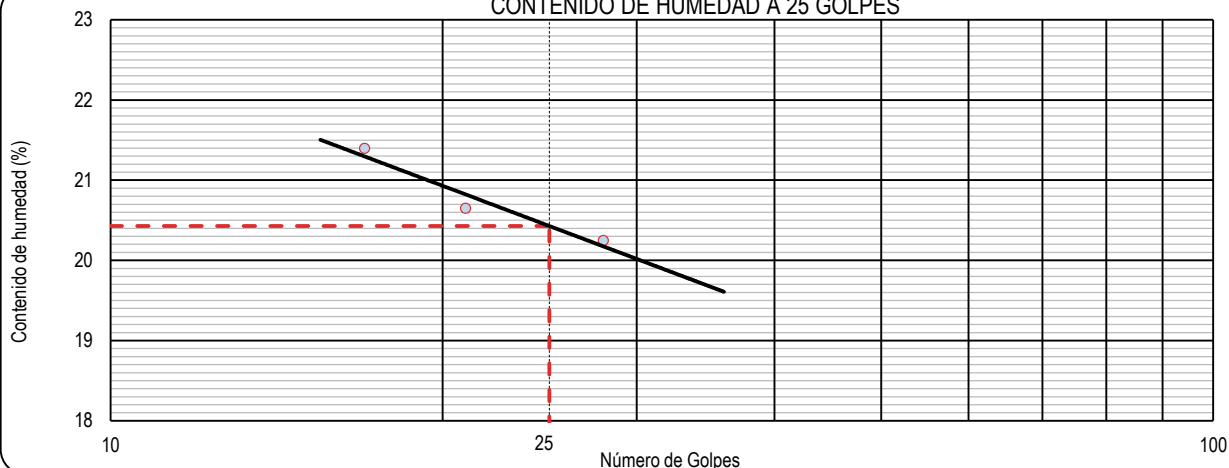
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N° DE TARA		T-01	T-02	T-03	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)		77.09	86.81	77.76	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)		72.50	80.75	73.07	
PESO DEL AGUA (gr)		4.59	6.06	4.69	
PESO DE LA TARA (gr)		49.83	51.40	51.15	
PESO DEL SUELO SECO (gr)		22.67	29.35	21.92	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		20.25	20.65	21.40	
NÚMERO DE GOLPES		28	21	17	

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

N° DE TARA		T-01	T-02		
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)		17.85	20.57		
PESO TARA + SUELO SECO (gr)		17.06	19.73		
PESO DE LA TARA (gr)		11.32	13.66		
PESO DEL AGUA (gr)		0.79	0.84		
PESO DEL SUELO SECO (gr)		5.74	6.07		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		13.76	13.84		14

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO (%)	20
LÍMITE PLÁSTICO (%)	14
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	6

OBSERVACIONES

MALLA N° 40

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega	
Tesista	
Firma:	M:
	A:

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Walter Flores Sosa	
Técnico Responsable del Laboratorio	
Firma:	M:
	A:

Aprobado por:

Nombre / Función:	D:
Jhon Seguin Ypanaque	
Técnico del Laboratorio USIL	
Firma:	M:
	A:

V° B° Supervisión

Nombre / Función:	D:
Guillermo Lazo Lazaro	
Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:
	A:

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-02-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO :	ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA :	M - 01
TRAMO :	III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO :	DERECHO
ESTRUCTURA :	SUBRASANTE	PROFUNDIDAD :	DE 0.44 A 0.60 M.
UBICACIÓN :	KM.: 97+500	HECHO POR :	J.R.N
CALICATA :	C - 01	FECHA :	22/02/2020

ENSAYO N°	1	2	
N° DE TARA	T-04	T-05	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	1921.70	1658.20	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1855.60	1600.00	
PESO DE LA TARA (gr)	236.50	248.80	
PESO DEL AGUA (gr)	66.10	58.20	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1619.10	1351.20	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.08	4.31	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	4.2		

OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-12-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ABRASIÓN LOS ÁNGELES

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 207, ASTM C 131, AASHTO T 96

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO :	ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA :	M - 01
TRAMO :	III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO :	DERECHO
CANtera :	SUBRASANTE	PROFUNDIDAD :	DE 0.44 A 0.60 M.
UBICACIÓN :	KM.: 97+500	HECHO POR :	J.R.N
CALICATA :	C - 01	FECHA :	22/02/2020

MUESTRA	1	
GRADACIÓN	"A"	
N° DE ESFERAS	12	
TAMIZ (N°)	PESO RETENIDO (grs.)	
1"	1250	
3/4"	1249	
1/2"	1250	
3/8"	1251	
PESO TOTAL	5000	
MATERIAL RETENIDO TAMIZ N°12	3000	
MATERIAL PASANTE TAMIZ N°12	2000	
PORCENTAJE DE DESGASTE	40.0	

OBSERVACIONES:

Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:			V° B° Supervisión		
Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:	
Jairo Rodríguez Noriega			Walter Flores Sosa			Jhon Seguin Ypanaque			Guillermo Lazo Lazaro		
Tesista	M:		Técnico Responsable del Laboratorio	M:		Técnico del Laboratorio USIL	M:		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	M:	
Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:	

PROYECTO:

"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-06-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

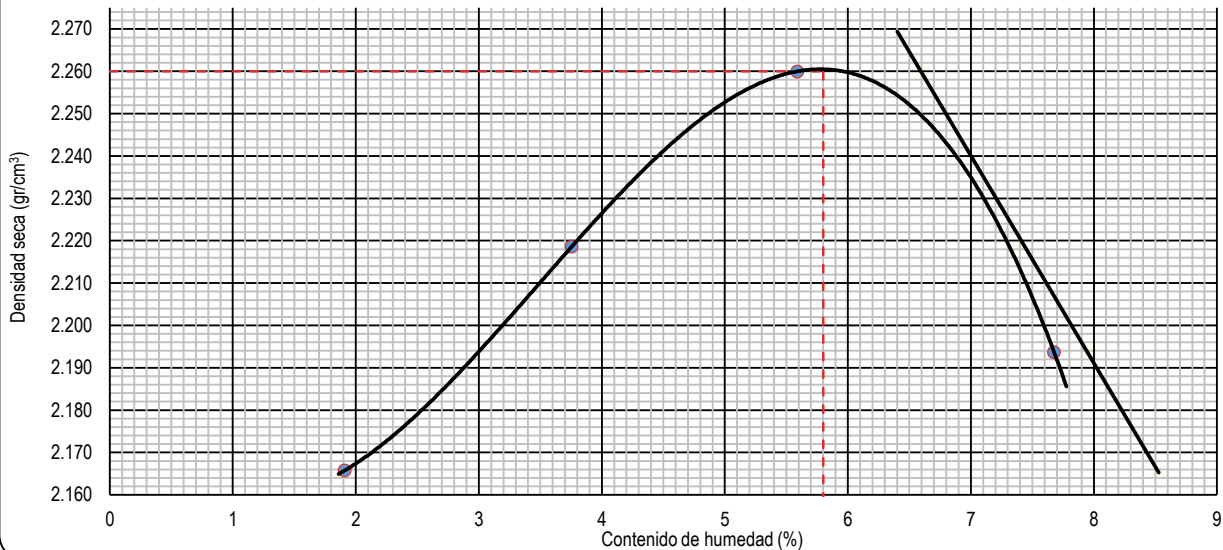
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 01
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: SUBRASANTE	PROFUNDIDAD	: DE 0.44 A 0.60 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 22/02/2020

Ensayo N°	1	2	3	4	
Número de Capas	5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde (gr)	11255	11455	11633	11582	
Peso molde + base (gr)	6598	6598	6598	6598	
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4657	4857	5035	4984	
Volumen del molde (cm³)	2110	2110	2110	2110	
Peso volumétrico húmedo (gr/cm³)	2.207	2.302	2.386	2.362	
Tara N°	T-32	T-01	T-03	T-05	
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	950.0	1399.0	1236.0	1187.0	
Peso del suelo seco + tara (gr)	935.0	1361.0	1178.0	1111.0	
Peso de Tara (gr)	149.6	349.0	140.0	121.0	
Peso de agua (gr)	15.0	38.0	58.0	76.0	
Peso del suelo seco (gr)	785.4	1012.0	1038.0	990.0	
Contenido de agua (%)	1.9	3.8	5.6	7.7	
Peso volumétrico seco (gr/cm³)	2.166	2.219	2.260	2.194	
Peso específico bulk base seca de Mat. Fino (gr/cm³)	2.656			Densidad Máxima (gr/cm³)	2.260
				Humedad Óptima (%)	5.8
				Densidad Máxima Corregida (gr/cm³)	2.371
				Humedad Óptima Corregida (%)	4.5

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		V° B° Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-06-F2

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

**CORRECCIÓN DE LA DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS
QUE CONTIENEN PARTÍCULAS EXTRADIMENSIONADAS A.S.T.M. D 4718**

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO
TRAMO : III YANANGO - PUENTE HERRERÍA
ESTRUCTURA : SUBRASANTE
UBICACIÓN : KM.: 97+500
CALICATA : C - 01

N° DE MUESTRA : M - 01
LADO : DERECHO
PROFUNDIDAD : DE 0.44 A 0.60 M.
HECHO POR : J.R.N
FECHA : 22/02/2020

PORCENTAJE DE LA FRACCIÓN EXTRADIMENSIONADA.	30.0	%
PORCENTAJE DE LA FRACCIÓN FINA.	70.0	%
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA FRACCIÓN EXTRADIMENSIONADA.	1.49	%
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA FRACCIÓN EXTRADIMENSIONADA.	2.677	gr/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO DE LA FRACCIÓN FINA.	5.8	%
DENSIDAD SECA MÁXIMA DE LA FRACCIÓN FINA.	2.260	gr/cm ³
DENSIDAD DEL AGUA.	1	gr/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO CORREGIDO	4.5	%
DENSIDAD SECA MÁXIMA CORREGIDA	2.371	gr/cm³

OBSERVACIONES:

Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:			V° B° Supervisión		
Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:	
Jairo Rodríguez Noriega			Walter Flores Sosa			Jhon Seguin Ypanaque			Guillermo Lazo Lazaro		
Tesista	M:		Técnico Responsable del Laboratorio	M:		Técnico del Laboratorio USIL	M:		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	M:	
Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:	

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-11-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

Hoja: 1 de 2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 01
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: SUBRASANTE	PROFUNDIDAD	: DE 0.44 A 0.60 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

COMPACTACIÓN

Molde N°	1		2		3	
N° Capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (gr)	12511	12536	12466	12510	12674	12748
Peso de molde + base (gr)	7282	7282	7502	7502	7942	7942
Peso del suelo húmedo (gr)	5229	5254	4964	5008	4732	4806
Volumen del molde (cm³)	2109	2109	2114	2114	2120	2120
Densidad húmeda (gr/cm³)	2.479	2.491	2.348	2.369	2.232	2.267
N° Tara	T-35	T-53	T-38	T-42	T-36	T-09
Peso suelo húmedo + tara (gr)	1021.0	1028.0	1173.0	1242.0	971.0	1082.0
Peso suelo seco + tara (gr)	980.0	985.0	1125.0	1183.0	931.0	1021.0
Peso de tara (gr)	107.0	116.0	118.0	205.0	106.0	144.0
Peso de agua (gr)	41.0	43.0	48.0	59.0	40.0	61.0
Peso de suelo seco (gr)	873.0	869.0	1007.0	978.0	825.0	877.0
Contenido de humedad (%)	4.7	4.9	4.8	6.0	4.8	7.0
Densidad seca (gr/cm³)	2.368	2.374	2.241	2.234	2.129	2.119

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/02/2020	16:26	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
22/02/2020	16:26	24	0	0.000	0.00	1	0.005	0.04	1	0.010	0.09
23/02/2020	16:26	48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
24/02/2020	16:26	72	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
25/02/2020	16:26	96	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (mm)	CARGA ESTÁNDAR (kg/cm²)	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0				0				0		
0.635			143				105				50		
1.270			356				248				106		
1.905			563				366				190		
2.540	70.5		879	775.4	56.5		521	514.7	37.5		270	259.4	18.9
3.810			1195				811				414		
5.080	105.7		1441	1534.7	74.6		1100	1110.1	53.9		563	567.4	27.6
6.350			2001				1402				711		
7.620			2500				1633				834		
10.160			3345				2021				1100		
12.700			3900				2344				1309		

OBSERVACIONES: DIÁMETRO DEL PISTÓN = 4.98 cm

ÁREA DEL PISTÓN = 19.48 cm²

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega Tesisista	M:	Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio	M:	Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL	M:	Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:

PROYECTO:

"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERÍA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-11-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

Hoja: 2 de 2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

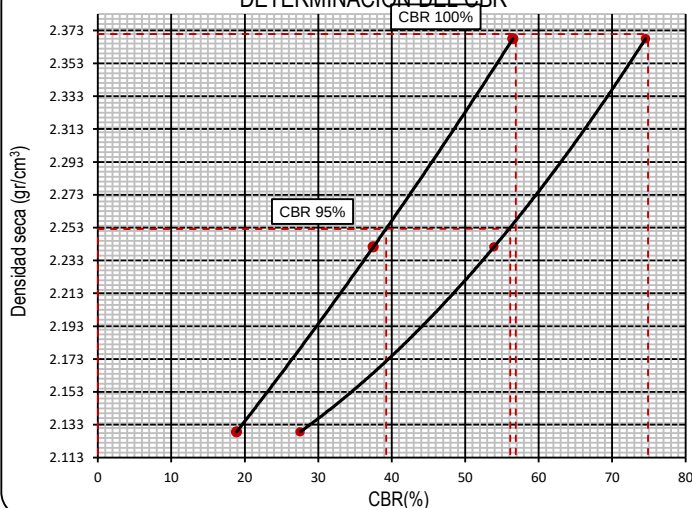
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO
TRAMO : III YANANGO - PUENTE HERRERÍA
ESTRUCTURA : SUBRASANTE
UBICACIÓN : KM.: 97+500
CALICATA : C - 01

N° DE MUESTRA : M - 01
LADO : DERECHO
PROFUNDIDAD : DE 0.44 A 0.60 M.
HECHO POR : J.R.N
FECHA : 19/02/2020

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO

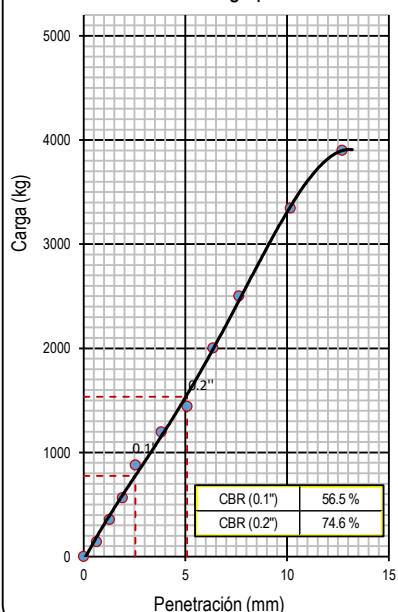
PROCTOR MODIFICADO ASTM	:	1557
MÁXIMA DENSIDAD SECA	(gr/cm³):	2.371
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%):	4.5
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA	(gr/cm³):	2.252

PORCENTAJE DEL CBR

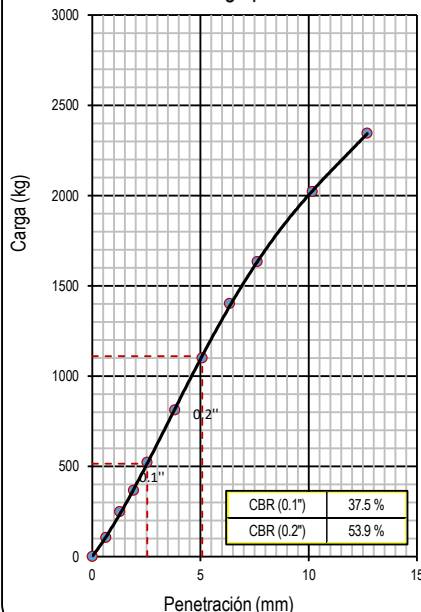
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	39.2	0.2"	56.1
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	56.9	0.2"	74.9

Observaciones:

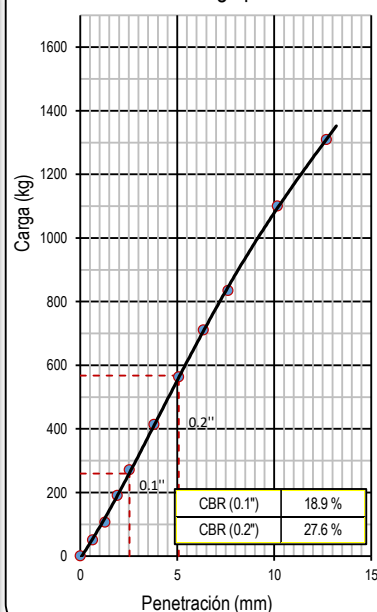
EC - 56 golpes



EC - 25 golpes



EC - 12 golpes



OBSERVACIONES: DIÁMETRO DEL PISTÓN = 4.98 cm
ÁREA DEL PISTÓN = 19.48 cm²

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/202

Código: 3084-FC-ESU-04-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 206, ASTM C 127, AASHTO T 84

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 01
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: SUBRASANTE	PROFUNDIDAD	: DE 0.44 A 0.60 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 22/02/2020

AGREGADO GRUESO

A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	2479.0	2481.0		
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	1563.5	1570.9		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm ³)	915.5	910.1		
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	2445.3	2442.0		
E	Volumen de masa = C- (A - D) (cm ³)	881.8	871.1		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.671	2.683		2.677
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.708	2.726		2.717
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.773	2.803		2.788
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	1.378	1.597		1.488

OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:
**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-04-F3

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 205, ASTM C 128, AASHTO T 85

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 01
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: SUBRASANTE	PROFUNDIDAD	: DE 0.44 A 0.60 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 22/02/2020

AGREGADO FINO

A	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	300.0	300.0		
B	Peso frasco + agua (gr)	703	638.0		
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1003.0	938.0		
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	890.5	826.8		
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	112.5	111.2		
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	297.2	297		
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm3)	109.7	108.2		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.642	2.671		2.656
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.667	2.698		2.682
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.709	2.745		2.727
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.942	1.010		0.976

OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

Anexo 7 Ensayos del laboratorio-Sub Base Granular

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE HERRERÍA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-01-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

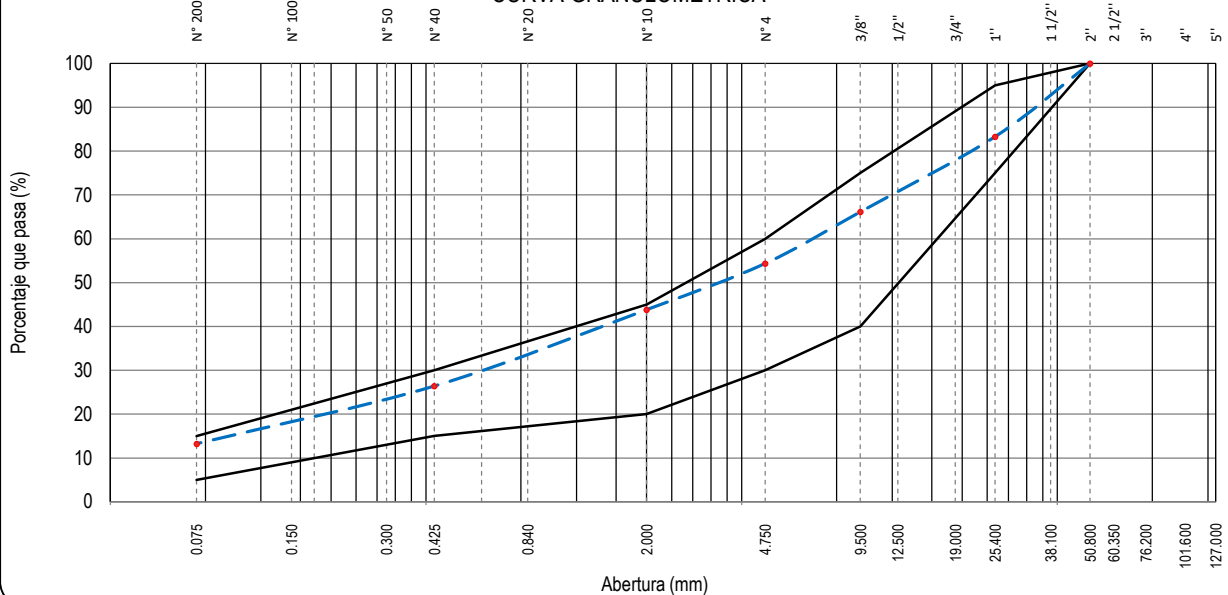
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO N° DE MUESTRA : M - 02
TRAMO : III YANANGO - PUENTE HERRERÍA LADO : DERECHO
ESTRUCTURA : SUB BASE PROFUNDIDAD : DE 0.30 A 0.44 M.
UBICACIÓN : KM.: 97+500 HECHO POR : J.R.N
CALICATA : C - 01 FECHA : 19-02-20

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC. GRADACIÓN B	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000						Peso de la Muestra
4"	101.600						Peso Total de la Muestra (gr.): 11138.0
3"	76.200						Material Fino < N°4 (gr.): 6056
2 1/2"	60.350						Material Grueso > N°4 (gr.): 5082
2"	50.800				100.0	100	Fracción Material < N°4 (gr.): 752.6
1 1/2"	38.100	1051.0	9.4	9.4	90.6		Límites de Consistencia
1"	25.400	811.0	7.3	16.7	83.3	75 95	Límite Líquido (%): 18
3/4"	19.000	568.0	5.1	21.8	78.2		Límite Plástico (%): NP
1/2"	12.500	791.0	7.1	28.9	71.1		Índice Plástico (%): NP
3/8"	9.500	552.0	5.0	33.9	66.1	40 75	Clasificación de Suelo
N°4	4.750	1309.0	11.8	45.6	54.4	30 60	Clasificación SUCS : GM
N°10	2.000	145.9	10.5	56.2	43.8	20 45	Clasificación AASHTO : A-1-a (0)
N°20	0.840	125.6	9.1	65.2	34.8		
N°40	0.425	115.6	8.4	73.6	26.4	15 30	Humedad Natural (%): 5.1
N°50	0.300	51.6	3.7	77.3	22.7		Materia Orgánica (%): 0.68
N°100	0.150	80.3	5.8	83.1	16.9		Máxima Dens. Seca Correg. (gr/cm³): 2.318
N°200	0.075	50.1	3.6	86.7	13.3	5 15	Óptimo Cont. Humedad Correg. (%): 5.3
< N°200	FONDO	183.5	13.3	100.0	0.0		CBR 0.1" al 95% de la M.D.S. (%): 57.1

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	V° B° Supervisión
Nombre / Función: Jairo Rodríguez Noriega Tesisista	Nombre / Función: Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio	Nombre / Función: Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL	Nombre / Función: Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
D:	D:	D:	D:
M:	M:	M:	M:
A:	A:	A:	A:

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-02-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 02
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: SUB BASE	PROFUNDIDAD	: DE 0.30 A 0.44 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

ENSAYO N°	1	2	
N° DE TARA	T-03	T-04	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	1393.10	1685.20	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1337.90	1614.20	
PESO DE LA TARA (gr)	248.60	236.50	
PESO DEL AGUA (gr)	55.20	71.00	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1089.30	1377.70	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.07	5.15	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	5.1		

OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega Tesisista		Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio		Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL		Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-09-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (PÉRDIDA POR IGNICIÓN)

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 118, AASHTO T 267

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO TRAMO : III YANANGO - PUENTE HERRERÍA ESTRUCTURA : SUB BASE UBICACIÓN : KM.: 97+500 CALICATA : C - 01	N° DE MUESTRA : M - 02 LADO : DERECHO PROFUNDIDAD : DE 0.30 A 0.44 M. HECHO POR : J.R.N FECHA : 19/02/2020
--	---

ENSAYO N°		1	2	3	Promedio
Tara N°		T-10	T-04	T-16	
Peso de la tara y suelo seco, antes de ignición	(gr)	33.15	34.61	35.48	
Peso de la tara y suelo seco, después de ignición	(gr)	33.08	34.51	35.35	
Peso de materia orgánica	(gr)	0.07	0.10	0.13	
Peso de la tara	(gr)	18.13	19.86	20.63	
Peso del suelo seco neto	(gr)	14.95	14.65	14.72	
Contenido de Materia Orgánica	(%)	0.47	0.68	0.88	0.68

OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		V° B° Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega Tesisista		Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio		Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL		Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-03-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 02
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: SUB BASE	PROFUNDIDAD	: DE 0.30 A 0.44 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

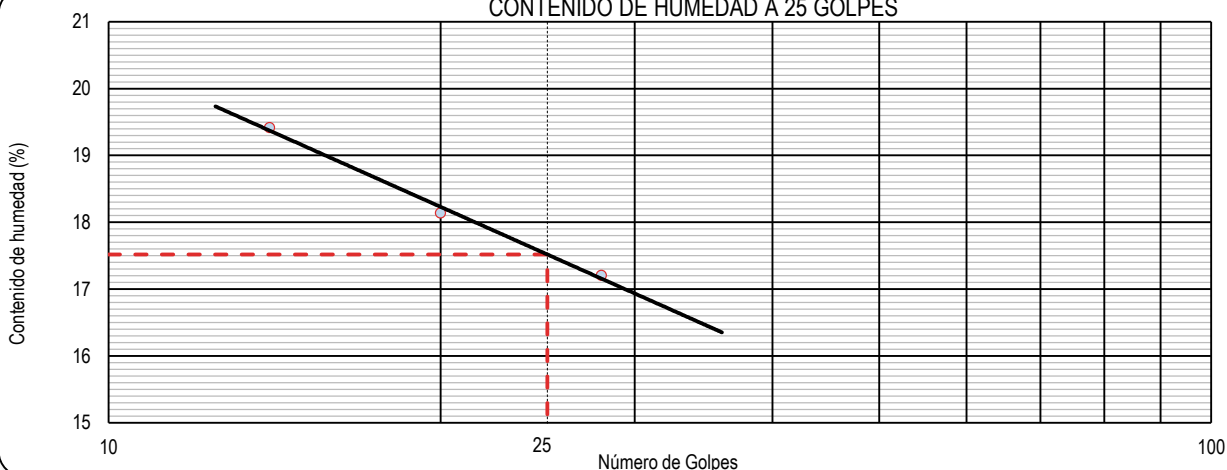
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N° DE TARA		T-33	T-34	T-35	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)		41.00	40.60	42.00	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)		37.00	36.47	37.40	
PESO DEL AGUA (gr)		4.00	4.13	4.60	
PESO DE LA TARA (gr)		13.75	13.70	13.71	
PESO DEL SUELO SECO (gr)		23.25	22.77	23.69	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		17.20	18.14	19.42	
NÚMERO DE GOLPES		28	20	14	

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

N° DE TARA					
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)					
PESO TARA + SUELO SECO (gr)					
PESO DE LA TARA (gr)					
PESO DEL AGUA (gr)					
PESO DEL SUELO SECO (gr)					
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO (%)	18
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

OBSERVACIONES

MALLA N° 40

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega	
Tesista	
Firma:	M:
	A:

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Walter Flores Sosa	
Técnico Responsable del Laboratorio	
Firma:	M:
	A:

Aprobado por:

Nombre / Función:	D:
Jhon Seguin Ypanaque	
Técnico del Laboratorio USIL	
Firma:	M:
	A:

V° B° Supervisión

Nombre / Función:	D:
Guillermo Lazo Lazaro	
Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:
	A:

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-05-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
EQUIVALENTE DE ARENA

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 114, ASTM D 2419, AASHTO T 176

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 02
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
CANTERA	: SUB BASE	PROFUNDIDAD	: DE 0.30 A 0.44 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

N° DE ENSAYOS	1	2	3
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	4.76	4.76	4.76
Hora de entrada a saturación	04:10	04:12	04:14
Hora de salida de saturación (10")	04:20	04:22	04:24
Hora de entrada a decantación	04:22	04:24	04:26
Hora de salida de decantación (20")	04:42	04:44	04:46
Altura máxima de material fino	9.0	9.1	9.0
Altura máxima de la arena	3.3	3.5	3.4
Equivalente de Arena (%)	36.7	38.5	37.8
PROMEDIO	37.6		
RESULTADO FINAL CONSIDERADO POR NORMA EG2013 (%)	38		

OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		V° B° Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega Tesisista		Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio		Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL		Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-12-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ABRASIÓN LOS ÁNGELES

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 207, ASTM C 131, AASHTO T 96

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 02
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
CANTERA	: SUB BASE	PROFUNDIDAD	: DE 0.30 A 0.44 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

MUESTRA	1	
GRADACIÓN	"A"	
N° DE ESFERAS	12	
TAMIZ (N°)	PESO RETENIDO (grs.)	
1"	1250	
3/4"	1249	
1/2"	1250	
3/8"	1251	
PESO TOTAL	5000	
MATERIAL RETENIDO TAMIZ N°12	3848	
MATERIAL PASANTE TAMIZ N°12	1152	
PORCENTAJE DE DESGASTE	23.0	

OBSERVACIONES:

Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:			V° B° Supervisión		
Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:	
Jairo Rodríguez Noriega			Walter Flores Sosa			Jhon Seguin Ypanaque			Guillermo Lazo Lazaro		
Tesista	M:		Técnico Responsable del Laboratorio	M:		Técnico del Laboratorio USIL	M:		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	M:	
Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:	

PROYECTO:

"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-06-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

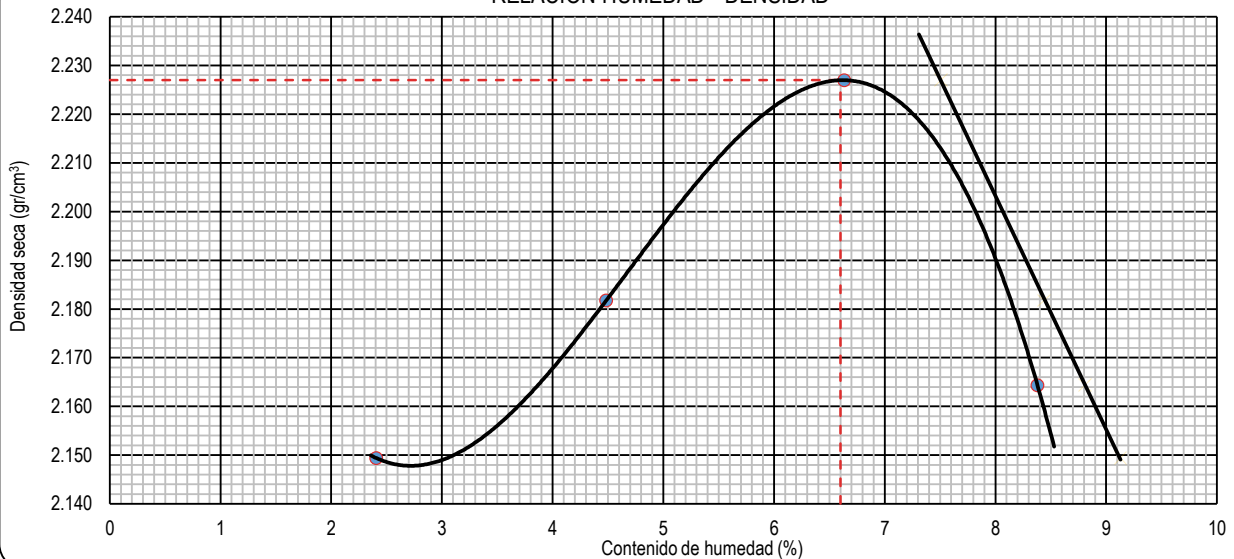
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 02
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: SUB BASE	PROFUNDIDAD	: DE 0.30 A 0.44 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

Ensayo N°	1	2	3	4	
Número de Capas	5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde (gr)	10735	10900	11100	11039	
Peso molde + base (gr)	6106	6106	6106	6106	
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4629	4794	4994	4933	
Volumen del molde (cm³)	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo (gr/cm³)	2.201	2.280	2.375	2.346	
Tara N°	T-22	T-32	T-45	T-41	
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	1373.2	734.4	772.7	752.3	
Peso del suelo seco + tara (gr)	1349.3	709.3	734.0	705.6	
Peso de Tara (gr)	356.4	149.6	150.6	148.3	
Peso de agua (gr)	23.9	25.1	38.7	46.7	
Peso del suelo seco (gr)	992.9	559.7	583.4	557.3	
Contenido de agua (%)	2.4	4.5	6.6	8.4	
Peso volumétrico seco (gr/cm³)	2.149	2.182	2.227	2.164	
Peso específico bulk base seca de Mat. Fino (gr/cm³)	2.674			Densidad Máxima (gr/cm³)	2.227
				Humedad Óptima (%)	6.6
				Densidad Máxima Corregida (gr/cm³)	2.318
				Humedad Óptima Corregida (%)	5.3

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		V° B° Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-06-F2

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

**CORRECCIÓN DE LA DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS
QUE CONTIENEN PARTÍCULAS EXTRADIMENSIONADAS A.S.T.M. D 4718**

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 02
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: SUB BASE	PROFUNDIDAD	: DE 0.30 A 0.44 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

PORCENTAJE DE LA FRACCIÓN EXTRADIMENSIONADA.	21.8	%
PORCENTAJE DE LA FRACCIÓN FINA.	78.2	%
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA FRACCIÓN EXTRADIMENSIONADA.	0.63	%
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA FRACCIÓN EXTRADIMENSIONADA.	2.714	gr/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO DE LA FRACCIÓN FINA.	6.6	%
DENSIDAD SECA MÁXIMA DE LA FRACCIÓN FINA.	2.227	gr/cm ³
DENSIDAD DEL AGUA.	1	gr/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO CORREGIDO	5.3	%
DENSIDAD SECA MÁXIMA CORREGIDA	2.318	gr/cm³

OBSERVACIONES:

Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:			V° B° Supervisión		
Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:	
Jairo Rodríguez Noriega Tesisista	M:		Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio	M:		Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL	M:		Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	M:	
Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:	

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-11-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

Hoja: 1 de 2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 02
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: SUB BASE	PROFUNDIDAD	: DE 0.30 A 0.44 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

COMPACTACIÓN

Molde N°	7		8		9	
N° Capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (gr)	11945	11990	11851	11940	11555	11675
Peso de molde + base (gr)	6812	6812	6960	6960	6931	6931
Peso del suelo húmedo (gr)	5133	5178	4891	4980	4624	4744
Volumen del molde (cm³)	2105	2105	2105	2105	2105	2105
Densidad húmeda (gr/cm³)	2.438	2.460	2.324	2.366	2.197	2.254
N° Tara	T-53	T-44	T-45	T-33	T-36	T-60
Peso suelo húmedo + tara (gr)	862.5	791.1	910.6	752.3	888.2	845.2
Peso suelo seco + tara (gr)	827.1	759.4	874.3	712.9	851.1	793.9
Peso de tara (gr)	144.8	244.1	150.6	143.7	140.7	136.9
Peso de agua (gr)	35.4	31.7	36.3	39.4	37.1	51.3
Peso de suelo seco (gr)	682.3	515.3	723.7	569.2	710.4	657.0
Contenido de humedad (%)	5.2	6.2	5.0	6.9	5.2	7.8
Densidad seca (gr/cm³)	2.318	2.317	2.213	2.213	2.088	2.090

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/20/2020	15:10	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
22/20/2020	15:10	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
23/20/2020	15:10	48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
24/20/2020	15:10	72	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
25/20/2020	15:10	96	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (mm)	CARGA ESTÁNDAR (kg/cm²)	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0				0				0		
0.635			200				152				85		
1.270			550				332				220		
1.905			929				585				341		
2.540	70.5		1322	1254.4	91.4		900	819.0	59.7		536	491.0	35.8
3.810			1978				1255				766		
5.080	105.7		2366	2409.6	117.1		1800	1761.8	85.6		1055	1054.7	51.2
6.350			2765				2156				1320		
7.620			3184				2602				1603		
10.160			3713				3155				2013		
12.700			3980				3621				2345		

OBSERVACIONES: DIÁMETRO DEL PISTÓN = 4.98 cm

AREA DEL PISTÓN = 19.48 cm²

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-11-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

Hoja: 2 de 2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

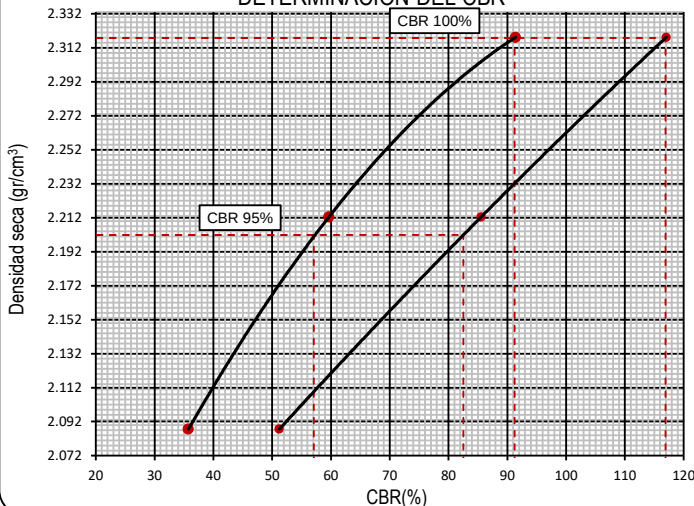
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO
TRAMO : III YANANGO - PUENTE HERRERÍA
ESTRUCTURA : SUB BASE
UBICACIÓN : KM.: 97+500
CALICATA : C - 01

N° DE MUESTRA : M - 02
LADO : DERECHO
PROFUNDIDAD : DE 0.30 A 0.44 M.
HECHO POR : J.R.N
FECHA : 19/02/2020

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO

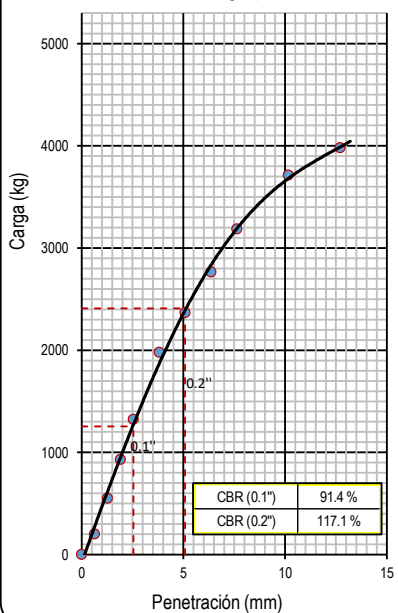
PROCTOR MODIFICADO ASTM	:	1557
MÁXIMA DENSIDAD SECA	(gr/cm³):	2.318
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%):	5.3
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA	(gr/cm³):	2.202

PORCENTAJE DEL CBR

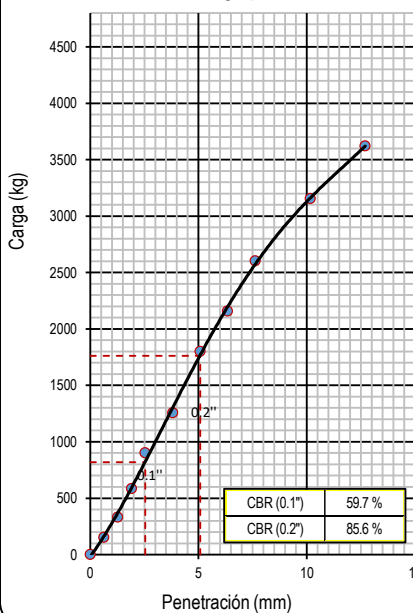
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	57.1	0.2"	82.5
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	91.2	0.2"	116.9

Observaciones:

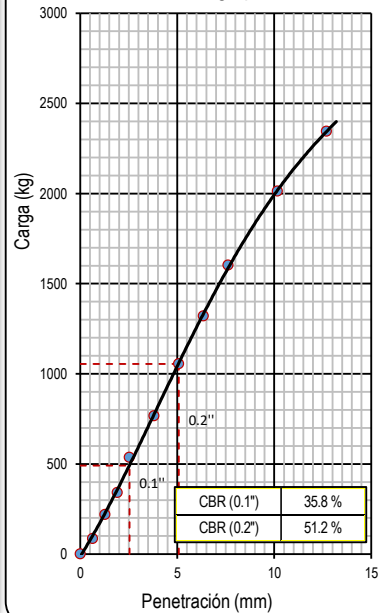
EC - 56 golpes



EC - 25 golpes



EC - 12 golpes



OBSERVACIONES: DIÁMETRO DEL PISTÓN = 4.98 cm
ÁREA DEL PISTÓN = 19.48 cm²

Elaborado por:

Nombre / Función:
Jairo Rodríguez Noriega
Tesisista
Firma:

Revisado por:

Nombre / Función:
Walter Flores Sosa
Técnico Responsable del Laboratorio
Firma:

Aprobado por:

Nombre / Función:
Jhon Seguin Ypanaque
Técnico del Laboratorio USIL
Firma:

Vº Bº Supervisión

Nombre / Función:
Guillermo Lazo Lazaro
Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)
Firma:

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/202

Código: 3084-FC-ESU-04-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 206, ASTM C 127, AASHTO T 84

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 02
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: SUB BASE	PROFUNDIDAD	: DE 0.30 A 0.44 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

AGREGADO GRUESO

A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	1782.1	1812.3		
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	1130.3	1148.0		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm ³)	651.8	664.3		
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	1770.2	1801.7		
E	Volumen de masa = C- (A - D) (cm ³)	639.9	653.7		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.716	2.712		2.714
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.734	2.728		2.731
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.766	2.756		2.761
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0.672	0.588		0.630

OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodriguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-04-F3

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 205, ASTM C 128, AASHTO T 85

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO TRAMO : III YANANGO - PUENTE HERRERÍA ESTRUCTURA : SUB BASE UBICACIÓN : KM.: 97+500 CALICATA : C - 01	N° DE MUESTRA : M - 02 LADO : DERECHO PROFUNDIDAD : DE 0.30 A 0.44 M. HECHO POR : J.R.N FECHA : 19/02/2020
--	---

AGREGADO FINO

A	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	300.0	300.0		
B	Peso frasco + agua (gr)	642.6	641.5		
C	Peso frasco + agua + A (gr)	942.6	941.5		
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	831	830		
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	111.6	111.5		
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	298.0	298.6		
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm3)	109.6	110.1		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.670	2.678		2.674
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.688	2.691		2.689
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.719	2.712		2.716
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.671	0.469		0.570

OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

Contrato N°:

045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-15-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS
NORMA TÉCNICA: ASTM D 4791

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA : M - 02
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO : DERECHO
CANtera	: SUB BASE	PROFUNDIDAD : DE 0.30 A 0.44 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR : J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA : 19-02-20

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS Y ALARGADAS			NI CHATAS NI ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORREGIDO	PESO	(%)	(%) CORREGIDO
(pulg)	(mm)									
3"	76.200									
2"	50.800			100.0						
1 1/2"	38.100	1051.0	27.9	72.1	82.3	7.8	2.2	968.7	92.2	25.7
1"	25.400	811.0	21.5	50.6	83.2	10.3	2.2	727.8	89.7	19.3
3/4"	19.050	568.0	15.1	35.6	73.6	13.0	2.0	494.4	87.0	13.1
1/2"	12.700	791.0	21.0	14.6	55.3	7.0	1.5	735.7	93.0	19.5
3/8"	8.750	552.0	14.6	0.0	40.2	7.3	1.1	511.8	92.7	13.6
TOTAL		3773.0	100.0				8.9	2469.7		91.1

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	3773.0
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DE ENSAYO	(%)	8.9
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (Esp. Max. Deacuerdo al EG-2013)	(%)	20.0

Observaciones:

Ensayo corresponde a la granulometría

Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:			Vº Bº Supervisión		
Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:	
Jairo Rodriguez Noriega			Walter Flores Sosa			Jhon Seguin Ypanaque			Guillermo Lazo Lazaro		
Tesista	M:		Técnico Responsable del Laboratorio	M:		Técnico del Laboratorio USIL	M:		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	M:	
Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:	

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERÍA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-16-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SALES SOLUBLES TOTALES
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 219, ASTM D 1888

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA : M - 02
TRAMO : III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO : DERECHO
CANTERA : SUB BASE	PROFUNDIDAD : DE 0.30 A 0.44 M.
UBICACIÓN : KM.: 97+500	HECHO POR : J.R.N
CALICATA : C - 01	FECHA : 19/02/2020

MUESTRA GRAVA	1	2	3
Peso de Tara	75.08	75.11	75.11
Peso tara + agua + sal	163.08	159.14	159.14
Peso tara + sal	75.12	75.14	75.14
Peso sal	0.040	0.030	0.030
Peso agua	87.96	84.00	84.00
% de sales solubles totales	0.045	0.036	0.036
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)	0.039		

Observaciones: _____

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		V° B° Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega Tesisista		Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio		Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL		Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

«SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"»

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-16-F2

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SALES SOLUBLES TOTALES
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 219, ASTM D 1888

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	Nº DE MUESTRA : M - 02
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO : DERECHO
CANTERA	: SUB BASE	PROFUNDIDAD : DE 0.30 A 0.44 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR : J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA : 19/02/2020

MUESTRA ARENA	1	2	3
Peso de Tara	75.01	75.12	75.12
Peso tara + agua + sal	163.05	160.00	160.01
Peso tara + sal	75.04	75.15	75.15
Peso sal	0.030	0.030	0.030
Peso agua	88.01	84.85	84.86
% de sales solubles totales	0.034	0.035	0.035
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)	0.035		

Observaciones:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

Anexo 8 Ensayos del laboratorio-Base Granular

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE HERRERÍA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-01-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

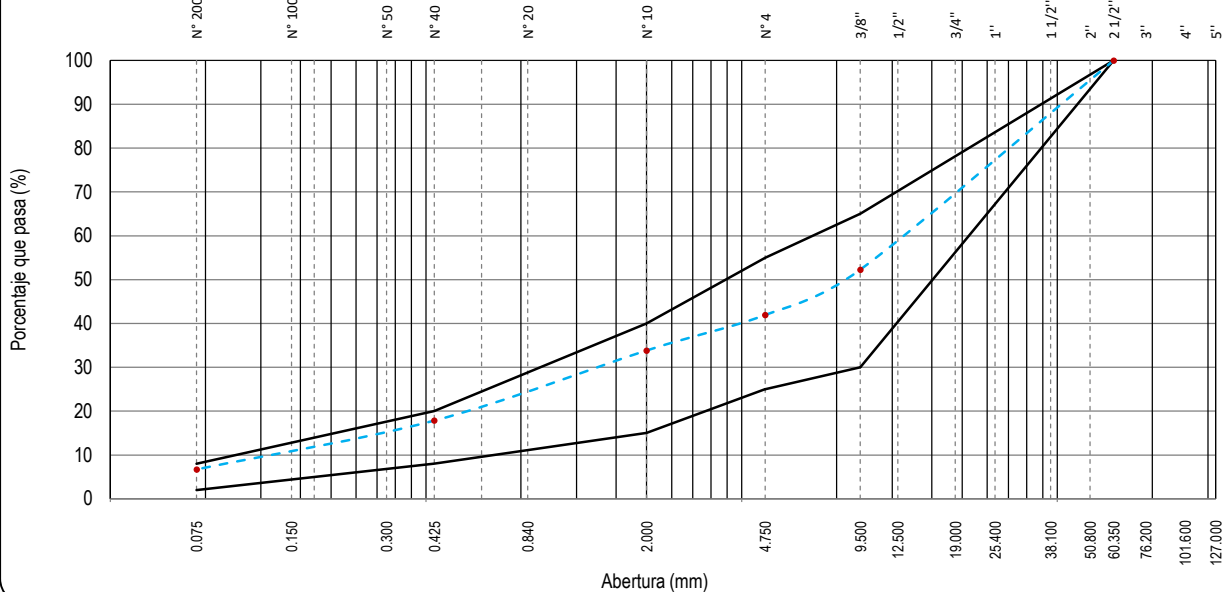
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO :	ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA :	M - 03
TRAMO :	III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO :	DERECHO
ESTRUCTURA :	BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD :	DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN :	KM.: 97+500	HECHO POR :	J.R.N
CALICATA :	C - 01	FECHA :	19-02-20

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000						Peso de la Muestra
4"	101.600						Peso Total de la Muestra (gr.): 23325.0
3"	76.200						Material Fino < N°4 (gr.): 9781
2 1/2"	60.350				100.0	100	Material Grueso > N°4 (gr.): 13544
2"	50.800	768.0	3.3	3.3	96.7		Fracción Material < N°4 (gr.): 875.7
1 1/2"	38.100	1953.0	8.4	11.7	88.3		Límites de Consistencia
1"	25.400	3756.0	16.1	27.8	72.2		Límite Líquido (%): 17
3/4"	19.000	1696.0	7.3	35.0	65.0		Límite Plástico (%): NP
1/2"	12.500	1847.0	7.9	43.0	57.0		Índice Plástico (%): NP
3/8"	9.500	1113.0	4.8	47.7	52.3	30 65	Clasificación de Suelo
N°4	4.750	2411.0	10.3	58.1	41.9	25 55	Clasificación SUCS : GP-GM
N°10	2.000	169.1	8.1	66.2	33.8	15 40	Clasificación AASHTO : A-1-a (0)
N°20	0.840	179.9	8.6	74.8	25.2		
N°40	0.425	154.1	7.4	82.2	17.8	8 20	Humedad Natural (%): 3.9
N°50	0.300	66.3	3.2	85.3	14.7		Materia Orgánica (%): 0.76
N°100	0.150	100.5	4.8	90.1	9.9		Máxima Dens. Seca Correg. (gr/cm³): 2.308
N°200	0.075	65.6	3.1	93.3	6.7	2 8	Óptimo Cont. Humedad Correg. (%): 5.6
< N°200	FONDO	140.2	6.7	100.0	0.0		CBR 0.1" al 95% de la M.D.S. (%): 70.6

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:			V° B° Supervisión		
Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:	
Jairo Rodríguez Noriega			Walter Flores Sosa			Jhon Seguin Ypanaque			Guillermo Lazo Lazaro		
Tesista	M:		Técnico Responsable del Laboratorio	M:		Técnico del Laboratorio USIL	M:		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	M:	
Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:	

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-02-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO :	ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA :	M - 03
TRAMO :	III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO :	DERECHO
ESTRUCTURA :	BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD :	DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN :	KM.: 97+500	HECHO POR :	J.R.N
CALICATA :	C - 01	FECHA :	19/02/2020

ENSAYO N°	1	2	
N° DE TARA	T-22	T-21	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	1134.90	1356.00	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1105.70	1317.20	
PESO DE LA TARA (gr)	356.40	338.00	
PESO DEL AGUA (gr)	29.20	38.80	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	749.30	979.20	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.90	3.96	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	3.9		

OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-09-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA (PÉRDIDA POR IGNICIÓN)

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 118, AASHTO T 267

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO :	ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA :	M - 03
TRAMO :	III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO :	DERECHO
ESTRUCTURA :	BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD :	DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN :	KM.: 97+500	HECHO POR :	J.R.N
CALICATA :	C - 01	FECHA :	19/02/2020

ENSAYO N°		1	2	3	Promedio
Tara N°		T-11	T-20	T-05	
Peso de la tara y suelo seco, antes de ignición	(gr)	32.38	34.65	33.78	
Peso de la tara y suelo seco, después de ignición	(gr)	32.30	34.50	33.67	
Peso de materia orgánica	(gr)	0.08	0.15	0.11	
Peso de la tara	(gr)	17.37	19.92	18.46	
Peso del suelo seco neto	(gr)	14.93	14.58	15.21	
Contenido de Materia Orgánica	(%)	0.54	1.03	0.72	0.76

OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		V° B° Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega Tesisista		Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio		Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL		Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-03-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 03
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD	: DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

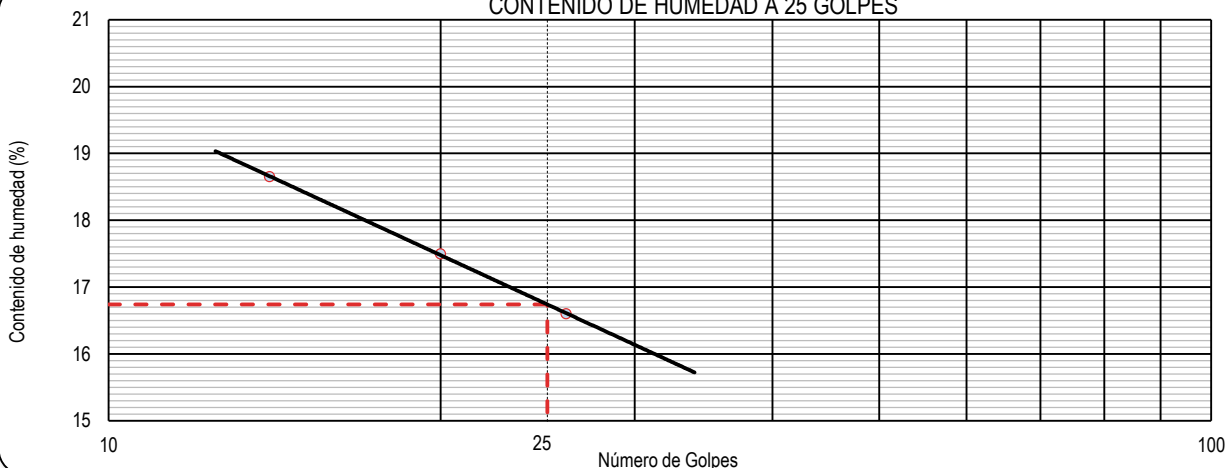
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N° DE TARA		T-30	T-31	T-32	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)		40.80	40.90	41.95	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)		36.95	36.85	37.52	
PESO DEL AGUA (gr)		3.85	4.05	4.43	
PESO DE LA TARA (gr)		13.76	13.70	13.77	
PESO DEL SUELO SECO (gr)		23.19	23.15	23.75	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		16.60	17.49	18.65	
NÚMERO DE GOLPES		26	20	14	

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

N° DE TARA					
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)					
PESO TARA + SUELO SECO (gr)					
PESO DE LA TARA (gr)					
PESO DEL AGUA (gr)					
PESO DEL SUELO SECO (gr)					
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO (%)	17
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

OBSERVACIONES

MALLA N° 40

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega	
Tesista	
Firma:	M:
	A:

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Walter Flores Sosa	
Técnico Responsable del Laboratorio	
Firma:	M:
	A:

Aprobado por:

Nombre / Función:	D:
Jhon Seguin Ypanaque	
Técnico del Laboratorio USIL	
Firma:	M:
	A:

V° B° Supervisión

Nombre / Función:	D:
Guillermo Lazo Lazaro	
Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:
	A:

PROYECTO:

"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-05-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

EQUIVALENTE DE ARENA

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 114, ASTM D 2419, AASHTO T 176

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA : M - 03
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO : DERECHO
CANTERA	: BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD : DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR : J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA : 19/02/2020

N° DE ENSAYOS	1	2	3
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	4.76	4.76	4.76
Hora de entrada a saturación	08:10	08:12	08:14
Hora de salida de saturación (10")	08:20	08:22	08:24
Hora de entrada a decantación	08:22	08:24	08:26
Hora de salida de decantación (20")	08:42	08:44	08:46
Altura máxima de material fino	7.0	7.2	7.0
Altura máxima de la arena	2.8	3.0	2.9
Equivalente de Arena (%)	40.0	41.7	41.4
PROMEDIO	41.0		
RESULTADO FINAL CONSIDERADO POR NORMA EG2013 (%)	42		

OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-12-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ABRASIÓN LOS ÁNGELES

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 207, ASTM C 131, AASHTO T 96

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO :	ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA :	M - 03
TRAMO :	III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO :	DERECHO
CANtera :	BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD :	DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN :	KM.: 97+500	HECHO POR :	J.R.N
CALICATA :	C - 01	FECHA :	19/02/2020

MUESTRA	1	
GRADACIÓN	"A"	
N° DE ESFERAS	12	
TAMIZ (N°)	PESO RETENIDO (grs.)	
1"	1250	
3/4"	1249	
1/2"	1250	
3/8"	1251	
PESO TOTAL	5000	
MATERIAL RETENIDO TAMIZ N°12	3925	
MATERIAL PASANTE TAMIZ N°12	1075	
PORCENTAJE DE DESGASTE	21.5	

OBSERVACIONES:

Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:			Vº Bº Supervisión		
Nombre / Función: Jairo Rodríguez Noriega Tesisista	D:		Nombre / Función: Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio	D:		Nombre / Función: Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL	D:		Nombre / Función: Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	D:	
	M:			M:			M:			M:	
	A:			A:			A:			A:	

PROYECTO:

"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-06-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

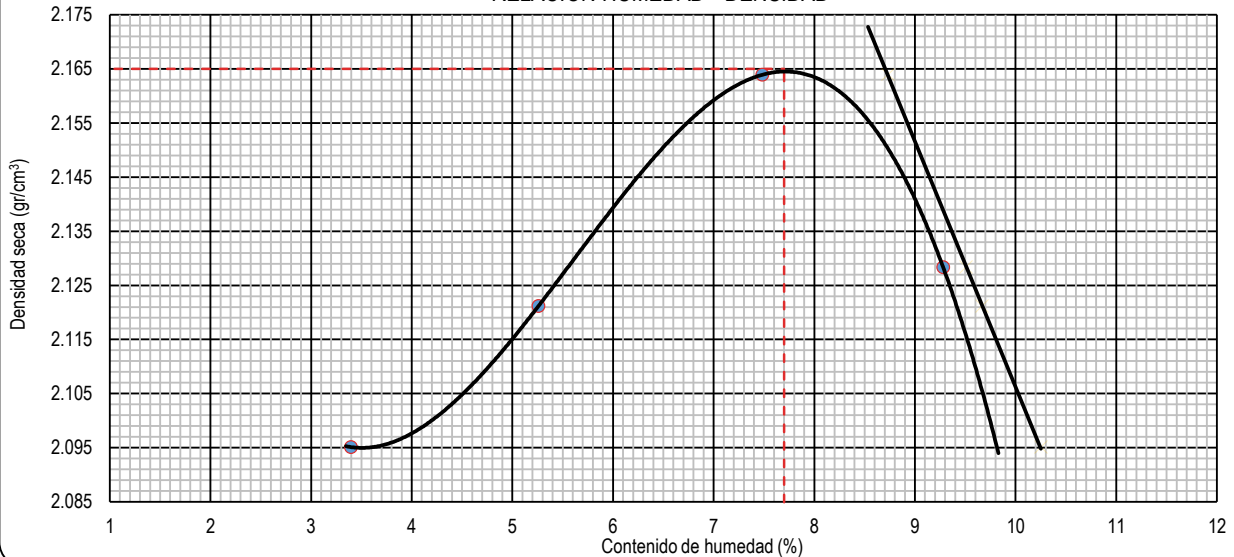
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 03
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD	: DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

Ensayo N°	1	2	3	4	
Número de Capas	5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde (gr)	10685	10825	11021	11021	
Peso molde + base (gr)	6125	6125	6125	6125	
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4560	4700	4896	4896	
Volumen del molde (cm³)	2105	2105	2105	2105	
Peso volumétrico húmedo (gr/cm³)	2.166	2.233	2.326	2.326	
Tara N°	T-41	T-40	T-33	T-40	
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	1070.7	900.0	810.0	900.0	
Peso del suelo seco + tara (gr)	1040.4	862.1	763.6	835.6	
Peso de Tara (gr)	148.3	141.6	143.7	141.6	
Peso de agua (gr)	30.3	37.9	46.4	64.4	
Peso del suelo seco (gr)	892.1	720.5	619.9	694.0	
Contenido de agua (%)	3.4	5.3	7.5	9.3	
Peso volumétrico seco (gr/cm³)	2.095	2.121	2.164	2.128	
Peso específico bulk base seca de Mat. Fino (gr/cm³)	2.668			Densidad Máxima (gr/cm³)	2.165
				Humedad Óptima (%)	7.7
				Densidad Máxima Corregida (gr/cm³)	2.308
				Humedad Óptima Corregida (%)	5.6

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-06-F2

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

**CORRECCIÓN DE LA DENSIDAD Y CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS
QUE CONTIENEN PARTÍCULAS EXTRADIMENSIONADAS A.S.T.M. D 4718**

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 03
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD	: DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

PORCENTAJE DE LA FRACCIÓN EXTRADIMENSIONADA.	30.0	%
PORCENTAJE DE LA FRACCIÓN FINA.	70.0	%
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA FRACCIÓN EXTRADIMENSIONADA.	0.63	%
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LA FRACCIÓN EXTRADIMENSIONADA.	2.729	gr/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO DE LA FRACCIÓN FINA.	7.7	%
DENSIDAD SECA MÁXIMA DE LA FRACCIÓN FINA.	2.165	gr/cm ³
DENSIDAD DEL AGUA.	1	gr/cm ³
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO CORREGIDO	5.6	%
DENSIDAD SECA MÁXIMA CORREGIDA	2.308	gr/cm³

OBSERVACIONES:

Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:			V° B° Supervisión		
Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:	
Jairo Rodríguez Noriega Tesisista	M:		Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio	M:		Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL	M:		Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	M:	
Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:	

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERÍA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-11-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

Hoja: 1 de 2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 03
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD	: DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

COMPACTACIÓN

Molde N°	31		32		33	
N° Capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (gr)	13700	13710	12355	12365	12451	12485
Peso de molde + base (gr)	8524	8524	7425	7425	7771	7771
Peso del suelo húmedo (gr)	5176	5186	4930	4940	4680	4714
Volumen del molde (cm³)	2126	2126	2125	2125	2126	2126
Densidad húmeda (gr/cm³)	2.435	2.439	2.320	2.325	2.201	2.217
N° Tara	T-10	T-04	T-18	T-55	T-23	T-06
Peso suelo húmedo + tara (gr)	1200.3	900.4	1140.5	899.0	1023.4	914.6
Peso suelo seco + tara (gr)	1150.0	864.0	1100.0	859.0	990.0	876.7
Peso de tara (gr)	238.8	236.5	341.7	147.8	356.9	243.6
Peso de agua (gr)	50.3	36.4	40.5	40.0	33.4	37.9
Peso de suelo seco (gr)	911.2	627.5	758.3	711.2	633.1	633.1
Contenido de humedad (%)	5.5	5.8	5.3	5.6	5.3	6.0
Densidad seca (gr/cm³)	2.307	2.306	2.202	2.201	2.091	2.092

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/20/2020	16:40	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
22/20/2020	16:40	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
23/20/2020	16:40	48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
24/20/2020	16:40	72	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00
25/20/2020	16:40	96	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (mm)	CARGA ESTÁNDAR (kg/cm²)	MOLDE N° 31				MOLDE N° 32				MOLDE N° 33			
		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0				0				0		
0.635			345				203				110		
1.270			655				455				255		
1.905			1005				750				410		
2.540	70.5		1533	1422.2	103.6		1005	1007.0	73.4		592	560.1	40.8
3.810			2102				1570				885		
5.080	105.7		2965	2902.4	141.0		2170	2120.7	103.0		1106	1150.0	55.9
6.350			3566				2567				1462		
7.620			4321				3089				1760		
10.160			4766				3544				2152		
12.700			5000				3944				2380		

OBSERVACIONES: DIÁMETRO DEL PISTÓN = 4.98 cm

ÁREA DEL PISTÓN = 19.48 cm²

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega Tesisista		Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio		Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL		Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-11-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

Hoja: 2 de: 2

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

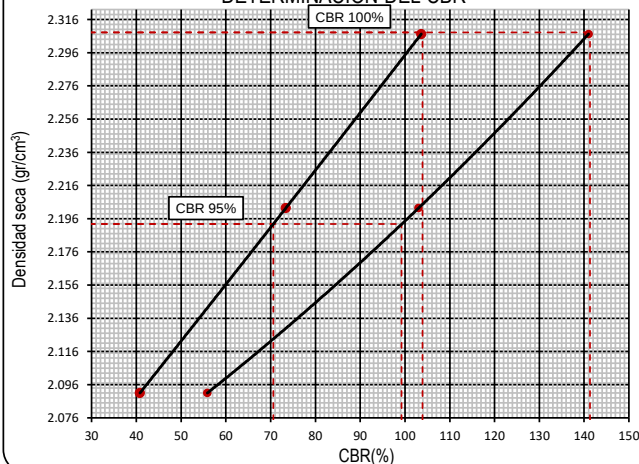
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO N° DE MUESTRA : M - 03
TRAMO : III YANANGO - PUENTE HERRERÍA LADO : DERECHO
ESTRUCTURA : BASE GRANULAR PROFUNDIDAD : DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN : KM.: 97+500 HECHO POR : J.R.N
CALICATA : C - 01 FECHA : 19/02/2020

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO

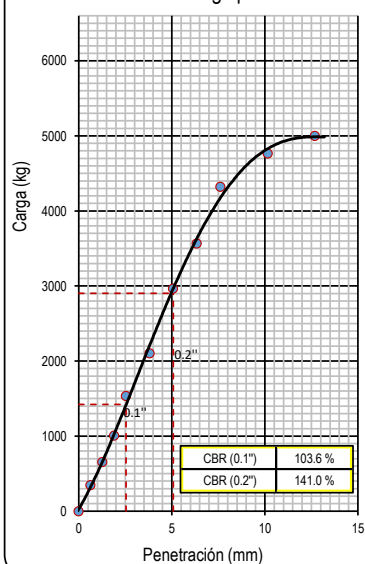
PROCTOR MODIFICADO ASTM	:	1557
MÁXIMA DENSIDAD SECA	(gr/cm³):	2.308
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%):	5.6
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA	(gr/cm³):	2.193
DENSIDAD IN SITU	(gr/cm³):	2.219

PORCENTAJE DEL CBR

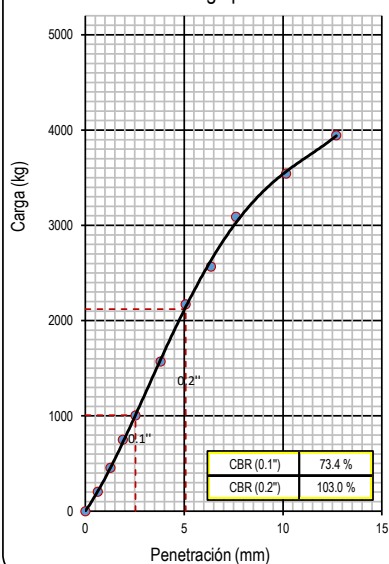
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	70.6	0.2"	99.2
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	103.9	0.2"	141.3

Observaciones:

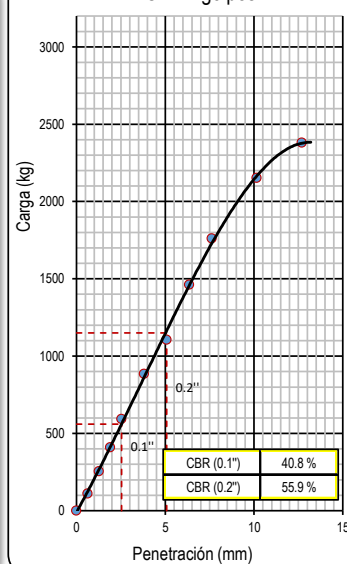
EC - 56 golpes



EC - 25 golpes



EC - 12 golpes



OBSERVACIONES: DIÁMETRO DEL PISTÓN = 4.98 cm

AREA DEL PISTÓN = 19.48 cm²

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/202

Código: 3084-FC-ESU-04-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 206, ASTM C 127, AASHTO T 84

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 03
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
ESTRUCTURA	: BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD	: DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19/02/2020

AGREGADO GRUESO

A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	1680.3	1765.5		
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	1068.9	1122.3		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm ³)	611.4	643.2		
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	1669.1	1755.3		
E	Volumen de masa = C- (A - D) (cm ³)	600.2	633.0		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.730	2.729		2.729
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.748	2.745		2.747
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.781	2.773		2.777
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	0.671	0.581		0.626

OBSERVACIONES:

Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:			Vº Bº Supervisión		
Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:	
Jairo Rodríguez Noriega			Walter Flores Sosa			Jhon Seguin Ypanaque			Guillermo Lazo Lazaro		
Tesista	M:		Técnico Responsable del Laboratorio	M:		Técnico del Laboratorio USIL	M:		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	M:	
Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:		Firma:	A:	

PROYECTO:

**"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-04-F3

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 205, ASTM C 128, AASHTO T 85

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO TRAMO : III YANANGO - PUENTE HERRERÍA ESTRUCTURA : BASE GRANULAR UBICACIÓN : KM.: 97+500 CALICATA : C - 01	N° DE MUESTRA : M - 03 LADO : DERECHO PROFUNDIDAD : DE 0.15 A 0.30 M. HECHO POR : J.R.N FECHA : 19/02/2020
---	---

AGREGADO FINO

A	Peso material saturado superficialmente seco (en Aire) (gr)	300.0	300.0		
B	Peso frasco + agua (gr)	679.4	706.5		
C	Peso frasco + agua + A (gr)	979.4	1006.5		
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	867.3	895		
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	112.1	111.5		
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	298.4	298.2		
G	Volumen de masa = E - (A - F) (cm3)	110.5	109.7		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.662	2.674		2.668
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.676	2.691		2.683
	Pe aparente (Base seca) = F/G	2.700	2.718		2.709
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.536	0.604		0.570

OBSERVACIONES:

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		Vº Bº Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega		Walter Flores Sosa		Jhon Seguin Ypanaque		Guillermo Lazo Lazaro	
Tesista		Técnico Responsable del Laboratorio		Técnico del Laboratorio USIL		Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

"SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

_Contrato N°:

045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-14-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

DETERMINACIÓN DE CARAS FRACTURADAS
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 210, ASTM D 5821

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO :	ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA : M - 03
TRAMO :	III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO : DERECHO
CANTERA :	BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD : DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN :	KM.: 97+500	HECHO POR : J.R.N
CALICATA :	C - 01	FECHA : 19/02/2020

A.- CON UNA CARA FRACTURADA

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	(%)	C*D
2"	1 1/2"	1953.0	1900.0	97.3	14.4	1402.8
1 1/2"	1"	3756.0	3710.0	98.8	27.7	2739.2
1"	3/4"	1696.0	1509.0	89.0	12.5	1114.1
3/4"	1/2"	1847.0	1810.0	98.0	13.6	1336.4
1/2"	3/8"	1113.0	1100.0	98.8	8.2	812.2
TOTAL		10365.0			76.5	7404.8

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA DE ENSAYO (%)	96.8
PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA DE ESPECIFICACIÓN (Min. Esp. EG 2013) (%)	80.0

B.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS

TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(g)	(g)	$((B/A)*100)$	(%)	C*D
2"	1 1/2"	1953.0	1500	76.8	14.4	1107.5
1 1/2"	1"	3756.0	3025	80.5	27.7	2233.5
1"	3/4"	1696.0	1425	84.0	12.5	1052.1
3/4"	1/2"	1847.0	1685	91.2	13.6	1244.1
1/2"	3/8"	1113.0	1121	100.7	8.2	827.7
TOTAL		10365.0			76.5	6464.9

PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS (%)	84.5
PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA DE ESPECIFICACIÓN (Min. Esp. EG 2013) (%)	40.0

OBSERVACIONES: Ensayo corresponde a la granulometría

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		V° B° Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodriguez Noriega Tesisista		Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio		Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL		Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE HERRERIA"			
Contrato N°:	045-2019 - MTC/20.2	Código: 3084-FC-ESU-15-F1	Registro: N° Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS
 NORMA TÉCNICA: ASTM D 4791

DATOS DE LA MUESTRA			
CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA	: M - 03
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO	: DERECHO
CANtera	: BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD	: DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR	: J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA	: 19-02-20

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS Y ALARGADAS			NI CHATAS NI ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORREGIDO	PESO	(%)	(%) CORREGIDO
(pulg)	(mm)									
3"	76.200									
2"	50.800			100.0						
1 1/2"	38.100	1953.0	18.8	81.2	300.0	15.4	2.9	1653.0	84.6	15.9
1"	25.400	3756.0	36.2	44.9	210.6	5.6	2.0	3545.4	94.4	34.2
3/4"	19.050	1696.0	16.4	28.6	85.6	5.0	0.8	1610.4	95.0	15.5
1/2"	12.700	1847.0	17.8	10.7	65.1	3.5	0.6	1781.9	96.5	17.2
3/8"	8.750	1113.0	10.7	0.0	75.3	6.8	0.7	1037.7	93.2	10.0
TOTAL		10365.0	100.0				7.1	7975.4		92.9

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	10365.0
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS DE ENSAYO	(%)	7.1
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (Esp. Max. De acuerdo al EG-2013)	(%)	15.0

Observaciones: Ensayo corresponde a la granulometría

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Vº Bº Supervisión
Nombre / Función: Jairo Rodríguez Noriega Tesisista	Nombre / Función: Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio	Nombre / Función: Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL	Nombre / Función: Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)
Firma:	Firma:	Firma:	Firma:
D:	D:	D:	D:
M:	M:	M:	M:
A:	A:	A:	A:

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-16-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SALES SOLUBLES TOTALES
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 219, ASTM D 1888

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA : M - 03
TRAMO : III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO : DERECHO
CANTERA : BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD : DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN : KM.: 97+500	HECHO POR : J.R.N
CALICATA : C - 01	FECHA : 19/02/2020

MUESTRA GRAVA	1	2	3
Peso de Tara	75.10	75.13	76.00
Peso tara + agua + sal	165.21	162.10	161.18
Peso tara + sal	75.13	75.16	76.02
Peso sal	0.030	0.030	0.020
Peso agua	90.08	86.94	85.16
% de sales solubles totales	0.033	0.035	0.023
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)	0.030		

Observaciones: _____

Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:		V° B° Supervisión	
Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:	Nombre / Función:	D:
Jairo Rodríguez Noriega Tesisista		Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio		Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL		Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)	
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:		A:		A:

PROYECTO:

**«SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED
TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE
HERRERIA"»**

Contrato N°: 045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-ESU-16-F2

Registro: N°

Rev.: N° 00

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SALES SOLUBLES TOTALES
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 219, ASTM D 1888

DATOS DE LA MUESTRA

CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO	N° DE MUESTRA : M - 03
TRAMO	: III YANANGO - PUENTE HERRERÍA	LADO : DERECHO
CANTERA	: BASE GRANULAR	PROFUNDIDAD : DE 0.15 A 0.30 M.
UBICACIÓN	: KM.: 97+500	HECHO POR : J.R.N
CALICATA	: C - 01	FECHA : 19/02/2020

MUESTRA ARENA	1	2	3
Peso de Tara	75.10	75.08	75.18
Peso tara + agua + sal	163.14	160.47	160.52
Peso tara + sal	75.13	75.11	75.21
Peso sal	0.030	0.030	0.030
Peso agua	88.01	85.36	85.31
% de sales solubles totales	0.034	0.035	0.035
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)	0.035		

Observaciones:

Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:			Vº Bº Supervisión		
Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:		Nombre / Función:	D:	
Jairo Rodríguez Noriega Tesisista			Walter Flores Sosa Técnico Responsable del Laboratorio			Jhon Seguin Ypanaque Técnico del Laboratorio USIL			Guillermo Lazo Lazaro Gerente de Suelos y Pavimentos (Asesor)		
Firma:	M:		Firma:	M:		Firma:	M:		Firma:	M:	
	A:			A:			A:			A:	

Anexo 9 Clasificación de suelos por SUCS Y AASHTO

Soil Unified Classification System (SUCS) ASTM D2847-17 y AASHTO M 145-91

Input	Valor
%Pasa # 4	38
%Pasa # 10	29.3
%Pasa # 40	16.3
%Pasa # 200	6.1
% LL	20
% LP	14
D60,D10 y D30 (mm)	Curva granulométrica

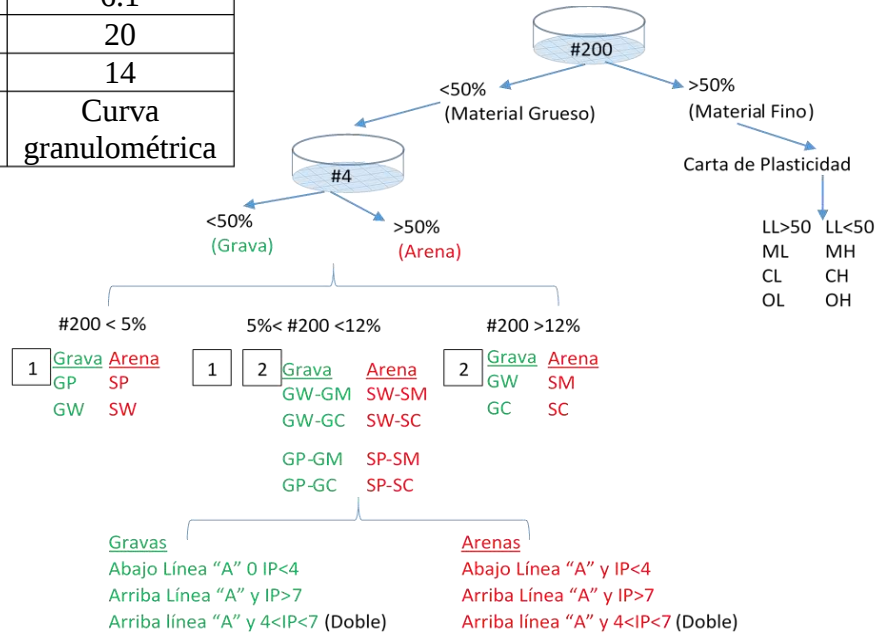
Nota: Para clasificar los suelos se usa "lo que pasa", Existen 17+8=25 tipos de suelos para SUCS, los grupos son: **Gravel**, **Sand**, **M Silt=Limo**, **Clay**, Organic Soil.

1

Granulometría
 GW: $cu > 4$ y $1 \leq cc \leq 3$
 SW: $cu > 6$ y $1 \leq cc \leq 3$

2

Límites Atterberg
 LL
 LP
 IP



D2487 - 17

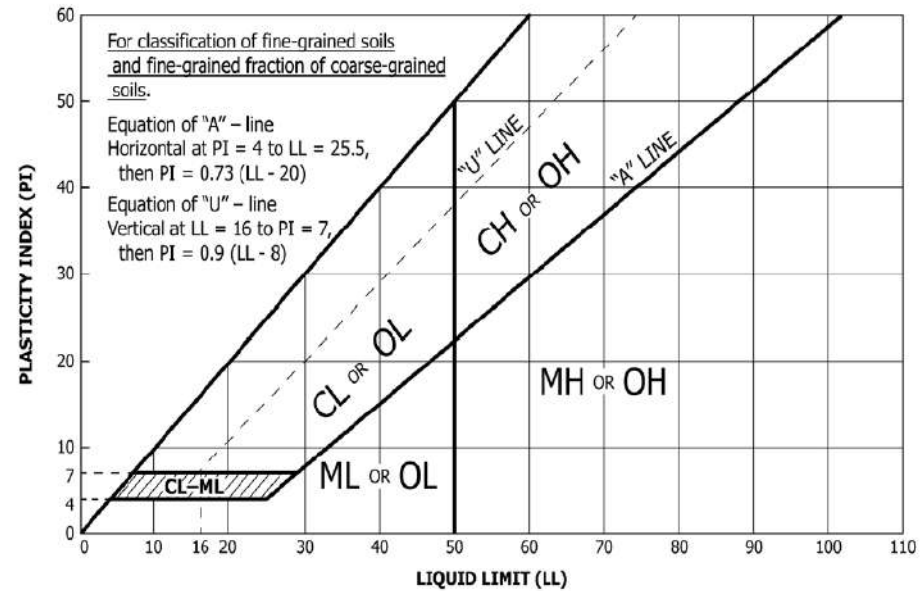


FIG. 4 Plasticity Chart

Table 2—Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures

General Classification	Granular Materials (35 Percent or Less Passing 75 μm)							Silt-Clay Materials (More Than 35 Percent Passing 75 μm)			
Group Classification	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
Sieve analysis, percent passing:											
2.00 mm (No. 10)	50 max	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.425 mm (No. 40)	30 max	50 max	51 min	—	—	—	—	—	—	—	—
75 μm (No. 200)	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Characteristics of fraction passing 0.425 mm (No. 40):											
Liquid limit	—		—	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
Plasticity index	6 max		NP	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min ^a
Usual types of significant constituent materials	Stone fragments, gravel and sand		Fine sand	Silty or clayey gravel and sand				Silty soils		Clayey soils	
General rating as subgrade	Excellent to Good							Fair to Poor			

^a Plasticity index of A-7-5 subgroup is equal to or less than $LL - 30$. Plasticity index of A-7-6 subgroup is greater than $LL - 30$. (See Figure 2.)

Anexo 10 Resumen de los ensayos de mecánica de suelos

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE HERRERIA"

Contrato N°:

045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-RESE-01-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

RESUMEN DE ENSAYOS DE ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO

TRAMO III YANANGO - PUENTE HERRERÍA

ÍTEM	ESTRUC TURA	CALIC ATA	UBICACIÓN (km)	LADO	PROF. (m)		MUESTRA	% QUE PASA														CONSTANTES FÍSICAS MALLA N°40			CLASIFICACIÓN		H.N.	MAT. ORGÁNICA	PROCTOR MODIFICADO		CBR 0.1"	P.ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN GRAVA		P.ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN FINO				
					DE	A		5"	4"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°20	N°40	N°50	N°100	N°200	L.L.	L.P.			I.P.	SUCS		AASHTO	MDS	OCH	DENS. NAT.	P.E	ABS.	P.E
1	BG	C-01	79+000	IZQ.	0.10	0.33	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	98.2	94.4	84.2	76.9	67.2	62.1	48.7	36.9	27.0	19.7	16.8	12.2	9.3	18	13	5	GW-GM	A-1-a (0)	2.8	0.58	2.270	5.9	96.0	2.730	0.564	2.622	0.976
2	SB				0.33	0.50	M - 04	100.0	100.0	100.0	97.2	94.6	92.5	78.5	70.1	60.4	55.0	43.7	35.2	26.6	18.9	15.7	10.6	8.0	19	13	6	GP-GM	A-1-a (0)	2.5	1.12	2.299	5.4	63.4	2.722	0.573	2.673	0.942
3	TF				0.50	1.50	SUELO ROCOSO																															
4	BG	C-02	79+500	DER.	0.10	0.29	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	98.0	88.9	72.5	59.6	48.4	42.5	31.4	23.6	17.2	12.6	10.8	8.0	6.5	20	14	6	GW-GM	A-1-a (0)	3.3	0.88	2.319	5.2	78.6	2.719	0.576	2.688	1.061
5	SB				0.29	0.60	M - 04	100.0	100.0	100.0	97.0	95.0	85.5	64.4	54.4	44.6	39.8	31.2	24.3	18.2	12.7	10.0	6.3	4.0	20	13	7	GP	A-2-4 (0)	3.2	0.97	2.327	5.1	69.8	2.708	0.539	2.667	0.840
6	TF				0.60	1.50	RELLENO MASIVO																															
7	BG	C-03	80+000	IZQ.	0.08	0.30	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.3	83.8	73.7	59.8	53.9	40.8	31.3	22.9	16.7	14.0	10.0	7.5	21	15	6	GP-GM	A-1-a (0)	2.8	1.48	2.319	5.5	60.0	2.720	0.637	2.685	0.891
8	SB				0.30	0.46	M - 04	100.0	100.0	100.0	95.4	90.4	84.4	75.9	70.0	61.2	56.2	45.9	36.5	27.6	19.1	15.2	9.8	7.2	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	4.0	0.85	2.329	5.1	59.6	2.703	0.723	2.625	1.215
9	TF				0.46	1.50	PEDRAPLEN																															
10	BG	C-04	80+500	DER.	0.08	0.25	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	93.8	77.7	67.2	53.6	47.8	36.4	27.6	20.1	14.5	12.2	8.7	6.8	19	13	6	GW-GM	A-1-a (0)	2.5	0.80	2.331	5.0	68.9	2.720	0.578	2.685	0.857	
11	SB				0.25	0.45	M - 04	100.0	100.0	94.6	89.5	85.9	80.4	73.2	68.3	61.5	56.6	41.5	28.8	17.6	11.6	9.5	6.7	5.3	20	14	6	GW-GM	A-1-a (0)	3.6	0.87	2.324	5.7	60.5	2.712	0.671	2.707	0.671
12	TF				0.45	1.50	PEDRAPLEN																															
13	BG	C-05	81+000	IZQ.	0.15	0.27	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	96.9	84.5	73.6	61.9	56.4	44.0	33.8	24.7	17.7	14.8	10.4	8.1	19	13	6	GP-GM	A-1-a (0)	2.7	0.73	2.292	5.2	56.0	2.716	0.591	2.605	1.078	
14	SB				0.27	0.53	M - 04	100.0	100.0	94.6	91.6	90.5	87.2	79.7	73.1	64.8	59.9	47.4	36.9	26.7	19.6	16.6	12.2	10.0	21	13	8	GW-GC	A-2-4 (0)	3.0	1.10	2.258	6.1	55.4	2.677	0.915	2.658	0.637
15	TF				0.53	1.50	M - 05	100.0	100.0	96.7	94.2	85.3	80.4	75.9	71.8	65.3	61.1	49.5	36.7	25.7	18.8	16.2	12.4	10.2	22	14	8	GW-GC	A-2-4 (0)	4.7	1.24	2.288	5.1	42.1	2.627	1.113	2.613	1.283
16	BG	C-06	81+500	DER.	0.15	0.26	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	92.1	88.8	77.0	66.2	54.5	49.3	38.1	29.5	21.7	16.0	13.6	10.0	8.0	20	13	7	GW-GM	A-2-4 (0)	2.5	0.95	2.293	5.0	61.7	2.712	0.638	2.605	1.180
17	SB				0.26	0.55	M - 04	100.0	100.0	100.0	93.4	86.1	76.4	65.4	59.1	51.8	47.4	37.7	27.6	18.6	12.7	10.5	7.4	5.9	19	12	7	GP-GM	A-2-4 (0)	2.8	0.90	2.310	5.2	54.2	2.670	0.836	2.634	0.553
18	TF				0.55	1.50	M - 05	100.0	100.0	89.8	85.4	83.6	80.8	72.1	66.3	57.8	52.4	39.7	26.6	17.0	11.6	9.9	7.3	6.0	20	13	7	GP-GM	A-2-4 (0)	2.5	1.41	2.289	5.4	45.5	2.622	1.379	2.635	1.198
19	BG	C-07	82+000	DER.	0.15	0.30	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	98.3	98.3	93.0	82.1	68.4	61.0	47.5	38.7	29.3	22.1	19.1	14.1	10.8	20	13	7	GW-GM	A-2-4 (0)	2.6	0.78	2.271	5.7	63.5	2.726	0.635	2.647	1.180
20	SB				0.30	0.40	M - 04	100.0	100.0	100.0	95.4	92.9	89.3	81.4	75.8	68.8	64.8	53.0	40.2	26.7	18.1	15.1	10.7	8.3	19	13	6	GP-GM	A-1-a (0)	3.7	0.90	2.302	5.5	56.0	2.714	0.531	2.669	0.553
21	TF				0.40	1.50	M - 05	100.0	89.1	89.1	83.8	77.9	71.3	63.3	57.8	51.4	47.6	38.8	30.7	21.4	14.9	12.4	8.8	6.7	19	13	6	GP-GM	A-1-a (0)	2.7	0.83	2.308	5.7	32.2	2.668	1.189	2.662	0.655
22	BG	C-08	82+500	DER.	0.14	0.30	M - 03	100.0	100.0	100.0	98.2	95.0	87.9	75.9	66.4	53.7	48.5	36.7	29.3	21.6	16.0	13.7	9.9	7.5	19	13	6	GW-GM	A-1-a (0)	3.4	0.76	2.301	5.7	74.7	2.714	0.616	2.678	0.654
23	SB				0.30	0.43	M - 04	100.0	100.0	100.0	96.5	88.9	80.7	74.9	68.1	59.0	54.5	44.0	34.8	24.6	17.0	13.9	9.7	7.5	18	12	6	GP-GM	A-1-a (0)	3.0	0.83	2.275	5.5	62.3	2.647	0.816	2.632	2.007
24	SR				0.43	0.75	M - 05	100.0	100.0	100.0	90.6	88.6	80.4	74.7	69.0	60.4	54.8	41.3	33.5	26.2	21.4	19.4	16.4	13.8	22	13	9	GC	A-2-4 (0)	5.9	1.34	2.265	6.4	22.8	2.624	1.570	2.658	0.519
25	TF	C-09	83+000	IZQ.	0.75	1.50	ENROCADO																															
26	BG				0.12	0.35	M - 03	100.0	100.0	100.0	97.9	96.7	94.9	78.2	69.2	58.5	52.8	40.2	30.9	21.8	15.9	13.5	10.0	7.8	20	13	7	GP-GM	A-2-4 (0)	3.5	0.76	2.279	5.6	74.3	2.724	0.578	2.649	0.857
27	SB				0.35	0.50	M - 04	100.0	100.0	95.6	93.5	89.8	84.9	74.7	67.8	59.2	54.2	43.4	33.2	22.5	15.5	12.8	9.2	7.4	19	13	6	GP-GM	A-1-a (0)	3.0	0.71	2.296	5.1	46.5	2.654	0.862	2.649	1.180
28	TF	C-10	83+500	DER.	0.50	1.50	ROCA																															
29	BG				0.10	0.18	M - 02	100.0	100.0	100.0	98.0	92.2	89.7	83.4	77.6	69.1	64.6	52.8	43.4	32.2	23.5	20.0	14.4	11.3	19	13	6	GP-GM	A-1-a (0)	3.0	1.16	2.294	5.2	86.5	2.699	0.624	2.638	1.129
30	SB				0.18	0.35	M - 03	100.0	100.0	91.8	89.6	80.9	77.8	67.3	61.2	51.0	45.9	33.2	25.4	21.0	14.2	12.5	9.9	8.2	20	13	7	GW-GM	A-2-4 (0)	3.8	0.96	2.296	5.0	47.7	2.669	0.646	2.636	1.215
31	TF	C-11	84+000	IZQ.	0.35	1.50	M - 04	100.0	100.0	86.7	85.2	84.4	76.1	65.7	59.4	51.6	47.0	37.4	29.7	24.7	16.4	14.2	10.7	8.6	20	13	7	GW-GM	A-2-4 (0)	2.9	0.97	2.284	5.1	37.7	2.681	0.713	2.638	1.215
32	BG				0.15	0.30	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	98.6	96.1	90.0	74.6	61.5	55.0	42.2	30.9	23.7	17.9	15.4	11.2	8.8	19	13	6	GP-GM	A-1-a (0)	3.6	0.97	2.280	6.0	69.0	2.683	0.708	2.686	0.218
33	SB				0.30	0.56	M - 04	100.0	100.0	100.0	97.6	95.0	93.7	84.9	80.3	72.3	67.5	55.9	43.5	30.7	21.7	18.0	12.8	9.8	18	12	6	SW-SM	A-1-a (0)	3.2	0.85	2.271	5.7	53.3	2.663	0.625	2.668	0.536
34	TF	C-12	84+500	DER.	0.56	0.80	M - 05	100.0	100.0	91.3	89.0	86.5	83.7	78.3	74.1	66.6	61.9	51.1	39.2	28.1	19.6	16.3	11.2	8.8	24	14	10	GP-GC	A-2-4 (0)	3.7	1.16	2.272	5.1	40.2	2.676	0.669	2.617	0.435
35	TF				0.80	1.50	ROCA																															
36	BG				0.13	0.30	M - 03	100.0	100.0	100.0	99.2	96.1	81.8	74.7	63.6	58.3	46.0	35.0	24.2	15.6	12.5	8.4	6.3	17	13	4	GP-GM	A-1-a (0)	2.6	1.06	2.302	5.2	63.5	2.722	0.596	2.648	0.654	
37	SB	C-13	85+000	IZQ.	0.30	0.52	M - 04	100.0	100.0	92.9	89.8	88.9	85.8	77.2	72.5	64.3	59.3	51.4	38.1	26.5	18.1	15.0	1															

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE HERRERIA"

Contrato N°:

045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-RESE-01-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

RESUMEN DE ENSAYOS DE ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO

TRAMO III YANANGO - PUENTE HERRERÍA

ÍTEM	ESTRUC TURA	CALIC ATA	UBICACIÓN (km)	LADO	PROF. (m)		MUESTRA	% QUE PASA														CONSTANTES FÍSICAS MALLA N°40			CLASIFICACIÓN		H.N.	MAT. ORGÁNICA	PROCTOR MODIFICADO		CBR 0.1"	P.ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN GRAVA		P.ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN FINO				
					DE	A		5"	4"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°20	N°40	N°50	N°100	N°200	L.L.	L.P.			I.P.	SUCS		AASHTO	MDS	OCH	DENS. NAT.	P.E	ABS.	P.E
42	BG	C-14	85+500	DER.	0.16	0.45	M-03	100.0	100.0	100.0	100.0	98.8	92.9	77.8	67.8	55.8	50.2	38.1	28.7	20.5	14.8	12.5	9.0	6.9	17	13	4	GW-GM	A-1-a (0)	3.9	1.15	2.293	5.5	64.8	2.720	0.560	2.672	0.435
43	SB				0.45	0.56	M-04	100.0	100.0	100.0	100.0	97.5	93.3	81.1	75.2	65.0	59.1	46.3	37.7	28.4	20.9	17.5	12.3	9.2	16	12	4	GP-GM	A-1-a (0)	4.6	0.82	2.255	5.6	60.4	2.691	0.526	2.639	0.587
44	TF				0.56	1.50	ROCA																															
45	BG	C-15	86+000	IZQ.	0.10	0.27	M-03	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	91.5	79.4	73.4	63.5	57.9	39.8	31.7	22.8	15.2	12.1	8.1	6.0	15	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	4.0	0.67	2.271	5.2	55.3	2.717	0.600	2.622	0.638
46	SB				0.27	0.47	M-04	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.7	84.1	73.3	61.3	54.3	40.2	32.0	23.3	15.1	11.8	7.3	5.2	15	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	4.3	0.80	2.312	5.0	46.0	2.690	0.666	2.624	0.519
47	SR				0.47	0.84	M-05	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.8	81.1	73.3	62.9	55.9	40.5	33.2	26.5	21.5	19.3	15.4	12.6	20	14	6	GM-GC	A-1-a (0)	4.3	1.20	2.288	5.6	44.0	2.706	0.687	2.669	0.486
48	TF				0.84	1.50	M-06	100.0	100.0	100.0	100.0	98.7	93.3	84.2	75.7	66.6	53.5	44.6	39.5	32.8	22.9	17.3	9.0	5.5	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	4.9	0.65	2.283	5.5	38.5	2.685	1.087	2.672	0.587
49	BG	C-16	86+500	DER.	0.15	0.37	M-03	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.8	87.2	80.1	68.5	62.4	47.9	35.5	25.5	19.0	16.4	12.5	10.3	17	12	5	GW-GM	A-1-a (0)	4.2	1.23	2.292	5.6	58.2	2.720	0.569	2.672	0.469
50	SB				0.37	0.55	M-04	100.0	100.0	100.0	97.6	91.7	89.7	84.3	77.6	65.8	58.2	41.5	29.6	22.0	18.0	16.3	13.2	10.6	17	12	5	GP-GM	A-1-a (0)	4.4	1.39	2.285	5.9	57.3	2.716	0.575	2.678	0.553
51	SR				0.55	0.76	M-05	100.0	100.0	100.0	91.1	87.3	84.6	78.3	72.8	64.1	59.5	46.7	36.9	28.5	22.1	19.3	14.3	10.9	17	12	5	GW-GM	A-1-a (0)	5.2	1.15	2.282	5.3	50.1	2.692	0.611	2.677	0.637
52	TF				0.76	1.50	M-06	100.0	100.0	100.0	94.5	90.8	88.4	82.6	79.1	72.4	67.8	56.9	48.7	39.4	31.4	27.8	21.5	17.2	26	18	8	GC	A-2-4 (0)	4.3	1.15	2.220	7.0	33.0	2.667	1.311	2.650	0.469
53	BG	C-17	87+000	IZQ.	0.15	0.27	M-03	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.1	89.7	82.1	72.3	66.3	53.1	42.7	31.2	21.4	17.2	11.3	8.3	17	13	4	GP-GM	A-1-a (0)	4.1	1.23	2.289	5.8	70.6	2.727	0.511	2.683	1.112
54	SB				0.27	0.49	M-04	100.0	100.0	100.0	100.0	96.8	93.3	89.4	80.2	69.8	64.5	51.3	40.3	30.3	22.6	19.0	13.4	10.0	19	14	5	GW-GM	A-1-a (0)	3.0	1.24	2.260	5.6	51.5	2.699	0.605	2.636	1.540
55	SR				0.49	1.10	M-05	100.0	100.0	100.0	97.6	94.3	86.1	73.2	64.4	53.8	48.5	36.3	28.0	20.4	14.3	11.6	7.4	5.1	25	18	7	GW-GM	A-2-4 (0)	7.2	1.33	2.339	5.4	57.3	2.820	0.882	2.680	0.790
56	TF				1.10	1.50	PEDRAPLEN																															
57	BG	C-18	87+500	DER.	0.15	0.32	M-04	100.0	100.0	100.0	100.0	98.4	95.4	82.5	74.1	64.3	58.6	45.7	36.4	26.0	17.5	14.2	9.5	7.0	17	14	3	GP-GM	A-1-a (0)	1.1	0.94	2.286	5.1	70.9	2.766	0.645	2.620	0.823
58	SB				0.32	0.60	M-05	100.0	100.0	100.0	97.5	95.2	92.8	82.5	73.8	60.4	52.8	36.6	26.5	19.3	14.8	13.2	10.5	8.6	17	12	5	GW-GM	A-1-a (0)	1.2	0.86	2.286	5.2	45.8	2.702	0.505	2.663	0.874
59	TF				0.60	1.50	M-06	100.0	100.0	100.0	91.8	87.0	82.0	75.6	69.8	61.7	56.1	43.4	34.0	25.4	18.6	15.7	11.5	9.0	17	12	5	GP-GM	A-1-a (0)	3.3	0.84	2.306	5.0	55.3	2.681	0.608	2.643	0.891
60	BG	C-19	88+000	IZQ.	0.09	0.28	M-03	100.0	100.0	100.0	100.0	97.9	88.8	75.4	66.6	57.5	52.1	40.4	31.3	23.1	16.7	14.0	10.0	7.5	17	12	5	GP-GM	A-1-a (0)	1.8	1.23	2.295	5.0	64.2	2.732	0.635	2.613	0.993
61	SB				0.28	0.60	M-04	100.0	100.0	100.0	100.0	98.2	91.0	84.5	73.8	66.6	48.9	37.3	27.4	20.9	18.4	14.3	11.6	17	12	5	GW-GM	A-1-a (0)	2.6	1.27	2.265	5.2	55.6	2.697	0.831	2.616	0.976	
62	TF				0.60	1.50	M-05	100.0	100.0	95.4	93.0	91.0	86.7	78.9	71.7	61.3	55.9	43.2	34.4	25.9	19.3	16.6	12.3	9.6	22	14	8	GW-GC	A-2-4 (0)	4.2	1.48	2.312	6.0	52.3	2.800	0.556	2.696	0.942
63	BG	C-20	88+500	DER.	0.11	0.21	M-03	100.0	100.0	100.0	100.0	97.2	96.7	86.0	79.9	69.7	63.2	48.3	36.1	25.3	17.4	14.4	10.1	7.5	16	13	3	GP-GM	A-1-a (0)	1.8	0.93	2.309	5.2	70.7	2.716	1.051	2.689	1.643
64	SB				0.21	0.50	M-04	100.0	100.0	100.0	100.0	98.5	94.4	89.5	78.0	70.6	52.0	37.8	27.9	22.6	20.5	16.4	12.3	16	13	3	GM	A-1-a (0)	2.6	0.79	2.261	5.0	47.9	2.688	0.814	2.613	1.112	
65	TF				0.50	1.50	M-05	100.0	100.0	86.0	79.3	73.1	68.3	61.7	58.0	52.0	48.7	40.0	33.2	26.1	20.6	18.2	14.5	11.6	19	13	6	GP-GM	A-1-a (0)	4.6	1.10	2.295	5.0	52.0	2.630	1.148	2.524	4.676
66	BG	C-21	89+000	IZQ.	0.09	0.25	M-02	100.0	100.0	98.8	98.8	98.8	94.5	85.1	78.4	68.7	63.6	51.9	41.3	28.7	18.2	14.4	9.4	6.8	15	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	1.7	0.70	2.294	5.0	76.5	2.777	0.585	2.664	0.925
67	SB				0.25	0.44	M-03	100.0	100.0	100.0	95.5	94.3	91.7	84.2	78.2	68.7	62.9	49.6	38.6	28.4	20.8	17.7	12.8	9.3	17	NP	NP	GW-GM	A-1-a (0)	2.5	0.95	2.280	5.1	70.6	2.748	0.594	2.639	1.010
68	TF				0.44	1.50	M-04	100.0	100.0	100.0	95.1	93.5	90.5	83.0	76.1	66.3	60.8	46.6	36.3	26.6	19.6	16.7	12.3	9.7	18	12	6	GW-GM	A-1-a (0)	3.8	1.06	2.328	5.0	67.9	2.765	0.669	2.664	0.874
69	BG	C-22	89+500	DER.	0.07	0.30	M-02	100.0	100.0	100.0	100.0	96.5	92.1	83.2	73.8	63.0	57.5	45.7	37.0	26.5	18.2	15.0	10.7	8.4	17	13	4	GP-GM	A-1-a (0)	1.1	0.93	2.306	5.3	73.3	2.756	0.653	2.675	0.519
70	SB				0.30	0.44	M-03	100.0	100.0	100.0	100.0	99.3	97.3	89.5	82.3	70.7	63.4	52.8	36.3	26.0	19.2	16.4	12.3	9.8	18	12	6	GW-GM	A-1-a (0)	1.8	1.05	2.270	5.9	65.0	2.728	0.667	2.677	0.536
71	SR				0.44	0.75	M-04	100.0	100.0	100.0	97.9	93.0	88.6	79.0	69.2	54.9	48.3	39.1	24.3	18.7	13.0	11.7	9.7	8.4	21	15	6	GW-GM	A-1-a (0)	2.8	1.44	2.314	5.5	63.3	2.739	0.756	2.703	0.587
72	TF	C-23	90+000	IZQ.	0.75	1.50	M-05	100.0	100.0	96.0	94.8	92.6	86.1	77.0	70.5	60.7	55.0	42.5	35.3	26.8	19.8	16.7	11.7	8.9	22	16	6	GP-GM	A-1-a (0)	3.0	1.38	2.342	5.0	61.0	2.637	1.213	2.707	0.604
73	BG				0.15	0.30	M-03	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.5	87.7	77.7	67.3	60.8	48.2	37.3	28.0	20.1	16.8	12.0	9.0	18	13	5	GP-GM	A-1-a (0)	1.2	1.20	2.286	6.2	67.0	2.741	0.782	2.714	0.536
74	SB	C-24	91+000	IZQ.	0.30	0.40	M-04	100.0	100.0	100.0	97.1	94.6	93.2	82.1	78.5	71.5	66.8	57.1	48.6	36.7	25.4	21.0	14.4	11.0	22	15	7	SP-SM	A-2-4 (0)	3.8	1.24	2.341	5.1	65.7	2.717	0.654	2.715	0.604
75	TF				0.40	1.50	M-05	100.0	100.0	100.0	93.5	81.4	74.5	60.4	54.4	45.8	40.6	30.2	22.7	15.8	10.2	8.0	5.1	4.1	19	17	2	GP	A-1-a (0)	4.0	0.77	2.331	5.0	59.0	2.796	0.824	2.639	0.621
76	BG	C-25	91+000	DER.</																																		

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE HERRERIA"

Contrato N°:

045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-RESE-01-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

RESUMEN DE ENSAYOS DE ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO

TRAMO III YANANGO - PUENTE HERRERÍA

ÍTEM	ESTRUC TURA	CALIC ATA	UBICACIÓN (km)	LADO	PROF. (m)		MUESTRA	% QUE PASA																CONSTANTES FÍSICAS MALLA N°40			CLASIFICACIÓN		H.N.	MAT. ORGÁNICA	PROCTOR MODIFICADO		CBR 0.1"	P.ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN GRAVA		P.ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN FINO			
					DE	A		5"	4"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°20	N°40	N°50	N°100	N°200	L.L.	L.P.	I.P.	SUCS			AASHTO	MDS		OCH	DENS. NAT.	P.E	ABS.	P.E	ABS.
83	SB	26	91+500	DER.	0.25	0.35	M - 03	100.0	100.0	100.0	97.9	95.9	91.6	83.1	76.5	67.7	62.8	51.0	40.6	29.8	19.9	15.7	10.3	7.3	17	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	2.3	0.74	2.322	5.6	64.1	2.725	0.630	2.700	0.570	
84	SR				0.35	0.55	M - 04	100.0	100.0	100.0	94.8	91.3	85.4	73.3	66.6	59.0	54.4	45.0	36.3	26.6	16.8	13.0	7.5	4.4	16	NP	NP	GP	A-1-a (0)	3.2	0.57	2.281	5.1	60.8	2.716	0.641	2.635	0.452	
85	TF				0.55	1.50	M - 05	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5	95.3	90.9	85.0	81.3	73.5	60.7	44.6	30.2	24.5	15.3	10.4	7.1	4.6	17	NP	NP	SW-SM	A-1-b (0)	7.0	0.73	2.205	6.8	31.6	2.775	0.629	2.686
86	BG	27	92+000	IZQ.	0.10	0.30	M - 02	100.0	100.0	100.0	100.0	97.9	95.6	88.0	79.1	72.5	63.4	58.1	45.9	36.8	26.4	17.0	13.4	8.6	6.5	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	1.8	0.69	2.311	5.0	75.0	2.733	0.522	2.724	0.486
87	SB				0.30	0.57	M - 03	100.0	100.0	95.4	92.9	90.3	84.6	72.7	66.7	58.1	52.9	40.4	31.1	20.7	12.6	9.5	5.8	4.2	16	NP	NP	GP	A-1-a (0)	1.6	0.53	2.295	5.2	65.7	2.718	0.651	2.657	0.503	
88	TF				0.57	1.50	M - 04	100.0	100.0	100.0	95.5	90.5	81.7	69.7	61.6	51.4	46.3	35.1	27.2	18.7	12.3	10.0	7.2	5.7	18	16	2	GP-GM	A-1-a (0)	4.1	0.89	2.269	5.2	49.1	2.720	0.622	2.687	0.604	
89	BG	28	92+500	DER.	0.10	0.32	M - 02	100.0	100.0	100.0	97.7	95.4	90.8	81.6	74.5	62.6	57.0	43.9	33.8	23.6	15.7	12.6	8.2	6.4	15	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	2.2	0.67	2.284	5.3	71.6	2.731	0.560	2.661	0.621	
90	SB				0.32	0.46	M - 03	100.0	100.0	100.0	92.1	81.2	77.8	71.8	67.1	59.0	53.9	41.9	32.4	22.3	15.0	12.1	8.0	5.9	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	4.7	0.73	2.305	5.1	56.2	2.717	0.641	2.654	0.469	
91	TF				0.46	1.50	ROCA																																
92	BG	29	93+000	IZQ.	0.10	0.22	M - 02	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.1	81.5	74.1	64.2	58.6	47.2	36.1	26.3	18.5	15.3	10.5	7.5	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	2.2	0.63	2.283	5.6	81.7	2.758	0.539	2.663	0.620	
93	SB				0.22	0.46	M - 03	100.0	100.0	100.0	94.2	93.2	90.8	83.4	75.8	65.6	59.5	46.2	35.5	24.8	16.8	13.6	9.0	6.5	15	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	3.0	0.50	2.310	5.1	69.3	2.775	0.632	2.689	0.503	
94	TF				0.46	1.50	M - 04	100.0	100.0	96.0	93.5	88.8	75.9	65.4	58.6	50.4	46.2	36.7	29.3	21.4	14.5	11.5	7.3	5.0	15	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	2.0	0.55	2.315	5.1	60.0	2.758	0.592	2.682	0.621	
95	BG	30	93+500	DER.	0.10	0.25	M - 02	100.0	100.0	100.0	100.0	97.0	93.3	83.8	76.8	67.6	62.1	50.8	40.2	29.5	20.6	16.7	11.5	8.5	15	13	2	GP-GM	A-1-a (0)	3.1	0.71	2.229	6.1	81.3	2.753	0.523	2.658	0.604	
96	SB				0.25	0.40	M - 03	100.0	100.0	100.0	96.2	94.0	88.0	77.6	71.9	62.8	57.0	43.2	32.3	21.5	14.1	11.2	7.4	5.2	16	13	3	GP-GM	A-1-a (0)	3.7	0.52	2.288	5.6	60.2	2.734	0.621	2.672	0.486	
97	TF				0.40	1.50	ROCA																																
98	BG	31	94+000	IZQ.	0.10	0.30	M - 02	100.0	100.0	100.0	100.0	99.1	93.5	82.0	75.0	64.5	59.4	48.1	38.0	27.2	18.2	14.5	9.6	7.1	15	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	2.8	0.63	2.283	5.2	92.1	2.732	0.656	2.655	0.519	
99	SB				0.30	0.40	M - 03	100.0	100.0	100.0	94.9	93.6	84.6	76.5	70.6	61.6	56.5	45.3	36.5	26.0	16.9	13.3	8.6	6.3	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	4.1	0.60	2.299	5.4	73.0	2.740	0.624	2.706	0.604	
100	TF				0.40	1.50	ROCA																																
101	BG	32	94+500	DER.	0.09	0.21	M - 02	100.0	100.0	100.0	100.0	93.8	87.7	79.8	74.8	65.8	61.0	50.5	40.5	28.8	18.0	13.8	8.4	6.0	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	4.7	0.68	2.300	5.5	80.3	2.721	0.561	2.680	0.536	
102	SB				0.21	0.50	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	88.6	79.7	74.9	65.2	60.6	49.2	39.0	27.2	17.0	13.0	8.2	6.1	15	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	5.7	0.57	2.286	5.2	78.9	2.727	0.650	2.649	0.519	
103	SR				0.50	0.85	M - 04	100.0	100.0	100.0	86.3	81.7	76.8	66.1	61.6	54.3	50.4	41.0	32.3	22.1	14.0	11.0	7.7	5.4	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	6.0	0.71	2.277	5.5	62.5	2.733	0.500	2.642	0.503	
104	TF				0.85	1.50	M - 05	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.4	96.7	95.3	94.5	93.8	90.8	84.0	74.5	65.3	61.1	53.0	47.2	27	NP	NP	SM	A-4 (2)	6.5	2.29	2.117	9.8	16.8	2.689	0.676	2.731	0.452	
105	BG	33	95+000	IZQ.	0.08	0.28	M - 02	100.0	100.0	100.0	98.4	97.5	93.5	84.5	77.4	67.1	61.5	50.0	39.5	28.1	18.4	14.6	9.5	7.1	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	5.0	0.59	2.251	5.3	80.5	2.740	0.582	2.629	0.587	
106	TF				0.28	1.50	M - 03	100.0	100.0	100.0	93.1	86.8	80.8	72.4	66.0	57.2	52.4	41.4	33.5	23.0	13.4	9.8	5.8	4.3	15	NP	NP	GP	A-1-a (0)	5.2	0.49	2.305	5.4	63.5	2.712	0.909	2.696	0.570	
107	BG	34	95+500	DER.	0.09	0.30	M - 02	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5	95.2	87.6	80.4	71.5	65.4	57.0	43.7	30.2	19.8	16.0	11.0	8.8	16	NP	NP	SP-SM	A-1-a (0)	5.2	0.54	2.273	5.7	70.1	2.731	0.560	2.692	0.519	
108	TF				0.30	1.50	ROCA																																
109	BG	35	96+000	IZQ.	0.08	0.20	M - 02	100.0	100.0	100.0	100.0	98.7	92.1	81.6	73.5	63.2	57.4	38.8	30.7	22.7	16.0	13.3	9.2	7.1	19	14	5	GP-GM	A-1-a (0)	4.5	1.24	2.319	5.3	72.7	2.708	0.839	2.685	0.553	
110	TF				0.20	1.50	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	98.5	97.7	96.1	94.8	92.2	89.6	72.4	48.7	31.5	21.8	17.4	10.8	8.0	16	NP	NP	SW-SM	A-1-a (0)	6.0	0.72	2.150	7.7	46.1	2.657	1.468	2.690	0.604	
111	BG				0.07	0.20	M - 02	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	94.9	77.4	64.9	48.9	43.5	33.3	25.9	18.2	11.8	9.4	6.2	4.7	15	NP	NP	GP	A-1-a (0)	4.8	0.69	2.311	5.1	82.5	2.720	0.750	2.720	0.486	
112	SB	36	96+500	DER.	0.20	0.36	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.8	90.3	81.5	69.4	62.9	49.8	39.1	28.7	20.0	16.5	11.5	9.0	18	12	6	GP-GM	A-1-a (0)	5.3	1.25	2.269	5.7	75.0	2.714	0.697	2.722	0.503	
113	SR				0.36	0.70	M - 04	100.0	100.0	100.0	97.6	94.4	94.1	88.9	85.3	79.8	76.3	66.0	56.1	43.6	32.4	27.9	21.1	17.4	23	15	8	SC	A-2-4 (0)	6.1	1.27	2.246	6.2	62.0	2.719	0.705	2.701	0.654	
114	TF				0.70	1.50	M - 05	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	98.1	95.3	91.6	72.1	46.5	26.5	17.7	14.9	10.8	8.4	7.1	17	NP	NP	SW-SM	A-1-a (0)	6.9	0.79	2.160	7.1	37.1	2.690	1.100	2.687	0.570	
115	BG	37	97+000	IZQ.	0.08	0.20	M - 02	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.0	89.3	82.3	69.8	63.4	47.7	36.8	22.8	12.7	9.7	6.4	4.9	16	NP	NP	GP	A-1-a (0)	5.0	0.72	2.270	6.5	78.2	2.729	0.469	2.727	0.469	
116	SB				0.20	0.40	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	98.9	95.7	91.1	84.4	76.7	72.3	60.9	50.7	39.1	28.6	24.2	16.9	12.6	16	NP	NP	SM	A-1-b (0)	5.4	0.84	2.266	6.4	67.0	2.727	0.709	2.732	0.621	
117	TF				0.40	1.50	M - 04	100.0	100.0	100.0	91.3	89.0	87.7	85.7	80.9	75.6	68.4	64.3	54.4	43.9	33.3	24.0	19.8	13.2	9.0	17	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	5.9	0.71	2.290	6.0	36.3	2.687	0.976	2.696	0.654
118	BG	38	97+500	DER.	0.15	0.30	M - 03</																																

PROYECTO: "SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: HUANCAYO - TARMA - LA MERCED TRAMO: QUEBRADA ONDA - HUANCAYO; SANTA FE - VALDIVIA Y YANANGO - PUENTE HERRERIA"

Contrato N°:

045-2019 - MTC/20.2

Código: 3084-FC-RESE-01-F1

Registro: N°

Rev.: N° 00

RESUMEN DE ENSAYOS DE ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO

TRAMO III YANANGO - PUENTE HERRERÍA

ÍTEM	ESTRUC TURA	CALIC ATA	UBICACIÓN (km)	LADO	PROF. (m)		MUESTRA	% QUE PASA														CONSTANTES FÍSICAS MALLA N°40			CLASIFICACIÓN		H.N.	MAT. ORGÁNICA	PROCTOR MODIFICADO		CBR 0.1"	P.ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN GRAVA		P.ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN FINO				
					DE	A		5"	4"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°20	N°40	N°50	N°100	N°200	L.L.	L.P.			I.P.	SUCS		AASHTO	MDS	OCH	DENS. NAT.	P.E	ABS.	P.E
123	BG	39	98+000	IZQ.	0.07	0.30	M - 03	100.0	100.0	100.0	98.8	96.7	85.2	73.5	65.3	54.9	49.6	38.9	31.1	22.3	14.1	11.1	7.0	5.2	17	14	3	GP-GM	A-1-a (0)	2.0	0.77	2.309	5.5	77.4	2.731	0.655	2.717	0.503
124	SB				0.30	0.52	M - 04	100.0	100.0	100.0	100.0	96.0	93.1	81.0	74.8	64.1	59.7	48.9	41.6	32.3	22.6	18.0	11.1	6.9	23	16	7	GP-GM	A-2-4 (0)	3.2	1.51	2.291	6.4	49.2	2.720	0.604	2.720	0.739
125	SR				0.52	0.70	M - 05	100.0	100.0	100.0	94.8	93.1	89.5	80.3	75.2	65.4	60.6	49.7	43.0	35.2	27.3	23.9	18.3	14.6	23	14	9	GC	A-2-4 (0)	4.2	1.66	2.275	5.4	54.1	2.691	0.712	2.654	0.756
126	TF				0.70	1.50	M - 06	100.0	100.0	98.3	97.1	91.4	89.7	82.9	78.5	71.9	68.1	56.6	44.4	31.4	22.4	19.1	13.6	10.2	23	15	8	SW-SC	A-2-4 (0)	5.1	1.41	2.265	6.1	51.6	2.688	0.675	2.681	0.823
127	BG	40	98+500	DER.	0.09	0.30	M - 03	100.0	100.0	100.0	99.1	96.4	85.2	73.8	66.2	55.3	50.1	39.0	31.0	21.8	12.7	10.0	5.6	4.4	17	14	3	GP	A-1-a (0)	2.1	0.68	2.304	5.0	70.7	2.731	0.584	2.671	0.503
128	SB				0.30	0.57	M - 04	100.0	100.0	100.0	100.0	97.6	93.7	80.7	74.8	64.2	59.9	49.1	41.7	32.6	24.3	19.3	12.0	7.9	22	15	7	GP-GM	A-2-4 (0)	3.0	1.16	2.229	6.2	57.8	2.720	0.617	2.672	0.620
129	SR				0.57	0.70	M - 05	100.0	100.0	100.0	96.9	95.3	92.9	83.5	79.5	70.9	66.5	55.2	46.2	37.2	28.7	24.8	18.0	13.2	22	16	6	GM - GC	A-1-a (0)	3.1	1.36	2.270	5.9	37.0	2.706	0.355	2.675	0.587
130	TF				0.70	1.50	M - 06	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	98.4	97.7	97.0	95.9	90.4	82.9	58.7	44.2	16	14	2	SM	A-4 (2)	3.7	0.88	1.782	10.3	15.5	2.686	0.578	2.289	0.604
131	BG	41	99+000	IZQ.	0.06	0.40	M - 03	100.0	100.0	100.0	99.7	96.5	85.4	74.3	66.1	54.8	50.1	39.8	33.2	24.3	16.1	12.5	9.4	7.4	16	14	2	GP-GM	A-1-a (0)	2.1	0.92	2.300	5.1	75.5	2.730	0.534	2.665	0.519
132	SB				0.40	0.60	M - 04	100.0	100.0	100.0	100.0	97.9	92.3	83.5	78.7	69.5	64.9	54.9	46.3	32.4	20.7	16.1	10.4	7.5	22	16	6	SP-SM	A-1-a (0)	2.8	1.29	2.258	5.5	56.9	2.719	0.546	2.688	0.587
133	TF				0.60	1.50	M - 05	100.0	100.0	100.0	100.0	94.2	90.2	84.2	78.5	71.1	66.7	54.9	42.1	29.7	19.8	16.2	11.1	8.1	16	NP	NP	SP-SM	A-1-a (0)	3.6	0.70	2.234	6.7	42.1	2.697	0.593	2.701	0.553
134	BG				0.10	0.39	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	98.4	94.9	85.5	79.0	67.5	62.0	51.4	41.1	28.8	17.1	12.9	7.7	5.4	17	15	2	GP-GM	A-1-a (0)	2.1	0.93	2.269	5.4	78.0	2.733	0.461	2.650	0.503
135	TF	42	99+500	DER.	0.39	1.50	M - 04	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.8	99.4	98.7	92.8	73.3	52.7	36.7	30.0	19.7	13.5	17	14	3	SM	A-1-b (0)	4.8	1.12	1.885	9.5	29.6	2.706	0.606	2.353	0.587
136	BG				0.10	0.25	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	98.9	95.3	85.7	78.8	67.0	61.7	51.8	42.3	29.9	17.9	13.6	7.3	5.6	17	13	4	GP-GM	A-1-a (0)	1.9	1.20	2.285	5.8	77.4	2.735	0.433	2.719	0.536
137	SB				0.25	0.35	M - 04	100.0	100.0	100.0	100.0	98.6	93.6	85.7	78.4	69.0	63.8	53.3	44.4	33.3	22.8	18.6	12.5	9.4	17	14	3	GP-GM	A-1-a (0)	1.2	1.10	2.291	6.0	47.2	2.720	0.580	2.708	0.519
138	SR				0.35	0.65	M - 05	100.0	100.0	100.0	100.0	96.5	94.3	86.7	81.9	73.7	68.9	58.2	50.1	41.7	32.6	28.7	22.6	18.5	23	16	7	GM-GC	A-2-4 (0)	3.4	1.55	2.209	7.7	28.7	2.685	0.700	2.687	0.553
139	TF	43	100+000	IZQ.	0.65	1.50	M - 06	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.8	94.7	92.8	88.2	84.2	63.2	41.2	26.2	18.2	15.2	10.4	7.2	17	15	2	SW-SM	A-1-a (0)	5.5	0.90	2.116	9.0	27.7	2.689	0.660	2.676	0.553
140	BG				0.10	0.25	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	98.9	94.7	85.2	79.5	67.3	61.9	51.5	41.1	28.6	16.4	12.0	7.1	5.1	17	14	3	GP-GM	A-1-a (0)	1.9	0.94	2.291	5.3	78.0	2.734	0.478	2.676	0.553
141	SB				0.25	0.42	M - 04	100.0	100.0	100.0	100.0	99.5	94.2	86.6	79.1	69.1	64.7	42.8	35.1	25.7	16.8	12.6	7.7	5.9	17	13	4	GP-GM	A-1-a (0)	1.0	1.15	2.270	5.9	60.5	2.722	0.594	2.688	0.519
142	SR				0.42	0.90	M - 05	100.0	100.0	95.1	95.1	91.5	86.1	76.5	69.4	60.8	55.9	46.0	37.8	28.8	20.8	17.1	11.4	8.0	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	3.0	0.94	2.318	5.1	54.3	2.695	0.632	2.673	0.553
143	TF	44	100+500	DER.	0.90	1.50	M - 06	100.0	100.0	100.0	97.9	85.9	81.5	72.2	66.0	58.0	53.9	43.8	34.9	28.6	22.2	19.0	13.2	9.3	18	13	5	GP-GM	A-1-a (0)	3.9	1.37	2.279	5.5	44.3	2.686	0.571	2.676	0.536
144	BG				0.12	0.22	M - 04	100.0	100.0	100.0	100.0	98.9	94.6	82.5	76.0	67.2	61.6	50.1	40.3	29.5	20.5	17.0	12.1	9.4	17	14	3	GP-GM	A-1-a (0)	2.6	1.13	2.305	5.2	80.3	2.735	0.485	2.668	0.519
145	SB				0.22	0.48	M - 05	100.0	100.0	100.0	100.0	97.9	94.2	88.0	83.4	75.0	69.5	57.1	48.4	38.5	28.8	24.4	18.2	14.3	22	16	6	SC-SM	A-1-a (0)	3.6	1.48	2.209	6.0	41.0	2.721	0.530	2.628	0.570
146	SR				0.48	1.00	M - 06	100.0	100.0	96.2	92.6	91.3	88.2	77.2	69.8	62.1	57.0	45.9	37.1	29.6	22.3	18.9	12.7	8.9	18	13	5	GP-GM	A-1-a (0)	1.7	0.94	2.271	5.3	39.9	2.700	0.647	2.670	0.519
147	TF	45	101+000	IZQ.	1.00	1.50	M - 07	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.2	97.6	95.8	94.4	93.6	90.6	77.5	44.5	25.7	20.1	13.6	10.0	17	14	3	SP-SM	A-1-b (0)	3.4	0.88	2.071	9.2	34.3	2.689	0.579	2.663	0.587
148	BG				0.12	0.27	M - 04	100.0	100.0	100.0	100.0	98.3	94.7	88.0	81.2	70.8	65.9	54.5	44.0	30.9	19.0	14.3	8.9	6.4	16	NP	NP	SP-SM	A-1-a (0)	2.4	0.75	2.230	6.3	52.5	2.734	0.440	2.666	0.486
149	SB				0.27	0.37	M - 05	100.0	100.0	100.0	100.0	98.6	97.0	91.5	86.9	77.1	71.0	57.6	45.2	33.4	23.1	18.8	12.8	9.4	23	16	7	SW-SM	A-2-4 (0)	3.0	1.58	2.271	5.5	46.6	2.723	0.572	2.648	0.486
150	SR				0.37	1.00	M - 06	100.0	100.0	96.7	96.7	94.1	91.7	84.0	77.8	68.1	62.9	51.5	43.3	35.1	27.3	23.6	16.9	12.4	19	15	4	GM-GC	A-1-a (0)	4.4	1.22	2.243	6.3	39.2	2.696	0.583	2.697	0.570
151	TF				1.00	1.50	M - 07	100.0	100.0	100.0	100.0	99.2	96.4	94.7	90.8	86.9	71.7	50.4	32.8	22.8	19.2	13.5	9.9	18	15	3	SP-SM	A-1-b (0)	5.5	0.80	2.109	8.1	37.7	2.693	0.607	2.663	0.587	
152	BG	46	101+500	DER.	0.10	0.25	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	98.3	95.5	83.8	77.3	66.4	60.2	48.3	39.4	27.7	17.8	14.1	9.2	6.8	17	14	3	GP-GM	A-1-a (0)	3.1	0.95	2.263	5.7	84.0	2.731	0.492	2.665	0.536
153	SB				0.25	0.44	M - 04	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.8	90.3	83.6	72.6	66.7	53.4	45.0	32.1	21.0	17.0	11.7	8.9	16	14	2	GP-GM	A-1-a (0)	4.6	0.79	2.283	6.0	51.3	2.719	0.548	2.709	0.587
154	SR				0.44	0.60	M - 05	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.7	89.1	84.7	77.5	73.6	65.0	55.9	42.7	31.7	26.8	18.2	12.2	21	16	5	SM-SC	A-1-b (0)	4.0	1.55	2.213	6.7	31.3	2.692	0.626	2.665	0.519
155	TF				0.60	1.50	M - 06	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.6	95.8	92.4	86.8	84.3	77.1	67.2	52.0	39.8	34.4	24.8	18.0	22	16	6	SM-SC	A-1-b (0)	5.7	1.68	2.171	7.8	24.0	2.702	0.559	2.653	0.553
156	BG	48	102+500	DER.	0.12	0.30	M - 03	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.7	89																								

Anexo 11 Resumen de la evaluación estructural por retrocálculo

ANEXO: DEFLECTOMETRIA DEL TRAMO 3 CD (KM 79+000 - KM 102+600)

PR	Temp. Asfalto (°C)	Temp. Superf. (°C)	Temp. Aire (°C)	Carga Original (KN)	DEFLEXIONES ORIGINALES (µm)							DEFLEXIONES CORREGIDAS (µm)							CA (cm)	Material Granular (cm)	Df0 (µm) (Corregida a 20°C)	Radio de Curvatur a (m)	MR AASHTO Elegido (psi) Sub Rasante	FC (c)	MR DISEÑO AASHTO (psi) Sub Rasante	EP (psi)	SNff	CBR Subrasante
					Df0	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df0	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6										
79+000	30	24	29	40	200	112	48	18	9	4	1	198	111	48	18	9	4	1	10.0	40.0	177	274	48132	0.69	33211	134595	4.6	55.0
79+100	29	28	24	38	181	99	37	14	10	8	7	191	104	39	15	11	8	8	10.0	40.0	173	278	58756	0.69	40542	127469	4.5	75.1
79+200	30	24	24	39	155	104	62	28	18	13	9	161	108	64	29	18	13	9	10.0	40.0	143	454	53352	0.69	36813	175416	5.0	64.6
79+300	29	28	24	38	211	111	42	18	13	11	9	220	116	44	19	14	12	9	10.0	40.0	200	231	52996	0.69	36567	108936	4.3	63.9
79+400	30	25	23	38	226	118	43	19	12	9	7	238	124	46	20	13	10	7	10.0	40.0	212	210	50678	0.69	34968	102223	4.2	59.6
79+500	29	28	24	40	215	114	45	22	16	11	8	215	114	45	22	16	11	8	10.0	50.0	196	238	50891	0.69	35115	109775	5.1	60.0
79+600	30	25	23	40	254	126	38	22	13	10	8	251	124	38	22	13	10	8	10.0	50.0	224	189	60933	0.69	42044	88056	4.8	79.5
79+700	29	28	24	38	163	102	43	21	11	10	8	174	108	46	23	12	10	8	10.0	50.0	158	366	67632	0.69	46666	132376	5.4	93.6
79+800	30	25	22	39	255	154	77	33	24	18	15	265	160	80	34	25	18	15	10.0	50.0	236	230	44846	0.69	30944	89493	4.8	49.3
79+900	29	28	24	38	248	148	70	34	22	17	14	258	154	73	35	23	17	14	10.0	50.0	235	231	43708	0.69	30159	90432	4.8	47.3
80+000	30	25	22	41	313	171	69	32	22	18	14	308	169	68	32	22	18	13	8.0	38.0	278	172	33809	0.69	23328	84145	3.6	31.7
80+100	29	28	24	38	177	94	50	20	17	14	11	184	98	52	21	18	15	12	8.0	38.0	170	278	44661	0.69	30816	153014	4.4	48.9
80+200	30	25	22	41	334	181	85	37	26	19	18	329	178	83	36	25	19	18	8.0	38.0	297	159	27707	0.69	19118	83946	3.6	23.2
80+300	29	28	24	41	205	108	35	13	6	3	3	199	105	34	13	6	3	3	8.0	38.0	184	253	68158	0.69	47029	113402	4.0	94.7
80+400	30	25	22	40	240	157	67	25	18	16	7	238	156	66	25	18	15	7	8.0	38.0	215	294	35146	0.69	24251	121737	4.1	33.7
80+500	29	28	23	39	324	162	75	32	21	16	11	334	167	77	33	22	17	11	8.0	37.0	308	144	30125	0.69	20786	77147	3.4	26.5
80+600	30	25	23	40	302	156	72	37	25	20	15	303	156	72	37	25	20	15	8.0	37.0	274	163	31946	0.69	22042	88981	3.6	29.0
80+700	29	28	23	41	307	143	61	28	18	15	11	302	140	60	28	18	15	11	8.0	37.0	278	148	38246	0.69	26390	80020	3.5	38.4
80+800	30	26	23	38	296	138	61	30	27	17	9	308	144	64	31	28	18	10	8.0	37.0	278	146	36227	0.69	24996	81884	3.5	35.3
80+900	29	28	23	41	405	183	80	31	18	13	10	400	181	79	30	18	12	10	8.0	37.0	369	109	29257	0.69	20188	60122	3.1	25.3
81+000	30	26	23	38	234	93	33	17	13	8	7	245	97	35	18	14	9	7	15.0	38.0	209	163	66451	0.69	45851	94272	4.3	91.1
81+100	29	28	22	38	190	130	66	31	17	12	10	202	139	71	33	18	13	10	15.0	38.0	178	380	47008	0.69	32436	132376	4.8	53.0
81+200	30	26	23	39	229	105	34	17	14	10	7	233	106	34	17	14	11	7	15.0	38.0	199	190	67063	0.69	46273	100146	4.4	92.4
81+300	29	28	22	37	266	134	56	27	17	13	11	288	145	61	29	18	14	12	15.0	38.0	254	167	37877	0.69	26135	87644	4.2	37.8
81+400	30	26	24	39	318	168	74	33	23	15	11	328	173	76	34	24	15	11	15.0	38.0	280	155	30509	0.69	21051	83221	4.1	27.0
81+500	29	28	22	40	401	190	70	30	20	13	12	398	189	69	29	20	13	12	15.0	40.0	351	114	33482	0.69	23102	58813	3.8	31.2
81+600	30	26	24	37	322	161	65	26	16	12	11	344	172	70	28	17	13	12	15.0	40.0	294	140	33268	0.69	22955	74559	4.1	30.9
81+700	29	28	22	39	518	285	110	41	21	13	8	527	290	112	41	21	14	8	15.0	40.0	465	101	20581	0.69	14201	47634	3.6	14.6
81+975	30	26	23	39	322	181	47	12	9	2	1	327	184	47	12	9	2	1	15.0	40.0	280	168	48857	0.69	33711	70818	4.1	56.3
82+000	30	26	23	39	470	197	85	32	20	12	7	481	202	87	33	21	12	7	15.0	25.0	412	86	26512	0.69	18293	55144	2.7	21.7
82+100	29	28	22	38	313	182	77	31	23	14	10	334	194	83	33	24	15	11	15.0	25.0	295	172	28020	0.69	19334	89877	3.2	23.6
82+300	29	28	22	43	195	82	30	12	9	5	2	181	76	28	11	8	5	2	15.0	25.0	160	228	82339	0.69	56814	130271	3.6	127.3
82+400	29	26	22	42	288	181	81	39	26	20	12	273	172	77	37	24	19	11	15.0	25.0	237	237	30068	0.69	20747	122648	3.5	26.4
82+500	29	27	22	41	228	137	59	22	13	11	8	224	134	58	21	13	11	8	14.0	29.0	198	267	40010	0.69	27607	132277	3.9	41.2
82+600	29	26	22	39	163	82	31	10	6	4	2	166	83	32	10	6	4	2	14.0	29.0	145	290	72653	0.69	50130	157068	4.2	104.7
82+700	29	28	22	40	225	141	77	35	25	19	15	223	140	77	35	25	19	15	14.0	29.0	197	289	30210	0.69	20845	159315	4.2	26.6
82+800	29	26	21	39	311	172	73	26	17	12	8	322	178	76	27	17	12	8	14.0	29.0	281	167	30481	0.69	21032	89521	3.4	26.9
82+900	29	27	22	39	280	134	47	27	23	17	14	287	138	48	28	24	17	15	14.0	29.0	254	160	48302	0.69	33329	83704	3.4	55.3
83+000	29	26	21	40	283	169	79	40	28	23	11	286	171	79	41	28	23	11	12.0	38.0	252	209	29115	0.69	20089	101014	4.1	25.1

ANEXO: DEFLECTOMETRIA DEL TRAMO 3 CD (KM 79+000 - KM 102+600)

PR	Temp. Asfalto (°C)	Temp. Superf. (°C)	Temp. Aire (°C)	Carga Original (KN)	DEFLEXIONES ORIGINALES (µm)							DEFLEXIONES CORREGIDAS (µm)							CA (cm)	Material Granular (cm)	Df0 (µm) (Corregida a 20°C)	Radio de Curvatur a (m)	MR AASHTO Elegido (psi) Sub Rasante	FC (c)	MR DISEÑO AASHTO (psi) Sub Rasante	EP (psi)	SNff	CBR Subrasante
					Df0	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df0	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6										
83+100	29	28	23	39	208	98	30	8	5	4	2	213	101	31	8	5	4	3	12.0	38.0	191	213	74004	0.69	51063	103844	4.2	107.7
83+200	29	26	20	39	233	120	51	22	15	11	9	236	122	52	22	16	11	9	12.0	38.0	209	209	44818	0.69	30924	109391	4.2	49.2
83+300	29	28	23	41	286	127	43	20	15	11	8	276	122	41	19	15	11	8	12.0	38.0	247	156	55798	0.69	38501	80646	3.8	69.3
83+400	29	26	20	39	224	158	71	36	28	22	16	227	160	72	36	29	22	16	12.0	38.0	200	358	32216	0.69	22229	136558	4.6	29.4
83+500	29	28	23	41	283	152	63	30	21	12	5	274	147	61	29	20	11	5	10.0	25.0	250	189	38062	0.69	26262	103560	2.9	38.1
83+600	29	26	20	41	316	176	66	34	24	17	12	310	173	65	34	23	17	12	10.0	25.0	280	175	35416	0.69	24437	89948	2.8	34.1
83+700	29	28	23	42	189	93	33	13	11	9	8	181	89	31	13	11	9	8	10.0	25.0	165	260	73876	0.69	50974	134865	3.2	107.4
83+800	29	26	20	39	240	148	68	31	24	13	10	247	153	71	32	25	13	10	10.0	25.0	223	254	32728	0.69	22582	140014	3.2	30.1
83+900	29	29	23	42	293	180	77	30	20	15	8	277	170	73	29	19	14	8	10.0	25.0	252	225	31889	0.69	22003	115095	3.0	28.9
84+000	29	25	20	38	292	168	73	34	21	15	11	304	175	76	36	21	16	11	15.0	41.0	264	187	30296	0.69	20904	89337	4.5	26.7
84+100	29	28	23	39	281	149	66	28	19	14	8	285	151	67	29	19	14	9	15.0	41.0	252	178	34748	0.69	23976	90375	4.5	33.1
84+200	29	26	20	39	338	183	76	36	22	17	15	347	188	78	37	23	17	15	15.0	41.0	302	151	29684	0.69	20482	74786	4.2	25.9
84+300	29	29	23	41	327	183	77	39	29	20	13	318	177	75	38	28	20	12	15.0	41.0	280	171	30822	0.69	21267	81571	4.3	27.4
84+400	29	25	19	38	295	183	84	44	37	25	22	307	191	88	45	39	26	22	15.0	41.0	267	206	33965	0.69	23436	84003	4.4	31.9
84+500	29	28	24	39	336	210	101	42	24	16	10	348	218	105	44	25	17	11	13.0	39.0	309	184	22003	0.69	15182	84373	4.1	16.2
84+600	29	25	19	38	323	164	56	17	13	11	8	341	173	59	18	14	11	9	13.0	39.0	299	143	39313	0.69	27126	69893	3.8	40.1
84+700	29	29	24	41	322	227	127	71	52	41	29	315	223	124	70	51	40	29	13.0	39.0	280	260	22131	0.69	15271	97657	4.3	16.3
84+800	29	25	19	38	310	180	87	44	30	24	17	324	187	91	45	31	25	18	13.0	39.0	284	176	25389	0.69	17518	89479	4.2	20.2
84+900	29	29	24	39	193	117	57	26	14	9	6	197	119	58	26	14	9	6	13.0	39.0	175	309	39598	0.69	27322	147567	4.9	40.6
85+000	29	25	19	39	135	87	52	17	14	10	6	138	89	53	18	15	10	6	19.0	27.0	118	491	86591	0.69	59748	192384	4.7	137.7
85+100	29	29	24	40	149	86	38	18	14	9	8	147	85	38	18	13	9	8	19.0	27.0	127	389	61388	0.69	42358	201928	4.8	80.5
85+200	29	25	19	37	196	141	75	27	17	10	6	212	152	81	30	19	11	7	19.0	27.0	181	400	52541	0.69	36253	129489	4.2	63.1
85+300	29	28	25	40	215	122	53	21	14	9	6	213	121	53	20	13	8	6	19.0	27.0	184	261	43950	0.69	30325	136714	4.2	47.7
85+400	29	25	19	37	301	155	60	17	12	7	6	326	167	65	18	13	8	6	19.0	27.0	278	151	36085	0.69	24898	82424	3.6	35.1
85+500	29	29	25	42	205	120	48	17	8	3	1	196	115	45	16	7	3	1	16.0	40.0	171	297	50848	0.69	35085	132988	5.1	59.9
85+600	29	25	19	38	257	144	58	15	9	6	3	270	152	61	16	9	6	3	16.0	40.0	233	203	37934	0.69	26174	97102	4.6	37.9
85+700	29	29	25	39	163	86	33	8	6	5	4	168	88	34	8	6	5	4	16.0	40.0	148	300	67049	0.69	46264	147823	5.3	92.3
85+800	29	25	19	39	185	89	35	13	9	6	4	188	91	36	13	9	6	4	16.0	40.0	163	247	64289	0.69	44360	131708	5.1	86.5
85+900	29	30	25	39	168	108	47	19	12	9	6	170	109	48	20	12	9	6	16.0	40.0	149	392	63905	0.69	44095	150795	5.3	85.7
86+000	29	25	19	39	249	181	99	43	23	15	11	255	185	101	44	24	16	12	10.0	37.0	230	345	35160	0.69	24260	108495	4.0	33.7
86+100	29	29	25	39	256	129	57	24	15	10	7	261	132	58	25	15	10	7	10.0	37.0	238	185	39541	0.69	27283	97600	3.9	40.5
86+200	29	25	19	40	176	121	61	27	16	10	8	177	122	61	27	16	10	8	10.0	37.0	160	435	37635	0.69	25968	183694	4.7	37.5
86+300	29	29	25	39	328	189	98	49	33	25	18	341	197	102	51	35	26	18	10.0	37.0	310	167	22672	0.69	15644	86620	3.7	17.0
86+400	29	25	19	37	229	149	80	45	27	22	13	245	159	85	48	29	24	14	10.0	37.0	220	280	27181	0.69	18755	133671	4.3	22.5
86+500	29	29	24	39	189	104	41	16	15	12	7	192	106	42	16	15	12	7	15.0	40.0	170	277	54973	0.69	37931	131878	5.0	67.7
86+600	29	25	20	43	241	170	80	35	20	13	8	223	157	75	32	18	12	7	15.0	40.0	194	364	47591	0.69	32838	115308	4.8	54.0
86+700	29	29	24	41	278	166	62	26	17	15	8	270	162	60	25	16	15	8	15.0	40.0	239	220	38417	0.69	26508	94315	4.5	38.7
86+800	29	25	20	38	222	119	47	17	9	8	7	235	126	50	18	10	9	7	15.0	40.0	204	220	46624	0.69	32171	108780	4.7	52.3
86+900	29	29	24	38	224	120	51	21	15	13	9	233	125	53	22	15	13	9	15.0	40.0	206	221	44035	0.69	30384	109989	4.7	47.9
87+000	29	25	20	40	271	172	77	33	23	18	13	274	174	78	34	23	18	13	15.0	34.0	238	240	29684	0.84	24935	110003	4.2	35.2

ANEXO: DEFLECTOMETRIA DEL TRAMO 3 CD (KM 79+000 - KM 102+600)

PR	Temp. Asfalto (°C)	Temp. Superf. (°C)	Temp. Aire (°C)	Carga Original (KN)	DEFLEXIONES ORIGINALES (µm)							DEFLEXIONES CORREGIDAS (µm)							CA (cm)	Material Granular (cm)	Df0 (µm) (Corregida a 20°C)	Radio de Curvatur a (m)	MR AASHTO Elegido (psi) Sub Rasante	FC (c)	MR DISEÑO AASHTO (psi) Sub Rasante	EP (psi)	SNff	CBR Subrasante
					Df0	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df0	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6										
87+100	29	29	25	40	397	291	165	83	51	32	16	400	293	166	84	52	32	17	15.0	34.0	353	223	18419	0.84	15472	77645	3.7	16.7
87+200	29	25	20	38	233	142	75	30	19	12	9	244	149	78	31	20	13	9	15.0	34.0	213	251	29528	0.84	24803	131793	4.4	34.9
87+300	29	29	25	43	159	102	57	26	15	11	8	149	95	53	24	14	11	7	15.0	34.0	131	446	53451	0.84	44899	203194	5.1	88.1
87+400	29	25	20	40	212	104	43	18	15	10	7	212	104	43	18	15	10	7	15.0	34.0	185	222	53977	0.84	45341	121510	4.3	89.5
87+500	29	29	25	39	218	116	49	23	15	15	11	222	118	49	23	16	15	11	15.0	45.0	196	230	46866	0.84	39367	112748	5.2	71.8
87+600	29	25	20	39	200	106	36	9	4	4	3	204	108	37	9	4	4	3	15.0	45.0	177	250	62668	0.84	52641	116930	5.2	113.0
87+700	29	28	25	40	385	217	66	34	26	19	14	389	220	66	34	27	19	14	15.0	45.0	343	142	34932	0.84	29343	59155	4.2	45.3
87+800	29	26	20	37	194	92	30	9	8	4	3	208	99	32	10	8	4	3	15.0	45.0	181	221	72724	0.84	61088	109548	5.1	142.6
87+900	29	29	25	41	342	169	68	31	25	18	13	335	165	67	30	24	18	12	15.0	45.0	295	142	34620	0.84	29080	72013	4.4	44.7
88+000	29	26	20	43	332	159	59	36	32	23	17	309	148	55	34	30	21	16	9.0	51.0	279	149	42144	0.84	35401	73236	4.5	60.8
88+100	29	29	25	40	387	146	64	34	27	19	17	386	146	64	34	27	19	17	9.0	51.0	352	100	36241	0.84	30442	56893	4.1	48.0
88+200	29	26	20	38	303	175	88	39	27	22	15	318	184	92	40	28	23	15	9.0	51.0	286	179	38118	0.84	32019	72823	4.5	52.0
88+300	29	29	25	39	330	178	86	42	30	23	21	340	183	89	43	30	23	22	9.0	51.0	310	153	35942	0.84	30192	66935	4.4	47.4
88+400	29	26	20	39	471	170	65	32	25	16	15	481	174	66	32	25	16	16	9.0	51.0	434	78	34961	0.84	29367	44206	3.8	45.4
88+500	29	29	25	39	429	199	87	42	30	25	15	441	204	90	43	31	25	15	11.0	39.0	397	101	25787	0.84	21661	55627	3.4	28.2
88+600	29	26	21	39	316	142	57	21	19	14	10	323	145	58	22	19	14	11	11.0	39.0	288	135	39996	0.84	33597	73563	3.7	56.0
88+700	29	29	25	38	563	262	130	61	41	31	24	586	273	136	64	42	32	25	11.0	39.0	528	77	17011	0.84	14289	44135	3.2	14.7
88+800	29	26	21	40	486	301	139	76	53	38	31	490	303	140	76	53	38	31	11.0	39.0	436	129	16556	0.84	13907	59126	3.5	14.1
88+900	29	28	25	39	398	208	92	47	34	28	23	407	213	94	48	34	28	24	11.0	39.0	366	124	24478	0.84	20562	63649	3.5	26.0
89+000	29	26	21	38	396	139	59	30	24	20	13	414	146	61	32	25	21	14	9.0	35.0	373	89	37635	0.84	31613	53821	3.0	50.9
89+100	29	29	24	41	398	186	63	30	20	16	13	392	183	62	29	20	16	13	9.0	35.0	357	115	37180	0.84	31231	57419	3.0	50.0
89+200	29	26	21	37	327	192	74	30	22	15	13	355	208	81	33	24	16	14	9.0	35.0	320	164	28703	0.84	24110	75156	3.3	33.4
89+300	29	29	24	38	441	219	76	33	21	16	8	461	229	80	34	22	17	8	9.0	35.0	420	103	29058	0.84	24409	50393	2.9	34.0
89+400	29	26	21	38	398	227	90	28	21	16	13	421	240	95	30	22	17	13	9.0	35.0	380	132	24379	0.84	20478	63009	3.1	25.8
89+500	29	28	24	39	413	186	70	31	24	18	13	422	189	71	31	24	18	13	7.0	37.0	393	103	32614	0.84	27396	52896	2.9	40.7
89+600	29	26	22	39	324	142	36	18	16	13	12	332	145	37	19	16	13	12	7.0	37.0	306	129	62967	0.84	52892	59155	3.0	113.8
89+700	29	28	24	40	363	164	64	34	25	20	13	361	163	63	33	25	20	13	7.0	37.0	337	121	36597	0.84	30741	62654	3.1	48.8
89+800	29	27	22	39	308	146	48	22	15	12	7	315	150	50	23	15	12	7	7.0	37.0	291	145	46553	0.84	39104	69865	3.2	71.0
89+900	29	28	24	39	310	199	88	32	22	14	11	316	203	89	33	22	15	12	7.0	37.0	294	212	25901	0.84	21757	90176	3.5	28.4
90+000	29	27	22	39	261	154	61	21	14	11	8	270	160	63	22	14	11	8	15.0	25.0	235	218	36796	0.84	30908	109505	3.4	49.2
90+100	29	28	23	42	278	177	77	24	13	10	7	265	169	73	23	13	9	7	15.0	25.0	234	249	31618	0.84	26559	121140	3.5	38.8
90+200	29	27	22	38	229	143	65	24	16	11	8	240	150	68	26	16	11	9	15.0	25.0	209	267	34093	0.84	28638	139644	3.7	43.6
90+300	29	28	23	39	390	204	71	25	19	15	13	401	209	73	26	20	16	13	15.0	25.0	354	125	31590	0.84	26536	63578	2.9	38.7
90+400	29	27	22	37	304	192	82	32	20	13	7	330	209	89	34	22	14	7	15.0	25.0	288	197	25844	0.84	21709	98354	3.3	28.3
90+500	29	28	23	39	320	154	60	26	19	15	11	329	158	62	27	19	16	11	10.0	32.0	300	140	37450	0.84	31458	73947	3.1	50.5
90+600	29	27	22	38	351	199	62	24	19	13	12	374	211	66	26	20	14	12	10.0	32.0	337	148	34961	0.84	29367	64289	3.0	45.4
90+700	29	28	23	40	367	143	57	31	24	14	8	367	143	57	31	24	14	8	10.0	32.0	334	107	40636	0.84	34134	61231	3.0	57.4
90+800	29	27	22	39	369	162	61	27	14	12	9	376	165	62	28	15	12	9	10.0	32.0	339	114	37350	0.84	31374	61871	3.0	50.3
90+900	29	28	23	39	425	307	135	55	33	20	9	437	315	138	56	33	21	10	10.0	32.0	398	198	16712	0.84	14038	74416	3.2	14.3
91+000	29	27	22	39	267	184	92	43	29	20	13	277	191	95	44	30	21	13	10.0	43.0	249	280	34676	0.84	29128	93106	4.3	44.8

ANEXO: DEFLECTOMETRIA DEL TRAMO 3 CD (KM 79+000 - KM 102+600)

PR	Temp. Asfalto (°C)	Temp. Superf. (°C)	Temp. Aire (°C)	Carga Original (KN)	DEFLEXIONES ORIGINALES (µm)							DEFLEXIONES CORREGIDAS (µm)							CA (cm)	Material Granular (cm)	Df0 (µm) (Corregida a 20°C)	Radio de Curvatur a (m)	MR AASHTO Elegido (psi) Sub Rasante	FC (c)	MR DISEÑO AASHTO (psi) Sub Rasante	EP (psi)	SNff	CBR Subrasante
					Df0	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df0	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6										
91+100	29	28	23	38	392	238	103	39	25	18	12	412	250	109	41	26	19	13	10.0	43.0	375	148	21307	0.84	17897	64176	3.8	20.9
91+200	29	27	22	40	263	175	83	34	25	16	11	263	174	83	34	25	16	11	10.0	43.0	237	271	27906	0.84	23441	110572	4.5	31.9
91+300	29	28	23	39	354	223	122	58	43	31	19	363	229	125	59	44	32	20	10.0	43.0	330	179	25958	0.84	21804	70804	3.9	28.5
91+400	29	27	22	40	294	177	73	24	14	10	8	293	176	73	24	14	10	8	10.0	43.0	264	206	31604	0.84	26548	89081	4.2	38.8
91+500	29	28	23	42	350	239	123	60	40	31	24	336	230	118	58	39	30	23	9.0	26.0	306	225	19642	0.84	16500	120130	3.1	18.4
91+600	29	27	23	39	307	151	62	33	24	20	16	316	155	64	34	25	21	17	9.0	26.0	285	149	35971	0.84	30215	86535	2.8	47.5
91+700	29	27	23	41	396	223	96	45	34	25	15	387	219	94	44	33	25	15	9.0	26.0	353	142	24549	0.84	20622	77830	2.7	26.1
91+800	29	27	23	38	343	232	115	45	32	21	16	362	245	121	48	34	22	17	9.0	26.0	326	205	19088	0.84	16034	109263	3.0	17.6
91+900	29	27	23	40	278	181	86	33	24	17	13	275	179	85	33	24	17	13	9.0	26.0	250	251	27209	0.84	22856	132234	3.2	30.7
92+000	29	27	23	39	262	161	78	32	24	20	14	270	166	80	33	25	20	14	10.0	47.0	244	230	47022	0.84	39499	85226	4.5	72.1
92+100	29	27	22	39	251	155	68	28	18	14	10	257	159	70	29	18	14	10	10.0	47.0	234	243	33041	0.84	27754	101412	4.8	41.6
92+200	29	28	23	38	292	200	95	42	28	19	12	304	208	99	44	29	20	12	10.0	47.0	274	250	35160	0.84	29534	79793	4.4	45.8
92+300	29	27	22	41	330	202	99	45	29	21	13	322	198	97	43	28	20	13	10.0	47.0	293	193	35487	0.84	29809	72951	4.3	46.5
92+400	29	28	23	39	310	216	112	43	31	23	19	322	224	116	45	32	24	20	10.0	47.0	290	245	34264	0.84	28782	74687	4.3	44.0
92+500	29	27	22	39	284	176	84	35	21	16	15	292	181	87	36	22	16	15	10.0	36.0	266	216	26640	0.84	22378	101554	3.8	29.7
92+600	29	28	23	39	362	220	93	44	29	22	17	370	225	95	45	30	23	17	10.0	36.0	333	165	24450	0.84	20538	75099	3.5	26.0
92+700	29	27	22	41	362	201	81	39	30	20	13	349	194	78	38	29	19	12	10.0	36.0	318	155	29656	0.84	24911	73449	3.4	35.1
92+800	29	28	23	39	290	183	80	30	27	19	15	298	188	82	31	27	19	16	10.0	36.0	269	218	28148	0.84	23644	96790	3.8	32.4
92+900	29	27	22	41	347	168	68	29	21	15	10	335	162	66	28	21	14	10	10.0	36.0	305	139	35174	0.84	29546	72411	3.4	45.8
93+000	29	28	23	41	372	180	71	31	21	16	15	367	177	70	30	21	16	15	10.0	36.0	331	126	33112	0.84	27814	66281	3.3	41.7
93+100	29	27	22	40	291	184	88	34	20	14	11	292	184	88	34	20	14	11	10.0	36.0	265	224	26327	0.84	22115	102578	3.8	29.1
93+200	29	28	23	38	310	172	63	25	18	13	8	324	180	66	26	19	14	9	10.0	36.0	292	167	35174	0.84	29546	77019	3.5	45.8
93+300	29	27	22	40	309	199	102	48	32	24	19	312	201	103	48	33	24	20	10.0	36.0	284	216	22558	0.84	18949	100886	3.8	22.9
93+400	29	28	23	41	375	167	75	36	30	21	20	370	165	74	36	30	21	20	10.0	36.0	333	117	31149	0.84	26165	67305	3.3	37.9
93+500	29	26	22	42	277	180	86	32	22	17	12	267	173	82	31	21	16	11	10.0	30.0	243	255	28077	0.69	19373	123273	3.5	23.7
93+600	29	28	23	40	269	134	52	22	19	18	12	267	133	51	22	19	18	12	10.0	30.0	241	179	44917	0.69	30993	94955	3.3	49.4
93+700	29	26	22	42	227	162	75	27	19	17	16	216	154	71	26	18	17	15	10.0	30.0	196	391	32386	0.69	22347	161221	3.9	29.6
93+800	29	28	23	40	276	174	84	33	26	19	15	278	175	85	33	26	19	15	10.0	30.0	251	232	27295	0.69	18833	119433	3.5	22.7
93+900	29	26	21	42	283	137	50	21	16	12	9	268	129	48	20	15	11	9	10.0	30.0	244	173	48487	0.69	33456	89607	3.2	55.6
94+000	29	28	23	39	273	193	97	46	32	22	19	283	200	100	47	33	23	19	10.0	30.0	255	289	23013	0.69	15879	131722	3.6	17.4
94+100	29	26	21	39	299	190	93	44	31	25	20	306	195	95	45	32	26	20	10.0	30.0	279	216	24365	0.69	16812	107642	3.4	19.0
94+200	29	28	23	39	425	210	72	44	30	25	18	441	218	74	46	31	26	18	10.0	30.0	397	108	31121	0.69	21473	53892	2.7	27.8
94+300	29	26	21	40	292	180	78	35	31	23	20	295	182	79	36	31	23	20	10.0	30.0	268	213	29200	0.69	20148	101739	3.3	25.2
94+400	29	28	23	40	353	200	79	37	31	23	17	354	200	79	37	31	23	17	10.0	30.0	319	156	29215	0.69	20158	77318	3.0	25.2
94+500	29	26	21	41	279	155	64	30	22	16	10	270	150	62	29	21	16	10	9.0	41.0	246	200	37507	0.69	25880	93532	4.0	37.3
94+600	29	28	23	41	318	192	87	38	25	19	17	314	190	86	37	25	19	17	9.0	41.0	283	194	26825	0.69	18509	88953	4.0	22.1
94+700	29	26	20	42	267	146	55	23	15	13	9	256	140	53	22	15	12	9	9.0	41.0	233	206	43680	0.69	30139	94941	4.1	47.3
94+800	29	28	23	39	256	148	58	22	19	13	11	264	153	60	23	19	14	12	9.0	41.0	238	215	38460	0.69	26537	96704	4.1	38.7
94+900	29	26	20	43	309	158	66	26	18	14	8	289	148	62	24	17	13	7	9.0	41.0	263	170	37393	0.69	25801	85269	3.9	37.1
95+000	29	28	23	40	324	205	82	30	21	15	13	325	206	83	30	21	15	13	8.0	20.0	297	201	27991	0.69	19314	111724	2.4	23.6

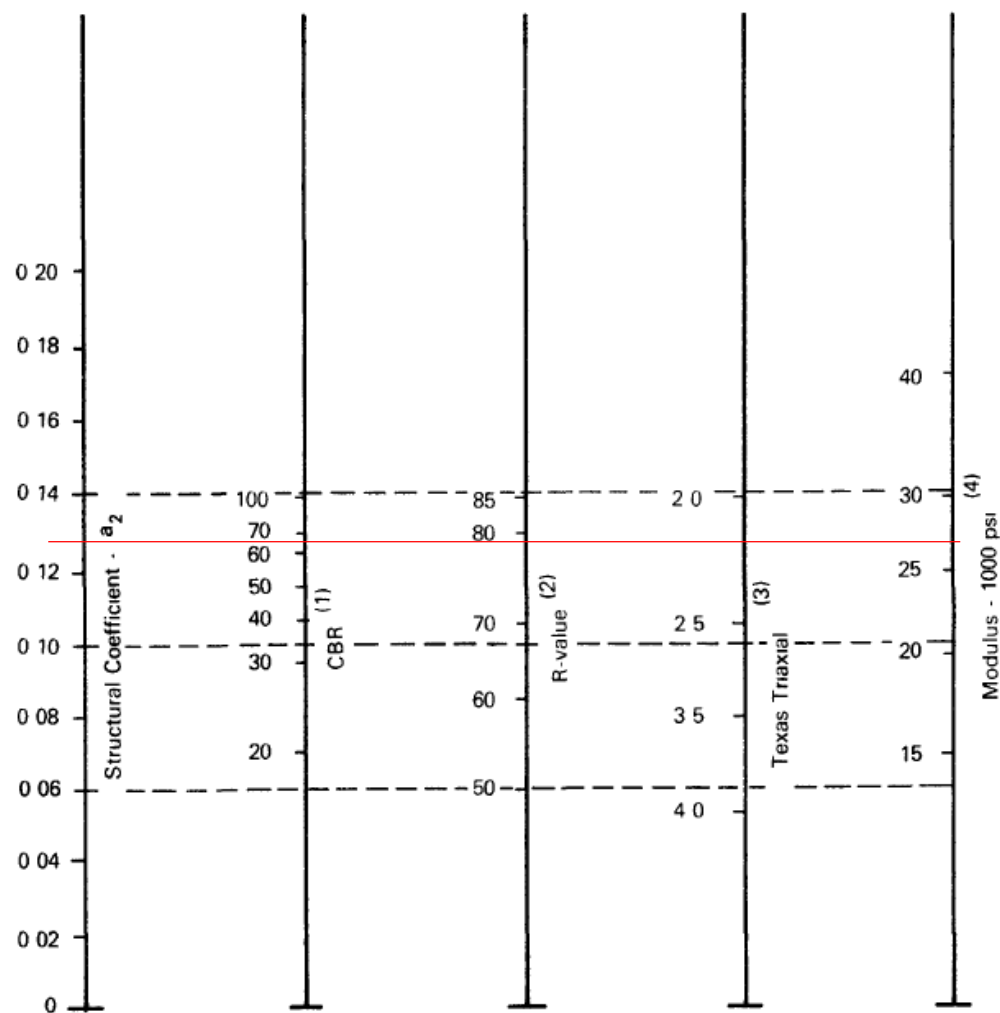
ANEXO: DEFLECTOMETRIA DEL TRAMO 3 CD (KM 79+000 - KM 102+600)

PR	Temp. Asfalto (°C)	Temp. Superf. (°C)	Temp. Aire (°C)	Carga Original (KN)	DEFLEXIONES ORIGINALES (µm)							DEFLEXIONES CORREGIDAS (µm)							CA (cm)	Material Granular (cm)	Df0 (µm) (Corregida a 20°C)	Radio de Curvatur a (m)	MR AASHTO Elegido (psi) Sub Rasante	FC (c)	MR DISEÑO AASHTO (psi) Sub Rasante	EP (psi)	SNff	CBR Subrasante
					Df0	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df0	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6										
95+100	29	26	20	40	287	154	59	25	18	15	10	291	155	60	25	18	15	10	8.0	20.0	268	177	38787	0.69	26763	101426	2.3	39.3
95+200	29	28	23	38	291	155	55	26	22	18	17	304	163	57	27	23	19	18	8.0	20.0	278	169	40408	0.69	27882	91740	2.2	41.9
95+300	29	25	20	41	334	183	74	31	23	18	13	323	177	71	30	22	17	12	8.0	20.0	298	164	32543	0.69	22455	96818	2.3	29.8
95+400	29	28	23	39	299	174	77	32	27	16	14	311	181	79	33	28	16	15	8.0	20.0	283	185	29101	0.69	20080	117982	2.4	25.1
95+500	29	25	20	39	455	225	69	26	18	12	7	465	229	70	26	18	13	7	9.0	21.0	423	102	32813	0.69	22641	50678	2.0	30.2
95+600	29	28	23	39	337	180	61	20	14	13	10	343	183	62	20	14	13	10	9.0	21.0	309	150	37422	0.69	25821	78171	2.3	37.1
95+700	29	25	20	41	529	226	59	19	14	14	9	523	223	59	19	14	13	9	9.0	21.0	476	80	39427	0.69	27205	38261	1.8	40.3
95+800	29	28	23	39	462	256	109	52	37	29	22	470	260	111	53	37	29	23	9.0	21.0	424	114	20866	0.69	14397	70249	2.2	14.9
95+900	29	25	19	39	514	179	70	31	24	18	9	521	181	71	32	24	18	9	9.0	21.0	475	71	25531	0.69	17616	49369	2.0	20.4
96+000	29	28	24	40	584	202	72	33	27	25	18	581	201	72	33	27	25	18	8.0	12.0	530	63	22985	0.69	15860	53849	1.3	17.3
96+200	29	28	24	39	405	236	104	47	33	25	20	419	243	107	48	34	25	20	8.0	12.0	382	137	21577	0.69	14888	129389	1.8	15.7
96+300	29	25	19	40	368	219	98	40	28	23	16	364	217	97	40	28	22	16	8.0	12.0	335	164	23781	0.69	16409	156300	1.9	18.3
96+400	29	28	24	39	164	62	32	16	14	12	7	168	63	33	16	14	13	7	8.0	12.0	153	229	73079	0.69	50425	206693	2.1	105.6
96+500	29	25	19	42	486	258	119	63	48	39	26	460	244	113	59	45	37	25	7.0	29.0	428	111	20496	0.69	14142	62696	2.5	14.5
96+600	29	28	24	38	504	316	107	54	40	27	21	525	330	112	56	42	28	22	7.0	29.0	485	123	20723	0.69	14299	50663	2.4	14.7
96+700	29	25	19	40	283	132	46	14	11	8	6	283	132	46	14	11	8	6	7.0	29.0	264	159	50607	0.69	34918	80163	2.8	59.5
96+800	29	28	24	39	325	164	62	18	10	7	6	336	170	64	19	10	7	6	7.0	29.0	310	144	36213	0.69	24987	74487	2.7	35.3
96+900	29	25	19	39	473	271	131	72	53	43	34	479	274	133	73	54	43	35	7.0	29.0	446	117	17381	0.69	11993	65569	2.6	11.2
97+000	29	28	24	40	394	269	125	76	51	40	31	394	269	125	76	51	40	31	8.0	32.0	359	193	18576	0.69	12817	84586	3.1	12.4
97+100	29	25	19	40	414	217	88	38	26	19	13	418	219	89	38	27	19	13	8.0	32.0	385	121	26000	0.69	17940	61772	2.8	21.0
97+200	29	28	24	39	370	221	94	44	31	23	21	378	226	96	45	31	23	21	8.0	32.0	345	158	24123	0.69	16645	76479	3.0	18.7
97+300	29	25	18	42	537	214	90	47	33	27	23	510	203	86	44	31	25	22	8.0	32.0	470	78	26982	0.69	18617	45088	2.5	22.3
97+400	29	28	24	36	461	302	149	71	53	37	30	511	334	165	79	58	41	33	8.0	32.0	466	136	14024	0.69	9677	66266	2.9	8.0
97+500	29	25	18	40	494	307	157	82	59	50	37	490	304	156	82	59	50	36	15.0	29.0	432	130	14849	0.69	10246	68030	3.2	8.8
97+600	29	28	25	39	323	253	156	78	61	47	37	331	259	160	80	63	48	38	15.0	29.0	288	332	19230	0.69	13269	112563	3.8	13.1
97+700	29	24	18	41	293	220	134	56	43	35	23	286	215	131	54	42	34	23	15.0	29.0	252	338	28319	0.69	19540	109192	3.7	24.0
97+800	29	28	25	36	390	231	86	27	11	5	4	429	254	95	29	12	6	4	15.0	29.0	374	137	24436	0.69	16861	64460	3.1	19.1
97+900	29	24	18	38	204	145	83	42	29	22	18	212	152	87	44	30	23	19	15.0	29.0	187	395	30865	0.69	21297	171433	4.4	27.5
98+000	29	29	25	37	214	139	65	31	20	12	9	228	149	70	33	21	13	9	7.0	45.0	211	303	33055	0.69	22808	122007	4.6	30.6
98+100	29	24	19	40	153	110	80	47	31	19	13	154	111	81	47	31	20	13	7.0	45.0	144	551	32642	0.69	22523	223647	5.6	30.0
98+200	29	29	24	39	201	147	79	39	26	18	16	208	151	82	41	27	19	17	7.0	45.0	192	424	37990	0.69	26213	130755	4.7	38.0
98+300	29	24	19	40	264	178	94	43	26	19	13	263	177	94	42	26	19	13	7.0	45.0	245	279	36284	0.69	25036	94315	4.2	35.4
98+400	29	29	24	39	207	147	84	44	27	19	15	211	150	86	44	28	19	15	7.0	45.0	195	393	34932	0.69	24103	134296	4.8	33.3
98+500	29	25	19	39	309	177	75	34	22	16	13	315	180	76	34	23	16	13	9.0	48.0	287	178	30424	0.69	20992	79252	4.3	26.9
98+600	29	29	24	39	144	81	32	12	8	5	5	147	83	33	12	8	5	5	9.0	48.0	133	371	69652	0.69	48060	167024	5.6	98.0
98+700	29	25	19	41	200	152	88	44	31	23	19	198	150	87	43	30	23	18	9.0	48.0	180	500	35942	0.69	24800	142603	5.3	34.9
98+800	29	29	24	39	421	282	121	61	42	34	26	432	289	124	63	43	35	27	9.0	48.0	389	168	24677	0.69	17027	56310	3.9	19.4
98+900	29	25	18	42	379	253	125	63	43	32	23	364	243	120	60	41	31	22	9.0	48.0	331	199	25488	0.69	17587	69310	4.2	20.4
99+000	29	29	24	38	330	199	67	21	9	3	2	349	211	71	22	10	3	2	6.0	54.0	326	173	32586	0.69	22484	64417	4.3	29.9
99+100	29	24	18	40	300	208	131	71	46	34	24	303	210	132	72	47	35	24	6.0	54.0	285	259	21463	0.69	14809	90489	4.8	15.6

ANEXO: DEFLECTOMETRIA DEL TRAMO 3 CD (KM 79+000 - KM 102+600)

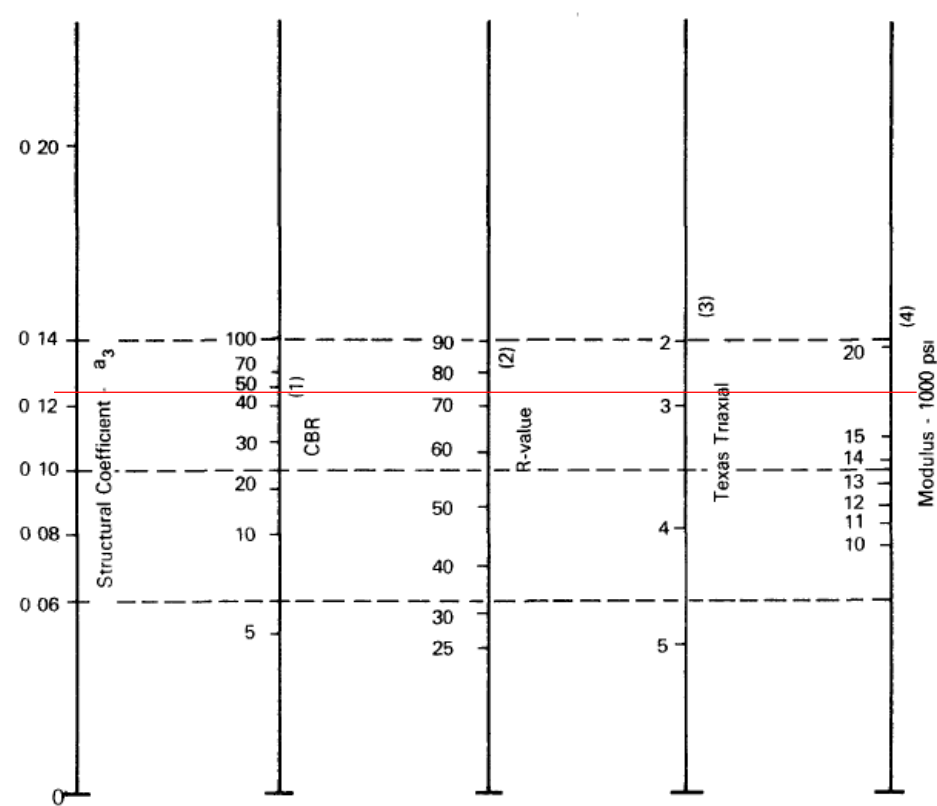
PR	Temp. Asfalto (°C)	Temp. Superf. (°C)	Temp. Aire (°C)	Carga Original (KN)	DEFLEXIONES ORIGINALES (µm)							DEFLEXIONES CORREGIDAS (µm)							CA (cm)	Material Granular (cm)	Df0 (µm) (Corregida a 20°C)	Radio de Curvatur a (m)	MR AASHTO Elegido (psi) Sub Rasante	FC (c)	MR DISEÑO AASHTO (psi) Sub Rasante	EP (psi)	SNff	CBR Subrasante
					Df0	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df0	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6										
99+200	29	29	24	37	535	247	132	65	43	29	24	576	266	142	70	46	31	26	6.0	54.0	538	78	16243	0.69	11208	41646	3.7	10.1
99+300	29	24	18	43	420	254	62	34	20	13	8	394	238	58	31	19	12	8	6.0	54.0	371	154	39583	0.69	27313	52128	4.0	40.5
99+400	29	29	24	38	320	212	130	71	55	42	28	338	223	137	75	57	45	30	6.0	54.0	316	209	20524	0.69	14162	79764	4.6	14.5
99+500	29	24	18	40	407	275	151	85	61	46	38	410	277	152	85	61	46	38	10.0	29.0	373	180	15205	0.69	10491	94016	3.2	9.1
99+600	29	29	24	39	412	298	167	81	64	52	40	426	308	172	83	66	53	42	10.0	29.0	384	203	13413	0.69	9255	99378	3.2	7.5
99+700	29	24	18	41	474	255	130	78	58	49	40	465	250	127	77	57	48	39	10.0	29.0	423	112	18163	0.69	12533	66238	2.8	12.0
99+800	29	29	24	38	365	235	112	62	49	38	32	384	247	118	65	52	40	34	10.0	29.0	346	176	19529	0.69	13475	88654	3.1	13.4
99+900	29	24	18	39	537	291	130	65	48	33	27	558	302	135	68	50	35	28	10.0	29.0	508	94	17168	0.69	11846	50919	2.6	11.0
100+000	29	29	24	38	433	332	182	92	63	48	38	456	351	192	97	67	50	40	10.0	25.0	411	227	12061	0.69	8322	108225	3.0	6.3
100+100	29	24	18	39	614	335	150	72	50	38	27	637	347	155	75	52	39	28	10.0	25.0	580	83	14892	0.69	10275	47463	2.3	8.8
100+200	29	29	24	37	526	329	141	56	38	29	24	566	354	152	60	41	31	25	10.0	25.0	510	113	15247	0.69	10521	58273	2.4	9.1
100+300	29	24	18	40	369	205	68	23	18	14	11	369	205	68	23	18	14	11	10.0	25.0	336	146	33979	0.69	23446	68656	2.5	31.9
100+400	29	29	24	39	628	271	113	37	27	20	15	647	279	117	39	27	21	16	10.0	25.0	583	65	19842	0.69	13691	39271	2.1	13.8
100+500	29	24	18	40	332	244	136	70	42	32	26	333	245	137	70	42	32	26	13.0	29.0	296	272	16912	0.69	11669	123231	3.7	10.7
100+600	29	29	24	37	304	177	72	29	21	14	11	328	191	78	31	23	15	12	13.0	29.0	287	176	29641	0.69	20453	88611	3.3	25.8
100+700	29	24	17	39	399	240	95	45	34	25	21	406	243	97	46	34	26	21	13.0	29.0	360	148	23924	0.69	16507	69993	3.1	18.5
100+800	29	29	24	39	341	232	107	43	25	17	6	350	238	110	44	25	17	6	13.0	29.0	307	215	20994	0.69	14486	98596	3.5	15.0
100+900	29	24	17	41	414	228	103	48	31	25	20	406	224	101	47	31	24	19	13.0	29.0	361	132	22828	0.69	15752	71856	3.1	17.2
101+000	29	29	24	39	257	135	56	21	16	14	11	265	139	58	22	16	14	11	12.0	36.0	234	190	40081	0.69	27656	98496	3.9	41.3
101+100	29	24	17	40	425	254	112	43	32	24	17	420	251	110	42	31	23	17	12.0	36.0	376	142	20965	0.69	14466	66636	3.5	15.0
101+200	29	29	24	37	357	256	122	49	31	22	17	387	277	132	53	34	24	18	12.0	36.0	342	219	17466	0.69	12052	85283	3.8	11.3
101+300	29	23	17	41	634	380	212	120	67	49	36	625	374	209	118	66	49	35	12.0	36.0	559	96	11066	0.69	7635	51005	3.2	5.5
101+400	29	29	24	39	419	237	104	64	47	39	32	434	245	108	66	49	40	33	12.0	36.0	383	127	21506	0.69	14839	63920	3.4	15.6
101+500	29	23	17	40	429	242	103	41	30	25	22	425	240	102	41	30	25	21	12.0	25.0	380	129	22772	0.69	15712	70135	2.7	17.1
101+600	29	29	24	38	415	251	116	58	44	31	26	436	263	121	61	46	33	27	12.0	25.0	385	139	19073	0.69	13161	77688	2.8	13.0
101+700	29	23	17	42	588	408	204	87	58	47	34	565	392	196	83	56	45	33	12.0	25.0	506	139	11820	0.69	8155	69566	2.7	6.1
101+800	29	29	24	37	352	235	109	45	27	18	16	380	254	117	48	29	19	17	12.0	25.0	336	190	19699	0.69	13592	96590	3.0	13.6
101+900	29	23	17	41	465	285	155	74	52	40	31	451	277	151	72	50	39	30	12.0	25.0	404	137	15347	0.69	10589	84529	2.9	9.2
102+000	29	28	23	38	395	197	86	32	26	20	18	418	209	91	34	27	22	19	10.0	34.0	377	114	25517	0.69	17606	62170	3.1	20.4
102+100	29	23	17	41	410	198	102	54	41	34	29	401	194	99	53	40	33	28	10.0	34.0	365	116	23255	0.69	16046	68286	3.2	17.7
102+200	29	28	24	38	429	285	140	65	45	36	34	453	301	148	69	47	38	36	10.0	34.0	409	158	15646	0.69	10795	72126	3.3	9.5
102+300	29	23	17	40	530	309	111	46	36	30	26	524	306	110	46	36	30	26	10.0	34.0	477	110	21036	0.69	14515	48174	2.9	15.1
102+400	29	28	24	39	282	196	93	34	20	14	12	292	203	96	35	20	14	12	10.0	34.0	263	269	24080	0.69	16615	112336	3.8	18.6
102+500	29	23	17	42	509	258	125	64	45	31	25	483	245	118	61	43	29	23	12.0	32.0	432	101	19529	0.69	13475	58017	3.0	13.4
102+600	29	28	23	39	328	199	91	45	30	21	13	339	206	94	46	31	22	14	12.0	32.0	299	180	24621	0.69	16988	90133	3.5	19.3

Anexo 12 Ábacos AASHTO 1993 - Coeficientes Estructurales



- (1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois
- (2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming
- (3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas
- (4) Scale derived on NCHRP project (3)

Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)



- (1) Scale derived from correlations from Illinois
- (2) Scale derived from correlations obtained from The Asphalt Institute, California, New Mexico and Wyoming
- (3) Scale derived from correlations obtained from Texas
- (4) Scale derived on NCHRP project (3)

Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)

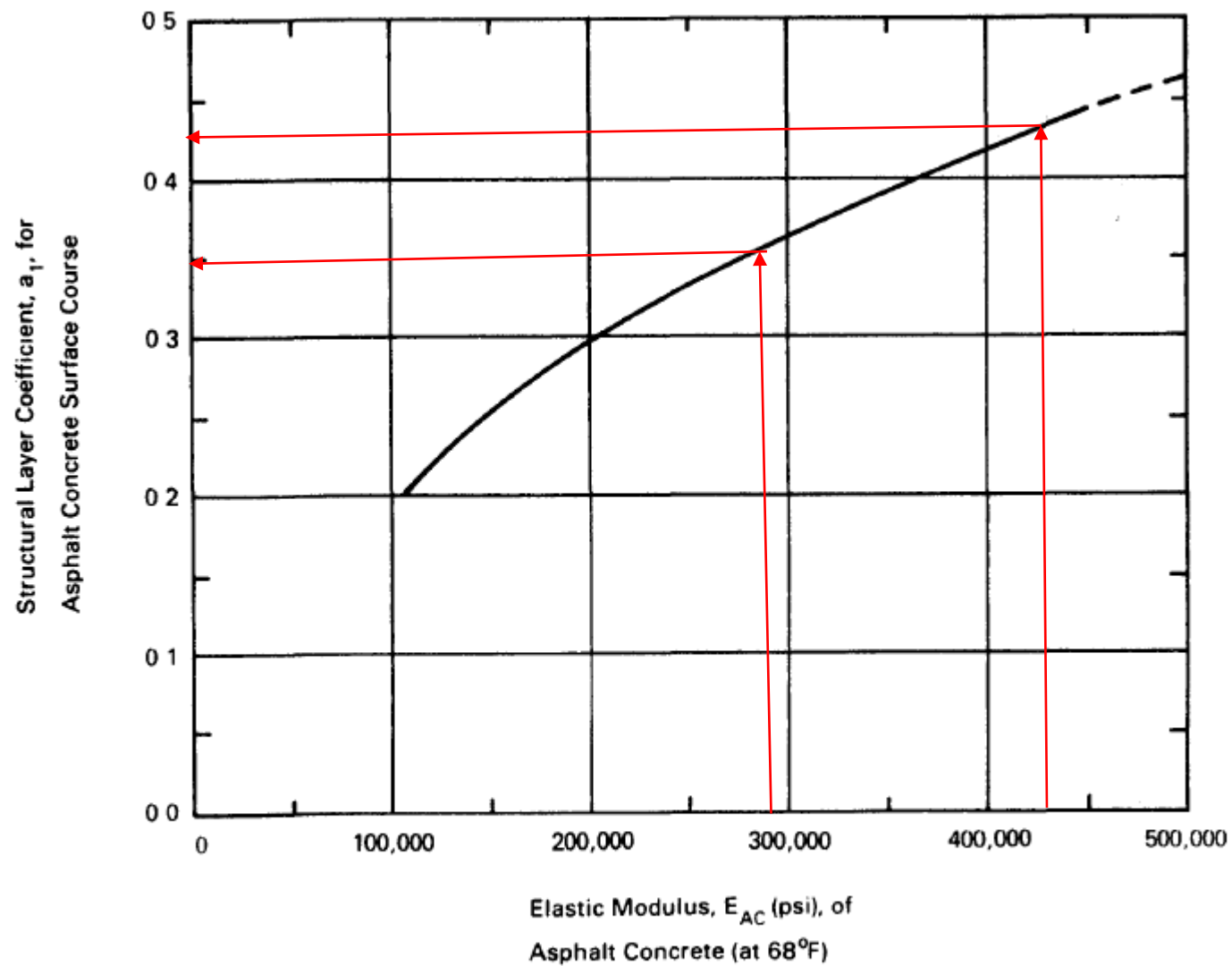


Figure 2.5. Chart for Estimating Structural Layer Coefficient of Dense-Graded Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (3)

Anexo 13 Análisis de Precios Unitarios (APU) Deflectometría y Geotecnia

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	1104001	SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: YANANGO-PUENTE HERRERIA			
Subpresupuesto	002	PAVIMENTO FELXIBLE - DEFLECTOMETRÍA			
Fecha	01/08/2020				
Lugar	120305	JUNIN - CHANCHAMAYO - SAN RAMON			
Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
MANO DE OBRA					
0101010002	CAPATAZ	hh	1,697.6096	8.84	15,006.87
0101010003	OPERARIO	hh	4,449.3860	7.68	34,171.28
0101010004	OFICIAL	hh	837.5830	6.29	5,268.40
0101010005	PEON	hh	11,294.4731	5.61	63,361.99
01010300000005	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	19.0712	8.92	170.12
					117,978.66
MATERIALES					
02010500010003	ASFALTO LIQUIDO MC-30	l	212,913.3000	2.80	596,157.24
0201050005	MEZCLA ASFALTICA	m3	7,035.3960	495.00	3,482,521.02
0203030002	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE (PLANTA A OBRA)	m3	17,644.0326	24.50	432,278.80
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	352.9140	12.50	4,411.43
0210010001	FIBRA DE VIDRIO DE 4 mm ACABADO	m2	20.5000	72.30	1,482.15
02180200010003	PERNO HEXAGONAL ROSCA CORRIENTE 5/16" X 6" CON TUERCA Y ARANDELA	igo	9.0000	4.20	37.80
0219040001	CONCRETO CICLOPEO	m3	1.2060	32.50	39.20
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal	2.7000	32.10	86.67
02400200010002	PINTURA ESMALTE BLANCO	und	6.5500	22.10	144.76
02400200010004	PINTURA ESMALTE NEGRO	gal	6.5500	23.20	151.96
0240060001	PINTURA PARA TRAFICO	gal	519.3600	38.81	20,156.36
0240060008	PINTURA TERMOPLASTICA	kq	1,298.4000	21.12	27,422.21
0240080012	THINNER	gal	3.2750	24.20	79.26
02400800150001	SOLVENTE XILOL	gal	43.2800	21.32	922.73
0240180005	MICROESFERAS DE VIDRIO DROP-ON	kg	476.0800	19.45	9,259.76
02671100040002	SEÑALES REGLAMENTARIAS 75 X 75 cm	und	9.0000	21.40	192.60
0267110010	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	igo	10.9000	1.40	15.26
0267110011	CORTE Y PEGADO DE LAMINA REFLECTIVA	m2	11.8000	7.23	85.31
					4,575,444.52
EQUIPOS					
0301000009	ESTACION TOTAL	dia	2.3836	48.00	114.41
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton	hm	277.7130	195.00	54,154.04
0301100005	RODILLO TANDEM	hm	555.4260	195.00	108,308.07
03011000060001	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 1.8 ton	hm	1,481.1360	152.19	225,414.09
0301120004	EQUIPO APLICADOR DE TERMOPLASTICO	hm	1,125.2800	32.00	36,008.96
03011400060003	COMPRESORA NEUMATICA 250 - 330 PCM - 87 HP	hm	333.2556	78.21	26,063.92
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	0.0000	179.01	0.00
03011600020001	MINI CARGADOR BOB CAT 953	hm	333.2556	87.43	29,136.54
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.5359	329.56	506.17
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1,481.9262	206.65	306,240.05
03012200030003	CAMIONETA PICK UP DOBLE CABINA 4 X 4	hm	19.3784	125.00	2,422.30
03012200040002	CAMION VOLQUETE DE 10 m3	hm	37.0284	247.11	9,150.09
03012200080002	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	333.2556	75.30	25,094.15
0301390009	PAVIMENTADORA DE ASFALTO VOGEL SUPER 1800-2 O SIMILAR	hm	555.4260	590.40	327,923.51
0301470001	HERRAMIENTAS MENORES PARA OBRA (CAMPO)	gib	35.4000	46.35	1,640.79
0301490001	HERRAMIENTAS MENORES PARA TOPOGRAFO	gib	23.6000	21.20	500.32
0301500002	RECICLADORA WIRTGEN WR240	hm	740.5680	700.59	518,834.54
0303010023	MONTAJE Y DESMONTAJE DE PLANTA DE ASFALTO	est	1.0000	94,068.02	94,068.02
0303010024	MONTAJE Y DESMONTAJE DE PLANTA CHANCADORA	est	1.0000	72,556.63	72,556.63
0303010025	MONTAJE Y DESMONTAJE DE PLANTA ZARANDA	est	1.0000	54,725.03	54,725.03
0303010026	EQUIPO TRANSPORTADO IDA Y VUELTA	und	1.0000	112,125.80	112,125.80
0303010027	EQUIPO AUTOTRANSPORTADO IDA Y VUELTA	und	1.0000	32,556.63	32,556.63
0304020001	VOLQUETE 12m3	hm	0.7902	202.34	159.89
					2,037,703.95
SUBCONTRATOS					
0411100007	SC FABRICACION DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE	m2	20.0000	43.00	860.00
0425030001	SC TACHA REFLECTIVA	und	532.0000	11.23	5,974.36
0428010001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	177,736.3200	22.98	4,084,380.63
					4,091,214.99
Total				S/.	10,822,342.12

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra **1104001** **SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: YANANGO-PUENTE HERRERIA**
 Subpresupuesto **001** **PAVIMENTO FLEXIBLE - GEOTÉCNIA**
 Fecha **01/08/2020**
 Lugar **120305** **JUNIN - CHANCHAMAYO - SAN RAMON**

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
MANO DE OBRA					
0101010002	CAPATAZ	hh	1,882.7516	8.84	16,643.52
0101010003	OPERARIO	hh	4,838.1842	7.68	37,157.25
0101010004	OFICIAL	hh	1,411.5232	6.29	8,878.48
0101010005	PEON	hh	12,831.1517	5.61	71,982.76
01010300000005	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	19.0712	8.92	170.12
					134,832.13
MATERIALES					
02010500010003	ASFALTO LIQUIDO MC-30	l	212,913.3000	2.80	596,157.24
0201050005	MEZCLA ASFALTICA	m3	7,035.3960	495.00	3,482,521.02
0203030002	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE (PLANTA A OBRA)	m3	17,644.0326	24.50	432,278.80
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	352.9140	12.50	4,411.43
0210010001	FIBRA DE VIDRIO DE 4 mm ACABADO	m2	20.5000	72.30	1,482.15
02180200010003	PERNO HEXAGONAL ROSCA CORRIENTE 5/16" X 6" CON TUERCA Y ARANDELA	jgo	9.0000	4.20	37.80
0219040001	CONCRETO CICLOPEO	m3	1.2060	32.50	39.20
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal	2.7000	32.10	86.67
02400200010002	PINTURA ESMALTE BLANCO	und	6.5500	22.10	144.76
02400200010004	PINTURA ESMALTE NEGRO	gal	6.5500	23.20	151.96
0240060001	PINTURA PARA TRAFICO	gal	519.3600	38.81	20,156.36
0240060008	PINTURA TERMOPLASTICA	kq	1,298.4000	21.12	27,422.21
0240080012	THINNER	gal	3.2750	24.20	79.26
02400800150001	SOLVENTE XILOL	gal	43.2800	21.32	922.73
0240180005	MICROESFERAS DE VIDRIO DROP-ON	kq	476.0800	19.45	9,259.76
02671100040002	SEÑALES REGLAMENTARIAS 75 X 75 cm	und	9.0000	21.40	192.60
0267110010	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	jgo	10.9000	1.40	15.26
0267110011	CORTE Y PEGADO DE LAMINA REFLECTIVA	m2	11.8000	7.23	85.31
					4,575,444.52
EQUIPOS					
0301000009	ESTACION TOTAL	día	2.3836	48.00	114.41
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton	hm	462.8550	195.00	90,256.73
0301100005	RODILLO TANDEM	hm	944.2242	195.00	184,123.72
03011000060001	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 1.8 ton	hm	1,481.1360	152.19	225,414.09
0301120004	EQUIPO APLICADOR DE TERMOPLASTICO	hm	1,125.2800	32.00	36,008.96
03011400060003	COMPRESORA NEUMATICA 250 - 330 PCM - 87 HP	hm	333.2556	78.21	26,063.92
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	0.0000	179.01	0.00
03011600020001	MINI CARGADOR BOB CAT 953	hm	333.2556	87.43	29,136.54
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.5359	329.56	506.17
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1,481.9262	206.65	306,240.05
03012200030003	CAMIONETA PICK UP DOBLE CABINA 4 X 4	hm	19.3784	125.00	2,422.30
03012200040002	CAMION VOLQUETE DE 10 m3	hm	37.0284	247.11	9,150.09
03012200080002	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	333.2556	75.30	25,094.15
0301390009	PAVIMENTADORA DE ASFALTO VOGEL SUPER 1800-2 O SIMILAR	hm	944.2242	590.40	557,469.97
0301470001	HERRAMIENTAS MENORES PARA OBRA (CAMPO)	glb	35.4000	46.35	1,640.79
0301490001	HERRAMIENTAS MENORES PARA TOPOGRAFO	glb	23.6000	21.20	500.32
0301500002	RECICLADORA WIRTGEN WR240	hm	740.5680	700.59	518,834.54
0303010023	MONTAJE Y DESMONTAJE DE PLANTA DE ASFALTO	est	1.0000	94,068.02	94,068.02
0303010024	MONTAJE Y DESMONTAJE DE PLANTA CHANCADORA	est	1.0000	72,556.63	72,556.63
0303010025	MONTAJE Y DESMONTAJE DE PLANTA ZARANDA	est	1.0000	54,725.03	54,725.03
0303010026	EQUIPO TRANSPORTADO IDA Y VUELTA	und	1.0000	112,125.80	112,125.80
0303010027	EQUIPO AUTOTRANSPORTADO IDA Y VUELTA	und	1.0000	32,556.63	32,556.63
0304020001	VOLQUETE 12m3	hm	0.7902	202.34	159.89
					2,379,168.75
SUBCONTRATOS					
0411100007	SC FABRICACION DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE	m2	20.0000	43.00	860.00
0425030001	SC TACHA REFLECTIVA	und	532.0000	11.23	5,974.36
0428010001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3	177,736.3200	22.98	4,084,380.63
					4,091,214.99
				Total	S/.
					11,180,660.39

Anexo 14 Precios y Cantidades de Recursos - Deflectometría y
Geotecnia

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1104001 SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: YANANGO-PUENTE HERRERIA**
 Subpresupuesto **002 PAVIMENTO FELXIBLE - DEFLECTOMETRÍA**

Fecha presupuesto **19/08/2020**

Partida **RECAPEO ASFÁLTICO e=4.0 cm**
 Rendimiento **m2/DIA** MO. **5,333.0000** EQ. **5,333.0000** Costo unitario directo por : m2 **23.93**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0015	8.84	0.01
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0030	7.68	0.02
0101010004	OFICIAL	hh	3.0000	0.0045	6.29	0.03
0101010005	PEON	hh	8.0000	0.0120	5.61	0.07
						0.13
Materiales						
0201050005	MEZCLA ASFALTICA	m3		0.0380	495.00	18.81
0203030002	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE (PLANTA A OBRA)	m3		0.0953	24.50	2.33
						21.14
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.13	0.01
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton	hm	1.0000	0.0015	195.00	0.29
0301100005	RODILLO TANDEM	hm	2.0000	0.0030	195.00	0.59
0301390009	PAVIMENTADORA DE ASFALTO VOGELE SUPER 1800-2 O SIMILAR	hm	2.0000	0.0030	590.40	1.77
						2.66

Partida **01.01 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS**

Rendimiento **glb/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : glb **366,032.11**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Equipos						
0303010023	MONTAJE Y DESMONTAJE DE PLANTA DE ASFALTO	est		1.0000	94,068.02	94,068.02
0303010024	MONTAJE Y DESMONTAJE DE PLANTA CHANCADORA	est		1.0000	72,556.63	72,556.63
0303010025	MONTAJE Y DESMONTAJE DE PLANTA ZARANDA	est		1.0000	54,725.03	54,725.03
0303010026	EQUIPO TRANSPORTADO IDA Y VUELTA	und		1.0000	112,125.80	112,125.80
0303010027	EQUIPO AUTOTRANSPORTADO IDA Y VUELTA	und		1.0000	32,556.63	32,556.63
						366,032.11

Partida **01.02 TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN**

Rendimiento **km/DIA** MO. **19.8000** EQ. **19.8000** Costo unitario directo por : km **134.64**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.8081	5.61	4.53
01010300000005	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	2.0000	0.8081	8.92	7.21
						11.74
Equipos						
0301000009	ESTACION TOTAL	día	2.0000	0.1010	48.00	4.85
03012200030003	CAMIONETA PICK UP DOBLE CABINA 4 X 4	hm	1.0000	0.4040	125.00	50.50
0301470001	HERRAMIENTAS MENORES PARA OBRA (CAMPO)	glb		1.0000	46.35	46.35
0301490001	HERRAMIENTAS MENORES PARA TOPOGRAFO	glb		1.0000	21.20	21.20
						122.90

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1104001 SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: YANANGO-PUENTE HERRERIA
 Subpresupuesto 002 PAVIMENTO FELXIBLE - DEFLECTOMETRÍA

Fecha presupuesto 19/08/2020

Partida 02.01 RECICLADO e=20cm ESTABILIZADO C/EMULSIÓN (2.8% del asfalto residual)

Rendimiento m2/DIA MO. 2,000.0000 EQ. 2,000.0000 Costo unitario directo por : m2 28.12

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0040	8.84	0.04
0101010003	OPERARIO	hh	5.0000	0.0200	7.68	0.15
0101010005	PEON	hh	8.0000	0.0320	5.61	0.18
						0.37
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.37	0.02
03011000060001	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 1.8 ton	hm	2.0000	0.0080	152.19	1.22
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	2.0000	0.0080	206.65	1.65
0301500002	RECICLADORA WIRTGEN WR240	hm	1.0000	0.0040	700.59	2.80
						5.69
Subcontratos						
0428010001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.9600	22.98	22.06
						22.06

Partida 02.02 IMPRIMACION ASFALTICA MC-30

Rendimiento m2/DIA MO. 4,444.0000 EQ. 4,444.0000 Costo unitario directo por : m2 3.80

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0018	8.84	0.02
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0108	5.61	0.06
						0.08
Materiales						
02010500010003	ASFALTO LIQUIDO MC-30	l		1.1500	2.80	3.22
						3.22
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.08	
03011400060003	COMPRESORA NEUMATICA 250 - 330 PCM - 87 HP	hm	1.0000	0.0018	78.21	0.14
03011600020001	MINI CARGADOR BOB CAT 953	hm	1.0000	0.0018	87.43	0.16
03012200080002	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	1.0000	0.0018	75.30	0.14
						0.44
Subpartidas						
010305010107	TRANSPORTE DE ARENA DE IMPRIMACIÓN	m3		0.0050	11.70	0.06
						0.06

Partida 03.01 REPOSICIÓN DE SEÑAL PREVENTIVA Y REGLAMENTARIA

Rendimiento und/DIA MO. 4.0000 EQ. 4.0000 Costo unitario directo por : und 262.80

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	2.0000	8.84	17.68
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	7.68	15.36
0101010005	PEON	hh	6.0000	12.0000	5.61	67.32
						100.36
Materiales						
0210010001	FIBRA DE VIDRIO DE 4 mm ACABADO	m2		0.5000	72.30	36.15
02180200010003	PERNO HEXAGONAL ROSCA CORRIENTE 5/16" X 6" CON TUERCA Y ARANDELA	jgo		1.0000	4.20	4.20
0219040001	CONCRETO CICLOPEO	m3		0.1340	32.50	4.36
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal		0.3000	32.10	9.63
02671100040002	SEÑALES REGLAMENTARIAS 75 X 75 cm	und		1.0000	21.40	21.40
0267110010	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	jgo		0.7000	1.40	0.98
0267110011	CORTE Y PEGADO DE LAMINA REFLECTIVA	m2		0.2000	7.23	1.45
						78.17
Equipos						
03012200030003	CAMIONETA PICK UP DOBLE CABINA 4 X 4	hm	0.3000	0.6000	125.00	75.00
0301470001	HERRAMIENTAS MENORES PARA OBRA (CAMPO)	glb		0.2000	46.35	9.27
						84.27

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1104001 SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: YANANGO-PUENTE HERRERIA
 Subpresupuesto 002 PAVIMENTO FELXIBLE - DEFLECTOMETRÍA

Fecha presupuesto 19/08/2020

Partida 03.02 REPOSICIÓN DE SEÑAL IMFORMATIVA

Rendimiento und/DIA MO. 18.0000 EQ. 18.0000 Costo unitario directo por : und 333.14

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.4444	8.84	3.93
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.4444	6.29	2.80
0101010005	PEON	hh	6.0000	2.6667	5.61	14.96
						21.69
Materiales						
0210010001	FIBRA DE VIDRIO DE 4 mm ACABADO	m2		1.6000	72.30	115.68
0267110010	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	jgo		0.4600	1.40	0.64
0267110011	CORTE Y PEGADO DE LAMINA REFLECTIVA	m2		1.0000	7.23	7.23
						123.55
Equipos						
03012200030003	CAMIONETA PICK UP DOBLE CABINA 4 X 4	hm	1.0000	0.4444	125.00	55.55
0301470001	HERRAMIENTAS MENORES PARA OBRA (CAMPO)	glb		1.0000	46.35	46.35
						101.90
Subcontratos						
0411100007	SC FABRICACION DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE	m2		2.0000	43.00	86.00
						86.00

Partida 03.03 REPOSICIÓN DE POSTES DELINEADORES

Rendimiento und/DIA MO. 7.0000 EQ. 7.0000 Costo unitario directo por : und 59.48

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	1.1429	8.84	10.10
0101010005	PEON	hh	2.0000	2.2857	5.61	12.82
						22.92
Materiales						
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		2.6940	12.50	33.68
02400200010002	PINTURA ESMALTE BLANCO	und		0.0500	22.10	1.11
02400200010004	PINTURA ESMALTE NEGRO	gal		0.0500	23.20	1.16
0240080012	THINNER	gal		0.0250	24.20	0.61
						36.56

Partida 03.04 CONSERVACIÓN DE MARCAS EN EL PAVIMENTO

Rendimiento m2/DIA MO. 200.0000 EQ. 200.0000 Costo unitario directo por : m2 23.28

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0400	8.84	0.35
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	7.68	0.31
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.1600	5.61	0.90
						1.56
Materiales						
0240060001	PINTURA PARA TRAFICO	gal		0.1200	38.81	4.66
0240060008	PINTURA TERMOPLASTICA	kg		0.3000	21.12	6.34
02400800150001	SOLVENTE XILOL	gal		0.0100	21.32	0.21
0240180005	MICROESFERAS DE VIDRIO DROP-ON	kg		0.1100	19.45	2.14
						13.35
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.56	0.05
0301120004	EQUIPO APLICADOR DE TERMOPLASTICO	hm	6.5000	0.2600	32.00	8.32
						8.37

Partida 03.05 REPOSICIÓN DE TACHAS REFLECTIVAS

Rendimiento und/DIA MO. 336.0000 EQ. 336.0000 Costo unitario directo por : und 11.23

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Subcontratos						
0425030001	SC TACHA REFLECTIVA	und		1.0000	11.23	11.23
						11.23

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1104001 SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: YANANGO-PUENTE HERRERIA
 Subpresupuesto 002 PAVIMENTO FELXIBLE - DEFLECTOMETRÍA

Fecha presupuesto 19/08/2020

Partida 04.01 ELIMINACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES

Rendimiento m3/DIA MO. 1,132.0000 EQ. 1,132.0000 Costo unitario directo por : m3 5.40

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0071	8.84	0.06
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0141	5.61	0.08
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.14	0.01
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0071	329.56	2.34
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1.0000	0.0071	206.65	1.47
0304020001	VOLQUETE 12m3	hm	1.0000	0.0071	202.34	1.44
5.26						

Partida 04.02 ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EXCEDENTE en DME

Rendimiento m3/DIA MO. 1,200.0000 EQ. 1,200.0000 Costo unitario directo por : m3 2.28

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0133	5.61	0.07
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.07	
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0067	329.56	2.21
2.21						

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1104001 SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: YANANGO-PUENTE HERRERIA

Subpresupuesto 001 PAVIMENTO FLEXIBLE - GEOTÉCNIA

Fecha presupuesto

19/08/2020

Partida RECAPEO ASFÁLTICO e=6.0 cm

Rendimiento m2/DIA MO. 3,158.0000 EQ. 3,158.0000

Costo unitario directo por : m2

25.86

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0025	8.84	0.02
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0051	7.68	0.04
0101010004	OFICIAL	hh	3.0000	0.0076	6.29	0.05
0101010005	PEON	hh	8.0000	0.0203	5.61	0.11
						0.22
Materiales						
0201050005	MEZCLA ASFALTICA	m3		0.0380	495.00	18.81
0203030002	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE (PLANTA A OBRA)	m3		0.0953	24.50	2.33
						21.14
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.22	0.01
03011000040001	RODILLO NEUMATICO AUTOPREPULSADO 5.5 - 20 ton	hm	1.0000	0.0025	195.00	0.49
0301100005	RODILLO TANDEM	hm	2.0000	0.0051	195.00	0.99
0301390009	PAVIMENTADORA DE ASFALTO VOGEL SUPER 1800-2 O SIMILAR	hm	2.0000	0.0051	590.40	3.01
						4.50

Partida 01.01 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS

Rendimiento glb/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : glb

366,032.11

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Equipos						
0303010023	MONTAJE Y DESMONTAJE DE PLANTA DE ASFALTO	est		1.0000	94,068.02	94,068.02
0303010024	MONTAJE Y DESMONTAJE DE PLANTA CHANCADORA	est		1.0000	72,556.63	72,556.63
0303010025	MONTAJE Y DESMONTAJE DE PLANTA ZARANDA	est		1.0000	54,725.03	54,725.03
0303010026	EQUIPO TRANSPORTADO IDA Y VUELTA	und		1.0000	112,125.80	112,125.80
0303010027	EQUIPO AUTOTRANSPORTADO IDA Y VUELTA	und		1.0000	32,556.63	32,556.63
						366,032.11

Partida 01.02 TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN

Rendimiento km/DIA MO. 19.8000 EQ. 19.8000 Costo unitario directo por : km

134.64

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.8081	5.61	4.53
01010300000005	OPERARIO TOPOGRAFO	hh	2.0000	0.8081	8.92	7.21
						11.74
Equipos						
0301000009	ESTACION TOTAL	día	2.0000	0.1010	48.00	4.85
03012200030003	CAMIONETA PICK UP DOBLE CABINA 4 X 4	hm	1.0000	0.4040	125.00	50.50
0301470001	HERRAMIENTAS MENORES PARA OBRA (CAMPO)	glb		1.0000	46.35	46.35
0301490001	HERRAMIENTAS MENORES PARA TOPOGRAFO	glb		1.0000	21.20	21.20
						122.90

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1104001 SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: YANANGO-PUENTE HERRERIA

Subpresupuesto 001 PAVIMENTO FLEXIBLE - GEOTÉCNIA

Fecha presupuesto 19/08/2020

Partida 02.01 RECICLADO e=20cm ESTABILIZADO C/EMULSIÓN (2.8% del asfalto residual)

Rendimiento m2/DIA MO. 2,000.0000 EQ. 2,000.0000 Costo unitario directo por : m2 28.12

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0040	8.84	0.04
0101010003	OPERARIO	hh	5.0000	0.0200	7.68	0.15
0101010005	PEON	hh	8.0000	0.0320	5.61	0.18
						0.37
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.37	0.02
03011000060001	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 1.8 ton	hm	2.0000	0.0080	152.19	1.22
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	2.0000	0.0080	206.65	1.65
0301500002	RECICLADORA WIRTGEN WR240	hm	1.0000	0.0040	700.59	2.80
						5.69
Subcontratos						
0428010001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.9600	22.98	22.06
						22.06

Partida 02.02 IMPRIMACION ASFALTICA MC-30

Rendimiento m2/DIA MO. 4,444.0000 EQ. 4,444.0000 Costo unitario directo por : m2 3.80

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0018	8.84	0.02
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0108	5.61	0.06
						0.08
Materiales						
02010500010003	ASFALTO LIQUIDO MC-30	l		1.1500	2.80	3.22
						3.22
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.08	
03011400060003	COMPRESORA NEUMATICA 250 - 330 PCM - 87 HP	hm	1.0000	0.0018	78.21	0.14
03011600020001	MINI CARGADOR BOB CAT 953	hm	1.0000	0.0018	87.43	0.16
03012200080002	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	1.0000	0.0018	75.30	0.14
						0.44
Subpartidas						
010305010107	TRANSPORTE DE ARENA DE IMPRIMACIÓN	m3		0.0050	11.70	0.06
						0.06

Partida 03.01 REPOSICIÓN DE SEÑAL PREVENTIVA Y REGLAMENTARIA

Rendimiento und/DIA MO. 4.0000 EQ. 4.0000 Costo unitario directo por : und 262.80

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	2.0000	8.84	17.68
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	7.68	15.36
0101010005	PEON	hh	6.0000	12.0000	5.61	67.32
						100.36
Materiales						
0210010001	FIBRA DE VIDRIO DE 4 mm ACABADO	m2		0.5000	72.30	36.15
02180200010003	PERNO HEXAGONAL ROSCA CORRIENTE 5/16" X 6" CON TUERCA Y ARANDELA	jgo		1.0000	4.20	4.20
0219040001	CONCRETO CICLOPEO	m3		0.1340	32.50	4.36
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal		0.3000	32.10	9.63
02671100040002	SEÑALES REGLAMENTARIAS 75 X 75 cm	und		1.0000	21.40	21.40
0267110010	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	jgo		0.7000	1.40	0.98
0267110011	CORTE Y PEGADO DE LAMINA REFLECTIVA	m2		0.2000	7.23	1.45
						78.17
Equipos						
03012200030003	CAMIONETA PICK UP DOBLE CABINA 4 X 4	hm	0.3000	0.6000	125.00	75.00
0301470001	HERRAMIENTAS MENORES PARA OBRA (CAMPO)	glb		0.2000	46.35	9.27
						84.27

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1104001 SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: YANANGO-PUENTE HERRERIA
 Subpresupuesto 001 PAVIMENTO FLEXIBLE - GEOTÉCNIA

Fecha presupuesto 19/08/2020

Partida 03.02 REPOSICIÓN DE SEÑAL IMFORMATIVA

Rendimiento und/DIA MO. 18.0000 EQ. 18.0000 Costo unitario directo por : und 333.14

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.4444	8.84	3.93
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.4444	6.29	2.80
0101010005	PEON	hh	6.0000	2.6667	5.61	14.96
						21.69
Materiales						
0210010001	FIBRA DE VIDRIO DE 4 mm ACABADO	m2		1.6000	72.30	115.68
0267110010	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	jgo		0.4600	1.40	0.64
0267110011	CORTE Y PEGADO DE LAMINA REFLECTIVA	m2		1.0000	7.23	7.23
						123.55
Equipos						
03012200030003	CAMIONETA PICK UP DOBLE CABINA 4 X 4	hm	1.0000	0.4444	125.00	55.55
0301470001	HERRAMIENTAS MENORES PARA OBRA (CAMPO)	glb		1.0000	46.35	46.35
						101.90
Subcontratos						
0411100007	SC FABRICACION DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE	m2		2.0000	43.00	86.00
						86.00

Partida 03.03 REPOSICIÓN DE POSTES DELINEADORES

Rendimiento und/DIA MO. 7.0000 EQ. 7.0000 Costo unitario directo por : und 59.48

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	1.1429	8.84	10.10
0101010005	PEON	hh	2.0000	2.2857	5.61	12.82
						22.92
Materiales						
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		2.6940	12.50	33.68
02400200010002	PINTURA ESMALTE BLANCO	und		0.0500	22.10	1.11
02400200010004	PINTURA ESMALTE NEGRO	gal		0.0500	23.20	1.16
0240080012	THINNER	gal		0.0250	24.20	0.61
						36.56

Partida 03.04 CONSERVACIÓN DE MARCAS EN EL PAVIMENTO

Rendimiento m2/DIA MO. 200.0000 EQ. 200.0000 Costo unitario directo por : m2 23.28

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0400	8.84	0.35
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	7.68	0.31
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.1600	5.61	0.90
						1.56
Materiales						
0240060001	PINTURA PARA TRAFICO	gal		0.1200	38.81	4.66
0240060008	PINTURA TERMOPLASTICA	kg		0.3000	21.12	6.34
02400800150001	SOLVENTE XILOL	gal		0.0100	21.32	0.21
0240180005	MICROESFERAS DE VIDRIO DROP-ON	kg		0.1100	19.45	2.14
						13.35
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.56	0.05
0301120004	EQUIPO APLICADOR DE TERMOPLASTICO	hm	6.5000	0.2600	32.00	8.32
						8.37

Partida 03.05 REPOSICIÓN DE TACHAS REFLECTIVAS

Rendimiento und/DIA MO. 336.0000 EQ. 336.0000 Costo unitario directo por : und 11.23

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Subcontratos						
0425030001	SC TACHA REFLECTIVA	und		1.0000	11.23	11.23
						11.23

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1104001 SERVICIO DE RECICLADO DE LA CARRETERA: YANANGO-PUENTE HERRERIA
 Subpresupuesto 001 PAVIMENTO FLEXIBLE - GEOTÉCNIA

Fecha presupuesto 19/08/2020

Partida 04.01 ELIMINACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES

Rendimiento m3/DIA MO. 1,132.0000 EQ. 1,132.0000 Costo unitario directo por : m3 5.40

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0071	8.84	0.06
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0141	5.61	0.08
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.14	0.01
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0071	329.56	2.34
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1.0000	0.0071	206.65	1.47
0304020001	VOLQUETE 12m3	hm	1.0000	0.0071	202.34	1.44
5.26						

Partida 04.02 ACONDICIONAMIENTO DE MATERIAL EXCEDENTE en DME

Rendimiento m3/DIA MO. 1,200.0000 EQ. 1,200.0000 Costo unitario directo por : m3 2.28

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0133	5.61	0.07
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.07	
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0067	329.56	2.21
2.21						