

“Año de la Universalización de la Salud”

UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**UNIVERSIDAD PERUANA
DEL CENTRO**



TESIS:

**“DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO TRATAMIENTO
SUPERFICIAL BICAPA, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA
TRANSITABILIDAD DE LA TROCHA CARROZABLE DEL
TRAMO DE PAUCARBAMBA - CENTRO POBLADO DE
HUANCHOS, CHURCAMPÁ, HUANCÁVELICA”**

Para obtener el título profesional de
INGENIERO CIVIL

Presentado por el bachiller:
ESPINOZA BARRIENTOS, MICHAEL

ASESOR:

Dr. JOSÉ LUIS LEÓN UNTIVEROS
Ing. RAÚL CURASMA RAMOS

HUANCAYO - PERÚ

2020

Dictamen de declaración de expedito



UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO
(EX UMBRA IN SOLEM)
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

RESOLUCIÓN DECANAL N° 0038-2020/FI-UPeCEN

Huancayo, 26 de agosto de 2020

EL DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

VISTO:

El Expediente presentado por el alumno **ESPINOZA BARRIENTOS MICHAEL**, identificado con DNI 80063099 y Código de alumno 2012000447, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana del Centro - UPeCEN, quien solicita optar el Título de Licenciado en Ingeniería Civil en la modalidad de Sustentación de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana del Centro – UPeCEN como institución de formación profesional, goza de autonomía universitaria, la cual se ejerce de conformidad con lo establecido en la Constitución Política del Perú, la Ley N° 30220 – Ley Universitaria y demás normativa aplicable; en este contexto y según lo dispuesto por el artículo 8° de la Ley N° 30220 – Ley Universitaria, la autonomía universitaria implica la potestad auto-determinativa, en los regímenes normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico;

Que la comisión revisora designada ha emitido un dictamen favorable respecto de la Tesis titulada **DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD DE LA TROCHA CARROZABLE DEL TRAMO DE PAUCARBAMBA - CENTRO POBLADO DE HUANCHOS, CHURCAMPÁ, HUANCÁVELICA**, presentada por el Bachiller **ESPINOZA BARRIENTOS MICHAEL**;

Que de conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Peruana del Centro – UPeCEN, aprobado mediante Resolución Rectoral N° 008-2020/R-UPeCEN, se aprecia que el expediente del visto se encuentra Expedido para la sustentación, siendo que ello deberá observarse estrictamente lo previsto por la Resolución Rectoral N° 071-2020/R-UPeCEN, la cual aprueba de forma temporal y excepcional las sustentaciones de tesis de manera no presencial o virtual; así como por lo previsto por la Resolución Rectoral N° 095-2020/R-UPeCEN, mediante la cual se aprueba el Protocolo para la Sustentación Virtual Temporal y Excepcional para la obtención de Grados y Títulos;

SE RESUELVE:

PRIMERO. - AUTORIZAR la sustentación de manera no presencial o virtual de la Tesis del Bachiller **ESPINOZA BARRIENTOS MICHAEL**, identificado con DNI 80063099 y Código de alumno 2012000447, para optar el Título de Ingeniero Civil, acto que se realizará en el día y hora siguientes:

HORA	:	09:15 p.m.
FECHA	:	sábado, 29 de agosto de 2020
MODALIDAD	:	Virtual – Plataforma Classroom (Código de aula uu3zoey)

SEGUNDO. - DESIGNAR a los miembros integrantes del Jurado Evaluador de la Sustentación

Presidente	:	Dr. José Luis León Untiveros
Secretario	:	Ing. Melquiades Elmer Hinostrza Bartolo
Vocal	:	Ing. Raúl Curasma Ramos

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE

Cc.: Miembro del Jurado Evaluador
Sustentante
Oficina de Grados y Títulos

Dr. José Luis León Untiveros
Presidente del Jurado Evaluador
José Luis León Untiveros
DNI: 20071012

Acta de sustentación del jurado examinador



UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO
(EX UMBRA IN SOLEM)
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Huancayo, siendo las 09:15 pm del día sábado 29 de agosto de 2020, en el Aula Virtual **uu3zoey** de la plataforma Classroom (Google Meet), dominio de la Universidad Peruana del Centro – UPeCEN, estando presentes y conectados los Miembros del Jurado Evaluador conformado por:

Presidente	: Dr. José Luis León Untiveros
Secretario	: Ing. Melquiades Elmer Hinostroza Bartolo
Vocal	: Ing. Raúl Curasma Ramos

Con la lectura de la RESOLUCIÓN N°0038 -2020/FI-UPeCEN de fecha 26 de agosto de 2020, leída por el Secretario Docente, se procedió a la sustentación de la Tesis titulada **DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD DE LA TROCHA CARROZABLE DEL TRAMO DE PAUCARBAMBA - CENTRO POBLADO DE HUANCHOS, CHURCAMP, HUANCVELICA**, presentada por el bachiller **ESPINOZA BARRIENTOS MICHAEL**, identificado con DNI 80063099 y Código de alumno 2012000447.

Concluida la Sustentación y luego de la correspondiente deliberación del Jurado Evaluador, se llegó al siguiente resultado

APROBADO POR MAYORÍA

Siendo las 10:30 p.m. horas se dio por concluido el Acto de Sustentación Virtual, haciendo conocer el resultado obtenido al interesado, procediéndose conforme lo dispuesto por el Reglamento de Grados y Títulos, así como lo previsto por el Protocolo para la Sustentación Virtual Temporal y Excepcional para la obtención de Grados y Títulos, remitiéndose la documentación en la forma prevista a las áreas correspondientes según protocolo.

DOCUMENTO FIRMADO DIGITALMENTE

PRESIDENTE
DR. JOSÉ LUIS LEÓN UNTIVEROS

SECRETARIO
ING. MELQUIADES E. HINOSTROZA BARTOLO

VOCAL
ING. RAUL CURASMA RAMOS

Dedicatoria

A mi familia por su apoyo incondicional en todo momento y en especial a mi padre, por haberme orientado y apoyado para lograr mis objetivos y formarme como profesional.

Michael.

Agradecimiento

A DIOS:

A Dios por darme la vida, su protección y gracia infinita para lograr mis objetivos.

A LA UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO:

Por darnos la oportunidad de estudiar y formarnos como profesionales al servicio de la sociedad.

A MIS DOCENTES UNIVERSITARIOS:

Por compartir sus conocimientos, sus experiencias y orientarnos en nuestra formación profesional.

A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO:

Por haber compartido gratamente los 05 años de estudios en las aulas de la universidad.

A MIS AMIGOS DE LA UNIVERSIDAD:

Por compartir nuestros conocimientos, alegrías, tristezas y apoyarnos en todo momento, para lograr nuestros objetivos.

Índice General

Dictamen de declaración de expedito.....	iii
Acta de sustentación del jurado examinador.....	iv
Certificado de la comisión de ética.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice General.....	viii
Lista de tablas.....	x
Lista de figuras.....	xii
Lista de fotografías.....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Situación problemática.....	18
1.2. Formulación del problema.....	21
1.2.1. Problema general.....	21
1.2.2. Problemas específicos.....	21
1.3. Justificación teórica.....	22
1.4. Justificación práctica.....	22
1.5. Objetivos.....	23
1.5.1. Objetivo general.....	23
1.5.2. Objetivos específicos.....	23
1.6. Hipótesis.....	24
1.6.1. Hipótesis general.....	24
1.6.2. Hipótesis específicas.....	24
CAPÍTULO 2:.....	25
MARCO TEÓRICO.....	25
2.1. Marco filosófico o epistemológico de la investigación.....	25
2.2. Antecedentes de investigación.....	27

2.2.1.	Antecedentes internacionales	27
2.2.2.	Antecedentes nacionales	30
2.2.3.	Antecedentes locales	33
2.3.	Bases teóricas	35
2.3.1.	Pavimento flexible con tratamiento superficial bicapa	35
2.3.2.	Transitabilidad.....	60
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA		65
3.1.	<i>Tipo, nivel de investigación y diseño</i>	65
3.2.	Población de estudio.....	66
3.3.	Tamaño de muestra	66
3.4.	Desarrollo de tema y/o técnica de recolección de datos.....	66
CAPÍTULO 4.....		67
DESARROLLO DEL TEMA		67
4.1.1.	Estudio topográfico	71
4.1.2.	Estudio de tráfico vial	74
4.1.3.	Estudio de mecánica de suelos	95
4.1.4.	Cálculo de diseño de pavimento flexible – tratamiento superficial bicapa	107
CAPÍTULO 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN		116
5.1	ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	116
5.1.1	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	116
5.1.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	120
5.3	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	126
CONCLUSIONES		129
RECOMENDACIONES		131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		132
ANEXOS.....		136

Lista de tablas

<i>Tabla 1 Características de los tratamientos superficiales bicapa.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 2 Configuración de ejes</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 3 Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 4 Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 5 Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 6 Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal (Zr)</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 7 Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi), según Rango de Tráfico</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 8 Índice de Serviciabilidad Final (Pt), según Rango de Tráfico</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 9 Diferencial de Serviciabilidad (ΔPSI), según rango de tráfico</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 10 Coeficientes estructurales de las capas del pavimento ai.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 11 Calidad del drenaje.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 12 Valores recomendados del coeficiente de drenaje m_i para bases y sub bases granulares no tratadas en pavimentos flexibles.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 13 Valores recomendados de espesores mínimos de capa superficial y base granular.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 14 Resumen del promedio de conteo del día lunes 02 de setiembre del 2019.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 15 Resumen del promedio de conteo del día Martes 03 de setiembre del 2019.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 16 Resumen del promedio de conteo del día Miércoles 04 de setiembre del 2019</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 17 Resumen del promedio de conteo del día Jueves 05 de setiembre del 2019.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 18 Resumen del promedio de conteo del día Viernes 06 de setiembre del 2019.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 19 Resumen del promedio de conteo del día Sábado 07 de setiembre del 2019</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 20 Resumen del promedio de conteo del día Domingo 08 de setiembre del 2019</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 21 Índice Medio Diario Semanal (IMDS)</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 22 Cuadro de cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA).....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 23 Índice Medio Diario Anual (IMDA) – clasificado por tipo de vehículos</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 24 Índice Nacional del Flujo Vehicular - Diciembre 2019.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 25 Factores de distribución de direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 26 Cuadro de cálculo de Factores de equivalencia de carga por eje y factor vehículo</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 27 Factor de ajuste por presión de neumático (Fp) para Eje Equivalentes (EE)</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 28 Cuadro de cálculo de Factor de Presión de Neumático (Fp)</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 29 Cálculo de los Ejes Equivalentes (ESALs) consolidado por todo tipo de vehículos</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 30 Número de calicatas para la exploración de suelos.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 31 Reporte de ensayo de laboratorio – Análisis Granulométrico.....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 32 Reporte de ensayo de laboratorio – Límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, fracciones granulométricas, contenido de humedad, clasificación de SUCS, clasificación AASHTO... 103</i>	

<i>Tabla 33 Reporte de Ensayo de Laboratorio – Ensayo de Proctor Modificado (N.T.P. 339.175) Método de Ensayo Tipo “C”</i>	104
<i>Tabla 34 Reporte de Ensayo de Laboratorio – Método de Ensayo Normalizado In Situ para CBR (California Bearing Ratio – Relación Valor Soporte de Suelos) N.T.P. 339.175</i>	105
<i>Tabla 35 Cálculo de C.B.R. de Diseño - Método del Instituto de Asfalto</i>	106
<i>Tabla 36 C.B.R. seleccionada</i>	106
<i>Tabla 37 Resultado de Espesores de Capas Propuesto – alternativa 01</i>	114
<i>Tabla 38 Resultado de Espesores de Capas Propuesto – alternativa 02</i>	115
<i>Tabla 39 Resultado de Espesores de Capas Propuesto – alternativa 03</i>	115

Lista de figuras

<i>Figura 1. Gráfico de Carreteras pavimentadas y no pavimentadas de la Red vial departamental a nivel nacional.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2. Gráfico de carreteras pavimentadas y no pavimentadas de la red vial departamental Huancavelica.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3. Distrito de Paucarbamba, provincia de Churcampa, departamento de Huancavelica.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 4. Estructura de los pavimentos flexibles.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 5. Clasificación de tratamientos superficiales.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 6. Estructura del tratamiento superficial bicapa.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 7. Catálogo de estructuras con tratamiento superficial bicapa.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 8. Modelo del cuarto de carro, representación de las masas suspendida y no suspendida.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 9. Mapa de la región Huancavelica a la izquierda y mapa de la Provincia de Churcampa a la derecha.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 10. Gráfico del tránsito vehicular promedio semanal.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 11. Gráfico del Índice Medio Diario Anual – IMDA.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 12. Diagrama Comparativo del C.B.R. Método AASHTO VS C.B.R del Instituto de Asfalto.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 13. Cálculo de número estructural mediante software.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 14. Cálculo de Número Estructural mediante Abaco de diseño AASHTO.....</i>	<i>112</i>

Lista de fotografías

<i>Fotografía 1. Vista Panorámica de la Trocha carrozable Paucarbamba – C.P. Huanchos (9.239 Km.)..</i>	70
<i>Fotografía 2. Levantamiento topográfico</i>	71
<i>Fotografía 3. Levantamiento topográfico.</i>	72
<i>Fotografía 4. Levantamiento topográfico.</i>	72
<i>Fotografía 5. Levantamiento topográfico.</i>	73
<i>Fotografía 6. Levantamiento topográfico.</i>	73
<i>Fotografía 7. Conteo Estación 01 (E-1).....</i>	76
<i>Fotografía 8. Conteo Estación 02 (E-2).....</i>	77
<i>Fotografía 9. Conteo Estación 03 (E-3).....</i>	77
<i>Fotografía 10. Calicata C-1, progresiva: 000+030, Profundidad: 1.50 m.....</i>	96
<i>Fotografía 11. Calicata C-2, Progresiva: 001+000, Profundidad: 1.50 m.</i>	96
<i>Fotografía 12. Calicata C-3, progresiva: 002+000, profundidad: 1.50 m.</i>	97
<i>Fotografía 13. Calicata C-4, Progresiva: 003+000, profundidad: 1.50 m.....</i>	97
<i>Fotografía 14. Calicata C-5, Progresiva: 004+000, Profundidad: 1.50 m.</i>	98
<i>Fotografía 15. Calicata C-6, Progresiva: 005+000, Profundidad: 1.50 m.</i>	98
<i>Fotografía 16. Calicata C-7, Progresiva: 006+000, Profundidad: 1.50 m.</i>	99
<i>Fotografía 17. Calicata C-8, Progresiva: 007+000, Profundidad: 1.50 m.</i>	99
<i>Fotografía 18. Calicata C-9, Progresiva: 008+000, Profundidad: 1.50 m.</i>	100
<i>Fotografía 19. Calicata C-10, Progresiva: 009+000, Profundidad: 1.50 m.</i>	100
<i>Fotografía 20. Fotografía de la situación de la carretera (Km. 1+297 - Km. 1+476).....</i>	118
<i>Fotografía 21. Fotografía de la situación de la carretera (Km. 2+416)</i>	118
<i>Fotografía 22 Fotografía de la situación de la carretera (Km. 3+116).....</i>	119
<i>Fotografía 23. Fotografía de la situación de la carretera (Km. 4+435)</i>	119

Resumen

Para el desarrollo de la presente tesis, titulada “Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica”, se planteó la siguiente interrogante ¿Cómo realizar el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica?, en base a esta, el autor propuso el objetivo de elaborar el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable en estudio. Así mismo, la hipótesis general, formulada en base a la revisión de la literatura, indicó que esperó que el diseño de pavimento flexible con el tratamiento superficial bicapa, mejore la transitabilidad de la trocha carrozable previamente referida. Por otro lado, cabe precisar que, dado el objetivo previamente descrito, se ha visto conveniente la utilización de una metodología de tipo aplicada, correspondiente al nivel descriptivo, bajo un diseño no experimental de corte transversal comparativo.

Los resultados demuestran que los estudios topográficos, el estudio de tráfico vehicular, el estudio de mecánica de suelos y el CBR de diseño adecuado considerando el uso de los coeficientes estructurales señalados en el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14 son los adecuados para determinar los espesores de la estructura del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa.

Palabras clave: pavimento flexible, tratamiento superficial bicapa, transitabilidad, mejoramiento.

Abstract

For the development of this thesis, entitled “Design of flexible pavement using bilayer surface treatment, to improve the passability of the floatable trail of the section of Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica”, the following question was asked How carry out the design of flexible pavement using bilayer surface treatment, to improve the passability of the floatable trail of the section of Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica ?, based on this, the author proposed the objective of elaborating the design of flexible pavement using bilayer surface treatment, to improve the passability of the carriageable gauge under study. Likewise, the general hypothesis, formulated based on the literature review, indicated that it hoped that the design of flexible pavement with the bilayer surface treatment improves the passability of the carriageable gauge previously mentioned. On the other hand, it should be pointed out that, given the previously described objective, the use of an applied type methodology, corresponding to the descriptive level, was convenient under a non-experimental comparative cross-sectional design.

The results show that the topographic studies, the study of vehicular traffic, the study of soil mechanics and the CBR of adequate design considering the use of the structural coefficients indicated in the Manual of Roads, Soils, Geology, Geotechnics and Pavements - Soils Section and Flooring, approved with RD No. 10-2014-MTC / 14 are suitable for determining the thickness of the flexible pavement design structure using bilayer surface treatment.

Keywords: flexible pavement, bilayer surface treatment, passability, improvement.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existe un consenso en cuanto a la importancia de la infraestructura vial para el desarrollo y crecimiento cultural, social y económico de un país. Según Sotil (2014), dicha importancia estaría estrechamente relacionada al hecho de que una infraestructura vial posibilita el transporte tanto de personas como de productos, cual sea su naturaleza. En este sentido, Rivera (2015) comenta que una red de carreteras bien implementada hace posible la satisfacción de una serie de necesidades básicas, verbigracia, aquellas relacionadas a la salud, educación, alimentación y trabajo. De esto se desprende el hecho de que, para un país, el desarrollo de una adecuada infraestructura vial resulta de carácter estratégico (Rivera J. , 2015).

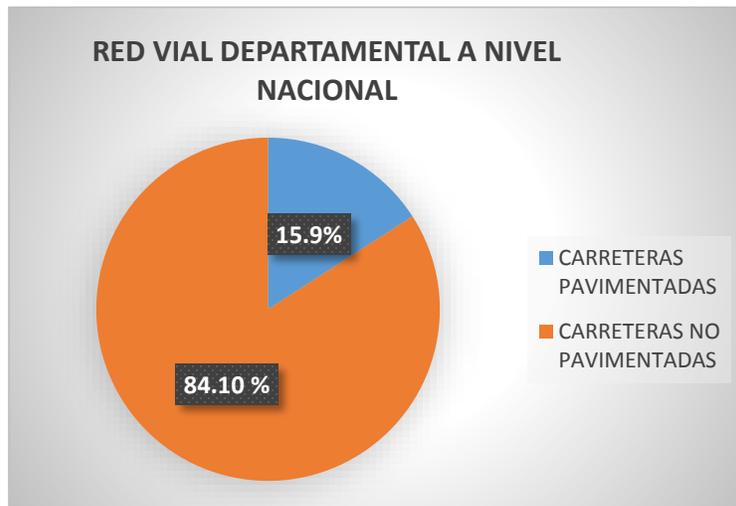
Después de evaluar la infraestructura vial latinoamericana, Rivera (2015) señala que los países miembros presentan serias ventajas competitivas, en cuanto a ello, precisa que en los países con infraestructuras viales adecuadas los costos de transporte son inferiores, por contraste, en la mayoría de países latinoamericanos, la limitada penetración vial, junto a la deteriorada infraestructura vial existente, encarecerían los costos de traslado (Rivera J. , 2015). En esta línea analítica, en cuanto al Perú, Rivera (2015) advierte la presencia de serias deficiencias en canto a infraestructura vial.

En nuestro país, las carreteras se encuentran jerarquizadas, (Decreto Supremo N° 017-2007-MTC, 2007), según el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) se clasifica las tres principales redes viales: Red Vial Nacional, Red Vial Departamental

o Regional y Red Vial Vecinal o Rural, y actualmente una de las problemáticas se encuentran en el transporte terrestre de la Red Vial Departamental, lo cual acarrea al Estado cuantiosas inversiones en el mantenimiento y rehabilitación de infraestructura vial, debido a la importancia de la vía y en su mayoría se encuentran en pésimas condiciones de transitabilidad.

La red vial departamental o regional del Perú (R.D. N° 17-2015-MTC/14, 2015), cuenta con 396 rutas a nivel nacional, de los cuales 3,907.54 kilómetros se encuentran pavimentados, 20,674.62 kilómetros se encuentran no pavimentados, con un total de 24,582.16 kilómetros existente inventariado, es decir, la infraestructura vial departamental se encuentra conformando por un 15.90% de vías pavimentadas y 84.10% de vías no pavimentadas:

Figura 1. Gráfico de Carreteras pavimentadas y no pavimentadas de la Red vial departamental a nivel nacional.



Fuente. Elaboración Propia.

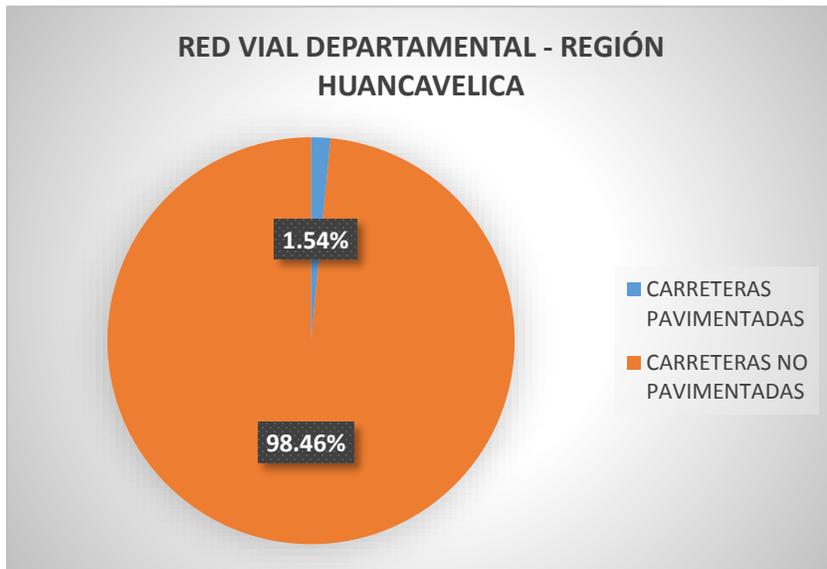
La tesis planteada “Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica”, vía que se encuentra jerarquizada como una vía departamental; asimismo, la tesis tiene como objetivo realizar el Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, mediante la metodología AASHTO 93 para

mejorar la transitabilidad de la vía del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica”, debido a que esta vía se encuentra en pésimas condiciones de transitabilidad.

1.1. Situación problemática

Las vías departamentales en la Región Huancavelica (R.D. N° 17-2015-MTC/14, 2015), cuentan con 23 rutas y 1,561.38 kilómetros de red vial regional inventariada; de los cuales, 24.03 kilómetros, que representa el 1.54% se encuentran pavimentados, y 1,537.35 kilómetros, que representa el 98.46% se encuentran no pavimentados.

Figura 2. Gráfico de carreteras pavimentadas y no pavimentadas de la red vial departamental Huancavelica.



Fuente. Elaboración Propia.

En el contexto señalado, se puede apreciar que la gran parte de la vía regional de la región Huancavelica, se encuentran no pavimentadas. Teniéndose así una significativa preponderancia de vías, en su mayoría con material afirmado, compactado o perfilado. Frente a esto, se tiene a los pavimentos flexibles con tratamiento superficial bicapa como una solución potencial y económica. Dichos pavimentos consisten en la aplicación alternada de dos capas conformadas por riegos asfálticos sobre una base

granular con la finalidad de conservar las características tanto mecánicas como físicas de la vía (MTC, 2013). Sobre sus ventajas, Aguilar (2005) resaltan su capacidad de estabilización frente al accionar erosivo y los esfuerzos tangenciales de los neumáticos, así también su capacidad para proteger a las capas granulares de la acción del clima y asegurar niveles de adherencia neumático-superficie mínimos. Destacándose, además, como una opción económica, sencilla y duradera (Aguilar, 2005). En este sentido, es destacable la utilidad pavimentos flexibles con tratamiento superficial bicapa, más que nada para países como Perú, cuyas condiciones tanto geografías como climáticas alteran negativamente el normal rendimiento de los pavimentos y hacen necesaria la aplicación de métodos, tanto eficaces como económicos, que ayuden a soportar las condiciones adversas (MTC, 2013).

Simultáneamente, es preciso señalar (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014) que, el diseño que tienen los pavimentos flexibles, se influencia mayormente por dos aspectos fundamentales: Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento y las especificaciones de la sub rasante donde se asienta el pavimento.

De manera específica, este estudio se enfocó en la vía correspondiente al tramo entre la capital del distrito de Paucarbamba y el Centro Poblado de Huanchos, provincia de Churcampa, departamento de Huancavelica; vía que corresponde a una vía departamental con código HV – 103, Emp. PE – 3S (La Esmeralda) – Suso – Llamacancha – Huamanjasa – Paucarbamba – Chinchihuasi – Pachamarca, esta vía tiene una longitud de 48.10 Km., de los cuales 10.4 kilómetros se encuentran pavimentados y 37.7 kilómetros se encuentran no pavimentados (R.D. N° 17-2015-MTC/14, 2015). Así mismo, sobre el distrito de Paucarbamba, según la Municipalidad Distrital de Paucarbamba (2019) señala que se encuentra localizado en la zona centro sur peruana (12° 33' 0" latitud sur y 74° 31' 45" latitud oeste), entre los 4,200 m.s.n.m. y 2,750 m.s.n.m. Agrega, además, que la extensión territorial de dicho distrito abarcaría 101.41Km² y que su clima oscilarían entre templado y frío, con precipitaciones marcadas entre los lapsos octubre-abril y mayo-setiembre (Municipalidad Distrital de Paucarbamba, 2019).

Figura 3. Distrito de Paucarbamba, provincia de Churcampa, departamento de Huancavelica.



Tomado de “Mapa vial del distrito de Paucarbamba, provincia de Churcampa, departamento de Huancavelica”, por Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2019).

La vía en estudio, según las características y la cantidad de vehículos que transitan, se encuentra clasificado como trocha carrozable, clasificación por demanda, señalado en el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG -2018, debido a que el Índice Medio Diario Anual (IMDA) es menor a 200 veh/día (R. D. N° 03-2018-MTC/14, 2018).

La vía departamental Paucarbamba – Huanchos, se encuentra no pavimentada y conformado por material afirmado, que actualmente se encuentra en pésimas condiciones de transitabilidad, por la ausencia de mantenimiento vial continuo, observándose un sinnúmero de grietas, baches y desniveles; asimismo, por los intensos aguaceros presentados en épocas de invierno, originan la acumulación de aguas por la falta de alcantarillas, badenes y cunetas, que puedan desfogar el agua; ocasionando el

deterioro de la plataforma de la vía; situación que genera malestar a la población; debido a la dificultad del tránsito vehicular, afectando principalmente a los agricultores para trasladar sus productos agrícolas y ganaderas de los distintos centros poblados, comunidades y anexos que une esta vía hacia la capital del distrito, para su comercialización respectiva; asimismo, este hecho genera el deterioro de los vehículos, mayor costo de pasajes y de carga, mayor gasto de combustible, mayor tiempo de viaje; afectando negativamente la economía de la población. Para finalizar, de acuerdo al contexto mencionado en anteriores párrafos, se ha desarrollado la tesis titulada “Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba – Centro Poblado de Huanchos, Churcampá, Huancavelica”.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo realizar el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampá - Huancavelica?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el análisis de la demanda del tránsito vehicular de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampá - Huancavelica?
- ¿Cómo realizar el estudio de mecánica de suelos para diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampá - Huancavelica?
- ¿Cómo determinar el CBR de diseño adecuado para el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha

carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa - Huancavelica?

- ¿Cómo determinar los espesores del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa - Huancavelica?

1.3. Justificación teórica

Esta investigación se realizó con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, cuyos resultados fueron utilizados como una propuesta, debido a la importancia y aporte como alternativa para el mejoramiento de vías de bajo tránsito vehicular; con la presente tesis se demostró, que la estructura de pavimento flexible presentó diferencias debido al tipo de suelos y volumen de tránsito vehicular. Se vio la oportunidad de buscar alternativas complementarias al diseño AASHTO 93 para pavimentos flexibles lo que permitió una mejor aproximación a las condiciones reales a las que está sujeta el pavimento en las regiones de nuestro país y se pudo conseguir un diseño más fiable que puede soportar la carga de tráfico que actúa sobre la estructura.

El desarrollo de esta tesis estuvo teóricamente justificado gracias a la disponibilidad de la información tanto teórica como conceptual. Así, para la variable diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, se contempló, entre otros, el aporte de la R.D. N°05-2013-MTC/14 (2014).

1.4. Justificación práctica

La investigación realizada tuvo un aporte social ya que brindó una alternativa más apropiada, para hacer frente al problema de las pésimas condiciones de transitabilidad y plantear el diseño de pavimento flexible usando el tratamiento superficial bicapa, mediante la metodología de diseño AASHTO 93, viéndose favorecidos los pobladores de la vía Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, distrito de Paucarbamba, provincia de Churcampa – Huancavelica. Del mismo modo,

fue beneficioso económicamente, pues los pobladores vieron disminuidos sus gastos en cuanto a la reparación de vehículos, transporte, tiempo de traslado de un lugar a otro, ya que tuvieron un pavimento nuevo para el tránsito vehicular y peatonal, además los predios del sector incrementaron su valor comercial.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Realizar el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar de la demanda del tránsito vehicular de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.
- Realizar el estudio de mecánica de suelos para diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.
- Determinar el CBR de diseño adecuado para el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica, mediante la metodología AASHTO 93.
- Determinar los espesores de la estructura del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante el método AASHTO 93 (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), mejora la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba – Centro Poblado de Huanchos – Churcampa – Huancavelica.

1.6.2. Hipótesis específicas

- El análisis de la demanda del tránsito vehicular de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba – Centro Poblado de Huanchos – Churcampa – Huancavelica, determinará los cálculos del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante el método AASHTO 93.
- El estudio de mecánica de suelos, garantizará realizar un buen diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.
- El CBR de diseño adecuado para el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante la metodología AASHTO 93, garantiza la duración de las condiciones de transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.
- Los espesores de la estructura del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, garantizará la duración del pavimento flexible de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.

CAPÍTULO 2:

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco filosófico o epistemológico de la investigación

La Ingeniería Civil, es la ciencia que se identifica por buscar conocimientos y emplearlos en modelos matemáticos y teóricos los cuales al ser practicados y aplicados han tenido un continuo crecimiento y evolución en el uso de nuevos métodos, materiales y procesos de gestión de proyectos. Así como parte de ella, la Ingeniería en Transporte, es la encargada de las obras civiles y proyectos relacionados con la movilidad de personas, bienes y vehículos, de manera armónica y sustentable. Ella busca que tanto el movimiento de personas como del medio utilizado para transportarse sea seguro, confiable, que sea fluido, económico y amigable

La necesidad de ampliar los conocimientos en el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa como variable independiente y la Transitabilidad de la trocha carrozable como variable dependiente, surge de la necesidad que tengo como investigador en determinar de qué manera el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante el método AASHTO 93, mejora la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba – Centro Poblado de Huanchos – Churcampa – Huancavelica; sin embargo, con la utilización del método científico se busca dar respuestas a las interrogantes con hechos posibles que

demuestren cuáles son los aspectos importantes que se deben considerar, al proponer determinado planteamiento.

Guadarrama (2008) señala que el informe académico estructura un proceso de ejercicio del pensamiento del humano, en este sentido, afirma que tal ejercicio implica la descripción del objeto de estudio, explicar los motivos que determinan sus especificaciones, aproximación predictiva del desempeño y justificación de su estudio. En esta línea de análisis, afirma:

“Es por tanto un acto creativo y constructor de una nueva realidad que anteriormente no tenía existencia propiamente dicha, al menos en la forma en que emerge de las manos de su creador, es decir, el investigador. Por tal motivo para emprender la labor investigativa se presupone partir de determinadas premisas filosóficas y epistemológicas que faciliten la justa comprensión de la tarea que se ejecuta con todos sus riesgos, potencialidades, obstáculos, méritos, logros, etc.” (2008).

Así también, Guadarrama (2008) comenta que la acción de investigar presupone la búsqueda, sobre esta última, afirma que es un proceso complicado y difícil que requiere de innumerables esfuerzos. Para el caso particular, el objeto de estudio es el pavimento flexible con tratamiento superficial bicapa, sobre este recaen interrogantes vinculadas a las implicancias de su aplicación, sobre la transitabilidad, y las ventajas y desventajas derivadas de la misma.

La necesidad de ampliar los conocimientos en el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa como variable independiente y la transitabilidad de la trocha carrozable como variable dependiente, surge de la necesidad que tiene el investigador en determinar de qué manera el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante el método AASHTO 93 beneficia a la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba – Centro Poblado de Huanchos – Churcampa – Huancavelica; sin embargo; con la utilización del método científico se busca dar respuestas a las interrogantes con hechos posibles que

demuestren cuáles son los aspectos importantes que se deben considerar, al proponer determinado planteamiento.

Al respecto, el método de diseño de pavimentos funciona como manuales desarrollados por varias instituciones del gobierno a fin de que se brinden a los especialistas, las herramientas que se requieren para el diseño de estructuras pavimentadas. Particularmente en este caso los métodos se desarrollaron por la American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO (Estados Unidos de América).

2.2. Antecedentes de investigación

2.2.1. Antecedentes internacionales

Poveda, Bernal, y Marín (2014) investigaron “Diseño de un pavimento para la estructura vial, de la vía conocida como “El kilómetro 19”, esta inicia en el k2+000 al k2+500, donde comunica las municipalidades de Chipaque - Une, en el departamento de Cundinamarca” optando el título profesional de Ingenieros Civiles de la Universidad Católica de Colombia. El principal objetivo de dicha tesis fue formular el diseño de una estructura vial considerando las metodologías Shell, Invias y AASHTO 93. La naturaleza de la metodología empleada fue de tipo aplicada, ubicada en el nivel descriptivo, y guiada por un diseño no experimental transversal. En simultáneo, la recopilación de la información fue efectuada mediante la aplicación del análisis documental, como técnica. Por último, dado el objetivo descrito al inicio de este párrafo, Poveda et al. (2014) obtuvieron los siguientes resultados: (a) el diagnóstico de la vía evidenció que la misma se encontró, en la mayor parte, sin carpeta asfáltica, lo cual resulta efecto de la ausencia de mantenimiento, (b) el método AASHTO 93 se identifica como el más económico frente a los otros dos métodos, (c) el comportamiento de los pavimentos flexibles obedece también a aspectos como la hidrología, temperatura y drenaje regional, (d) entre los métodos de diseño Shell, Invias y AASHTO 93, se observan diferencias estructurales, específicamente en cuanto a los espesores de la carpeta asfáltica, número estructural y capas granulares, y (e) los dos

diseños, el de completo de la infraestructura vial y la implementación de un tratamiento superficial constituyen opciones que garantizan la durabilidad y optimización económica.

Coyago (2015), optando por la especialidad académica de Magister en Ingeniería Vial de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, desarrolló la tesis titulada “Evaluación de un tratamiento superficial bituminoso con emulsión asfáltica como alternativa de mantenimiento en vías arteriales del Ecuador”. El desarrollo del documento elaborado por Coyago (2015) estuvo enfocado en describir las bondades del método de conservación de infraestructura vial con emulsiones, y lograr corroborar la funcionalidad del mismo. Para tal fin, la metodología establecida fue de tipo aplicada, estuvo posicionada en el nivel descriptivo, y guiada por un diseño no experimental transversal. En cuanto a la técnica de recopilación de información, se empleó la observación. De esta manera, los resultados obtenidos fueron los siguientes: (a) la vía evaluada posee una antigüedad de 40 años, el pavimento es de tipo convencional con un espesor de 55 centímetros y capa de rodadura de cinco centímetros, es preciso señalar que la misma recibió emulsión asfáltica con tratamiento superficial bituminoso doble, (b) frente a la alta transitabilidad correspondiente a la vía evaluada, su capa de rodadura ha demostrado una durabilidad significativa gracias a su diseño inicial y a la implementación del tratamiento superficial bituminoso doble, (c) la aplicación de emulsiones asfálticas restringe la exudación, incluso frente a las bruscas variaciones climáticas, (d) la aplicación del tratamiento superficial, para mantener su funcionalidad, requiere de una base de pavimento fuerte, y (d) la aplicación de emulsiones asfálticas constituye una alternativa adecuada para la rehabilitación debido a su mayor servicio inicial y un inferior requerimiento económico.

Optando por título de Ingeniero Civil de la Universidad de El Salvador, Hernández, Rosales, y Trigueros (2016) investigaron “Metodología para el diseño y construcción de tratamientos superficiales dobles para caminos de bajo volumen de tránsito, mediante los métodos de la dimensión mínima promedio y TEXAS DOT en

El Salvador”. Dicho documento estuvo principalmente enfocado en describir dos métodos de diseño de pavimentos y los procesos correspondientes a tratamientos superficiales dobles en vías de baja transitabilidad. Para el alcance del objetivo previamente establecido, Hernández et al. (2016) vieron por conveniente la utilización de una metodología de tipo aplicada, posicionada en el nivel descriptivo, y guiada por un diseño no experimental transversal. La observación fue la técnica usada para la recolección de datos. Para concluir, los autores de dicho documento arribaron a las siguientes conclusiones: (a) las diferencias existentes entre las tasas de emulsión y cantidad de agregado obedecen a las características de los propios agregados a emplearse, (b) el método de la Dimensión Mínima Promedio favorece el uso óptimo tanto de emulsión como de agregados debido a que considera casi la totalidad de características de los últimos, y (c) el funcionamiento adecuado del tratamiento superficial doble requiere de procesos constructivos y de selección de materiales óptimos.

Campagnoli (2017) llevó a cabo el desarrollo del artículo “Innovación en métodos de pavimentación: casos regionales”, el cual ha sido presentado mediante la Revista de Ingeniería de la Universidad de Los Andes. Dicho artículo de investigación académica tuvo el objetivo general de realizar una revisión bibliográfica de experiencias vinculadas a métodos de pavimentación de vías de volumen de tránsito bajo. En cuanto a ello, obtuvo los siguientes resultados: (a) las vías con superficies de rodadura de adecuado material granular presentan ventajas como menores costos tanto de construcción como de mantenimiento debido a sus menores requerimientos tecnológicos y de mano de obra calificada, y su facilidad de mantenimiento, (b) tanto los tratamientos superficiales simples como los dobles, dentro de la categoría de capas asfálticas de protección de los caminos básicos, son los de aplicación más frecuente, (c) los tratamientos superficiales que han sido de larga aplicación histórica, perdieron vigencia, y, en la actualidad se vuelven a retomar como una opción válida para vías de transitabilidad baja, y (d) el óptimo diseño de pavimentos con tratamiento superficial

requiere de superficies de rodamiento estables, trazado razonable y drenaje adecuado (Campagnoli, 2017).

Herra (2017), bajo la revista del Programa de Infraestructura del Transporte de la Universidad de Costa Rica, publicó un artículo de investigación titulado “Tratamientos superficiales como alternativa en rutas de lastre”. Para su desarrollo, el autor se propuso el objetivo general de realizar una revisión bibliográfica enfocada en la descripción de los tratamientos superficiales como alternativa de solución para vías tanto secundarias como terciarias. En base a este objetivo, arribó a los siguientes resultados: (a) la aplicación de tratamiento superficial constituye una opción óptima en cuanto a costos y calidad para vías de volumen de tránsito reducido, (b) muchos países cuentan con la emulsión adecuada para la construcción de tratamientos superficiales, (c) la construcción de tratamientos superficiales constituye una opción que presenta una significativamente positiva relación costo/desempeño, alcanzándose ahorros de hasta el 75% con vida útil de hasta siete años, y (d) la construcción de tratamientos superficiales es adaptable a las diferentes condiciones de regularidad, y (e) el proceso de construcción de tratamientos superficiales es sencillo y de fácil enseñanza a los operarios.

2.2.2. Antecedentes nacionales

Rivera (2017) investigó “Evaluación del tratamiento superficial bicapa a nivel de ejecución, de la obra mejoramiento de la ruta M-100, Bagua-La Peca; del circuito vial II, Amazonas”, optando por la titulación profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca. El desarrollo de esta tesis estuvo principalmente enfocado en evaluar la aplicación del tratamiento superficial bicapa de la ejecución de un proyecto y contrastarlo con su respectivo expediente técnico. A la vez, contempló una metodología de tipo aplicada, perteneciente al nivel descriptivo, la cual fue guiada por un diseño no experimental transversal. En simultáneo, empleó a la observación como técnica para la recolección de datos, esto teniendo en consideración una muestra conformada por 8 kilómetros de vía (Bagua - Parco). Por último, dado el objetivo

general ya mencionado, Rivera (2017) obtuvo los resultados descritos a continuación: (a) según el huso granulométrico utilizado, el espesor del tratamiento superficial bicapa no cumple con los tamaños representativos (2.5 centímetros), llegando a uno máximo de 1.9 centímetros, (b) en cuanto a la funcionalidad de la bicapa, se obtuvo un IRI igual a 2.25 m/km, lo cual satisface la especificación que establece un máximo de 2.50 m/km, (c) la ejecución del tratamiento superficial bicapa siguió la dosificación tanto de emulsión como de agregados establecida por el diseño, y (d) se contrasta el hecho de que las especificaciones contempladas en el expediente técnico correspondiente han sido respetadas.

Ticona (2017) desarrolló el documento “Tratamiento Superficiales de Pavimentos” optando por la titulación profesional de Ingeniero Civil de la Universidad José Carlos Mariátegui. Esta investigación estuvo principalmente enfocada en la ejecución de una revisión bibliográfica, acerca del tratamiento superficial de pavimentos. En cuanto a la metodología, el documento fue de tipo aplicado, de nivel descriptivo y de diseño no experimental transversal. Simultáneamente, en cuanto a la técnica empleada para recopilar información, emplearon la revisión documental. Finalmente, dado el objetivo previamente descrito, Ticona (2017) presentó las siguientes conclusiones: (a) el tratamiento superficial de pavimentos constituye una opción válida para la mejora significativa del desempeño de las vías de comunicación, (b) entre las ventajas de la aplicación del tratamiento superficial resaltan aspectos como los bajos costos y su durabilidad, y (c) entre las desventajas de la aplicación del tratamiento superficial resaltan aspectos como requerimientos de mantenimiento constante, aparición de dislocamientos y rodaderas, mayor distancia de frenado en condiciones húmedas, y debilidad frente a elevados volúmenes de tráfico (Ticona, 2017).

Caparachin (2018) investigó “Aplicación de la bicapa para reducir el ciclo de mantenimiento en la vía de Huancabamba, Pozuzo de la Región Pasco, 2018” optando por la titulación profesional de Ingeniero Civil, el informe fue expuesto en la Universidad César Vallejo. Este documento estuvo enfocado en establecer la relación

existente entre el mantenimiento vial y el tratamiento superficial bicapa. La metodología con la que contó fue de tipo aplicada, seguida de un nivel descriptivo correlacional, guiada por un diseño no experimental transversal [SIC]. A la vez la observación fue la técnica de recolección de información, esta fue orientada a una muestra censal conformada por 200 kg de terreno natural. Finalmente, dado el enfoque ya descrito, Caparachin (2018) arribó a las siguientes conclusiones: (a) el terreno afirmado conserva el flujo vehicular en vías de flujo vehicular bajo, sin embargo, es vulnerable al tránsito pesado y a la condiciones ambientales, (b) el tratamiento superficial bicapa mantienen el flujo vehicular constante en condiciones de potencial crecimiento, (c) el manteniendo de vías afirmadas requiere de S/ 292,950.00 anualmente, (d) el manteniendo de vías con tratamiento superficial bicapa requiere de S/ 226,800.00 anualmente, y (e) dadas sus implicancias, las vías con tratamiento superficial bicapa resultan más convenientes que el terreno afirmado (Caparachin, 2018).

Torres (2017) desarrolló la tesis titulada “Diseño para el mejoramiento de la carretera, tramo Uchubamba – Yamán, distrito de Chugay, provincia de Sánchez Carrión, departamento La Libertad” optando por la titulación profesional de Ingeniero Civil, el informe fue expuesto en la Universidad César Vallejo. El informe tuvo como objetivo general de la tesis desarrollada por Torres (2017) diseñar un proyecto de mejoramiento vial para el tramo Uchubamba – Yamán en el departamento de La Libertad. La metodología empleada fue de tipo aplicada, correspondiente al nivel descriptivo, guiada por un diseño no experimental transversal. Así mismo, aplicó, la observación como una técnica para recopilar datos. Finalmente, el autor obtuvo los siguientes resultados: (a) el levantamiento topográfico ejecutado evidenció la presencia de pendientes longitudinales las cuales se hallaron entre el 5.5% y 7 %, a causa de esto se identifica al área evaluada como terreno accidentado, (b) el análisis de la mecánica de suelos consiguió reconocer la presencia de suelos de grava arcillosa con arena, suelo pobre y un CBR al 95% entre el 34.14% y 33.93%, y (c) la estructura del pavimento pudo relacionar los espesores de capa con el número estructural, en otras palabras, un

tratamiento superficial bicapa de 2.5 centímetros, base granular de 15 centímetros y sub base de hormigón de 27 centímetros.

Macharé (2019) investigó “Diseño de pavimentos con alternativas de mezcla asfáltica en caliente y tratamiento superficial bicapa en la vía de evitamiento de la ciudad de Jaén” optando por la titulación profesional de Ingeniero Civil, la investigación fue expuesta en la Universidad Nacional Federico Villarreal. El desarrollo de dicha tesis estuvo principalmente enfocado en formular el diseño de un pavimento, considerando el tratamiento superficial bicapa y la mezcla asfáltica en caliente. A la vez, contempló una metodología de tipo aplicada, perteneciente al nivel descriptivo, que siguió un diseño no experimental transversal. Paralelo a este, la observación se empleó como una técnica para recolectar datos. Por último, dado el objetivo general ya mencionado, Macharé (2019) obtuvo los resultados descritos a continuación: (a) para la mezcla asfáltica en caliente, el diseño consideró una durabilidad de 10 años, y una durabilidad de cinco años de tratamiento superficial bicapa, (b) el diseño correspondiente a la mezcla asfáltica en caliente contempla un espesor asfáltico de nueve centímetros, una sub base granular de espesor igual a 17.50 centímetros y un espesor de la base granular de 15 centímetros, y (c) el diseño correspondiente al tratamiento superficial bicapa contempla un espesor de la base granular de 25 centímetros y uno de la sub base granular de 35 centímetros (Macharé, 2019).

2.2.3. Antecedentes locales

Cóndor (2016) llevó a cabo el desarrollo del documento titulado “Tratamiento superficial bicapa con emulsión asfáltica de la carretera Valle Yacus provincia de Jauja, región Junín 2015” optando por la titulación profesional de Ingeniero Civil, el documento fue expuesto en la Universidad Peruana Los Andes. El principal objetivo del documento fue establecer la relación entre la aplicación de emulsión asfáltica como tratamiento superficial bicapa y la conservación de vías no pavimentadas. Este informe se basó en un método de tipo aplicativo, seguido de un nivel correlacional, encaminado

por un diseño no experimental transversal. A la vez, empleó la observación, la entrevista y la encuesta como técnicas de recopilación de información. Finalmente, en función al objetivo principal de esta tesis, Córdor (2016) concluyó su investigación señalando los siguientes aspectos: (a) la significancia del 77% la posee la aplicación de emulsión asfáltica empleada como tratamiento superficial bicapa, (b) la serviciabilidad se ve aumentada en un 42%, por la aplicación de la emulsión asfáltica como un tratamiento superficial bicapa, (c) se identificaron características físico mecánicas heterogéneas, y (d) en comparación con los suelos finos, los granulares poseen una resistencia al corte más elevada, de lo que se desprende la popularidad de su utilización como base y sub base (Córdor, 2016).

Pando (2017) presentó la tesis “Mantenimiento y mejoramiento con tratamiento superficial bicapa en vías departamentales JU109 – tramo Acopalca – abra Acopalca – Huancayo – Junín – 2017” optando por la titulación profesional de Ingeniero Civil, la tesis fue expuesta en la Universidad Peruana Los Andes. El desarrollo del documento estuvo orientado a describir el resultado del mejoramiento de una vía con la aplicación de tratamiento superficial bicapa. El método empleado fue de tipo aplicativo, contó con un nivel descriptivo explicativo y fue guiado por un diseño experimental transversal. Simultáneamente, aplicó tanto la observación como la encuesta como técnicas de recopilación de datos. Por último, dado el objetivo general, Pando (2017) concluyó su investigación señalando: (a) el mejoramiento de la vía mediante tratamiento superficial bicapa constituye una alternativa favorable que garantiza la funcionalidad de la misma, (b) los trabajos de mantenimiento contemplados en las partidas se encuentran orientados exclusivamente a la conservación de funcionalidad de la vía, (c) los trabajos de mejoramiento contemplados en las partidas se encuentran orientados garantizar las condiciones de servicio de la vía respectiva, y (d) tanto el mantenimiento como el mejoramiento, mediante tratamiento superficial bicapa, resultaron eficientes, sin embargo, el segundo mejoramiento resultó ser más rentable dada su durabilidad, 10 años (Pando, 2017).

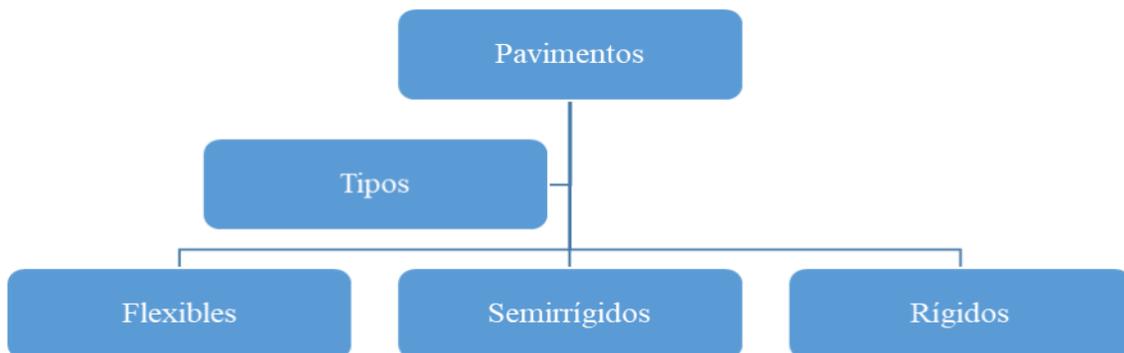
2.3. Bases teóricas

2.3.1. Pavimento flexible con tratamiento superficial bicapa

A. Pavimentos

De acuerdo al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2013), estos constituyen estructuras construidas sobre una base sub rasante, cuya finalidad es distribuir y resistir los esfuerzos derivados del flujo vehicular, y mejorar las condiciones tanto de comodidad como de seguridad para el tránsito. Así también, la R.D. N° 10-2014-MTC/14 (2014) señala “El Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la sub rasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito” (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014, pág. 21).

La Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres (AMIVTAC, 2012) por su lado, define a los pavimentos como superestructuras integradas por niveles o capas de diferentes espesores. Así mismo, identifica tres funciones relativas a los mismos, estas son: (a) poseen resistencia frente a los diferentes factores medioambientales, (b) conforman superficies aptas para el rodamiento vehicular en condiciones de comodidad y seguridad, y (c) muestran resistencia frente a los esfuerzos vehiculares (AMIVTAC, 2012).



Adaptado de “Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, por (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

a. Características funcionales

La AMIVTAC (2012) señala que, para cumplir con sus funciones, los pavimentos deben poseer una serie de características tanto funcionales (propiedades mecánicas), como estructurales (calidad del servicio). De manera específica, en cuanto a las características funcionales, la AMIVTAC (2012) identifica a las siguientes:

- La regularidad de la superficie. “(...) referida a las deformaciones, tanto longitudinales como transversales, con respecto a la superficie ideal. Provoca movimientos verticales en la suspensión de los vehículos y por lo mismo la que genera más incomodidad a los usuarios y a su vez la que más afecta a los costos de operación vehicular. Afecta también en la seguridad ya que las deformaciones pueden provocar descontrol al conductor (...)” (AMIVTAC, 2012, pág. 7).
- La resistencia para el derrapamiento. “La textura de la superficie de rodamiento debe ser tal que aporte un coeficiente de fricción suficiente para la operación eficiente de los vehículos a la velocidad de proyecto de la vía aún en presencia de precipitaciones” (AMIVTAC, 2012, pág. 7)
- El drenaje de la superficie. “La combinación de regularidad superficial, pendiente transversal y textura debe evitar que se presente una lámina de agua en la superficie del pavimento, ya que esta facilita el fenómeno de acuaplaneo (...)” (AMIVTAC, 2012, pág. 7)

- La disminución de ruido. “El ruido es un problema ambiental que genera problemas serios en la salud, un pavimento bien diseñado y construido puede reducir el ruido de manera considerable el ruido que se percibe tanto en el interior de los vehículos como en su entorno” (AMIVTAC, 2012, pág. 7)

b. Componentes

(R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014) Señala que, generalmente, se estructura por tres tipos de capas:

- Capa de Rodadura. “Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito” (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014, pág. 21).
- Base. “Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante ($\text{CBR} \geq 80\%$) o será tratada con asfalto, cal o cemento” (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014, pág. 21).
- Sub base. “Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular ($\text{CBR} \geq 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento” (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014, pág. 21).

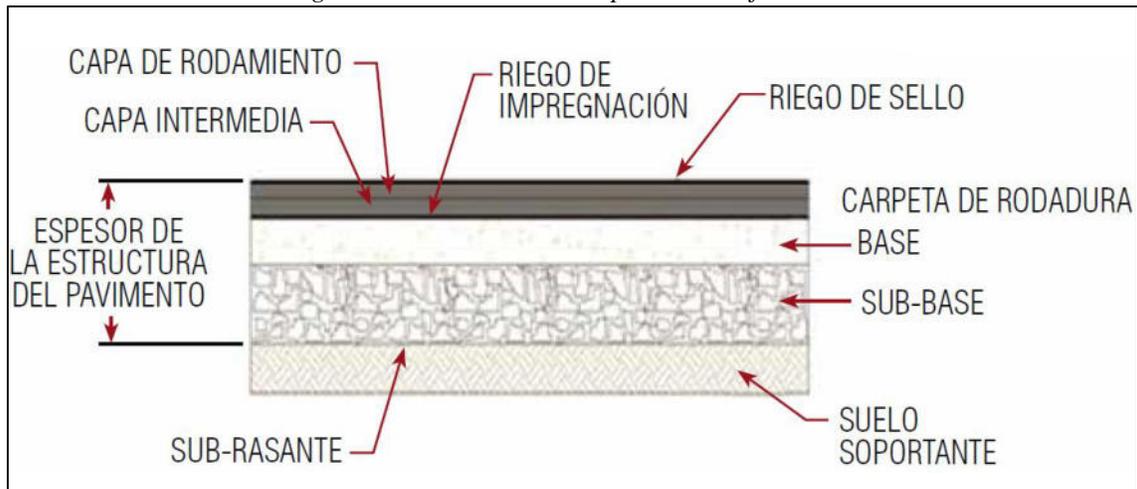
B. Pavimentos flexibles

El MTC (2013) señala que estos son pavimentos constituidos por agregados, materiales bituminosos empleados como aglomerantes, y aditivos, en casos especiales. Así también, la (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014) los define como:

“(…) El pavimento flexible es una estructura compuesta por capas granulares (sub base, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente” (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014, pág. 22).

Por su parte, la AMIVTAC (2012) agrega que los pavimentos flexibles poseen la capacidad de soportar la deformación elástica sin llegar a romperse. La estructura de estos pavimentos se observar en la *Figura 4*.

Figura 4. Estructura de los pavimentos flexibles.



Tomado de “Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras”, por MEF (2015), Lima: Ministerio de Economía y Finanzas.

a. Clasificación

La (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Los pavimentos flexibles pueden ser:

- Pavimentos asfálticos en frío, dentro de estos pavimentos se pueden encontrar los tratamientos superficiales, bicapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico, Madacam asfáltico, micro pavimentos en frío y las carpetas asfálticas en frío.
- Pavimentos asfálticos en caliente, conformados por una capa de rodadura bituminosa de una mezcla asfáltica en caliente con un espesor variable.

Por su parte, la AMIVTAC (2012) establece una clasificación conformada por tres tipos de pavimentos flexibles, cada uno de sus componentes se encuentran debidamente descritos a continuación:

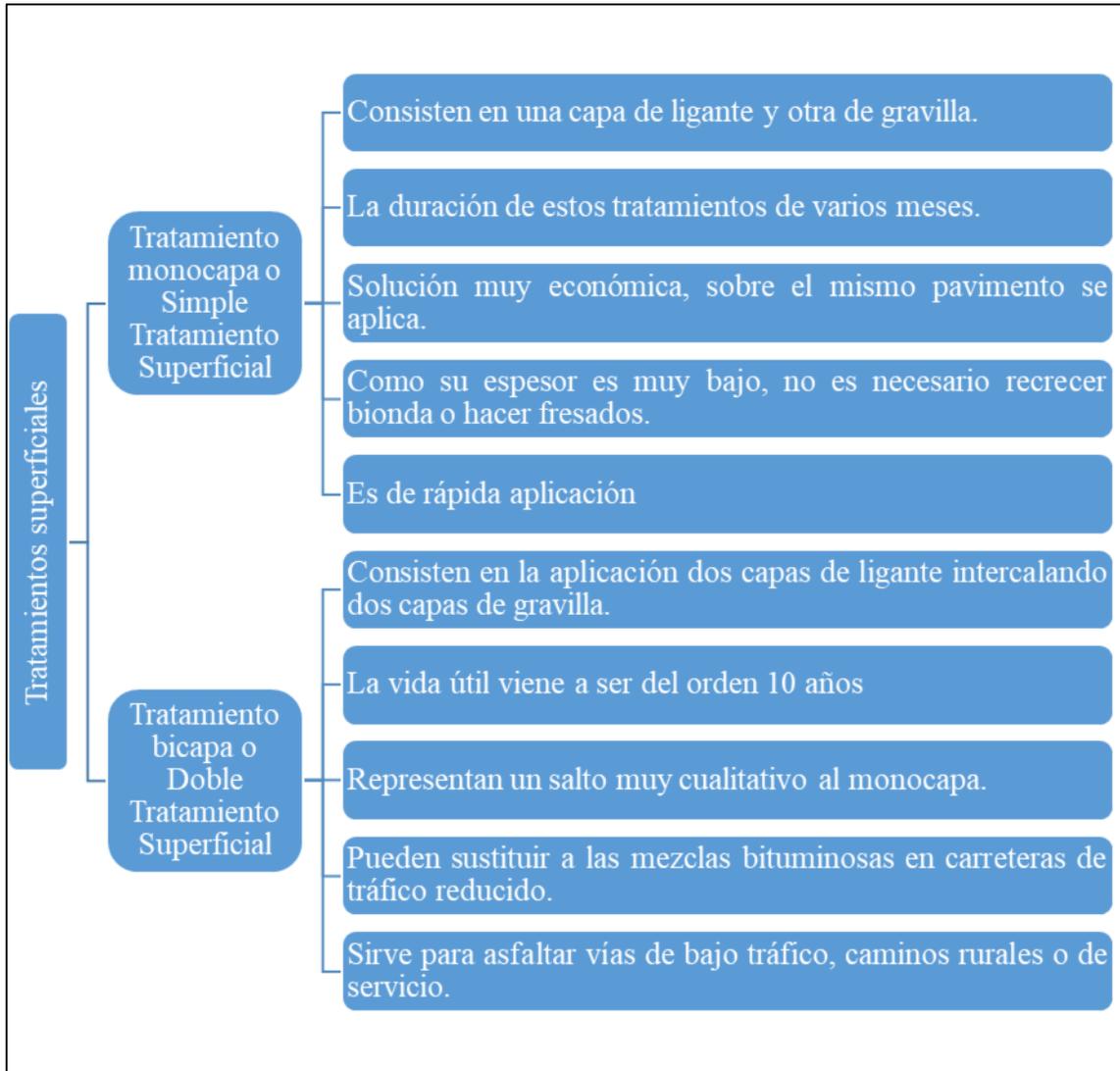
- Convencionales. “(...) formados por capas de diversos materiales cuya resistencia va disminuyendo conforme se incrementa la profundidad a la que están colocadas” (AMIVTAC, 2012, pág. 8).
- Full Depth. “(...) pavimentos que se estructuran colocando dos o más capas de mezcla asfáltica sobre la sub rasante, disminuyendo los requisitos de resistencia de las mezclas conforme se alejan las capas de la superficie de rodamiento” (AMIVTAC, 2012, pág. 8).
- De larga duración. “pavimento asfáltico diseñado y construido para durar más tiempo que un pavimento convencional, sin necesidad de rehabilitación o reconstrucción estructural importante y sólo necesita la renovación periódica de la superficie en respuesta a los deterioros limitados a la parte superior del pavimento” (AMIVTAC, 2012, pág. 9).

C. Tratamiento superficial

De manera general, Ulloa (2011) señala que, los tratamientos superficiales forman parte de las mezclas asfálticas que se destinan a vías con un volumen de tránsito bajo, las cuales pueden ser empleadas tanto para impermeabilizar y proteger superficies de rodamiento estabilizadas, como para conservar capas de rodadura existentes. En este sentido, precisa “El objetivo principal de utilizar los tratamientos superficiales es sellar las superficies en las que se coloque y prolongar su vida útil a un bajo costo económico, por lo que estos se pueden clasificar de acuerdo a su aplicación y preparación” (Ulloa, 2011, pág. 46). Así también, Cuchillo (2019) los define como operaciones enfocadas en proporcionar al firme de características superficiales. De manera específica, este comenta “(...) pueden ser utilizados como capas de protección sobre caminos estabilizados o como conservación de pavimentos asfálticos. Los objetivos que se persiguen son la protección, impermeabilización y mejoramiento de la capa de rodadura, proporcionando además una superficie antideslizante” (Cuchillo, 2019, pág. 2).

Por su parte, el MTC (2013) define a los tratamientos superficiales como “Aplicación de una o más capas conformadas por riegos asfálticos que pueden incluir aditivos y agregados cuyas características son definidas según especificaciones técnicas. Por lo general son de una, dos y tres capas (monocapa y bicapa)” (MTC, 2013, pág. 48). En cuanto a los tipos de tratamientos superficiales, se identifican dos, ambas se muestran junto a sus principales características correspondientes.

Figura 5. Clasificación de tratamientos superficiales.



Adaptado de “Tratamientos superficiales”, por Ezague (2019).

a. **Funciones**

Los tratamientos superficiales, según Cuchillo (2019), proporcionan básicamente una cubierta de tipo impermeable junto a una mayor resistencia abrasiva frente al tránsito vehicular a la superficie de una calzada. Así mismo, entre otras de sus funcionalidades, señala a las siguientes:

- Rehabilitan capas de rodamientos dañadas por agentes climáticos.

- Aseguran la trabazón entre la capa superior y la superficie pavimentada.
- Proporciona una superficie tanto duradera como económica para caminos de tránsito ligeros y medianos.
- Aseguran la adherencia entre las bases granulares y las capas asfálticas superiores.
- Restringen la penetración superficial hídrica en bases granulares y pavimentos en proceso de desintegración.
- Constituyen un paliativo contra el polvo.
- Rellenan y recubren huecos, y ligan partículas desprendidas.
- Proporcionan cubiertas temporarias para pavimentos demorados e incompletos.
- Restauran la resistencia frente al deslizamiento y renuevan superficies.

b. Tratamiento superficial bicapa

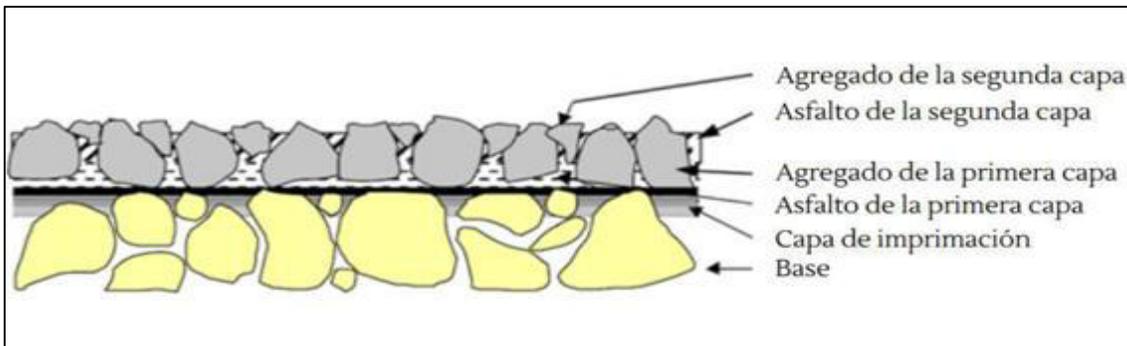
Según la Corporación Andina de Fomento (CAF, 2010), el tratamiento superficial bicapa constituye una solución funcional de mejoramiento vial. Esto considerando al mejoramiento como un procedimiento enfocado en incrementar el estándar de funcionalidad de una superficie de rodadura, contemplando, además, una serie de actividades orientadas a conseguir un pavimento con capacidades estructurales adecuadas (CAF, 2010). Por su parte, DUNCOR (2016) señala que el tratamiento superficial bicapa es también conocido como tratamiento superficial doble o múltiple, y constituye una alternativa de rentabilidad significativa, generalmente construida sobre una superficie granular fresca y compacta. Así también, Cuchillo (2019) comenta lo siguiente:

“Son dos riegos alternados y uniformemente distribuidos de ligante bituminoso y árido sobre una superficie acondicionada previamente. El tamaño medio del árido de cada distribución sucesiva es la mitad o menos del tamaño medio de la capa precedente. El espesor total es aproximadamente igual al tamaño máximo nominal del árido de la primera aplicación” (Cuchillo, 2019, pág. 2)

En esta línea de análisis, Civil 21 (2019) comenta que el tratamiento superficial es un método de puede ser aplicado tanto sobre una base asfáltica como sobre una base no asfáltica imprimida. Además, agrega: “Pueden ser usados como capas de protección sobre caminos estabilizados o como conservación de pavimentos asfálticos (...) Provee una superficie económica y duradera para caminos con base granulares que tienen tránsitos ligeros y de mediano volumen” (Civil 21, 2019, pág. 1).

Finalmente, el MTC (2013) define al tratamiento superficial bicapa como la aplicación de dos capas, una sobre otra, conformadas por riegos asfálticos que incluyen tanto agregados como aditivos, con la finalidad de mejorar y proteger superficies de rodamiento estabilizadas o conservar capas de rodadura existentes.

Figura 6. Estructura del tratamiento superficial bicapa.



Tomado de “Update of the Austroads Sprayed Seal Design Method”, por Austroads (2006)., Sudney: Austroads Technical Report.

– **Características.**

La Comisión de Transporte y Comunicaciones de África del Sur (SATCC, 2003) identifica una serie de características propias de los tratamientos superficiales bicapa, estas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1
Características de los tratamientos superficiales bicapa

Parámetro	Nivel o grado	Tratamiento superficial bicapa
Vida de servicio requerida	Corta	
	Media	X
	Larga	
Nivel de tránsito	Liviano	
	Mediano	X
	Pesado	
Impacto de las acciones del tránsito	Bajo	X
	Medio	X
	Alto	
Pendiente longitudinal	Bajo	X
	Moderado	X
	Empinado	
Calidad del material	Pobre	
	Moderada	
	Buena	X
Calidad del pavimento y de la base	Pobre	
	Moderada	X
	Buena	X
Experiencia y capacidad del contratista	Baja	
	Moderada	
	Alta	X
Capacidad de mantenimiento	Baja	
	Moderada	X
	Alta	X

Fuente: Adaptado de "Guideline Low - Volume sealed roads", por SATCC (2003)., South Africa: Southern Africa Transport and Communications Commission.

– **Catálogo de estructuras.**

En Perú, el MEF (2015) proporciona un catálogo de estructuras con tratamiento superficial bicapa, en dicho catálogo relaciona los valores de Relación de Rodamiento California (CBR), Ejes Equivalentes (EE), y Tráfico pesado expresado en EE (T_{px}). El catálogo se puede observar en la *Figura 7*.

Figura 7. Catálogo de estructuras con tratamiento superficial bicapa.

EE		Tp0		Tp1		Tp2	
		75,001-150,000		150,001-300,000		300,001-500,000	
CB R %	Mg $2555 \times \text{CBR}^{0.64}$	T.S.B. 25 cm		T.S.B. 30 cm		T.S.B. 30 cm	
CBR < 6%	≤ 8,040 psi (55.4 MPa)	18 cm (*)		20 cm (*)		25 cm (*)	
≥ 6% CBR < 10%	> 8,040 psi (55.4 MPa) ≤ 11,150 psi (76.9 MPa)	T.S.B. 25 cm 18 cm		T.S.B. 30 cm 20 cm		T.S.B. 30 cm 25 cm	
≥ 10% CBR < 20%	> 11,150 psi (76.9 Mpa) ≤ 17,380 psi (119.8 MPa)	T.S.B. 25 cm 15 cm		T.S.B. 25 cm 20 cm		T.S.B. 25 cm 23 cm	
≥ 20% CBR < 30%	> 17,380 psi (119.8 MPa) ≤ 22,530 psi (155.3 MPa)	T.S.B. 18 cm 15 cm		T.S.B. 20 cm 17 cm		T.S.B. 25 cm 15 cm	
CBR ≥ 30%	> 22,530 psi (155.3 MPa)	T.S.B. 27 cm		T.S.B. 32 cm		T.S.B. 35 cm	

 T.S.B.
  Base granular
  Subbase granular

Fuente: "Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras", por MEF (2015), Lima: Ministerio de Economía y Finanzas. Nota: (*) = Suelo de fundación.

Este catálogo presenta concordancia con el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014, pág. 154), Catálogo de estructuras de pavimento flexible alternativa superficie de rodadura: Tratamiento Superficial Bicapa (T.S.B.), periodo de diseño 10 años.

D. Diseño

a. Metodología de diseño

Basándose en la metodología señalada en la (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), “Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés **AASHTO**, de American Association of State Highway (AASHTO, 1993), comenta que, para diseñar un pavimento flexible, es fundamental el uso de la siguiente ecuación:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

encuentran debidamente descritos a continuación:

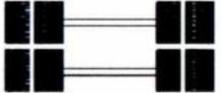
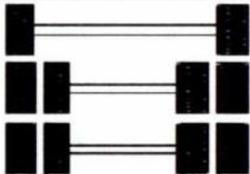
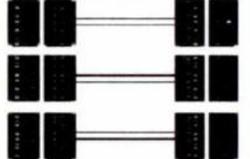
– **W₁₈**.

Representa a la cantidad acumulada de ejes simples equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el tiempo de diseño, corresponde al número de repeticiones de EE de 8.2t; este se establece con base en los datos de la investigación de tráfico (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014).

Los ejes equivalentes (EE), (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014) estos factores de equivalencia representan al factor destructivo de las diferentes cargas, por cada eje de cada vehículo pesado, en la estructura pavimentada.

La demanda del tránsito necesita del reconocimiento de la configuración de ejes mostrada en la Tabla 2.

Tabla 2
Configuración de ejes

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Grafico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Fuente: “Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En esta línea analítica, según la (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), el cálculo de los EE requiere de la utilización de las relaciones simplificadas para la diversidad de configuraciones de ejes de vehículos pesados y tipo de pavimento (pavimentos flexibles) mostradas en la *Tabla 3*.

Tabla 3
Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8,2tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	EE _{S1} = [P / 6.6] ^{4.0}
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	EE _{S2} = [P / 8.2] ^{4.0}
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	EE _{TA1} = [P / 14.8] ^{4.0}
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	EE _{TA2} = [P / 15.1] ^{4.0}
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	EE _{TR1} = [P / 20.7] ^{3.9}
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EE _{TR2} = [P / 21.8] ^{3.9}
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Tomado del “Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

– **Módulo de Resiliencia (M_R).**

De acuerdo a la (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), es un tipo de medida de rigidez del suelo de sub rasante, para el cálculo de este debe de determinarse a través de un ensayo de resiliencia, determinado según las recomendaciones de AASHTO, menciona que para el cálculo de este se necesita de la utilización de la siguiente ecuación:

$$M_{r_{psi}} = 2555 * CBR^{0.64}$$

Asimismo, el Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014) muestra el cálculo del M_R para cada tipo de CBR en la *Tabla 4*.

Tabla 4
Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR

CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M _r) (PSI)	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M _r) (MPA)	CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M _r) (PSI)	MÓDULO RESILENTE SUB RASANTE (M _r) (MPA)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66
12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.20
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,067.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

Fuente: Tomado del “Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

– **Confiabilidad (%R).**

El Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), señala que en porcentaje de confiabilidad (%R), es la probabilidad de que una estructura pueda comportarse en todo su periodo de diseño, de acuerdo a lo establecido.

“(…) está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento; sin embargo, solicitudes

diferentes a las esperadas, como, por ejemplo, calidad de la construcción, condiciones climáticas extraordinarias, crecimiento excepcional del tráfico pesado mayor a lo previsto y otros factores, pueden reducir la vida útil prevista de un pavimento” (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014, pág. 133).

Cabe resaltar que la %R, no constituye un parámetro que pueda ingresar directamente a la correspondiente ecuación de diseño, debido a esto, según (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), debe emplearse un coeficiente estadístico, la Desviación Normal Estándar (Z_r). En este sentido, la Tabla 5 muestra los valores recomendados para todos los rangos de tráfico existentes.

Tabla 5
Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años)
según rango de tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
	T _{P15}	>30'000,000		95%

Fuente: Tomado del “Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, por (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

– **Coefficiente estadístico de desviación estándar normal (Z_r).**

El Z_r representa, de acuerdo a la (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), el valor que le corresponde a la confiabilidad seleccionada, para un grupo normal de datos en una distribución, se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6
Coefficiente estadístico de la desviación estándar normal (Z_r)

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_r)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T _{P4}	750 001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T _{P15}	>30'000,000		-1.645

Fuente: Tomado del "Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

– **Desviación estándar combinada (S_0).**

La R.D. N° 10-2014-MTC/14 (2014), comenta que S_0 forma parte de un valor que considera la variabilidad que corresponde a la predicción del tránsito y de factores secundarios, que tienen efecto en el comportamiento del pavimento. La Guía AASHTO menciona que debe de realizarse la adopción para los pavimentos flexibles, valores S_0 que se comprenden entre el 0.40 y 0.50 y el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), como recomendación da el valor de 0.45.

– **Índice de serviciabilidad presente (PSI).**

Acerca del PSI, la (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014) señala “es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad (...) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor (...)” (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014, pág. 158). Los valores del índice de serviciabilidad, pueden ser:

a. Serviciabilidad Inicial (P_i)

La Serviciabilidad inicial (P_i), de acuerdo a la (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014) es la condición que tiene una vía construida recientemente. Se puede observar en la *tabla 7* los índices iniciales para los distintos tipos de tránsito.

Tabla 7
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi), según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	3.80
	T _{P2}	300,001	500,000	3.80
	T _{P3}	500,001	750,000	3.80
	T _{P4}	750 001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.00
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.00
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.00
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.00
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.00
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.00
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.00
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.20
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.20
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.20
	T _{P15}	>30'000,000		4.20

Fuente: Tomado del "Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

b. Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)

La Serviciabilidad Terminal (Pt), como menciona la (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), es el requerimiento de una vía que logró la necesidad de ser reconstruida o rehabilitada. Se puede observar los índices de Serviciabilidad final para todos los tipos de tránsito en la *Tabla 8*.

Tabla 8
Índice de Serviciabilidad Final (Pt), según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	2.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	2.50
	TP9	7,500,001	10'000,000	2.50
	TP10	10'000,001	12'500,000	2.50
	TP11	12'500,001	15'000,000	2.50
	TP12	15'000,001	20'000,000	3.00
	TP13	20'000,001	25'000,000	3.00
	TP14	25'000,001	30'000,000	3.00
	TP15	>30'000,000		3.00

Fuente: “Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos” (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

d. Variación de Serviabilidad (Δ PSI)

De acuerdo a la (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), la variación de la serviabilidad (Δ PSI), representa a la diferencia de la serviabilidad final y la inicial asumida para el proyecto a desarrollar.

Tabla 9
Diferencial de Serviabilidad (Δ PSI), según rango de tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	1.80
	T _{P2}	300,001	500,000	1.80
	T _{P3}	500,001	750,000	1.80
	T _{P4}	750 001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	1.50
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	1.50
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	1.50
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	1.50
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	1.50
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	1.50
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	1.50
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	1.20
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	1.20
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	1.20
	T _{P15}	>30'000,000		1.20

Fuente: "Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

– **Número Estructural (SN)**

La (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), señala que, después de haberse procesado y obtenido, los datos deben ser aplicados en la ecuación de diseño, de este modo se obtiene el número estructural (SN), sobre este último, señala: “(...) representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de sub base, mediante el uso de los coeficientes estructurales” (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014, pág. 140) y para la obtener la conversión se tiene que emplear la ecuación mostrada a continuación:

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Donde:

- a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas: Superficial, base y sub base, de forma respectiva.
- d_1, d_2, a_3 = espesores (en centímetro) de las capas: Superficial, base y sub base, de forma respectiva.
- m_2, m_3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y sub base, de forma respectiva.

Como menciona la (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), la SN no posee una única solución, debido a esto existen diferentes combinaciones de espesores que dan soluciones satisfactorias. En este sentido, la selección de la alternativa de estructura de pavimento recaería en el criterio del ingeniero proyectista (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014). La Tabla 10 muestra los coeficientes estructurales para cada tipo de capa.

Tabla 10
Coefficientes estructurales de las capas del pavimento a_i

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm)	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	a_1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Micropavimento 25 mm	a_1	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehiculos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehiculos
(*) no se considerapor no tener aporte estructural			
BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 10'000,000$ EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $> 10'000,000$ EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a_{2b}	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a_{2c}	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
SUBBASE			
Subbase Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico

Fuente: "Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), menciona que la ecuación que corresponde a la SN, necesita de forma imperativa del coeficiente de drenaje de las capas granulares de las dos primeras capas. Este coeficiente tiene el fin de tomar en cuenta la influencia del drenaje en la estructura del pavimento, de la misma manera, el valor del coeficiente de drenaje se da por dos variables: (a) calidad del drenaje y (b) exposición a la saturación. La Tabla 11 muestra los valores correspondientes a la calidad de drenaje y los tiempos de evacuación del agua.

Tabla 11
Calidad del drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

Fuente: “Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos” (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 12
Valores recomendados del coeficiente de drenaje m_i para bases y sub bases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: “Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos” (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

b. Secciones de estructuras

Para determinar las secciones de estructuras, la (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), señala que se deben tener en consideración los espesores mínimos contemplados en la Tabla 13.

Tabla 13

Valores recomendados de espesores mínimos de capa superficial y base granular

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL	BASE GRANULAR
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 50mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 50mm	150 mm
	TP2	300,001	500,000	TSB, o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, o Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 60mm	150 mm
	TP3	500,001	750,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm	150 mm
	TP4	750 001	1,000,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
	TP6	1,500,001	3,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	TP7	3,000,001	5,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	TP8	5,000,001	7,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm	250 mm
	TP9	7,500,001	10'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm	250 mm
	TP10	10'000,001	12'500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm	250 mm
	TP11	12'500,001	15'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm	250 mm
	TP12	15'000,001	20'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm	250 mm
	TP13	20'000,001	25'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm

Fuente: "Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos" (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

2.3.2. Transitabilidad

A. Definición

El MTC (2013), define a la transitabilidad como el nivel de servicio que corresponde a la infraestructura vial que brinde garantía de un estado óptimo de la vía referida, permitiendo así, el regular flujo de vehículos durante un lapso determinado. Por su parte, Atarama (2015) la define como una situación, propia de la vía, de disponibilidad de uso. En este sentido, afirma lo siguiente:

“Demuestra que una carretera específica está disponible para su uso, es decir, que no ha sido cerrada al tránsito público por causas de emergencias viales que la hubieran cortado en algún o en algunos lugares del recorrido, como consecuencia de deterioros mayores causados por fuerzas de la naturaleza, tales como deslizamientos de materiales saturados de agua (...), desprendimiento de rocas, pérdidas de la plataforma de la carretera, erosiones causadas por ríos (...)” (Atarama, 2015, pág. 22).

Por otro lado, la Contraloría General de la República (2015), identifica tres posibles indicadores de la transitabilidad de una vía, estos son: (a) tiempo de viaje, (b) seguridad (muertos y heridos por vehículo/Km), y (c) confort (IRI). Cabe precisar que, para el presente estudio, se empleará el confort, medido mediante el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), como principal indicador de la transitabilidad.

B. Índice Internacional de Rugosidad (IRI)

Caro y Peña (2012) señalan que el IRI surge de la necesidad de unificación de los diferentes criterios de medición, enfocados en la regularidad superficial de las vías, conformando así, en la actualidad, uno de los parámetros empleados para medir el deterioro superficial de mayor aceptación (Caro & Peña, 2012). En cuanto a su definición, precisan lo siguiente:

“(…) acumulación del movimiento vertical que sufre la suspensión de una rueda (un cuarto de carro), cuando este recorre la superficie a una velocidad de referencia de 80 km/h. En este sentido, es un índice de comodidad de rodadura, y constituye el parámetro de la vía que percibe el usuario” (Caro & Peña, 2012, pág. 60)

– Modelo matemático.

Sayers y Karamihas (1986) señalan que el modelo matemático del IRI puede ser ilustrado como se muestra en la figura 8. **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** *Figura SEQ Figura * ARABIC 8. Modelo del cuarto de carro, representación de las masas suspendida y no suspendida.*

Fuente: “Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI)/Infraestructura Vial”, por Badilla (2009).

Donde:

- M_s = Masa suspendida
- C_s = Amortiguador
- K_s = Constante del resorte de la suspensión
- M_r = Masa no suspendida
- K_r = Constante del resorte de la rueda

$$IRI = \frac{1}{L} \int_0^{X/V} |Z_s - Z_r| dt$$

Donde:

- Z_r = Velocidad vertical de la masa del eje
- Z_s = Velocidad vertical de la masa del vehículo
- dt = Incremento de tiempo
- X/V = Tiempo que tarda el modelo en recorrer cierta distancia X
- L = Longitud del tramo

C. *Clasificación de vías según demanda*

(R. D. N° 03-2018-MTC/14, 2018)

- Autopistas de primera clase. “(...) carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo,

con control total de accesos (...) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada” (R. D. N° 03-2018-MTC/14, 2018, pág. 12).

- Carreteras de primera clase. “(...) estas carreteras se encuentran con un IMDA en el rango de 4000 y 2001 veh/día, su calzada de dos carriles debe de ser por lo menos de 3.60 m de ancho. Puede llegar a tener cruces o pasos vehiculares a nivel y se recomienda que en zonas urbanas cuente con puentes peatonales o por lo menos con dispositivos de seguridad vial permitiendo así velocidades de operación, con más seguridad. Debe de pavimentarse la superficie de las carreteras de primera clase” (R. D. N° 03-2018-MTC/14, 2018, pág. 12).
- Carreteras de segunda clase. “(...) carreteras con IMDA entre 2000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada” (R. D. N° 03-2018-MTC/14, 2018, pág. 12).
- Carreteras de tercera clase. “(...) carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura (...)” (R. D. N° 03-2018-MTC/14, 2018, pág. 12).

- Trochas carrozables. “(...) vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar” (R. D. N° 03-2018-MTC/14, 2018, pág. 13).

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1. Tipo, nivel de investigación y diseño

La investigación empleó una metodología de **tipo aplicada**. Sobre esta última, Arias (2012) comenta que se enfoca en la construcción, conocimiento y modificación de una determinada realidad problemática valiéndose de aportes teóricos y conceptuales preexistentes.

Por otra parte, debido a que se buscó referir la manera en la que el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mejora la transitabilidad; por lo que esta **investigación fue de nivel descriptivo**. Hernández, Fernández, y Baptista (2014) mencionaron que se enfoca en especificar las propiedades y características propias del objeto de estudio.

Por último, sobre el diseño empleado, se encontró dentro de los estudios no experimentales transversales descriptivos, los cuales, según Hernández et. al (2014), estudian solamente el o los fenómenos de interés, en un lapso específico, en ausencia de manipulación de los constructos. El diagrama es el siguiente:

$$M_1 \rightarrow O_1$$

Donde:

- M_1 = Muestra

- O_1 = Observación de M_1

3.2. Población de estudio

La población, según Monje (2011) es “un conjunto de elementos que cumplen con unas determinadas especificaciones” (p. 123), por lo que en la investigación se determinó que la población se conformó por las trochas carrozable del centro poblado de Huanchos del distrito de Paucarbamba, provincia de Churcampa, región de Huancavelica, con una longitud de 9.239 Km.

3.3. Tamaño de muestra

Se entiende por muestra, según Monje (2011) a “un conjunto de objetos y sujetos procedentes de una población; es decir un subgrupo de la población” (p. 123), este grupo fue elegido de forma no probabilístico debido a que Monje (2011) menciona que esta muestra “no depende del azar, los elementos se escogen de acuerdo a unas características definidas por el investigador o la investigación” (p. 125), por lo que se tomó como muestra a la totalidad del estudio, es decir a los 9.239 Km de la trocha carrozable.

3.4. Desarrollo de tema y/o técnica de recolección de datos

La observación y trabajo de campo fueron las técnicas empleadas. Por otro lado, en cuanto a los instrumentos pertinentes, se vio conveniente el uso de fichas de observación y tablas de recojo de datos.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DEL TEMA

4.1 Aspectos generales de la Investigación

En la presente investigación, el diseño de pavimento flexible será utilizando el tratamiento superficial bicapa para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica; Este estudio se obtiene de realizar una serie de procedimientos enmarcados en las normas del Ministerio de Transportes y comunicaciones y otros entes enmarcados dentro del Reglamento Nacional; el diseño se ha calculado para un periodo de 10 años, utilizando el método de diseño de AASHTO 93. Para realizar el diseño de pavimentos usando tratamiento superficial bicapa, se realizaron los siguientes estudios:

- Estudios topográficos
- Estudio de tráfico vial
- Estudio de mecánica de suelos
- Cálculo de diseño de pavimento flexible – tratamiento superficial bicapa

A. Ubicación política del proyecto

- a. Región : Huancavelica
- b. Provincia : Churcampa
- c. Distrito : Paucarbamba
- d. Localidad : Paucarbamba – Centro Poblado de Huanchos

B. Ubicación geográfica general del proyecto

Coordenadas geográficas:

Latitud : 12° 33' 0" Latitud Sur
Longitud : 74° 31' 45" Latitud Oeste
Altitud : 3408.00 msnm

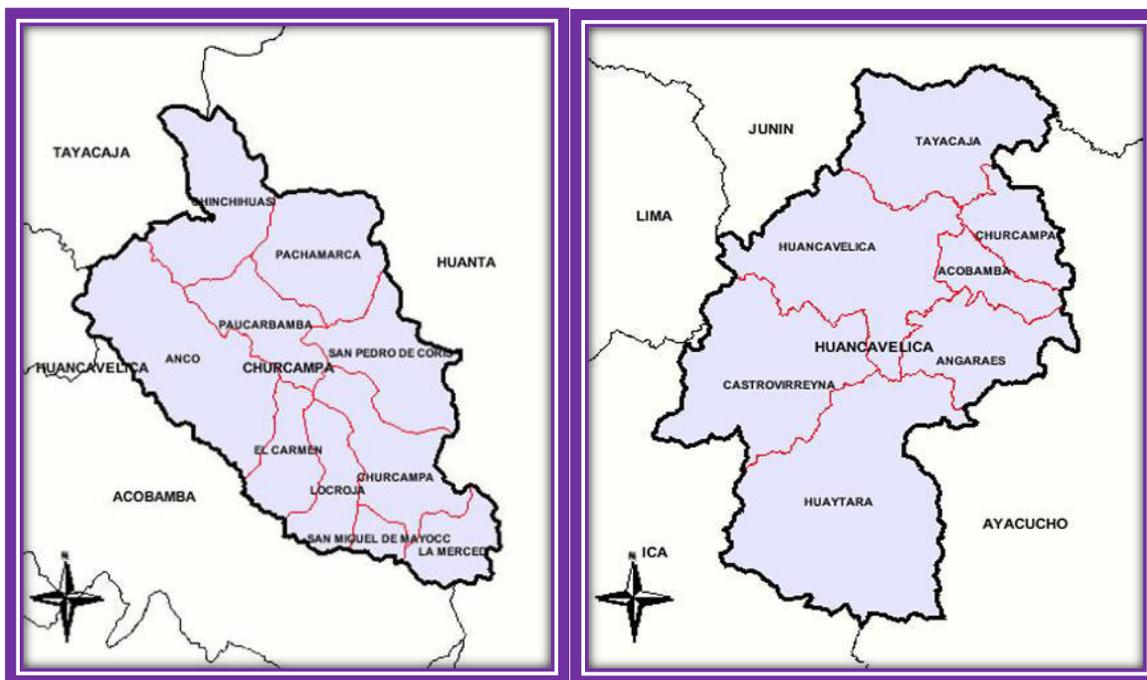
Coordenadas UTM del proyecto

Zona : 18L
Este : 550896 m
Norte : 8 612122 m

C. Clima:

Las características del clima en la zona del estudio varían según las estaciones del año, siendo por lo general un clima frío a templado, con una temperatura mínima media anual de 10° C, y la Temperatura máxima media anual es 21.9°C. La precipitación pluvial se produce muy irregularmente a lo largo del año, lo que define un periodo de sequía bien marcado entre los meses de mayo a noviembre, incrementándose el periodo de lluvias generalmente a partir de diciembre a abril. Según el SENAMHI La precipitación promedio efectiva al 75 % es de 65.64 mm/año, con una humedad relativa promedio del 75.86%.

Figura 9. Mapa de la región Huancavelica a la izquierda y mapa de la Provincia de Churcampa a la derecha.



Fuente: Mapa del Departamento de Huancavelica

C. Ubicación del proyecto de Investigación

El proyecto de Investigación, al ser un proyecto vial se encuentra ubicado dentro de las siguientes coordenadas:

PUNTO DE INICIO (DIST. PAUCARBAMBA)

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Latitud : 12° 33' 22.45" L. Sur

Longitud : 74° 32' 4.34" L. Oeste

Altitud : 3386.00 m.s.n.m.

COORDENADAS UTM

Este : 550568.80 m.

Norte : 8611906.80 m.

PUNTO DE FINAL (C.P. HUANCHOS)

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Latitud : 12° 31' 31.53" L. Sur
Longitud : 74° 33' 40.52" L. Oeste
Altitud : 3321.00 m.s.n.m.

COORDENADAS UTM

Este : 547667.6 m.
Norte : 8615305.2 m.

Así, en la siguiente imagen se puede apreciar el trazo de ejecución del proyecto propuesto para la presente investigación:

Fotografía 1. Vista Panorámica de la Trocha carrozable Paucarbamba – C.P. Huanchos (9.239 Km.)



Fuente: Google Earth

4.1.1. Estudio topográfico

Para todo estudio de proyectos viales es necesario e importante realizar los estudios topográficos; por lo tanto, para el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, mejorar la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica, se ha realizado los estudios topográficos a fin de conocer los detalles físicos, geológicos y geográficos de la vía en investigación; los mismos que, se desarrollaron de acuerdo al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018, aprobado con la Resolución Directoral N° 03-2018-MTC/14, obteniendo los siguientes resultados:

Distancia de la vía: 9.239 Km.

En la foto, se puede apreciar al investigador realizando personalmente el levantamiento topográfico:

Fotografía 2. Levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración Propia

En las fotografías se aprecia al investigador realizando el levantamiento topográfico en la progresiva 004+155

Fotografía 3. Levantamiento topográfico.



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 4. Levantamiento topográfico.



Fuente: Elaboración Propia

En las fotos siguientes se aprecia los trabajos de topografía en la progresiva 007+185, lo cual demuestra todo el trabajo de campo para la realización de la presente investigación.

Fotografía 5. Levantamiento topográfico.



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 6. Levantamiento topográfico.



Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Estudio de tráfico vial

En la presente tesis, el estudio de tráfico vial se realiza con la finalidad de cuantificar, clasificar y conocer con precisión la demanda de tráfico vial que existe en la vía de Paucarbamba – C.P. Huanchos, distrito de Paucarbamba, Provincia de Churcampa, región Huancavelica; con la cual planificar con precisión los estudios a realizarse, como los estudios de suelos (ensayos de laboratorio) y otros cálculos necesarios; asimismo, el estudio de tráfico vehicular es un elemento indispensable para la determinación de las características del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica. El desarrollo de este estudio contempla los siguientes:

- Evaluación del Tránsito Existente.
- Metodología de Trabajo de Campo.
- Trabajo de campo y resultados del conteo vehicular.
- Determinación del Índice Medio Diario Anual (IMDA).
- Análisis del Índice Medio Diario Anual (IMDA).
- Proyecciones de Tránsito Futuro.
- Cálculo de Ejes Equivalentes.

A. Evaluación del tránsito vehicular Existente

El tránsito vehicular actual en la vía departamental Paucarbamba – Huanchos, es fluido, debido a que esta vía es bastante utilizada por los transportistas del distrito de Paucarbamba para desplazarse hacia la ciudad de Huancayo; asimismo, utilizado por los transportista de los distritos de Chinchihuasi y Pachamarca, para desplazarse hacia del Distrito de Paucarbamba y la capital de la Región Huancavelica, para realizar sus actividades comerciales; de igual modo, esta vía es utilizada por los agricultores y ganaderos de los centros poblados, comunidades y anexos que une esta vía, para transportar sus productos hacia la capital de distrito de Paucarbamba y hacia la ciudad

de Huancayo. Esta vía por su importancia es utilizada por todo tipo de vehículos tales como: autos, camionetas, combis, camiones de carga, volquetes y otros vehículos pesados.

B. Metodología de trabajo de campo

La metodología se fundamentó en las observaciones que fueron realizadas en el área de investigación en medio del desarrollo de los estudios de tráfico vehicular, que consistieron básicamente en conteos de vehículos, para lo cual las actividades que han tenido que llevarse a cabo, para el desarrollo del estudio fueron la planificación, organización, ejecución y procesamiento; asimismo, antes de inicio de los trabajos de campo se desarrollaron los siguientes:

- Reconocimiento de campo

Para conocer la demanda del tránsito vehicular de la vía en estudio, primeramente, se realizó el recorrido de toda la vía, a lo largo de los 9.239 Km., para determinar las ubicaciones de las estaciones de conteo y clasificación de tránsito.

- Ubicación de las estaciones de conteo

Según el estudio previo y el tránsito vehicular generado a lo largo de 9.239 Km., se ha determinado realizar el estudio con 03 estaciones de conteo.

- Estación de Conteo (E-1), ubicado a la entrada hacia la capital del distrito de Paucarbamba, Km. 000+080 de la vía.
- Estación de Conteo (E-2), ubicado en el barrio Choccehuco - C.P. San Cristóbal de Ccocha Km. 004+860 de la vía.
- Estación de Conteo (E-3), ubicado a la entrada del Centro Poblado de Huanchos (final de la vía en estudio), Km. 009+239 de la vía.

C. Desarrollo de trabajo de campo y resultados de trabajos de campo

Esta labor se basó en la clasificación y el conteo vehicular, que se llevaron a cabo durante siete días consecutivos las 24 horas del día, simultáneamente en las tres estaciones de la vía, ubicadas en el Km. 000+080 (E-1), Km. 004+860 (E-2) y en el Km. 009+239 (E-3). El trabajo de campo se basó en el levantamiento de datos requeridos, anotándolos en los formatos correspondientes, para el conteo de tráfico vehicular, obteniendo la clasificación de conteo de vehículos promedio diario de las tres estaciones y posteriormente un promedio semanal.

Los trabajos de conteo vehicular se desarrollaron desde el día 02 al 08 de setiembre del 2019, en las 03 estaciones ubicadas en la vía, tal como se muestran en las fotografías.

En la fotografía 7, se aprecia el conteo de tráfico que debe de tenerse en cuenta para la realización de la presente tesis en la Estación de conteo N° 01.

Fotografía 7. Conteo Estación 01 (E-1).



Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, en las fotografías 8 y 9 podemos apreciar el conteo vehicular en las estaciones de conteo N° 02 y la estación de conteo N° 03. Cabe recalcar que las estaciones de conteo fueron estratégicamente ubicadas para obtener la cantidad real de los móviles que transitan por dicha ruta y evitar la no contabilización de los vehículos en referencia.

Fotografía 8. Conteo Estación 02 (E-2).



Fuente: Elaboración Propia

Fotografía 9. Conteo Estación 03 (E-3).



Fuente: Elaboración Propia

Así, luego de realizar el trabajo de campo procedemos a calcular el promedio diario del conteo vehicular de las tres estaciones de la vía en estudio, es decir el índice

medio diario (IMD) de ambos sentidos, que luego de ser procesados se obtienen la siguiente información:

Tabla 14

Resumen del promedio de conteo del día lunes 02 de setiembre del 2019

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TOTAL
				PICKUP	RURAL COMBI		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>>3S3	
TOTAL	E-S	52	36	34	23	0	0	0	25	6	3	0	0	0	0	179

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

Resumen del promedio de conteo del día Martes 03 de setiembre del 2019

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TOTAL
				PICKUP	RURAL COMBI		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>>3S3	
TOTAL	E-S	50	40	38	12	0	0	0	25	11	2	0	0	0	0	178

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16

Resumen del promedio de conteo del día Miércoles 04 de setiembre del 2019

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TOTAL
				PICKUP	RURAL COMBI		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>>3S3	
TOTAL	E-S	50	29	38	24	0	0	0	33	8	0	0	0	0	0	182

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17

Resumen del promedio de conteo del día Jueves 05 de setiembre del 2019

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TOTAL
				PICKUP	RURAL COMBI		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>>3S3	
TOTAL	E-S	45	26	44	23	0	0	0	36	10	1	0	0	0	0	185

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18

Resumen del promedio de conteo del día Viernes 06 de setiembre del 2019

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TOTAL
				PICKUP	RURAL COMBI		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>>3S3	
TOTAL	E-S	49	28	40	23	0	0	0	47	12	0	0	0	0	0	199

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19
Resumen del promedio de conteo del día Sábado 07 de setiembre del 2019

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TOTAL
				PICKUP	RURAL COMBI		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	
																
TOTAL	E-S	49	31	35	33	0	0	0	27	9	0	0	0	0	0	184

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20
Resumen del promedio de conteo del día Domingo 08 de setiembre del 2019

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TOTAL
				PICKUP	RURAL COMBI		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	
																
TOTAL	E-S	42	33	43	28	0	0	0	31	5	5	0	0	0	0	187

Fuente: Elaboración propia

Una vez concluido el trabajo de campo, se ha realizado una tabulación de datos, correspondiente a la labor del gabinete, datos procesados en Excel, los resúmenes de conteo de tráfico diario (formatos de resumen diario) de los dos sentidos, para conseguir el promedio del tráfico semanal (IMDS), que consiste en aplicar la fórmula siguiente:

$$IMDS = \sum Vi / 7$$

Donde: \sum

IMDS: Índice Medio Diario Semanal

Vi: Volumen Vehicular de cada uno de los 7 días del conteo vehicular.

Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 21
Índice Medio Diario Semanal (IMDS)

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TOTAL
				PICKUP	RURAL COMBI		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	
																
TOTAL	E-S	337	223	272	166	0	0	0	224	61	11	0	0	0	0	1294
% INCIDENCIA		26.04%	17.23%	21.02%	12.83%	0.00%	0.00%	0.00%	17.31%	4.71%	0.85%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
N° DIAS		7	7	7	7	0	0	0	7	7	7	0	0	0	0	7
IMDS		48	32	39	24	0	0	0	32	9	2	0	0	0	0	186

Fuente: Elaboración propia.

Del cuadro anterior se puede observar que el resultado del Índice Medio Diarios Semanal, es de: IMDS= 186 veh/día.

Según el tránsito vehicular diario de ambos sentidos, que existe en la vía de Paucarbamba hacia el Centro Poblado de Huanchos, se puede observar que el día viernes se registra la mayor cantidad de tránsito vehicular, con una cantidad promedio de 199 vehículos, entre los vehículos livianos y pesados; esto debido a que, todo los días viernes se realiza una feria en la capital del distrito de Paucarbamba y una feria ganadera en el anexo de Acos, lo cual genera mayor tránsito vehicular de la vía en estudio; asimismo, se observa que el día martes se registra la menor cantidad de tránsito vehicular, con una cantidad promedio de 178 vehículos, entre los vehículos livianos y pesados.

Para detallar mejor el tránsito vehicular diario, entre los vehículos livianos y pesados que se produce en la vía de Paucarbamba hacia el Centro Poblado de Huanchos, se muestra en la siguiente gráfica.

Figura 10. Gráfico del tránsito vehicular promedio semanal.



Fuente: Elaboración propia.

D. Determinación del índice medio diario anual (IMDA)

El Índice Medio Diario Anual (IMDA) es obtenido a partir del Índice Medio Diario Semanal (IMDS) de ambos sentidos multiplicado por el Factor de Corrección Estacional (FC), de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{IMDA} = \text{FC} \times \text{IMDS}$$

a. Factores de corrección estacional

El factor de corrección estacional se utiliza debido a que los volúmenes de tráfico varían cada mes debido a las estaciones del año, ocasionados por las épocas de cosecha, lluvias, ferias semanales, estaciones del año, vacaciones, festividades, etc., se requiere la afección de los valores conseguidos en un periodo, mediante un factor de corrección que lleve a los valores promedios diario anual.

Para esta investigación, dicho factor se consideró como el factor de corrección de peaje de Huacrapuquio (Huancayo – Junín), por ser el peaje más cercano a la vía en estudio. Para la determinación del Índice Medio Diario Anual (IMDA) de la investigación presente, se usó el factor de corrección promedio de los vehículos livianos y pesados

(2000 – 2014), última publicación realizado por la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancía (SUTRAN).

El resultado del Índice Medio Diario Anual (IMDA) se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 22
Cuadro de cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA)

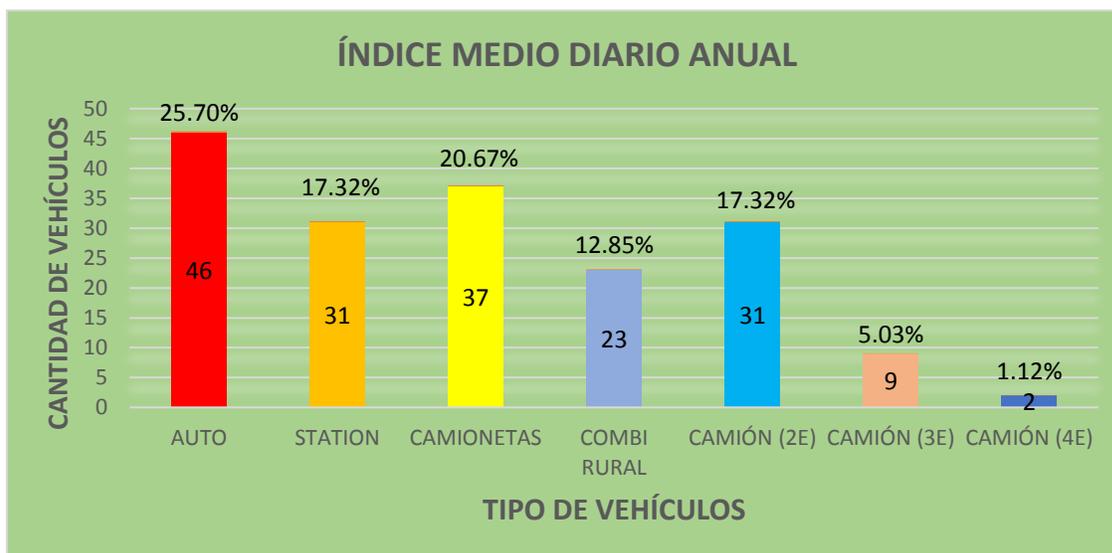
CALCULO DEL IMDA															
DESCRIPCION	AUTO	STATION	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				total
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	
CONTEO PROM. ESTACION N° 02	48	32	39	24	0	0	0	32	9	2	0	0	0	0	186
FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL - HUACRAPUQUIO	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	
IMDa	46	31	37	23	0	0	0	31	9	2	0	0	0	0	179

Fuente: Elaboración propia.

E. Análisis del índice medio diario anual (IMDA)

El índice medio diario anual (IMDA) del tránsito vehicular de la vía en estudio es de 179 vehículos por día, de los cuales se puede observar que la mayor cantidad de vehículos transitan autos, que representan el 25.70%, del total de vehículos y camionetas que representan el 20.67%, del total de vehículos; asimismo, se puede observar que, en menor cantidad transitan los camiones 4E, que representa el 1.12% y los camiones 3E que representa el 5.03%. Por lo tanto, según el análisis de la incidencia del tránsito vehicular, según la clasificación por tipo de vehículos, se observa que, en mayor cantidad transitan vehículos ligeros, que representan el 76.54%, del total del tránsito vehicular diario y los vehículos pesados solo transitan en un 23.46%, del total del tránsito vehicular diario, tal como se muestra en el gráfico y cuadro siguiente:

Figura 11. Gráfico del Índice Medio Diario Anual – IMDA.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 23
Índice Medio Diario Anual (IMDA) – clasificado por tipo de vehículos

VEHÍCULOS	CANTIDAD	CLASIFICADO POR TIPO DE VEHÍCULOS	CANTIDAD	PORCENTAJE
AUTO	46	LIVIANOS	137	76.54%
STATION	31			
CAMIONETAS	37			
COMBI RURAL	23			
CAMIÓN (2E)	31	PESADOS	42	23.46%
CAMIÓN (3E)	9			
CAMIÓN (4E)	2			
TOTAL	179		179	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

F. Proyecciones de tránsito futuro

Para el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, es importante saber el tránsito vehicular actual; así como, el incremento de tránsito que se espera en el futuro, para lo cual es necesario realizar la proyección del tránsito futuro.

El crecimiento del tránsito vehicular depende de la tasa de crecimiento de tránsito del tipo de vehículo, clasificado en vehículos livianos, vehículos pesados y vehículos pesados de carga; asimismo de la vida útil del pavimento.

a. Tasa anual de crecimiento de tránsito

Esta tasa tiende a depender al crecimiento socio – económico y la clasificación del tipo de vehículo; el porcentaje de crecimiento de los vehículos ligeros o de pasajeros está relacionado al crecimiento de la población y la tasa de crecimiento de los vehículos pesados se asocia al crecimiento económico expresado como Producto Bruto Interno (PBI), (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014); Asimismo, para la tasa de crecimiento de tránsito el Instituto Nacional de Estadística e Informática, ha publicado el 20 de febrero del 2020, índice nacional del flujo vehicular - diciembre 2019, el decir el crecimiento del flujo vehicular:

Tabla 24
Índice Nacional del Flujo Vehicular - Diciembre 2019

VARIABLE	PONDERACIÓN Año Base 2007=100,0)	Var. % 2019/2018 Diciembre
<u>Índice Nacional de Flujo Vehicular</u>	<u>100,0</u>	<u>3,9</u>
Índice del Flujo de Vehículos Pesados	55,6	2,3
Índice del Flujo de Vehículo Pesados de Carga	33,2	3,0
índice del Flujo de Vehículos Livianos	44,4	5,1

Fuente: Tomado del Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Para la proyección del tránsito vehicular se realiza con el cálculo de la siguiente formula:

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

T_n: Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

T_o: tránsito actual (año base o) en veh/día.

n: Número de años del periodo de diseño.

r: Tasa anual de crecimiento del tránsito.

La cantidad de años del periodo de diseño, tiende a referirse al año de diseño proyectado del pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para mejorar la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampá, Huancavelica, **que es de 10 años.**

i. Cálculo para vehículos pesados (camión 2e y camión 3e)

Datos:

T_n = ?

T_o = 40 veh/día

n = 10 Años

r = 2.36 % = 0.0236

$$T_n = 40 (1 + 0.0236)^{10-1}$$

T_n = 49.51

Significa que a los 10 años el tránsito vehicular de vehículos pesados (camión 2E y camión 3E) será de 50 vehículos por día.

ii. Cálculo para vehículos pesados de carga (camión 4e)

DATOS :

T_n = ?

$$T_0 = 2 \text{ veh/día}$$

$$n = 10 \text{ Años}$$

$$r = 3.00 \% = 0.03$$

$$T_n = 2 (1 + 0.03)^{10-1}$$

$$T_n = 1.69$$

Significa que a los 10 años el tránsito vehicular de vehículos pesados (camion 4E) se mantendrá de 2 vehículos por día.

iii. Cálculo para vehículos ligeros

Datos:

$$T_n = ?$$

$$T_0 = 137 \text{ veh/día}$$

$$n = 10 \text{ Años}$$

$$r = 5.10 \% = 0.051$$

$$T_n = 137 (1 + 0.051)^{10-1}$$

$$T_n = 224.29$$

Significa que a los 10 años el tránsito vehicular de vehículos livianos (autos, station Wagon, camionetas pickup y combis rurales, será de 224 vehículos por día.

Por lo tanto el tránsito vehicular total de la vía en estudio, se incrementará de 179 vehículos por día que es actualmente a 276 vehículos por día en el periodo de diez años.

G. Cálculo de ejes equivalentes (número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 Tn)

Para el cálculo de ejes equivalentes, se ha realizado de acuerdo a la Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con la R.D. N° 10-2014-MTC/14, norma que se encuentra vigente a la fecha.

El cálculo de ejes equivalentes, se ha realizado de acuerdo a la siguiente

Fórmula:

$$\mathbf{Nrep\ de\ EE\ 8.2Tn = \sum(EE_{día\ carril} \times Fca \times 365)}$$

Donde:

Nrep de EE 8.2Tn: Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 Tn, para un periodo de diseño, en el caso del presente estudio es de 10 años, considerando el diseño de pavimento mediante la metodología AASHTO 93.

EE_{día carril}: Eje equivalente por cada tipo de vehículo pesado por día para el carril de diseño.

Fca: Factor de Crecimiento Acumulado por cada tipo de vehículo pesado

365: Números de días del año

a. Cálculo de EE_{día carril}

Fórmula:

$$\mathbf{EE_{día\ carril} = IMDA \times Fd \times Fc \times Fvp \times Fp}$$

IMDA: El índice medio diario anual, de acuerdo al cálculo elaborado es de 179 vehículos por día.

FACTOR DIRECCIONAL (Fd): El factor direccional que se ha considerado para el presente estudio es de: **0.50**, según el cuadro 6.1 del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con la R.D. N° 10-2014-MTC/14.

Tabla 25

Factores de distribución de direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con la R.D. N° 10-2014-MTC/14.

FACTOR CARRIL (Fc): El Factor Carril que se ha considerado para el presente estudio es de **0.80** según el cuadro 6.1 del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con la R.D. N° 10-2014-MTC/14.

FACTOR VEHÍCULO PESADO (Fvp): El factor vehículo pesado, se ha calculado, según la composición de los ejes de vehículos: eje delantero y eje posterior, según el cuadro 6.3 del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con la R.D. N° 10-2014-MTC/14.; asimismo, de acuerdo a la **Tabla 3: Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para pavimentos flexible**, de la presente tesis.

b. *Cálculo del factor vehículo pesado (Fvp)*

1. AUTO

$$\text{EJE DELANTERO: EES1} = [P/6.6]^{4.0}$$

$$\text{EES1} = [1/6.6]^{4.0} = 0.000527017$$

$$\text{EJE POSTERIOR: EES1} = [P/6.6]^{4.0}$$

$$\text{EES1} = [1/6.6]^{4.0} = 0.000527017$$

2. ESTACION WAGON

$$\text{EJE DELANTERO: EES1} = [P/6.6]^{4.0}$$

$$\text{EES1} = [1/6.6]^{4.0} = 0.000527017$$

$$\text{EJE POSTERIOR: EES1} = [P/6.6]^{4.0}$$

$$\text{EES1} = [1/6.6]^{4.0} = 0.000527017$$

3. CAMIONETA PICKUP

$$\text{EJE DELANTERO: EES1} = [P/6.6]^{4.0}$$

$$\text{EES1} = [1/6.6]^{4.0} = 0.000527017$$

$$\text{EJE POSTERIOR: EES1} = [P/6.6]^{4.0}$$

$$\text{EES1} = [1/6.6]^{4.0} = 0.000527017$$

4. COMBI RURAL

$$\text{EJE DELANTERO: EES1} = [P/6.6]^{4.0}$$

$$\text{EES1} = [1/6.6]^{4.0} = 0.000527017$$

$$\text{EJE POSTERIOR: EES1} = [P/6.6]^{4.0}$$

$$\text{EES1} = [1/6.6]^{4.0} = 0.000527017$$

5. CAMIÓN E2

$$\text{EJE DELANTERO: EES1} = [P/6.6]^{4.0}$$

$$EES1 = [7/6.6]^{4.0} = 1.265366749$$

$$\text{EJE POSTERIOR: } EES2 = [P/8.2]^{4.0}$$

$$EES1 = [10/8.2]^{4.0} = 2.211793566$$

6. CAMIÓN E3

$$\text{EJE DELANTERO: } EES1 = [P/6.6]^{4.0}$$

$$EES1 = [7/6.6]^{4.0} = 1.265366749$$

$$\text{EJE POSTERIOR: } EETA2 = [P/15.1]^{4.0}$$

$$EETA2 = [16/15.1]^{4.0} = 1.260585019$$

7. CAMIÓN E4

$$\text{EJE DELANTERO: } EES1 = [P/6.6]^{4.0}$$

$$EES1 = [7/6.6]^{4.0} = 1.265366749$$

$$\text{EJE POSTERIOR: } EETR2 = [P/21.8]^{3.9}$$

$$EETR2 = [23/21.8]^{3.9} = 1.232418575$$

Tabla 26

Cuadro de cálculo de Factores de equivalencia de carga por eje y factor vehículo

SÍMBOLO	VEHÍCULO	DIAGRAMA	DESCRIPCIÓN	EJE DELANTERO	EJE POSTERIOR				TOTAL FACTOR VEHÍCULO PESADO
					Simple	Tandem	Tridem	4to. EJE	
LIGERO	AUTO		CARGA (TON)	1	1				
			F.EE.	0.000527017	0.000527017				0.001054033
LIGERO	STATION WAGON		CARGA (TON)	1	1				
			F.EE.	0.000527017	0.000527017				0.001054033
LIGERO	PICKUP		CARGA (TON)	1	1				
			F.EE.	0.000527017	0.000527017				0.001054033
LIGERO	COMBI RURL		CARGA (TON)	1	1				
			F.EE.	0.000527017	0.000527017				0.001054033
E2	CAMIÓN		CARGA (TON)	7	10				
			F.EE.	1.265366749	2.211793566				3.477160315
E3	CAMIÓN		CARGA (TON)	7		16			
			F.EE.	1.265366749		1.260585019			2.525951767
E4	CAMIÓN		CARGA (TON)	7			23		
			F.EE.	1.265366749			1.232418575		2.497785324

Fuente: Elaboración propia.

FACTOR DE PRESIÓN DE NEUMÁTICO (FP)

El factor de presión de neumático (Fp), es considerado el promedio hallado de las presiones de inflado de neumáticos, de acuerdo al tipo de vehículo y a la Presión de Contacto del Neumático (PCN), el 90% es considerado el promedio de las presiones, de acuerdo al tipo de vehículos. Para el estudio se ha calculado tomando en consideración el cuadro 6.3 del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con la R.D. N° 10-2014-MTC/14.

La presión de un neumático, normalmente es recomendado por el fabricante de la llanta, esta presión de llanta varía por tipo de vehículo, tipo de llanta, marca, número de aro, temperatura, etc. La presión de neumático se mide con un nanómetro.

Asimismo, el espesor de la capa de rodadura (mm) se ha considerado de 50 mm, debido a que el espesor de del pavimento flexibles, será menor a 5 Cm o 50 mm, por ser un pavimento de tratamiento superficial bicapa.

El resultado del **FACTOR DE PRESIÓN DE NEUMÁTICO (Fp)**, se ha calculado realizando una interpolación considerando el cuadro 6.13 del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección Suelos y Pavimentos, el resultado fue el siguiente:

Tabla 27
Factor de ajuste por presión de neumático (Fp) para Eje Equivalentes (EE)

Espeso de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psc PCN = 0.90x[Presión de inflado del neumático] (pai)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.30	1.80	2.13	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con la R.D. N° 10-2014-MTC/14.

Tabla 28
Cuadro de cálculo de Factor de Presión de Neumático (Fp)

DETALLE	Ligeros		Camionetas		Camiones		
	AUTO	STATION WAGON	PICKUP	RURAL COMBI	2C	3C	4C
							
Presión de Neumáticos promedio (Bar) aprox.	2.00	2.00	2.25	2.25	4.00	6.50	7.50
Presión de Neumáticos promedio (PSI) aprox.	29.01	29.01	32.63	32.63	58.02	94.27	108.78
PCN= 90% de Presión de inflado de neumático	26.11	26.11	29.37	29.37	52.21	84.85	97.90
Factor de Presión de Neumático (Fp), según tabla	1	1	1	1	1	1.15	1.70

Fuente: Elaboración propia.

FACTOR DE CRECIMIENTO ACUMULADO (Fca)

Este es calculado por cada vehículo y utilizando la siguiente formula:

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Dónde: r = Tasa anual de crecimiento

n = Periodo de diseño

n = 10 años

c. *Cálculo del factor crecimiento acumulado (Fca)*

1. **AUTO (r=5.10%)**

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+0.051)^{10}-1}{0.051} = 12.64$$

2. **ESTATION WAGON (r=5.10%)**

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+0.051)^{10}-1}{0.051} = 12.64$$

3. **CAMIONETA PICKUP (r=5.10%)**

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+0.051)^{10}-1}{0.051} = 12.64$$

4. **COMBI RURAL (r=5.10%)**

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+0.051)^{10}-1}{0.051} = 12.64$$

5. **CAMIÓN E2 (r=2.30%)**

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+0.023)^{10}-1}{0.023} = 11.10$$

6. **CAMIÓN E3 (r=2.30%)**

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+0.023)^{10}-1}{0.023} = 11.10$$

7. **CAMIÓN E4 (r=3.00%)**

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+0.03)^{10}-1}{0.03} = 11.46$$

d. *Cálculo de ejes equivalentes (ESALs)*

El eje equivalente (ESALs) total, según cálculo para un periodo de 10 años (2030) es de **231,558.12 EE ó 2.32E+005 EE.**

Todo el cálculo de ejes equivalentes (ESALs, se consolida mediante todo tipo de vehículos, para un periodo de 10 años se consolida en el siguiente cuadro:

Tabla 29
Cálculo de los Ejes Equivalentes (ESALs) consolidado por todo tipo de vehículos

DETALLE	AÑO DE CÁLCULO	Factor de crecimiento acumulado (Fca)	Ligeros		Camionetas		Factor de crecimiento acumulado (Fca)	Camiones		Factor de crecimiento acumulado (Fca)	Camión 4E	TOTAL	TOTAL EJES EQUIVALENTES (ESAL)
			AUTO	STATION WAGON	PICKUP	RURAL COMBI		2E	3E				
													
IMDa+B3:B6			46	31	37	23		31	9		2	179	
Factor Direccional (Fd)			0.50	0.50	0.50	0.50		0.50	0.50		0.50		
Factor Carril (Fc)			0.80	0.80	0.80	0.80		0.80	0.80		0.80		
Factor Vehículo Pesado (Fvp)			0.001054	0.001054	0.001054	0.001054		3.477160	2.525952		2.497785		
Factor de Presión de Neumático (Fp)			1	1	1	1		1	1.15		1.7		
Eje Equivalente por cada tipo de vehículo, por día para carril de diseño $(EE_{\text{día carril}}) = IMDa \times Fd \times Fc \times Fvp \times Fp$			0.019394	0.013070	0.015600	0.009697		43.116788	10.457440		3.396988		
Días del año			365	365	365	365		365	365		365		
Tasa anual de crecimiento de tránsito (r)		5.10%					2.30%			3.00%			
AÑOS													
2020	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00.E+00
2021	1	1.00	7.08	4.77	5.69	3.54	1.00	15,737.63	3,816.97	1.00	1,239.90	20,815.58	2.08.E+04
2022	2	2.05	14.52	9.78	11.68	7.26	2.02	31,837.22	7,721.72	2.03	2,517.00	42,119.18	4.21.E+04
2023	3	3.16	22.34	15.05	17.97	11.17	3.07	48,307.10	11,716.29	3.09	3,832.41	63,922.33	6.39.E+04
2024	4	4.32	30.56	20.59	24.58	15.28	4.14	65,155.80	15,802.73	4.18	5,187.28	86,236.81	8.62.E+04
2025	5	5.54	39.19	26.41	31.53	19.60	5.24	82,392.01	19,983.16	5.31	6,582.80	109,074.69	1.09.E+05
2026	6	6.82	48.27	32.53	38.83	24.14	6.36	100,024.65	24,259.73	6.47	8,020.19	132,448.33	1.32.E+05
2027	7	8.17	57.81	38.96	46.50	28.91	7.50	118,062.84	28,634.67	7.66	9,500.69	156,370.39	1.56.E+05
2028	8	9.58	67.84	45.72	54.57	33.92	8.67	136,515.92	33,110.24	8.89	11,025.61	180,853.81	1.81.E+05
2029	9	11.07	78.38	52.82	63.04	39.19	9.87	155,393.41	37,688.74	10.16	12,596.28	205,911.86	2.06.E+05
Nrep de EE 8.2Tn (2030) = $\sum [EE_{\text{día carril}} \times Fca \times 365]$	10	12.64	89.45	60.28	71.95	44.73	11.10	174,705.09	42,372.54	11.4638793	14,214.07	231,558.12	2.32.E+05

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Estudio de mecánica de suelos

Para el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, ha sido necesario conocer las características físicas mecánicas de los materiales de la Sub rasante, para lo cual se realizaron las excavaciones de pozos exploratorio o calicatas de 1.5 m de profundidad a cada 1 Km, de acuerdo al Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14.

*Tabla 30
Número de calicatas para la exploración de suelos*

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Fuente: Tomado del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con la R.D. N° 10-2014-MTC/14.

Para la vía en estudio se realizaron 10 calicatas tal como se detalla en las fotografías siguientes detalle:

Fotografía 10. Calicata C-1, progresiva: 000+030, Profundidad: 1.50 m.



Fuente: Propia

Fotografía 11. Calicata C-2, Progresiva: 001+000, Profundidad: 1.50 m.



Fuente: Propia

Fotografía 12. Calicata C-3, progresiva: 002+000, profundidad: 1.50 m.



Fuente: Propia

Fotografía 13. Calicata C-4, Progresiva: 003+000, profundidad: 1.50 m.



Fuente: Propia

Fotografía 14. Calicata C-5, Progresiva: 004+000, Profundidad: 1.50 m.



Fuente: Propia

Fotografía 15. Calicata C-6, Progresiva: 005+000, Profundidad: 1.50 m.



Fuente: Propia

Fotografía 16. Calicata C-7, Progresiva: 006+000, Profundidad: 1.50 m.



Fuente: Propia

Fotografía 17. Calicata C-8, Progresiva: 007+000, Profundidad: 1.50 m.



Fuente: Propia

Fotografía 18. Calicata C-9, Progresiva: 008+000, Profundidad: 1.50 m.



Fuente: Propia

Fotografía 19. Calicata C-10, Progresiva: 009+000, Profundidad: 1.50 m.



Fuente: Propia

A. Resultados de las características de la sub rasante

Las calicatas una vez extraídas, se llevaron a cabo en el laboratorio: C3 INGENIERÍA ESPECIALIZADA S.A.C, para su ensayo de laboratorio respectivo lo siguiente:

- ❖ Análisis granulométricos - Porcentaje que pasa la malla N° 200
- ❖ Límite líquido
- ❖ Límite plástico
- ❖ Índice de plasticidad
- ❖ Fracciones granulométricas
- ❖ Contenido de Humedad
- ❖ Clasificación SUCS
- ❖ Clasificación AASHTO
- ❖ Ensayo de Proctor Modificado
- ❖ Ensayo de C.B.R.

Por lo que se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 31
Reporte de ensayo de laboratorio – Análisis Granulométrico

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	UBICACIÓN (PROGRESIVA)	ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO												
				NTP 33.128												
				% QUE PASA												
				3 Pulg.	2 Pulg.	1 1/2 Pulg.	1 Pulg.	3/4 Pulg.	3/8 Pulg.	N° 4	N° 10	N° 20	N° 40	N° 60	N° 140	N° 200
C-1	M-1	1.50 M	000+030	100.0	91.2	85.4	76.6	65.0	56.2	53.1	47.2	44.0	38.2	29.4	25.5	21.4
C-2	M-1	1.50 M	001+000	100.0	85.9	76.5	69.4	60.0	52.9	42.4	37.6	35.0	30.3	23.3	20.2	19.0
C-3	M-1	1.50 M	002+000	100.0	97.8	87.6	78.7	69.7	62.9	52.8	48.3	41.6	37.1	30.3	21.3	19.7
C-4	M-1	1.50 M	003+000	100.0	100.0	93.7	85.3	72.6	63.2	53.7	49.5	43.2	34.7	28.4	24.2	17.9
C-5	M-1	1.50 M	004+000	100.0	95.8	89.5	81.1	68.4	58.4	48.4	43.7	37.4	32.1	27.9	24.7	22.6
C-6	M-1	1.50 M	005+000	100.0	95.8	88.9	80.5	67.9	57.9	47.4	43.2	36.8	31.6	27.4	24.2	22.1
C-7	M-1	1.50 M	006+000	100.0	100.0	93.1	89.7	79.3	62.9	45.7	38.8	37.1	34.5	31.0	25.9	22.4
C-8	M-1	1.50 M	007+000	100.0	100.0	93.5	87.8	77.2	61.8	45.5	39.0	32.5	30.1	26.8	22.0	20.3
C-9	M-1	1.50 M	008+000	100.0	100.0	93.5	87.8	77.2	67.5	52.8	46.3	39.8	31.7	28.5	23.6	20.3
C-10	M-1	1.50 M	009+000	100.0	85.7	79.4	73.8	67.5	57.9	43.7	37.3	31.0	27.8	24.6	19.8	18.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

Reporte de ensayo de laboratorio – Límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, fracciones granulométricas, contenido de humedad, clasificación de SUCS, clasificación AASHTO

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	UBICACIÓN (PROGRESIVA)	ENSAYO PARA DETERMINAR LÍMITE LÍQUIDO, PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS (NTP 339.129)			FRACCIONES GRANULOMETRICAS			CONTENIDAD DE HUMEDAD (NTP 339.127)	CLASIFICACIÓN SUCS (NTP 339.134)		CLASIFICACIÓN AASHTO (NTP 339.135)
				LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTECIDAD	% GRAVA	% ARENA	% FINOS	% HUMEDAD	SÍMBOLO	NOMBRE	
C-1	M-1	1.50 M	000+030	30	25	5	46.9	31.7	21.4	4.8	GM	Grava limosa con arena	A-1-b (0)
C-2	M-1	1.50 M	001+000	31	26	25	57.6	23.4	19	5.2	GM	Grava limosa con arena	A-1-b (0)
C-3	M-1	1.50 M	002+000	31	27	4	47.2	33.1	19.7	6.6	GM	Grava limosa con arena	A-1-b (0)
C-4	M-1	1.50 M	003+000	30	24	6	46.3	35.8	17.9	6.2	GM	Grava limosa con arena	A-1-b (0)
C-5	M-1	1.50 M	004+000	32	28	4	51.6	25.8	22.6	7.4	GM	Grava limosa con arena	A-1-b (0)
C-6	M-1	1.50 M	005+000	31	24	7	52.6	25.3	22.1	8.4	GM	Grava limosa con arena	A-1-b (0)
C-7	M-1	1.50 M	006+000	30	23	7	54.3	23.3	22.4	9.1	GM	Grava limosa con arena	A-1-b (0)
C-8	M-1	1.50 M	007+000	30	25	5	54.5	25.2	20.3	8.5	GM	Grava limosa con arena	A-1-b (0)
C-9	M-1	1.50 M	008+000	31	25	6	47.2	32.5	20.3	7.1	GM	Grava limosa con arena	A-1-b (0)
C-10	M-1	1.50 M	009+000	32	24	8	56.3	25.4	18.3	6.8	GM	Grava limosa con arena	A-1-b (0)

Fuente: Elaboración propia

❖ **REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CLASIFICACIÓN SUCS**

La clasificación SUCS, según el informe de laboratorio de mecánica de suelos, realizado por la empresa C3 Ingeniería Especializada S.A.C., el suelo de toda la vía Paucarbamba – C.P. Huanchos, es casi uniforme con las mismas características, clasificado según la NTP 339.134, clasificación SUCS, como un suelo Grava limosa con arena (GM), que tiene un promedio de toda las calicatas, con características de suelo: 51.45% de Grava, 28.15% de arena y 20.4% de finos; asimismo, según el ensayo granulométrico, más del 50% se retuvo en malla N° 200 (0.075 mm), que son características de suelos granulares, tal como se puede observar en la tabla N° 31.

❖ **REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO - CLASIFICACIÓN AASHTO**

La Clasificación AASHTO, según el informe de laboratorio de mecánica de suelos, realizado por la empresa C3 Ingeniería Especializada S.A.C., el suelo de toda la vía Paucarbamba – C.P. Huanchos, se encuentra clasificado según la NTP 339.135 como A-1-b (0), que significa que la subrasante, contiene bastante material grueso, con suelos buenos en condiciones de buen drenaje y adecuada compactación; asimismo, el índice de grupo de cero (0), indica un “buen” material de subrasante.

Tabla 33

Reporte de Ensayo de Laboratorio – Ensayo de Proctor Modificado (N.T.P. 339.175) Método de Ensayo Tipo “C”

CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	UBICACIÓN (PROGRESIVA)	MÁXIMA DENSIDAD SECA	ÓPTIMO CONTENIDAD DE HUMEDAD
				g/cm ³	% HUMEDAD
C-1	M-1	1.50 M	000+030	2.183	7.4
C-2	M-1	1.50 M	001+000	2.045	7.5
C-3	M-1	1.50 M	002+000	2.142	9.3
C-4	M-1	1.50 M	003+000	2.146	9.2
C-5	M-1	1.50 M	004+000	2.164	7.3
C-6	M-1	1.50 M	005+000	2.153	7.0
C-7	M-1	1.50 M	006+000	2.172	8.9
C-8	M-1	1.50 M	007+000	2.178	8.4
C-9	M-1	1.50 M	008+000	2.167	6.9
C-10	M-1	1.50 M	009+000	2.154	7.4

Fuente: Elaboración propia

❖ **ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO – MÉTODO DE ENSAYO TIPO “C”**

El ensayo realizado para Proctor modificado, fue el método de ensayo tipo “C”, debido a que las muestras de las calicatas de la subrasante son de tipo de suelo granular; porque, el método de ensayo de tipo “C”, se realiza la compactación con un molde de 152.4 mm (6 pulg) de diámetro y es el material pasante del tamiz $\frac{3}{4}$ pulg. (19.0 mm), 5 capas, 56 golpes por capa; asimismo, más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz $\frac{3}{8}$ pulg. (9.53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ pulg. (19,0 mm)

Tabla 34

Reporte de Ensayo de Laboratorio – Método de Ensayo Normalizado In Situ para CBR (California Bearing Ratio – Relación Valor Soporte de Suelos) N.T.P. 339.175

N°	CALICATA	UBICACIÓN (PROGRESIVA)	LADO	DATOS		CBR	
				MUESTRA	PROFUNDIDAD	100% MDS	95% MDS
1	C-1	000+030	D	M-1	1.50 M	58.2%	34.8%
2	C-2	001+000	D	M-1	1.50 M	56.2%	33.7%
3	C-3	002+000	D	M-1	1.50 M	48.2%	28.9%
4	C-4	003+000	D	M-1	1.50 M	45.2%	30.1%
5	C-5	004+000	D	M-1	1.50 M	51.7%	29.8%
6	C-6	005+000	D	M-1	1.50 M	50.4%	35.7%
7	C-7	006+000	D	M-1	1.50 M	42.1%	28.3%
8	C-8	007+000	D	M-1	1.50 M	45.2%	30.4%
9	C-9	008+000	D	M-1	1.50 M	51.7%	37.2%
10	C-10	009+000	D	M-1	1.50 M	48.7%	34.2%

Fuente: Elaboración propia

a. Cálculo de CALIFORNIA BEARING RATIO – relación valor soporte de suelos (C.B.R.) de diseño

Para el presente estudio se ha calculado mediante dos métodos:

i. MÉTODO AASTHO

El CBR de diseño mediante la metodología AASTHO, se obtiene del promedio de todo los C.B.R. al 95% de la Máxima Densidad Seca (M.D.S.) de los 10 ensayos de laboratorio, cuyo resultado es la siguiente:

$$C.B.R. = \frac{34.8 + 33.70 + 28.90 + 30.10 + 29.80 + 35.70 + 28.30 + 30.40 + 37.20 + 34.20}{10}$$

C.B.R. DE DISEÑO = 32.31 %

ii. MÉTODO DEL INSTITUTO DE ASFALTO

El CBR de diseño mediante la metodología del Instituto de Asfalto, se obtiene del menor promedio; para lo cual primero se ordena los C.B.R de mayor a menor, luego se enumera a todos, en caso que tengan el mismo C.B.R., se coloca la misma numeración y se calcula el porcentaje al número correlativo entre el número de repeticiones, tal como se muestra en la Tabla 35 siguiente:

*Tabla 35
Cálculo de C.B.R. de Diseño - Método del Instituto de Asfalto*

N°	CALICATA	UBICACIÓN (PROGRESIVA)	C.B.R.	CALCULO DE CBR DE DISEÑO		
			95% MDS	C.B.R. DE MAYOR A MENOR	ORDEN	% PROGRESIVO
1	C-1	000+030	34.80%	37.20%	1	10.00%
2	C-2	001+000	33.70%	35.70%	2	20.00%
3	C-3	002+000	28.90%	34.80%	3	30.00%
4	C-4	003+000	30.10%	34.20%	4	40.00%
5	C-5	004+000	29.80%	33.70%	5	50.00%
6	C-6	005+000	35.70%	30.40%	6	60.00%
7	C-7	006+000	28.30%	30.10%	7	70.00%
8	C-8	007+000	30.40%	29.80%	8	80.00%
9	C-9	008+000	37.20%	28.90%	9	90.00%
10	C-10	009+000	34.20%	28.30%	10	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Luego, se selecciona al C.B.R. que corresponde de acuerdo al siguiente cuadro, que el Instituto de Asfalto, da para seleccionar:

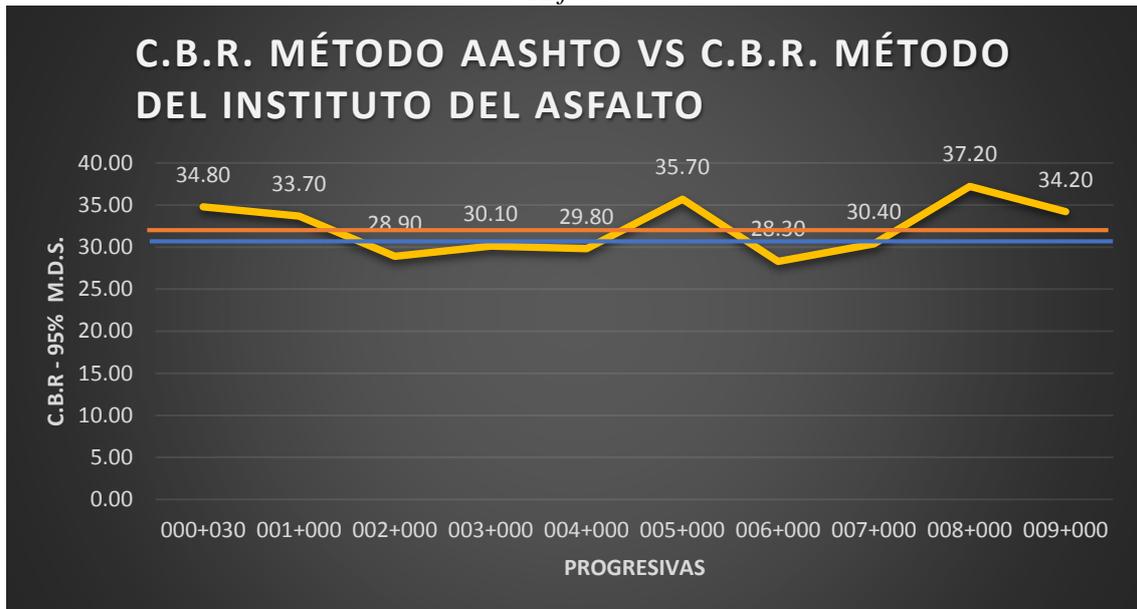
*Tabla 36
C.B.R. seleccionada*

TIPO DE TRÁNSITO	% A CONSIDERAR
ALTO	87.50%
MEDIO	75.00%
BAJO	60.00%

Para nuestro diseño corresponde un tránsito bajo; por lo tanto, el 60% corresponde al **C.B.R. 30.40%**, que será nuestro **C.B.R. de diseño** mediante este método.

LEYENDA: - - - - - C.B.R. METODO AASHTO
 - - - - - C.B.R. METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

Figura 12. Diagrama Comparativo del C.B.R. Método AASHTO VS C.B.R del Instituto de Asfalto.



Elaboración propia.

Para el presente estudio se ha tomado el **C.B.R. de diseño de 30.40%**, calculado por el método del Instituto de Asfalto, por ser menor porcentaje de C.B.R., la cual nos garantizará un mejor diseño de estructura del pavimento flexible a nivel de tratamiento superficial bicapa.

4.1.4. Cálculo de diseño de pavimento flexible – tratamiento superficial bicapa

El diseño estructural de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampá, Huancavelica, y el dimensionamiento de las secciones de pavimento, se realiza mediante la metodología “AASHTO Guide for Design of Pavement Structures” (1993); debido a que, la carga de tráfico vehicular impuesto al pavimento y las especificaciones de la sub rasante, influye en el cálculo de diseño estructural de cualquier pavimento,

tal como señala el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14; Por lo que, la metodología AASHTO 93, para los cálculos de diseño estructural toma en consideración el valor de C.B.R. (California Bearing Ratio) de la sub rasante, número de ejes equivalentes, con la que se determina de numero estructural requerido (SNR). El fin del modelo AASHTO, es hallar el cálculo de la cantidad estructural que se necesita, de acuerdo al cual, se identifican y determinen un conjunto de espesores para cada una de las capas de la estructura del pavimento, estas deben de construirse encima de la sub rasante para el soporte de las cargas vehiculares con un servicio aceptable en medio del periodo de diseño(R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014).

La ecuación para el diseño de la estructura de un pavimento flexible, de acuerdo a la guía de AASHTO 93 es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right) + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}}$$

Para calcular el diseño de estructura del pavimento flexible - tratamiento superficial bicapa se obtenido los siguientes datos:

A. Periodo de diseño

El periodo para diseñar un pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para mejorar la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica, será de **10 años.**

B. W18

Es la cantidad acumulada de ejes simples equivalente a 18000 lb (18 KN) para el periodo de diseño, conocido también como **ESALs**, para nuestro estudio ha sido calculado en el estudio de tráfico del presente trabajo, la misma que asciende a **231,558.12 EE ó 2.32E+05 EE.**

C. Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Z_r)

Es el valor de confiabilidad, el mismo que se ha seleccionado del Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14 de acuerdo al volumen de tránsito que se refleja en ejes equivalentes (**231,558.12 EE**), para el cálculo del Z_r . Se ha considerado tomando en cuenta la Tabla 6: Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal (Z_r):

$$\mathbf{Z_r = -0.524}$$

D. Desviación estándar combinada (S_o)

Es el valor que engloba a la variabilidad que se espera para predecir el tránsito y los otros factores que tienen influencia en el comportamiento del pavimento. El método AASHTO, recomienda la adopción para los pavimentos flexibles, valores de S_o que se comprenden entre 0.40 y 0.50, para los diseños de pavimento flexible recomienda tomar el valor de 0.45 (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014).

Por lo tanto, para nuestro diseño de pavimento flexible se toma el valor de:

$$\mathbf{S_o = 0.4.}$$

E. Serviciabilidad inicial (P_i)

Es una condición vial construida recientemente. El Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14, especifica los cuadros de valores según a los diferentes tipos de tráfico:

$$\mathbf{P_i = 3.80}$$

F. Serviciabilidad final o terminal (P_t)

Es el requerimiento de la vía que requiere de rehabilitación o reconstrucción (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014). El Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14, detalla los cuadros de valores de acuerdo a los diferentes tipos de tráfico. Por lo tanto, se tomó el valor de:

$$Pt = 2.00$$

G. Variación de serviciabilidad (ΔPSI)

Es la diferencia entre la serviciabilidad inicial y terminal. Por lo tanto, según la tabla N° 09 de la presente tesis se tomó el valor de:

$$\Delta PSI = 1.80$$

H. Módulo de resiliencia (MR)

Es un tipo de medida de rigidez del suelo de sub rasante, para el cálculo de este, debe de determinarse a través de un ensayo de resiliencia determinado según las recomendaciones de AASHTO (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014).

Para el presente estudio se ha calculado el módulo de resiliencia de acuerdo a la formula siguiente:

$$MR (PSI) = 2555 \times CBR^{0.64}$$

DATOS:

$$C.B.R. \text{ DE DISEÑO} = 30.40\%$$

Calculado por el método del Instituto de Asfalto

CÁLCULO:

$$MR (PSI) = 2555 \times 30.40^{0.64}$$

$$MR (PSI) = 22,721.13$$

$$MR (KSI) = 22.72$$

I. Confiabilidad ($\%R$)

La confiabilidad representa a la probabilidad que cierta estructura se comporte, durante su periodo de diseño previsto. La metodología de AASHTO, recomienda valores de niveles de confiabilidad para diferentes rangos de tráfico (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014).

Para el estudio tomando en consideración el tráfico que existe en la vía capital del distrito de Paucarbamba – Centro Poblado de Huanchos, se **ha tomado el nivel de confiabilidad (R) de 70%**, de acuerdo a la tabla N° 05 de la presente tesis.

J. Número estructural propuesto (SNR)

El número estructural requerido consiste en procesar los datos y se aplica a la ecuación de diseño AASHTO, la cual halla el valor. El número estructural de pueda hallar de dos formas:

a. UTILIZANDO LA FÓRMULA AASHTO

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

$$\log_{10}(231558.12) = -0.524 \times 0.45 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{1.80}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(22.72) - 8.07$$

$$SN = SNR = 1.54$$

c. UTILIZANDO EL SOFTWARE AASHTO

Existe un Software, para un cálculo más rápido del Numero Estructural Requerido, que consiste en la introducción de datos ya calculados y solo realizar un click en calcular y automáticamente se calculará el Numero Estructural Requerido. El resultado del cálculo: SN = 1.54.

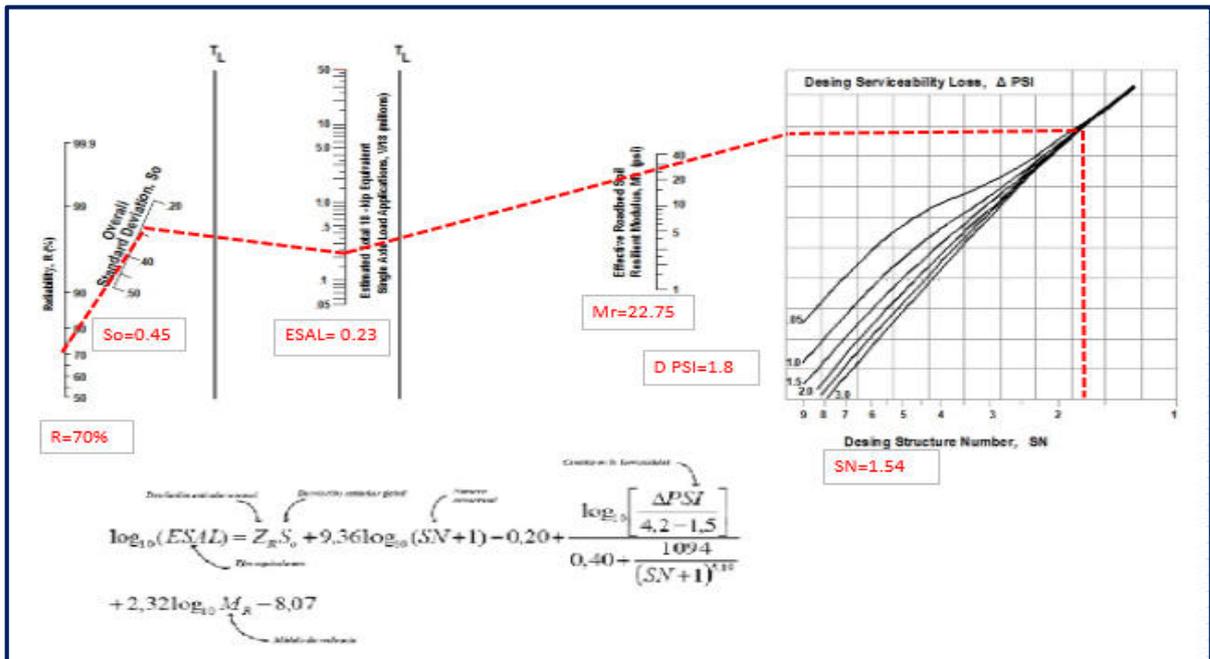
Figura 13. Cálculo de número estructural mediante software.



Tomado de "Software de cálculo de ecuación AASHTO 93".

d. Utilizando el Abaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles

Figura 14. Cálculo de Número Estructural mediante Abaco de diseño AASHTO.



Adaptado del Ábaco de diseño AASHTO.

e. Cálculo de espesores

Los espesores de las capas: capa de rodadura asfáltica, de base y sub base se calculan, a través del empleo de los valores estructurales, obtenidos de la aplicación la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Donde:

a1, a2, a3 = Coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y sub base, respectivamente.

d1, d2, d3 = Espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y sub base, respectivamente.

m2, m3 = Coeficientes de drenaje para las capas de base y sub base respectivamente.

Según AASHTO, la ecuación SN tiene varias soluciones, en otras palabras, cuenta con varias combinaciones de espesores de cada capa brindando una solución satisfactoria. Se debe de analizar el comportamiento de las opciones de estructuras de pavimento seleccionadas, de modo que, pueda decidirse por la mejor alternativa, en base al tránsito que debe de soportar la calzada (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014).

El Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, considera los valores de los coeficientes estructurales siguientes:

m2, m3: Para el caso de drenaje de acuerdo al lugar del proyecto, se ha tomado el valor de 1.00: Valores recomendados del coeficiente de drenaje m_i para bases y sub bases granulares no tratadas en pavimentos flexibles.

a1, a2, a3: Para el caso de los coeficientes estructurales de las capas del pavimento, para un pavimento flexible de tratamiento superficial bicapa del proyecto planteado, se ha considerado de acuerdo a la tabla 10: Coeficientes estructurales de las capas del pavimento a_i .

DATOS PARA EL CÁLCULO

$$SNR = 1.54$$

$$a_1 = 0 \text{ (No se considera porque no tiene aporte estructural)}$$

$$a_2 = 0.052 / \text{Cm (Coeficiente estructural de base granular)}$$

$$a_3 = 0.047 / \text{Cm (Coeficiente estructural de sub base granular)}$$

$$m_2 = 1.00 \text{ (Coeficiente de drenaje de capa base granular)}$$

$$m_3 = 1.00 \text{ (Coeficiente de drenaje de capa sub base granular)}$$

$$d_1 = ? \text{ (Espesor (en centímetros) de la capa superficial de tratamiento superficial bicapa)}$$

$$d_2 = ? \text{ (Espesor (en centímetros) de la capa base granular)}$$

$$d_3 = ? \text{ (Espesor (en centímetros) de la capa sub base granular)}$$

Tabla 37
Resultado de Espesores de Capas Propuesto – alternativa 01

SN(REQUERIDO)	SN(RESULTADO)	DATOS DE CÁLCULO		
1.54	1.66	a1	a2	a3
		0.00	0.052	0.047
		d1	d2	d3
		Capa de tratamiento superficial bicapa (Propuesto)	Capa de Base Granular (Propuesto)	Capa de Sub Base Granular (Propuesto)
		2.50 cm	32.00 cm	0.00 cm
			m2	m3
	1.00	1.00		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38
Resultado de Espesores de Capas Propuesto – alternativa 02

SN(REQUERIDO)	SN(RESULTADO)	DATOS DE CÁLCULO		
1.54	1.56	a1	a2	a3
		0.00	0.052	0.047
		d1	d2	d3
		Capa de tratamiento superficial bicapa (Propuesto)	Capa de Base Granular (Propuesto)	Capa de Sub Base Granular (Propuesto)
		2.50 cm	21.00 cm	10.00 cm
			m2	m3
	1.00	1.00		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39
Resultado de Espesores de Capas Propuesto – alternativa 03

SN(REQUERIDO)	SN(RESULTADO)	DATOS DE CÁLCULO		
1.54	1.77	a1	a2	a3
		0.00	0.052	0.047
		d1	d2	d3
		Espesor de la Capa de tratamiento superficial bicapa (Propuesto)	Espesor de la Capa Base Granular (Propuesto)	Espesor de la Capa Sub Base Granular (Propuesto)
		2.50 cm	25.00 cm	10.00 cm
			m2	m3
	1.00	1.00		

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Para el desarrollo de la presente investigación, luego de haber realizado una metodología de trabajo de análisis integral para la obtención de resultados, es preciso señalar que el diseño de pavimentos flexibles, son mayormente influenciados por dos parámetros básicos: *Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento y las características de la sub rasante* sobre la que se asienta el pavimento de acuerdo a (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014); así como, el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018 y plantear el diseño de pavimento flexible usando el tratamiento superficial bicapa, mediante la metodología de diseño AASHTO 93.

Luego de haber realizado todo el procedimiento de trabajo de investigación se llega a tener los siguientes resultados e interpretarlos en el siguiente orden:

- ✓ El estudio de tráfico vehicular se ha realizado durante 7 días consecutivos, las 24 horas del día, con la finalidad cuantificar, clasificar y conocer con precisión la demanda de tráfico vial que existe en la vía de Paucarbamba – C.P. Huanchos, distrito de Paucarbamba, Provincia de Churcampá, región Huancavelica; para lo cual, se ha ubicado 03 estaciones de conteo: 1.- Estación de Conteo (E-1), ubicado a la entrada hacia la capital del distrito de Paucarbamba, Km. 000+080 de la vía; 2.-

Estación de Conteo (E-2), ubicado en el barrio Choccechuco - C.P. San Cristóbal de Ccocha Km. 004+860 de la vía; 3.- Estación de Conteo (E-3), ubicado a la entrada del Centro Poblado de Huanchos (final de la vía en estudio), Km. 009+239 de la vía; previo análisis y cálculos de datos, el índice medio diario anual (IMDA) del tránsito vehicular de la vía en estudio, es de 179 vehículos por día, de los cuales el 76.54% de vehículos, transitan vehículos ligeros (Autos, camionetas y otros) y el 23.46% de vehículos, transitan vehículos pesados (camiones 3E y camiones 4E). El eje equivalente (ESALs) total, según cálculo realizado y consolidado por todo tipo de vehículos para un periodo de 10 años (2020- 2030) es de **231,558.12 EE ó 2.32E+005 EE.**

- ✓ El estudio de mecánica de suelos, se realizaron mediante excavaciones de pozos exploratorio o calicatas de 1.5 m de profundidad a cada 1 Km, de acuerdo al Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14, los mismos que fueron llevados al laboratorio para su ensayo respectivo (C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C), cuyos resultados de las características de la sub rasante de toda la vía en estudio es uniforme: Grava limosa con arena - GM (clasificación SUCS), según clasificación AASHTO A-1-b (0); asimismo, la vía presenta: Porcentaje de humedad promedio de 7.01%, porcentaje promedio de grava de 51.45%, porcentaje promedio de arena de 28.15%, porcentaje promedio de finos de 20.4%, Límite líquido promedio de 30.8, Límite Plástico promedio de 25.1, Índice de Plasticidad Promedio de 5.7 y según el ensayo de análisis granulométrico se verifica que, el porcentaje promedio que pasa la malla 200 es de 20.4%.

- ✓ Los estudios topográficos de la vía en estudio se realizaron de todo el tramo de la vía Paucarbamba – C.P. Huanchos (distancia de la vía: 9.239 Km.), con la finalidad de conocer la situación actual de la trocha carrozable, las características físicas, geográficas y geológicas de la vía

en estudio, los mismos que se desarrollaron de acuerdo al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018, aprobado con la Resolución Directoral N° 03-2018-MTC/14

La vía en estudio se puede evidenciar que se encuentra en pésimas condiciones de transitabilidad, debido a la falta de mantenimiento vial permanente, verificándose presencia de un sinnúmero de grietas, baches y desniveles, tal como se muestra en las fotografías siguientes:

Fotografía 20. Fotografía de la situación de la carretera (Km. 1+297 - Km. 1+476)



Fuente: Propia

Fotografía 21. Fotografía de la situación de la carretera (Km. 2+416)



Fuente: Propia

Fotografía 22 Fotografía de la situación de la carretera (Km. 3+116).



Fuente: Propia

Fotografía 23. Fotografía de la situación de la carretera (Km. 4+435)



Fuente: Propia

- ✓ El Ensayo de Relación de Soporte de California - CBR (California Bearing Ratio) de diseño, se ha calculado según el Método del Instituto de Asfalto, debido a que según este cálculo al 95% de la Máxima Densidad Seca (M.D.S.) es de 30.40%, menor que el cálculo realizado por el método AASHTO, cuyo resultado es de CBR al 95% de la Máxima Densidad Seca (M.D.S.) es de 32.31%, asimismo, se ha tomado el CBR más bajo, debido a que el CBR cuantifica la capacidad de resistencia de la sub rasante; que significa que garantizará un mejor diseño de estructura del pavimento flexible a nivel de tratamiento superficial bicapa.

- ✓ El cálculo de diseño de pavimento flexible usando el tratamiento superficial bicapa, se ha realizado de acuerdo al Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14, aplicando la metodología de AASHTO 93; así como, para el cálculo del número estructural se ha usado el Software AASHTO, cuyo resultado es de: $SN = SNR = 1.54$.
- ✓ El cálculo de espesores se ha realizado de acuerdo al Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14, utilizando la fórmula $SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$, para lo cual se ha propuesto 03 alternativas, posibles según la fórmula y considerando los lineamientos del manual señalado.

5.1.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De los resultados obtenidos en esta investigación donde se realizaron los procesos de trabajo integrales y teniendo en cuenta los estudios topográficos de la vía en estudio, se realizaron de todo el tramo de la vía Paucarbamba – C.P. Huanchos, en la cual se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ Según el estudio de tráfico vehicular realizado de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica, el Índice Medio Diario Anual (IMDA), el tránsito vehicular es de 179 vehículos por día y el Eje Equivalente (ESALs) total, según cálculo realizado y consolidado por todo tipo de vehículos para un periodo de 10 años (2020- 2030) es de 231,558.12 EE ó 2.32E+005 EE; sin embargo este resultado puede variar, debido a que una vez construido el pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, aumentará el tránsito vehicular y no necesariamente de acuerdo a los factores de crecimiento acumulado (Fca) para el periodo considerado de 10 años; por lo

tanto, si éste incremento es bastante considerable, podría variar el Eje equivalente y el diseño del pavimento flexible usando el tratamiento superficial bicapa planteado, que probablemente podría presentar fallas en la estructura del pavimento.

- ✓ Según el estudio de mecánica de suelos para diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, se ha realizado una calicata por cada kilómetro, tal como señala el cuadro 4.1: Número de calicatas para exploración de suelos del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con la R.D. N° 10-2014-MTC/14 ; obteniendo como resultado de toda la vía Paucarbamba – Huanchos, una sub rasante uniforme, que según clasificación SUCS es: Grava Limosa con Arena – GM; sin embargo en los tramos del Km. 002+580 al Km. 002+660 y del Km. 5+180 al Km. 5+320, se aprecia que, el tipo de suelo es arcillo, que probablemente se necesite un mejoramiento de suelo a nivel de sub rasante, para evitar las fallas posteriores en la estructura del pavimento.

- ✓ Según el resultado de Ensayo de Relación de Soporte de California - CBR (California Bearing Ratio) de diseño utilizado, para el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica, al 95% de la Máxima Densidad Seca (M.D.S.) es de 30.40%, calculado según el Método del Instituto de Asfalto; sin embargo es necesario realizar un nuevo Ensayo de Relación de Soporte de California - CBR (California Bearing Ratio) en los tramos del Km. 002+580 al Km. 002+660 y del Km. 5+180 al Km. 5+320, para verificar el tipo de suelo.

- ✓ Según la determinación de los espesores de la estructura del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica, se ha propuesto los espesores siguientes:
Número Estructural = 1.66
Espesor de Sub Base Granular = 0.00 Cm.

Espesor de Base Granular = 32.00 Cm.

Espesor del Pavimento Flexible Tratamiento Superficial Bicapa = 2.50 Cm.

Debido a que concuerda con la propuesta de los espesores señalado en el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14.

Sin embargo, esta propuesta no es definitiva, pudiendo tomarse la segunda propuesta que se aproxima más al Número Estructural Requerido (SNR = 1.54), que, según el cálculo, el Número Estructural es de 1.56, con los espesores siguientes:

Espesor de Sub Base Granular = 10.00 Cm.

Espesor de Base Granular = 21.00 Cm.

Espesor del Pavimento Flexible Tratamiento Superficial Bicapa = 2.50 Cm.

Quedando descartado la propuesta de la alternativa 3, debido a que según, el cálculo realizado, el Número Estructural es de 1.77, la misma que difiere demasiado del Número Estructural Requerido (SNR = 1.54).

5.2 PRUEBA DE HIPÓTESIS

5.2.1 HIPOTESIS GENERAL

El diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante el método AASHTO 93 (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), mejora significativamente la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba – Centro Poblado de Huanchos – Churcampa – Huancavelica.

Existe relación directa entre las variables de estudio, pues el diseño de Pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa y la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba – Centro Poblado de Huanchos – Churcampa – Huancavelica, mejora significativamente las condiciones de tránsito.

La aplicación de este método AAHTO 93 para el cálculo de los espesores del pavimento flexible usando el tratamiento superficial bicapa que refleja una correlación directa; es decir diseño de Pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mejora la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo mencionado.

5.2.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS

- ✓ En la hipótesis específica N° 01; se señala que:

El análisis de la demanda del tránsito vehicular de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba – Centro Poblado de Huanchos – Churcampa – Huancavelica, determinará los cálculos del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante el método AASHTO 93.

Podemos apreciar que existe relación directa entre El análisis de la demanda del tránsito vehicular de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba – Centro Poblado de Huanchos – Churcampa – Huancavelica, pues sí determina el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante el método AASHTO 93, debido que con estos datos se ha calculado el Índice Medio Diario Anual (IMDA), luego el Eje Equivalente (EE) y el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa.

Por lo mencionado existe relación directa entre estas dos variables analizadas y calculadas en la muestra que es la Trocha Carrozable tramo Paucarbamba - Chonta (9.239 Km.)

- ✓ En la hipótesis específica N° 02; se señala que:

El estudio de mecánica de suelos, garantizará realizar un buen diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el

mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.

Existe relación directa entre el estudio de mecánica de suelos, pues si garantiza realizar un buen diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica; debido que, con estos datos se determina el CBR; para el proyecto en estudio se ha utilizado el Método del Instituto de Asfalto el CBR al 95% de la Máxima Densidad Seca (M.D.S.), cuyo resultado fue de 30.40%, el mismo que se ha utilizado el Módulo de Resiliencia (MR) y forma parte del cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa.

- ✓ En la hipótesis específica N° 03; se señala que:

El CBR de diseño adecuado para el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante la metodología AASHTO 93, garantiza la duración de las condiciones de transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.

Según el resultado de Ensayo de Relación de Soporte de California - CBR (California Bearing Ratio) de diseño utilizado, para el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica, al 95% de la Máxima Densidad Seca (M.D.S.) es de 30.40%, calculado según el Método del Instituto de Asfalto; sin embargo es necesario realizar un nuevo Ensayo de Relación de Soporte de California - CBR (California Bearing Ratio) en los tramos del Km. 002+580 al Km. 002+660 y del Km. 5+180 al Km. 5+320, para verificar el tipo de suelo.

Existe relación directa entre el CBR de diseño adecuado para el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa

mediante la metodología AASHTO 93 pues sí garantiza la duración de las condiciones de transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.

- ✓ En la hipótesis específica N° 04; se señala que:

Los espesores de la estructura del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, garantizará la duración del pavimento flexible de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.

Según Los resultados se pudo determinar los espesores de la estructura del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica, se ha propuesto los espesores siguientes:

Número Estructural = 1.66

Espesor de Sub Base Granular = 0.00 Cm.

Espesor de Base Granular = 32.00 Cm.

Espesor del Pavimento Flexible Tratamiento Superficial Bicapa = 2.50 Cm.

Debido a que concuerda con la propuesta de los espesores señalado en el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14.

Existe relación directa entre los espesores de la estructura del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, pues sí garantizará la duración del pavimento flexible de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos durante un periodo de 10 años; debido a que los espesores fueron calculados tomando en consideración estrictamente, El Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14.

5.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados concluyentes fueron los siguientes:

El CBR de diseño utilizado fue calculado por el Método del Instituto de Asfalto, con el resultado de CBR 95% de la Máxima Densidad Seca (M.D.S.), cuyo resultado fue de 30.40%; debido a comparación del CBR mediante la metodología AASHTO, que considera el CBR de diseño promedio calculado fue de 32.31%, es menor; por lo que garantizará la duración del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa.

Para el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante la metodología AASHTO 93, se ha analizado y considerado estrictamente, El Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14; considerado el CBR obtenido, se plantea el siguiente diseño:

SN(REQUERIDO)	SN(RESULTADO)	DATOS DE CÁLCULO		
1.54	1.66	a1	a2	a3
		0.00	0.052	0.047
		d1	d2	d3
		Capa de tratamiento superficial bicapa (Propuesto)	Capa de Base Granular (Propuesto)	Capa de Sub Base Granular (Propuesto)
		2.50 cm	32.00 cm	0.00 cm
			m2	m3
	1.00	1.00		

Fuente: Elaboración propia

Así, se puede apreciar y detallar los siguientes resultados de acuerdo a cada objetivo propuesto de acuerdo al presente proyecto de investigación:

- ✓ En la presente investigación se tuvo Objetivo N° 01 y se obtuvo que según el estudio de tráfico vehicular realizado de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica, el Índice Medio Diario Anual (IMDA) del tránsito vehicular es de 179 vehículos por día y el Eje Equivalente (ESALs) total, según cálculo realizado y consolidado por todo tipo de vehículos para un periodo de 10 años (2020- 2030) es de 231,558.12 EE ó 2.32E+005 EE; sin embargo, este resultado puede variar, debido a que, una vez

construido el pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, aumentará el tránsito vehicular y no necesariamente de acuerdo a los factores de crecimiento acumulado (Fca) para el periodo considerado de 10 años; por lo tanto, si éste incremento es bastante considerable, podría variar el Eje equivalente y el diseño del pavimento flexible usando el tratamiento superficial bicapa planteado, que probablemente podría presentar fallas en la estructura del pavimento.

- ✓ En la presente investigación se tuvo Objetivo N° 02, y según el estudio de mecánica de suelos para el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, se ha realizado una calicata por cada kilómetro, tal como señala el cuadro 4.1: Número de calicatas para exploración de suelos del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con la R.D. N° 10-2014-MTC/14 ; obteniendo como resultado de toda la vía Paucarbamba – Huanchos, una sub rasante uniforme, que según clasificación SUCS es: Grava Limosa con Arena – GM; sin embargo en los tramos del Km. 002+580 al Km. 002+660 y del Km. 5+180 al Km. 5+320, se aprecia que, el tipo de suelo es arcillo, que probablemente se necesite un mejoramiento de suelo a nivel de sub rasante, para evitar las fallas posteriores en la estructura del pavimento.

- ✓ En la presente investigación se tuvo Objetivo N° 03, y así el resultado de Ensayo de Relación de Soporte de California - CBR (California Bearing Ratio) de diseño utilizado, para el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica, al 95% de la Máxima Densidad Seca (M.D.S.) es de 30.40%, calculado según el Método del Instituto de Asfalto; sin embargo es necesario realizar un nuevo Ensayo de Relación de Soporte de California - CBR (California Bearing Ratio) en los tramos del Km. 002+580 al Km. 002+660 y del Km. 5+180 al Km. 5+320, para verificar el tipo de suelo.

- ✓ En la presente investigación se tuvo Objetivo N° 04, y según la determinación de los espesores de la estructura del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica, se ha conseguido calcular los espesores siguientes:

Número Estructural = 1.66, Espesor de Sub Base Granular = 0.00 Cm; Espesor de Base Granular = 32.00 Cm., Espesor del Pavimento Flexible Tratamiento Superficial Bicapa = 2.50 Cm.

Debido a que concuerda con la propuesta de los espesores señalado en el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14.

Sin embargo, esta propuesta no es definitiva, pudiendo tomarse la segunda propuesta que se aproxima más al Número Estructural Requerido (SNR = 1.54), que, según el cálculo, el Número Estructural es de 1.56, con los espesores siguientes:

Espesor de Sub Base Granular = 10.00 Cm.

Espesor de Base Granular = 21.00 Cm.

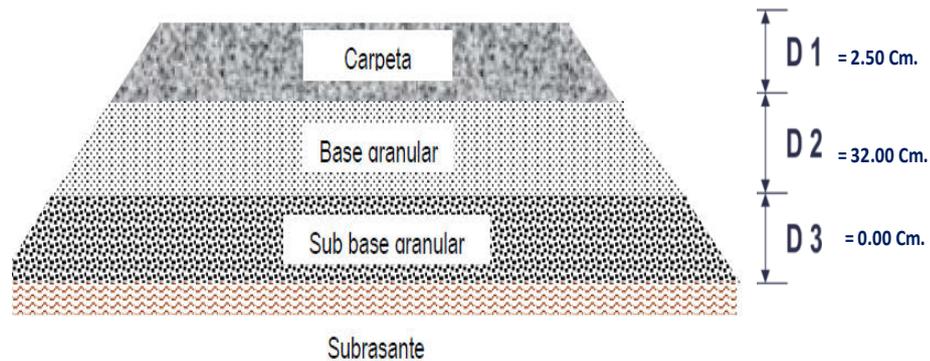
Espesor del Pavimento Flexible Tratamiento Superficial Bicapa = 2.50 Cm.

Quedando descartado la propuesta de la alternativa 3, debido a que según, el cálculo realizado, el Número Estructural es de 1.77, la misma que difiere demasiado del Número Estructural Requerido (SNR = 1.54).

CONCLUSIONES

1. El estudio de tráfico vehicular, se ha realizado a partir del trabajo de campo, a través del conteo de tránsito vehicular en tres estaciones, con la cual se ha realizado el cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA) que es de 179 vehículos por día y el Eje Equivalente (EE), para un periodo de 10 años (2020- 2030), fue de 231,558.12 EE ó 2.32E+005 EE.
2. El estudio de mecánica de suelos para diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampá, Huancavelica; nos da a conocer las características de suelo que presenta la vía; así como, el CBR de diseño. Para la vía en estudio el CBR de diseño utilizado fue calculado por el Método del Instituto de Asfalto, con el resultado de CBR 95% de la Máxima Densidad Seca (M.D.S.), cuyo resultado fue de 30.40%; debido a comparación del CBR mediante la metodología AASHTO, que considera el CBR de diseño promedio calculado fue de 32.31%; por lo tanto, se ha tomado el CBR menor; debido a que, garantizará la duración del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa. El CBR indicado significa que, el material de la sub rasante de todo el tramo de la vía es buena; con clasificación SUCS: Grava Limosa con Arena (GM), clasificación AASHTO: A-1-b (0) y óptimo contenido de humedad (% Humedad) promedio de toda la vía de 7.93%.
3. El Ensayo de Relación de Soporte de California - CBR (California Bearing Ratio) de diseño, se ha calculado según el Método del Instituto de Asfalto, debido a que según este cálculo al 95% de la Máxima Densidad Seca (M.D.S.) es de 30.40%, menor que el cálculo realizado por el método AASHTO, cuyo resultado es de CBR al 95% de la Máxima Densidad Seca (M.D.S.) es de 32.31%, asimismo, se ha tomado el CBR más bajo, debido a que el CBR cuantifica la capacidad de resistencia de la sub rasante; que significa que garantizará un mejor diseño de estructura del pavimento flexible a nivel de tratamiento superficial bicapa.

4. En la presente tesis, los espesores fueron calculados considerando el uso de los coeficientes estructurales señalados en el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14., la propuesta de espesores de capas es la siguiente:



5. Los estudios topográficos se desarrollaron de acuerdo al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018, aprobado con la Resolución Directoral N° 03-2018-MTC/14, donde se conocieron las características físicas, geográficas, geológicas, pendientes de la carretera y el estado de transitabilidad actual de la vía; asimismo, según los estudios topográfico, la vía en estudio tiene una longitud de 9.239 Km.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que el análisis de la demanda de tránsito y las proyecciones de las cargas de tráfico sean calculados tomando en cuenta el IMDA (Índice Medio Diario Anual) de cada clase de vehículos pesados, las cargas por cada tipo de eje (simples, tándem, trídem), las tasas de crecimiento anual y el tráfico generado de acuerdo con el Estudio de Tráfico.
2. En este tipo de Proyectos, el estudio de mecánica de suelos es esencial y se recomienda, que se debe tener un cuidado especial en este ratio, por lo que es necesario conocer el perfil del subsuelo, el que nos proporcionará la información acerca de la clase de suelos y rocas existentes y nos indicara la profundidad a la que se encuentran las aguas subterráneas, así como el espesor de las diferentes capas que conforman el subsuelo.
3. Se recomienda que, el ensayo CBR se emplee para evaluar la capacidad portante de terrenos compactados; por lo que, se recomienda mostrar los datos de compactación, humedad, densidad, hinchamiento y absorción en los estudios realizados en el laboratorio.
4. La calidad y los espesores de las capas del pavimento están íntimamente relacionados con los materiales de las capas inferiores y las características del tránsito. Con estos dos parámetros se debe estructurar el pavimento, utilizando materiales disponibles en canteras seleccionadas cercanas. Por lo que se recomienda tener la importancia debida a estos dos factores y ubicar las canteras mejor dispuestas.
5. Se recomienda que para este tipo de estudios se tenga en cuenta un estudio topográfico detallado para poder determinar las secciones y pendientes mínimas de acuerdo al reglamento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (1993). *AASHTO guide for design of pavement structures*. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Aguilar, A. (2005). *Mejoramiento de la carretera Vinzos - Chuquicara a nivel de tratamiento superficial Bicapa*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- AMIVTAC. (2012). *Pavimentos Rígidos y Flexibles, Ventajas y Desventajas*. México: Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de investigación: Guía para su elaboración*. Caracas: Episteme.
- Atarama, E. (2015). *Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo PROES*. Piura: Universidad de Piura.
- Austrroads. (2006). *Update of the Austrroads Sprayed Seal Design Method*. Sydney: Austrroads Technical Report.
- Badilla, G. (2009). Determinación de la regularidad superficial del pavimento, mediante el cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI). *Infraestructura Vial*, 30.
- CAF. (2010). *Soluciones e innovaciones tecnológicas de mejoramiento de vías de bajo tránsito*. Colombia: Corporación Andina de Fomento.
- Campagnoli, S. (2017). Innovación en métodos de pavimentación: casos regionales. *Revista de Ingeniería de la Universidad de Los Andes*, 22-31.
- Caparachin, L. (2018). *Aplicación de la bicapa para reducir el ciclo de mantenimiento en la vía de Huancabamba, Pozuzo de la Región Pasco, 2018*. Lima : Universidad César Vallejo.
- Caro, F., & Peña, G. (2012). Análisis y criterios para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en vías urbanas colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica. *Intekhnia*, 57-72.
- Civil 21. (28 de Enero de 2019). *Diseño bicapa*. Obtenido de Civil 21 Web site: <http://www.civil21.com/2013/07/disenio-bicapa.html>
- Cóndor, J. (2016). *Tratamiento superficial bicapa con emulsión asfáltica de la carretera Valle Yacus provincia de Jauja, región Junín 2015*. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.
- Contraloría General de la República. (2015). *Auditoría de Desempeño al servicio de mantenimiento de caminos vecinales*. Lima: Departamento de Auditoría de Desempeño.

- Coyago, G. (2015). *Evaluación de un tratamiento superficial bituminoso con emulsión asfáltica como alternativa de mantenimiento en vías arteriales del Ecuador*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Cuchillo, O. (28 de Enero de 2019). *Guía para el tratamiento superficial de carreteras*. Obtenido de Civilgeeks Web site: <https://civilgeeks.com/2015/06/29/guia-tratamiento-superficial-carreteras/>
- Decreto Supremo N° 017-2007-MTC. (2007). *Reglamento de Jerarquización*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- DUNCOR . (28 de Enero de 2016). *Double Surface Treatment*. Obtenido de DUNCOR Web site: <http://duncor.ca/surface-treatments/road-surface-treatment/>
- Ezague, A. (28 de Enero de 2019). *Tratamientos superficiales*. Obtenido de Ezague Web site: http://ezague.com/tratamientos_superficiales.html
- Guadarrama, P. (2008). *Fundamentos filosóficos y epistemológicos de la investigación* . Santiago de Chile: Archivo Chile .
- Hernández, J., Rosales, K., & Trigueros, W. (2016). *Metodología para el diseño y construcción de tratamientos superficiales dobles para caminos de bajo volumen de tránsito mediante los métodos de la dimensión mínima promedio y TEXAS DOT en El Salvador*. El Salvador: Universidad de El Salvador.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). México: McGrawHill.
- Herra, L. (2017). Tratamientos superficiales como alternativa en rutas de lastre. *Programa de Infraestructura del Transporte*, 1-22.
- Macharé, P. (2019). *Diseño de pavimentos con alternativas de mezcla asfáltica en caliente y tratamiento superficial bicapa en la vía de evitamiento de la ciudad de Jaén*. Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- MEF . (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras* . Lima: Ministerio de Economía y Finanzas .
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (24 de Enero de 2019). *Mapa vial del distrito de Paucarbamba, provincia de Churcampá, departamento de Huancavelica*. Obtenido de MTC Web site: http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/Mapas%20Distritales/Huancavelica/HV_090507%20PAUCARBAMBA.pdf

- MTC. (2013). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MTC. (2013). *Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- Municipalidad Distrital de Paucarbamba. (24 de Enero de 2019). *Distrito de Paucarbamba*. Obtenido de Municipalidad Distrital de Paucarbamba Web site: https://www.peru.gob.pe/Nuevo_Portal_Municipal/portales/Municipalidades/861/entidad/pm_municipalidad.asp
- Pando, R. (2017). *Mantenimiento y mejoramiento con tratamiento superficial bicapa en vías departamentales JU109 – tramo Acopalca – abra Acopalca – Huancayo – Junín – 2017*. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.
- Poveda, M., Bernal, F., & Marín, A. (2014). *Diseño de un pavimento para la estructura vial, de la vía conocida como “El kilómetro 19”, desde el k2+000 al k2+500, que comunica a los municipios de Chipaque - Une, en el departamento de Cundinamarca*. Universidad Católica de Colombia : Bogotá.
- R. D. N° 03-2018-MTC/14. (2018). *Manual de carreteras: diseño geométrico DG – 2018*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- R.D. N° 10-2014-MTC/14. (2014). *Manual de carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- R.D. N° 17-2015-MTC/14. (2015). *Resumen ejecutivo inventario básico red vial departamental*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Rivera, C. (2017). *Evaluación del tratamiento superficial bicapa a nivel de ejecución, de la obra mejoramiento de la ruta M-100, Bagua-La Peca; del circuito vial II, Amazonas*. Jaén: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Rivera, J. (5 de Diciembre de 2015). *La red vial es imprescindible para el desarrollo y crecimiento de un país*. Obtenido de Universidad de Piura Web site: <http://udep.edu.pe/hoy/2015/la-red-vial-es-imprescindible-para-el-desarrollo-y-crecimiento-de-un-pais/>
- SATCC. (2003). *Guideline Low - Volume sealed roads*. South Africa: Southern Africa Transport and Communications Commission.
- Sayers, M., & Karamihas, S. (1986). Interpretation of Road Roughness Profile Data Federal Highway Administration Report FHWARD/RD-96/101. *Word Bank Technical Paper*, 177.

- Sotil, A. (2014). Propuesta de sistema de gestión de pavimentos para municipalidades y gobiernos locales. *Revista Infraestructura Vial*, 13-24.
- Ticona, W. (2017). *Tratamiento Superficiales de Pavimentos*. Moquegua: Universidad José Carlos Mariátegui.
- Torres, B. (2017). *Diseño para el mejoramiento de la carretera, tramo Uchubamba – Yamán, distrito de Chugay, provincia de Sánchez Carrión, departamento La Libertad*. Trujillo: Universidad César Vallejo.
- Ulloa, A. (2011). Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico. *Métodos y Materiales*, 39-50.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE USANDO TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD DE LA TROCHA CARROZABLE DEL TRAMO DE PAUCARBAMBA - CENTRO POBLADO DE HUANCHOS, CHURCAMP, HUANCVELICA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
PRINCIPAL ¿Cómo realizar el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica?	GENERAL Realizar el diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica	GENERAL El diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante el método AASHTO 93 (R.D. N° 10-2014-MTC/14, 2014), mejora la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos - Churcampa - Huancavelica.	INDEPENDIENTE X = Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa DEPENDIENTE Y = Mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.	TIPO DE INVESTIGACION: Aplicada NIVEL DE INVESTIGACION: Descriptivo DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN No experimental transversal descriptivo
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICOS	INDEPENDIENTE X = Análisis de la demanda del tránsito vehicular de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos - Churcampa - Huancavelica. DEPENDIENTE Y = Determina los cálculos del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante el método AASHTO 93.	POBLACIÓN Toda vía de la Trocha Carrozable tramo Paucarbamba - Chonta MUESTRA Trocha Carrozable tramo Paucarbamba Chonta (9.239 Km.)
¿Cuál es el análisis de la demanda del tránsito vehicular de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica?	Determinar la demanda del tránsito vehicular de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.	El análisis de la demanda del tránsito vehicular de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos - Churcampa - Huancavelica, determinará los cálculos del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante el método AASHTO 93.	INDEPENDIENTE X = Estudio de mecánica de suelos DEPENDIENTE Y = Realizar un buen diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa.	FUENTES Municipalidad Distrital de Paucarbamba, Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones del Gobierno Regional Huancavelica y el Ministerio de Transporte y Comunicaciones
¿Cómo realizar el estudio de mecánica de suelos para diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica?	Realizar el estudio de mecánica de suelos para diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.	El estudio de mecánica de suelos, garantizará realizar un buen diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.	INDEPENDIENTE X = Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa mediante la metodología AASHTO 93, garantiza la duración de las condiciones de transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica. DEPENDIENTE Y = Mejora las condiciones de transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.	
¿Cómo determinar el CBR de diseño adecuado para el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica?	Determinar el CBR de diseño adecuado para el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica, mediante la metodología AASHTO 93.	El CBR de diseño adecuado para el cálculo de diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, garantiza la duración del pavimento flexible de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.	INDEPENDIENTE X = Espesores de la estructura del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa. DEPENDIENTE Y = Duración del pavimento flexible de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.	
¿Cómo determinar los espesores del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica?	Determinar los espesores de la estructura del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa en la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.	Los espesores de la estructura del diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, garantizará la duración del pavimento flexible de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.	INDEPENDIENTE X = Duración del pavimento flexible de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica.	

ANEXO N° 02
FACTORES DE CORRECCIÓN PROMEDIO PARA VEHÍCULOS PESADOS (2000-2014)

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados								
P001	Aguas Calientes	1.15	0.98	1.01	1.02	1.07	1.11	1.07	0.92	0.92	0.97	0.89	0.94
P002	Aguas Claras	1.12	1.06	1.01	1.03	0.96	0.92	0.94	0.98	1.03	1.04	1.03	1.01
P003	Ambo	0.98	1.00	0.99	1.02	1.06	1.06	1.08	1.01	1.02	0.98	0.97	0.90
P004	Atico	1.00	0.97	1.00	1.00	1.05	1.10	1.04	0.99	1.04	1.02	1.00	0.89
P005	Ayaviri	1.11	1.02	1.26	1.02	1.06	1.09	1.00	0.96	0.97	0.99	0.95	0.87
P006	Bagua	1.04	1.04	1.06	1.48	1.04	0.97	0.99	0.95	1.01	1.00	1.01	0.94
P007	Bujama	1.02	0.99	1.01	1.03	1.06	1.08	1.06	1.02	1.06	1.01	1.01	1.06
P008	Camaná	0.99	0.92	0.98	1.02	1.08	1.14	1.06	0.99	1.05	1.03	1.01	0.92
P009	Cancas	1.00	0.97	1.00	1.05	1.15	1.04	1.00	1.01	1.02	1.00	0.98	0.92
P010	Caracoto	1.09	0.96	1.03	1.04	1.06	1.06	1.03	0.91	1.01	0.98	1.02	0.94
P011	Casaracra	1.02	0.99	0.97	1.01	0.98	1.02	1.01	1.06	1.01	1.02	0.97	
P012	Casinchihua	1.23	1.11	1.10	1.08	1.05	1.01	0.96	0.89	0.95	0.93	0.95	0.92
P013	Catac	1.00	1.03	1.15	1.07	1.07	1.00	0.97	0.93	1.00	0.96	0.98	0.92
P014	Cerro de Pasco		1.57	0.90	0.98	1.15							
P015	Chalhuanca	1.11	1.07	1.08	1.11	1.12	0.99	0.98	0.94	0.95	0.95	0.98	0.95
P016	Chalhupapuquio (El Pedregal)	1.07	1.11	1.13	1.03	0.95	0.94	0.92	0.95	0.98	0.96	1.03	1.01
P017	Chicama	1.00	0.99	1.05	1.07	1.07	1.03	1.00	0.97	1.01	1.05	1.03	0.94
P018	Chilca	0.92	0.89	0.97	1.01	1.14	1.17	1.11	1.10	1.09	1.02	1.00	0.95
P019	Chullqui	0.97	1.02	1.02	1.07	1.12	1.07	1.08	0.97	0.97	0.95	0.93	0.87
P020	Chulucanas	1.00	1.01	1.16	1.16	1.09	1.03	0.99	0.94	0.97	0.97	0.96	0.88
P021	Ciudad de Dios	1.01	0.96	1.08	1.06	1.11	1.09	1.10	0.96	0.94	0.94	0.97	0.97
P022	Corcona	1.051	1.019	1.013	0.949	0.968	1.006	1.066	0.990	1.045	1.011	1.034	0.978
P023	Cruce Bayóvar	0.938	0.951	1.026	1.141	1.061	1.037	1.014	0.997	1.028	1.052	1.040	0.923
P024	Cuculí	0.950	0.985	1.403	1.518	1.246	0.970	1.010	1.004	0.920	0.986	0.908	0.881
P025	Desvío Olmos	1.017	1.033	1.049	2.271	1.098	1.035	0.990	0.935	0.987	0.981	0.965	0.991
P026	Desvío Talara	1.049	1.003	1.019	1.031	1.034	1.022	1.027	1.018	1.042	0.993	0.957	0.895
P027	El Fiscal	1.038	0.907	1.084	1.080	1.067	1.185	1.103	1.061	1.105	1.083	1.069	0.951
P028	El Paraiso	0.973	0.994	1.058	1.058	1.060	1.044	1.006	1.003	1.044	0.993	0.978	0.881
P029	Huacrapuquio	1.153	1.116	1.030	1.022	0.947	0.960	0.961	0.955	0.958	0.972	1.051	0.991
P030	Huarmey	0.934	0.943	1.010	1.089	1.124	1.088	1.030	1.008	1.066	1.009	1.010	0.895
P031	Huillique	1.079	1.082	1.122	1.135	1.072	0.905	0.989	0.962	0.961	0.969	0.947	0.928
P032	Ica	1.024	1.011	1.030	1.022	1.068	1.080	1.044	1.002	0.992	0.944	0.997	0.892
P033	Ilave	1.098	1.036	1.042	1.644	1.075	1.073	0.974	0.861	1.015	0.990	0.999	0.887
P034	Ilo	1.015	0.977	0.977	1.069	1.036	1.093	1.019	1.046	0.992	1.027	0.989	0.883
P035	Jahuay Chincha	1.044	1.017	1.028	1.000	1.035	1.060	1.017	1.005	1.012	0.970	1.012	0.897
P036	Lunahuaná	1.118	1.075	1.072	1.065	0.861	1.070	1.032	1.036	0.999	0.907	0.936	1.046
P037	Marcona	1.049	0.999	0.969	1.066	1.084	1.012	1.026	1.108	0.975	0.979	0.933	1.025
P038	Matarani	0.845	0.761	0.932	1.136	1.155	1.189	1.161	1.145	1.133	1.091	1.134	1.339
P039	Mocce	1.000	1.030	1.110	1.123	1.035	0.963	0.994	0.916	1.082	1.019	1.004	0.918
P040	Montalvo	1.019	0.987	1.004	1.021	1.026	1.082	1.034	0.996	1.049	1.025	1.010	0.880
P041	Mórope	0.949	0.952	1.015	1.079	1.069	1.030	1.013	0.994	1.044	1.057	1.045	0.907
P042	Moyobamba	1.101	0.997	1.016	1.076	1.055	0.989	0.991	0.945	0.962	0.981	0.964	0.988
P043	Nazca	0.956	1.083	1.106	1.099	1.135	1.145	1.087	1.032	1.094	1.058	1.052	0.971
P044	Pacanguiña	0.949	0.953	1.019	1.339	1.173	1.020	0.994	0.964	1.028	1.056	1.033	0.925
P045	Pacra	1.118	1.068	1.065	0.948	0.991	0.959	0.958	0.980	1.022	1.005	1.031	0.976
P046	Paita	1.019	0.952	0.943	1.041	1.032	1.029	1.379	1.028	0.995	1.019	0.990	0.905
P047	Pampa Cuéllar	1.113	1.075	1.080	1.072	1.018	1.112	0.965	0.914	1.024	0.999	0.963	0.886
P048	Pampa Galera	1.105	1.114	1.130	1.078	0.946	1.035	1.068	0.917	0.964	0.944	0.937	0.942
P049	Patahuasi	1.089	1.045	1.059	1.025	1.062	1.085	1.027	0.916	0.971	0.927	0.942	0.946
P050	Pedro Ruiz	1.004	0.964	1.014	3.570	1.043	1.115	0.957	0.944	0.988	1.017	0.987	1.137
P051	Piura Sullana	0.972	0.946	1.018	1.050	1.041	0.999	0.992	1.005	1.030	1.076	1.048	0.961
P052	Pomalca	1.029	0.985	0.915	0.911	0.875	0.854	1.121	1.175	1.012	1.000	1.069	1.057
P053	Pomahuanca	0.980	1.011	1.012									
P054	Pozo Redondo	0.965	0.959	1.001	1.017	0.994	1.123	1.026	0.989	1.050	1.021	1.014	0.935
P055	Pucará	1.067	1.058	1.116	1.051	1.067	1.005	0.951	0.946	0.973	1.003	0.970	0.959
P056	Punta Perdida	1.123	0.974	1.114	1.100	1.055	1.150	0.913	0.825	0.999	0.996	1.037	1.010
P057	Quiulla	1.095	1.029	0.995	0.898	0.932	0.981	0.970	1.010	1.032	1.042	1.038	1.036
P058	Ramiro Prialé	1.292	0.939	0.908	1.087	1.034	0.974	1.027	0.935	0.972	0.908	0.998	1.055
P059	Rumichaca	1.163	1.023	1.033	0.941	0.984	0.934	0.918	0.948	1.155	0.990	1.044	1.052
P060	Santa Lucía	1.089	1.032	1.091	1.098	1.104	0.987	1.049	0.923	0.988	0.980	0.951	0.899
P061	Saylla	1.033	1.002	1.048	1.197	1.087	1.086	1.027	0.967	0.970	0.997	0.959	0.914
P062	Serpentín de Pasamayo	0.985	1.001	1.044	1.054	1.046	1.027	1.012	1.011	1.031	0.985	0.975	0.912
P063	Sicuyani	1.063	0.971	1.037	1.034	1.039	1.279	1.027	0.895	1.454	0.980	0.945	0.905
P064	Simbía												
P065	Socos	1.146	1.017	1.020	0.938	0.980	0.951	0.982	0.976	1.036	1.011	1.063	1.020
P066	Tambo Grande	0.679	0.794	1.112	1.337	1.249	1.106	1.196	1.225	1.254	1.069	1.006	0.729
P067	Tomasiri	1.028	0.995	1.009	1.028	1.033	1.091	1.378	0.981	0.929	1.006	1.004	0.878
P068	Tunan	0.932	1.005	1.110	1.080	1.030	0.963	0.955	0.959	0.934	0.904	0.925	0.848
P069	Variante de Pasamayo	1.548	1.298	1.613	1.442	1.177	1.027	0.967	0.998	1.022	0.858	0.931	0.984
P070	Variante de Uchumayo	0.992	0.958	1.049	1.110	1.136	0.982	1.096	1.041	1.077	1.025	1.035	0.977
P071	Vesique	0.936	0.938	0.989	1.094	1.098	1.454	1.045	1.008	1.062	1.021	0.998	0.907
P072	Virú	0.966	0.947	1.002	1.075	1.095	1.012	1.043	1.006	6.946	1.000	0.999	0.906
P073	Yauca	1.029	0.992	1.031	1.029	1.081	1.021	1.049	0.993	1.041	1.006	0.997	0.893
P074	Zarumilla	0.952	0.872	0.962	0.978	1.136	0.959	0.989	1.046	1.012	1.085	1.196	1.755

Fuente: Unidades Peaje PVN_OGPP

Elaboración: OGPP

ANEXO N° 03
RESULTADOS DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

RAZÓN SOCIAL : C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA S.A.C.
 DIRECCIÓN : Av. Los Próceres N° 1000-Chilca-Huancayo-Junin
 CELULAR : 947898992
 E-MAIL : c3ingenieriaespecializadasac@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

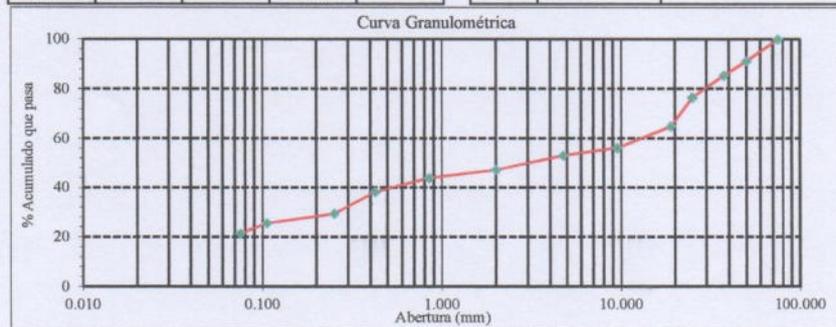
Calicata : C-1 Prog. 000+030
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	8.8	8.8	91.2
1 1/2 pulg	37.500	5.8	14.6	85.4
1 pulg	25.000	8.8	23.4	76.6
3/4 pulg	19.000	11.7	35.0	65.0
3/8 pulg	9.500	8.8	43.8	56.2
No. 4	4.750	3.1	46.9	53.1
No. 10	2.000	5.8	52.8	47.2
No. 20	0.850	3.2	56.0	44.0
No. 40	0.425	5.8	61.8	38.2
No. 60	0.250	8.8	70.6	29.4
No. 140	0.106	3.9	74.5	25.5
No. 200	0.075	4.2	78.6	21.4
Fondo		21.4	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	30
Límite Plástico	25
Índice de Plasticidad	5

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	46.9	% Humedad	4.8
% Arena	31.7		
% Finos	21.4		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	GM	A-1-b (0)	
Nombre	Grava limosa con arena		



NOTAS:
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada
(2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pe³))

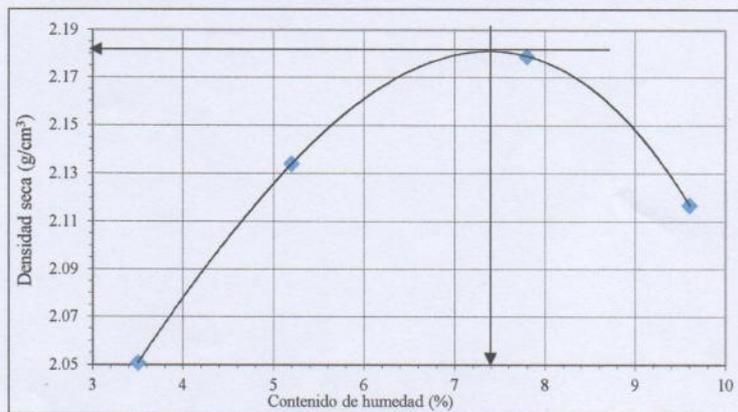
N.T.P. 339.141

Método de ensayo Tipo "C"

Calicata : C-1 Prog. 000+030
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.183 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 7.4 %

% Contenido de humedad	3.5	5.2	7.8	9.6
Densidad seca (g/cm ³)	2.051	2.134	2.179	2.117



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.
 (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)
 N.T.P. 339.175**

Datos de la muestra:

Cantera : C-1 Prog. 000+030
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141

Máxima densidad seca : 2.183 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 7.4 %

b).- Compactación de moldes

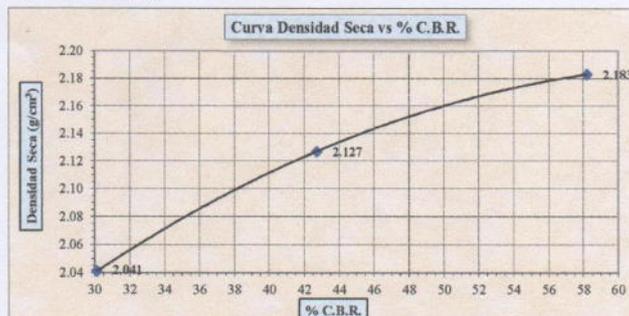
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	2.183	2.127	2.041
Contenido de Humedad (%)	7.5	7.4	7.3

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	582	1000	58.2
II	0.10	427	1000	42.7
III	0.10	301	1000	30.1

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 58.2%
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 34.8%

d).- Expansión (%) : SI



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampá, Huancavelica
 Ubicación : Churcampá - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

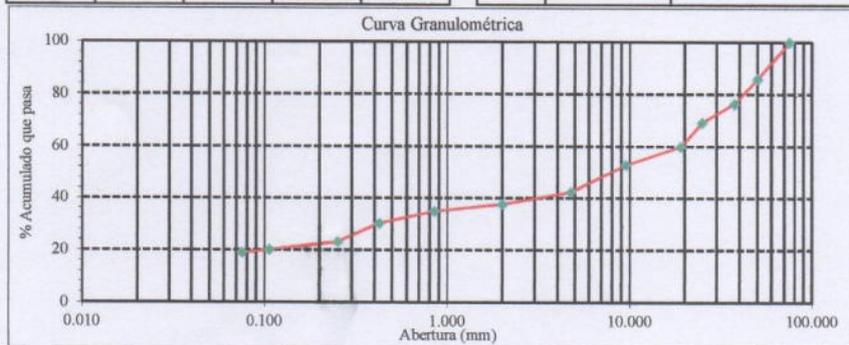
Calicata : C-2 Prog. 001+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	14.1	14.1	85.9
1 1/2 pulg	37.500	9.4	23.5	76.5
1 pulg	25.000	7.1	30.6	69.4
3/4 pulg	19.000	9.4	40.0	60.0
3/8 pulg	9.500	7.1	47.1	52.9
No. 4	4.750	10.6	57.6	42.4
No. 10	2.000	4.7	62.4	37.6
No. 20	0.850	2.6	65.0	35.0
No. 40	0.425	4.7	69.7	30.3
No. 60	0.250	7.1	76.7	23.3
No. 140	0.106	3.1	79.8	20.2
No. 200	0.075	1.2	81.0	19.0
Fondo		19.0	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	31
Límite Plástico	26
Índice de Plasticidad	5

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	57.6	% Humedad	5.2
% Arena	23.4		
% Finos	19.0		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	GM	A-1-b (0)	
Nombre	Grava limosa con arena		



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, en caso contrario, se entenderá que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada
(2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))

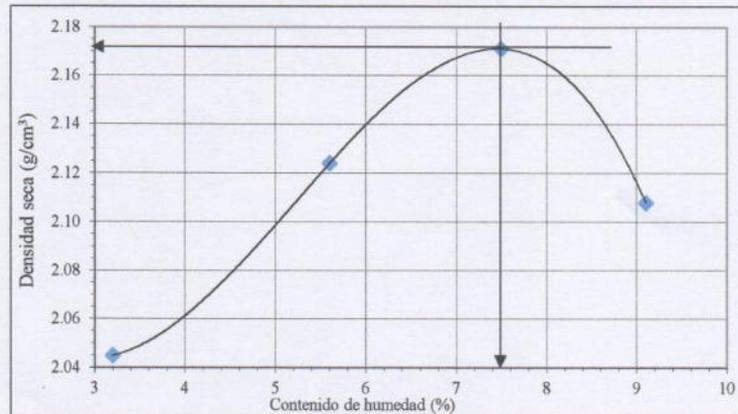
N.T.P. 339.141

Método de ensayo Tipo "C"

Calicata : C-2 Prog. 001+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.172 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 7.5 %

% Contenido de humedad	3.2	5.6	7.5	9.1
Densidad seca (g/cm ³)	2.045	2.124	2.171	2.108



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
 - 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).
- Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

**Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.
 (California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)
 N.T.P. 339.175**

Datos de la muestra:

Cantera : C-2 Prog. 001+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141

Máxima densidad seca : 2.172 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 7.5 %

b).- Compactación de moldes

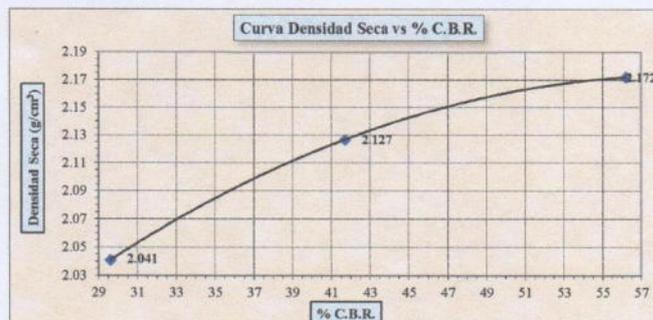
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	2.172	2.127	2.041
Contenido de Humedad (%)	7.6	7.5	7.4

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	562	1000	56.2
II	0.10	417	1000	41.7
III	0.10	296	1000	29.6

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 56.2%
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 33.7%

d).- Expansión (%) : SI



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

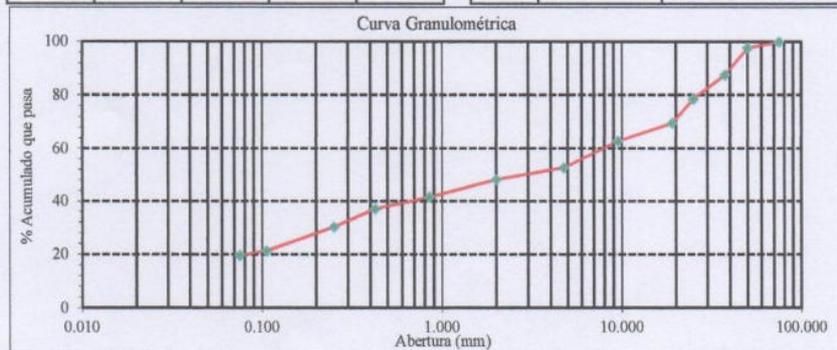
Calicata : C-3 Prog. 002+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	2.2	2.2	97.8
1 1/2 pulg	37.500	10.1	12.4	87.6
1 pulg	25.000	9.0	21.3	78.7
3/4 pulg	19.000	9.0	30.3	69.7
3/8 pulg	9.500	6.7	37.1	62.9
No. 4	4.750	10.1	47.2	52.8
No. 10	2.000	4.5	51.7	48.3
No. 20	0.850	6.7	58.4	41.6
No. 40	0.425	4.5	62.9	37.1
No. 60	0.250	6.7	69.7	30.3
No. 140	0.106	9.0	78.7	21.3
No. 200	0.075	1.7	80.3	19.7
Fondo		19.7	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	31
Límite Plástico	27
Índice de Plasticidad	4

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	47.2	% Humedad	6.6
% Arena	33.1		
% Finos	19.7		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	GM	A-1-b (0)	
Nombre	Grava limosa con arena		



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio. La reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPE: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada
(2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))

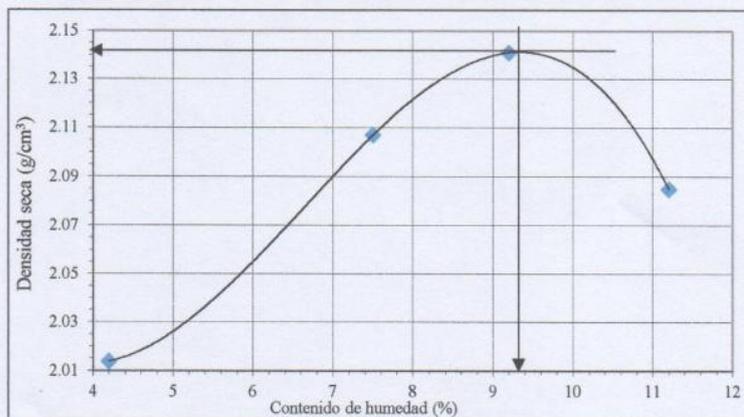
N.T.P. 339.141

Método de ensayo Tipo "C"

Calicata : C-3 Prog. 002+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.142 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 9.3 %

% Contenido de humedad	4.2	7.5	9.2	11.2
Densidad seca (g/cm ³)	2.014	2.107	2.141	2.085



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).
- Realizado y revisado por el Ing. Huamán Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.
(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)
N.T.P. 339.175

Datos de la muestra:

Calicata : C-3 Prog. 002+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141

Máxima densidad seca : 2.142 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 9.3 %

b).- Compactación de moldes

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	2.142	2.067	1.958
Contenido de Humedad (%)	9.4	9.3	9.2

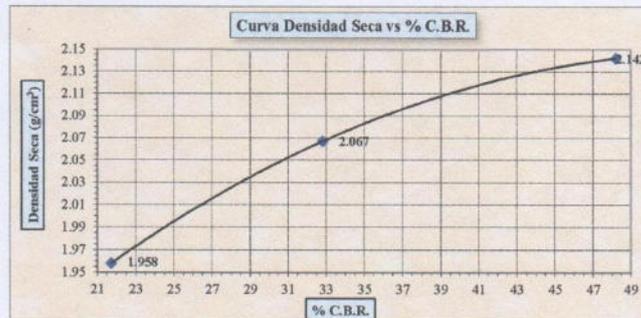
c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	482	1000	48.2
II	0.10	328	1000	32.8
III	0.10	217	1000	21.7

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 48.2%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 28.9%

d).- Expansión (%) : SI



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que sea reproducción parcial en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



INGENIERÍA DE CALIDAD

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

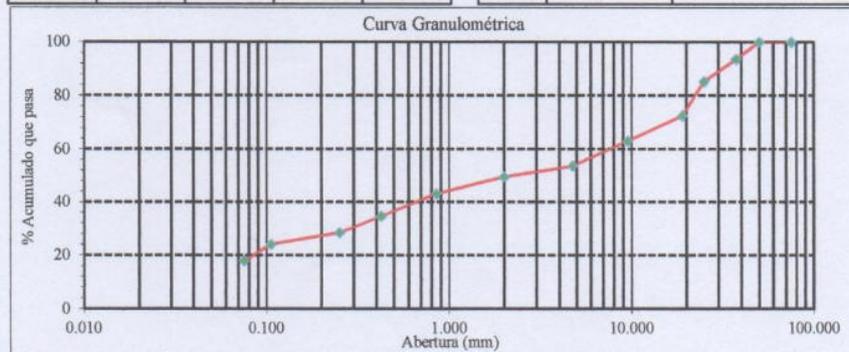
Calicata : C-4 Prog. 003+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2 pulg	37.500	6.3	6.3	93.7
1 pulg	25.000	8.4	14.7	85.3
3/4 pulg	19.000	12.6	27.4	72.6
3/8 pulg	9.500	9.5	36.8	63.2
No. 4	4.750	9.5	46.3	53.7
No. 10	2.000	4.2	50.5	49.5
No. 20	0.850	6.3	56.8	43.2
No. 40	0.425	8.4	65.3	34.7
No. 60	0.250	6.3	71.6	28.4
No. 140	0.106	4.2	75.8	24.2
No. 200	0.075	6.3	82.1	17.9
Fondo		17.9	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	30
Límite Plástico	24
Índice de Plasticidad	6

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	46.3	% Humedad	6.2
% Arena	35.8		
% Finos	17.9		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	GM	A-1-b (0)	
Nombre	Grava limosa con arena		



NOTAS:
 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).
 Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada
(2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))

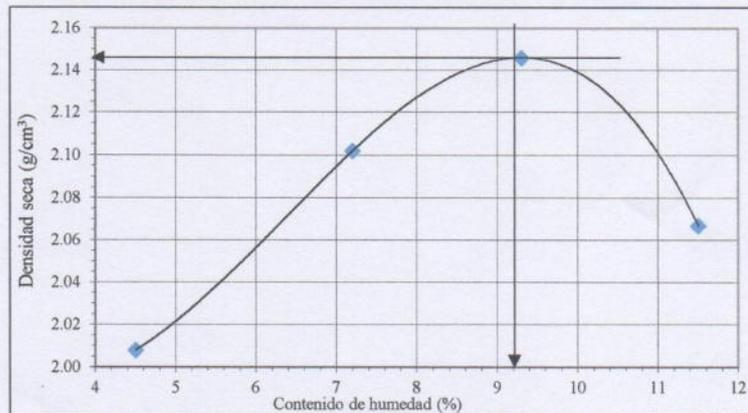
N.T.P. 339.141

Método de ensayo Tipo "C"

Calicata : C-4 Prog. 003+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.146 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 9.2 %

% Contenido de humedad	4.5	7.2	9.3	11.5
Densidad seca (g/cm ³)	2.008	2.102	2.146	2.067



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.
(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)
N.T.P. 339.175

Datos de la muestra:

Cantera : C-4 Prog. 003+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141

Máxima densidad seca : 2.146 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 9.2 %

b).- Compactación de moldes

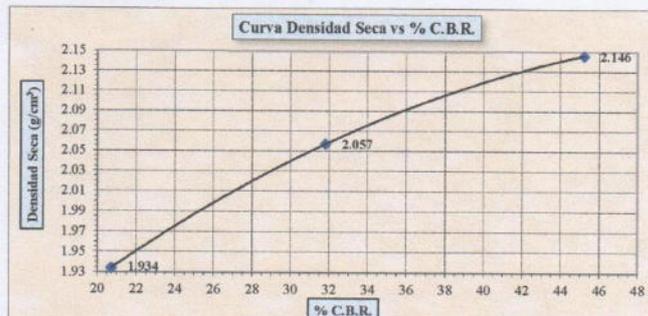
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	2.146	2.057	1.934
Contenido de Humedad (%)	9.3	9.2	9.1

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	452	1000	45.2
II	0.10	318	1000	31.8
III	0.10	207	1000	20.7

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 45.2%
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 30.1%

d).- Expansión (%) : SI



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

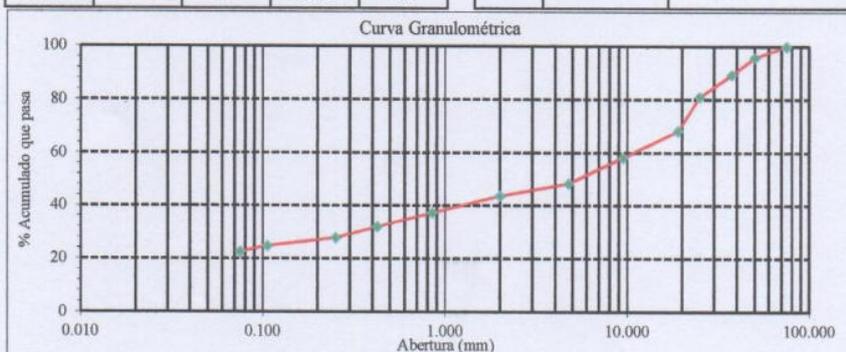
Calicata : C-5 Prog. 004+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	4.2	4.2	95.8
1 1/2 pulg	37.500	6.3	10.5	89.5
1 pulg	25.000	8.4	18.9	81.1
3/4 pulg	19.000	12.6	31.6	68.4
3/8 pulg	9.500	10.0	41.6	58.4
No. 4	4.750	10.0	51.6	48.4
No. 10	2.000	4.7	56.3	43.7
No. 20	0.850	6.3	62.6	37.4
No. 40	0.425	5.3	67.9	32.1
No. 60	0.250	4.2	72.1	27.9
No. 140	0.106	3.2	75.3	24.7
No. 200	0.075	2.1	77.4	22.6
Fondo		22.6	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	32
Límite Plástico	28
Índice de Plasticidad	4

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	51.6	% Humedad	7.4
% Arena	25.8		
% Finos	22.6		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	GM	A-1-b (0)	
Nombre	Grava limosa con arena		



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).
- Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada
(2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))

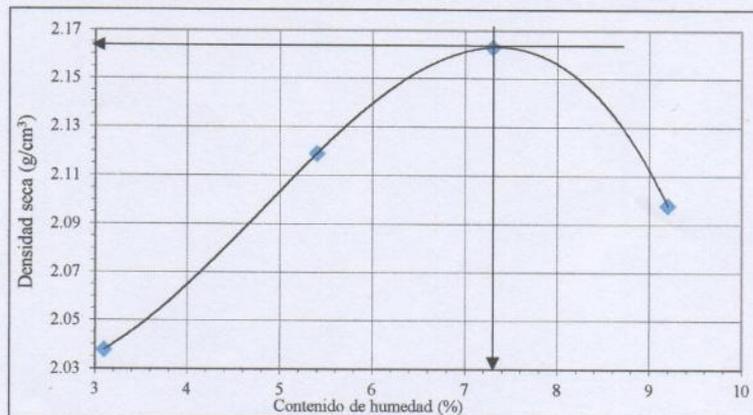
N.T.P. 339.141

Método de ensayo Tipo "C"

Calicata : C-5 Prog. 004+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.164 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 7.3 %

% Contenido de humedad	3.1	5.4	7.3	9.2
Densidad seca (g/cm ³)	2.038	2.119	2.163	2.098



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamaní Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.
(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)
N.T.P. 339.175

Datos de la muestra:

Cantera : C-5 Prog. 004+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141

Máxima densidad seca : 2.164 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 7.3 %

b).- Compactación de moldes

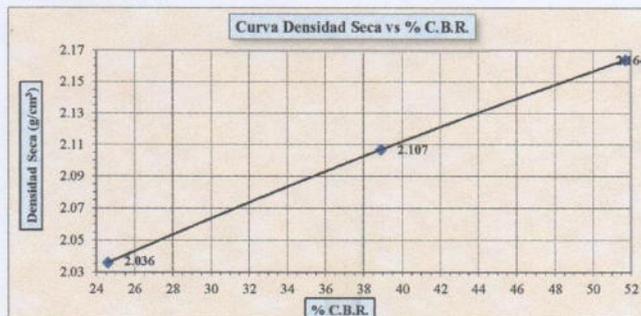
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	2.164	2.107	2.036
Contenido de Humedad (%)	7.4	7.3	7.2

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	517	1000	51.7
II	0.10	389	1000	38.9
III	0.10	246	1000	24.6

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 51.7%
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 29.8%

d).- Expansión (%) : SI



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitableidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

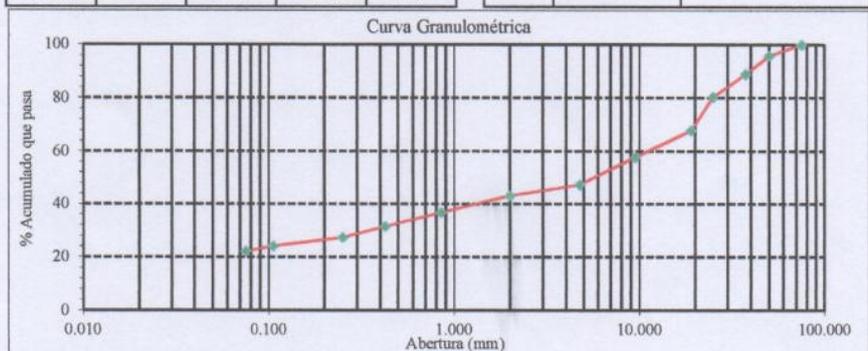
Calicata : C-6 Prog. 005+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	4.2	4.2	95.8
1 1/2 pulg	37.500	6.8	11.1	88.9
1 pulg	25.000	8.4	19.5	80.5
3/4 pulg	19.000	12.6	32.1	67.9
3/8 pulg	9.500	10.0	42.1	57.9
No. 4	4.750	10.5	52.6	47.4
No. 10	2.000	4.2	56.8	43.2
No. 20	0.850	6.3	63.2	36.8
No. 40	0.425	5.3	68.4	31.6
No. 60	0.250	4.2	72.6	27.4
No. 140	0.106	3.2	75.8	24.2
No. 200	0.075	2.1	77.9	22.1
Fondo		22.1	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	31
Límite Plástico	24
Índice de Plasticidad	7

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	52.6	% Humedad	8.4
% Arena	25.3		
% Finos	22.1		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	GM	A-1-b (0)	
Nombre	Grava limosa con arena		



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio. La reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
Ubicación : Churcampa - Huancavelica
Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada
(2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))

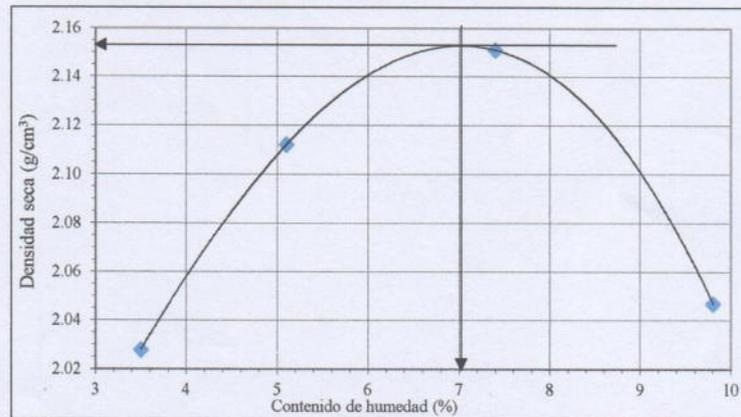
N.T.P. 339.141

Método de ensayo Tipo "C"

Calicata : C-6 Prog. 005+000
Muestra : M-1
Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.153 g/cm³
Óptimo contenido de humedad : 7.0 %

% Contenido de humedad	3.5	5.1	7.4	9.8
Densidad seca (g/cm ³)	2.028	2.112	2.151	2.047



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.
(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)
N.T.P. 339.175

Datos de la muestra:

Calicata : C-6 Prog. 005+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141

Máxima densidad seca : 2.153 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 7.0 %

b).- Compactación de moldes

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	2.153	2.085	1.974
Contenido de Humedad (%)	7.1	7.0	6.9

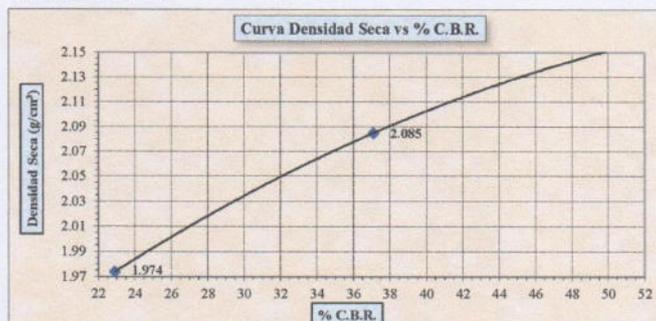
c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	504	1000	50.4
II	0.10	371	1000	37.1
III	0.10	229	1000	22.9

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 50.4%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 35.7%

d).- Expansión (%) : SI



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



INGENIERÍA DE CALIDAD

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

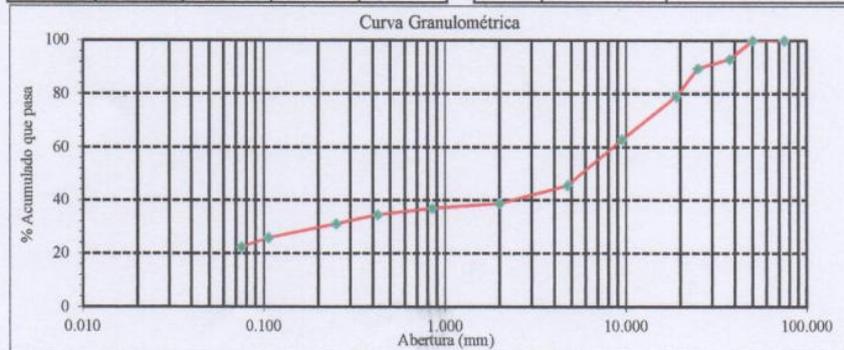
Calicata : C-7 Prog. 006+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2 pulg	37.500	6.9	6.9	93.1
1 pulg	25.000	3.4	10.3	89.7
3/4 pulg	19.000	10.3	20.7	79.3
3/8 pulg	9.500	16.4	37.1	62.9
No. 4	4.750	17.2	54.3	45.7
No. 10	2.000	6.9	61.2	38.8
No. 20	0.850	1.7	62.9	37.1
No. 40	0.425	2.6	65.5	34.5
No. 60	0.250	3.4	69.0	31.0
No. 140	0.106	5.2	74.1	25.9
No. 200	0.075	3.4	77.6	22.4
Fondo		22.4	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	30
Límite Plástico	23
Índice de Plasticidad	7

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	54.3	% Humedad	9.1
% Arena	23.3		
% Finos	22.4		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	GM	A-1-b (0)	
Nombre	Grava limosa con arena		



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio. La reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transibilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
Ubicación : Churcampa - Huancavelica
Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada
(2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))

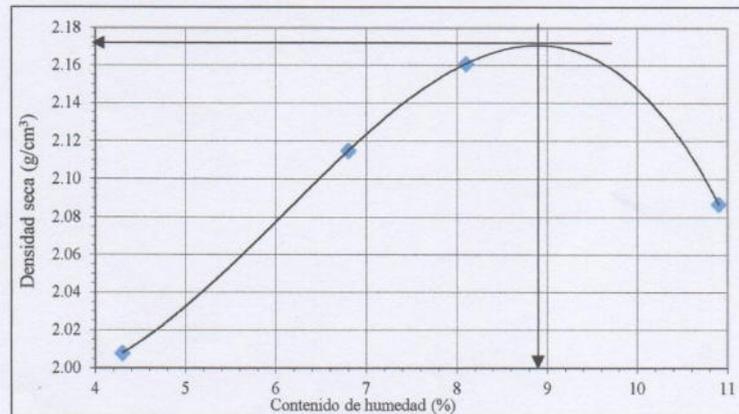
N.T.P. 339.141

Método de ensayo Tipo "C"

Calicata : C-7 Prog. 006+000
Muestra : M-1
Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.172 g/cm³
Óptimo contenido de humedad : 8.9 %

% Contenido de humedad	4.3	6.8	8.1	10.9
Densidad seca (g/cm ³)	2.008	2.115	2.161	2.087



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.
(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)
N.T.P. 339.175

Datos de la muestra:

Cantera : C-7 Prog. 006+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141

Máxima densidad seca : 2.172 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 8.9 %

b).- Compactación de moldes

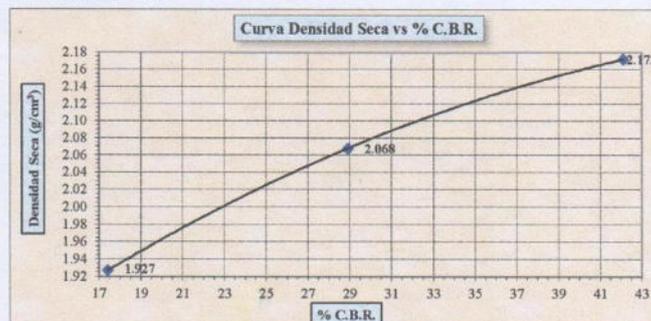
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	2.172	2.068	1.927
Contenido de Humedad (%)	9.0	8.9	8.8

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	421	1000	42.1
II	0.10	289	1000	28.9
III	0.10	174	1000	17.4

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 42.1%
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 28.3%

d).- Expansión (%) : SI



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



INGENIERÍA DE CALIDAD

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS**

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

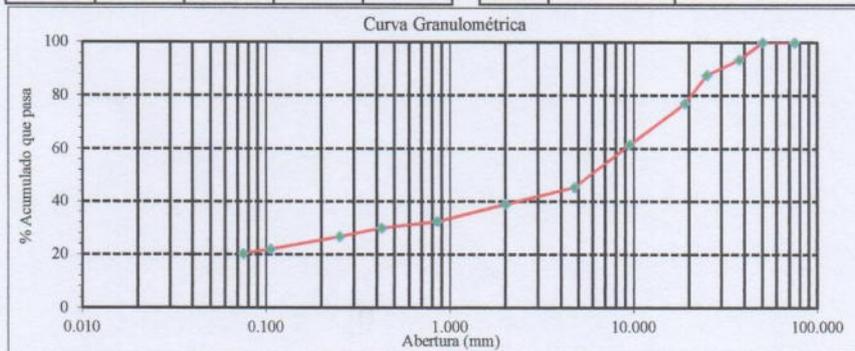
Calicata : C-8 Prog. 007+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2 pulg	37.500	6.5	6.5	93.5
1 pulg	25.000	5.7	12.2	87.8
3/4 pulg	19.000	10.6	22.8	77.2
3/8 pulg	9.500	15.4	38.2	61.8
No. 4	4.750	16.3	54.5	45.5
No. 10	2.000	6.5	61.0	39.0
No. 20	0.850	6.5	67.5	32.5
No. 40	0.425	2.4	69.9	30.1
No. 60	0.250	3.3	73.2	26.8
No. 140	0.106	4.9	78.0	22.0
No. 200	0.075	1.6	79.7	20.3
Fondo		20.3	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	30
Límite Plástico	25
Índice de Plasticidad	5

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	54.5	% Humedad	8.5
% Arena	25.2		
% Finos	20.3		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	GM	A-1-b (0)	
Nombre	Grava limosa con arena		



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio. Toda reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
Ubicación : Churcampa - Huancavelica
Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo para la Compactacion del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada
(2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))

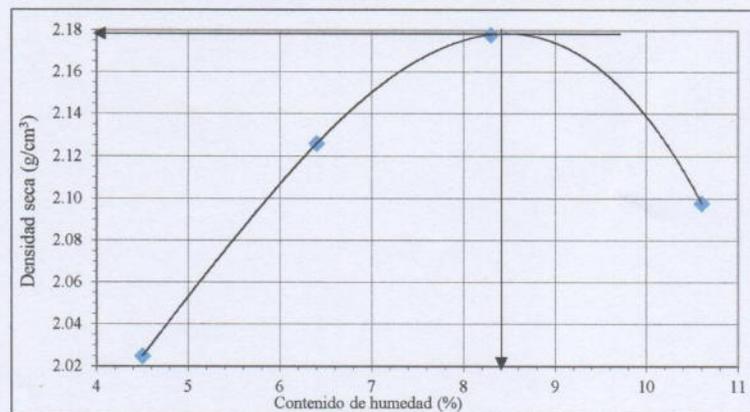
N.T.P. 339.141

Método de ensayo Tipo "C"

Calicata : C-8 Prog. 007+000
Muestra : M-1
Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.178 g/cm³
Óptimo contenido de humedad : 8.4 %

% Contenido de humedad	4.5	6.4	8.3	10.6
Densidad seca (g/cm ³)	2.025	2.126	2.178	2.098



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.
(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)
N.T.P. 339.175

Datos de la muestra:

Cantera : C-8 Prog. 007+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141

Máxima densidad seca : 2.178 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 8.4 %

b).- Compactación de moldes

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	2.178	2.086	1.957
Contenido de Humedad (%)	8.5	8.4	8.3

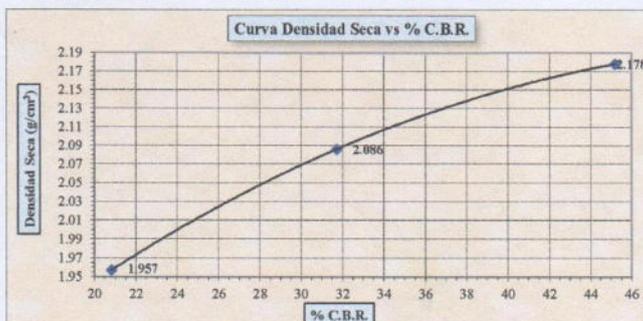
c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	452	1000	45.2
II	0.10	317	1000	31.7
III	0.10	208	1000	20.8

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 45.2%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 30.4%

d).- Expansión (%) : SI



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad por el Ing. Omar A. Huamani Salazar (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



INGENIERÍA DE CALIDAD

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

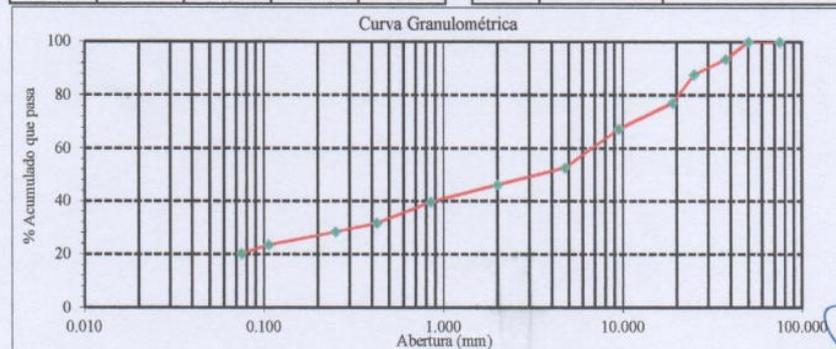
Calicata : C-9 Prog. 008+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	0.0	0.0	100.0
1 1/2 pulg	37.500	6.5	6.5	93.5
1 pulg	25.000	5.7	12.2	87.8
3/4 pulg	19.000	10.6	22.8	77.2
3/8 pulg	9.500	9.8	32.5	67.5
No. 4	4.750	14.6	47.2	52.8
No. 10	2.000	6.5	53.7	46.3
No. 20	0.850	6.5	60.2	39.8
No. 40	0.425	8.1	68.3	31.7
No. 60	0.250	3.3	71.5	28.5
No. 140	0.106	4.9	76.4	23.6
No. 200	0.075	3.3	79.7	20.3
Fondo		20.3	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	31
Límite Plástico	25
Índice de Plasticidad	6

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	47.2	% Humedad	7.1
% Arena	32.5		
% Finos	20.3		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	GM	A-1-b (0)	
Nombre	Grava limosa con arena		



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churucampa, Huancavelica
 Ubicación : Churucampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada
(2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))

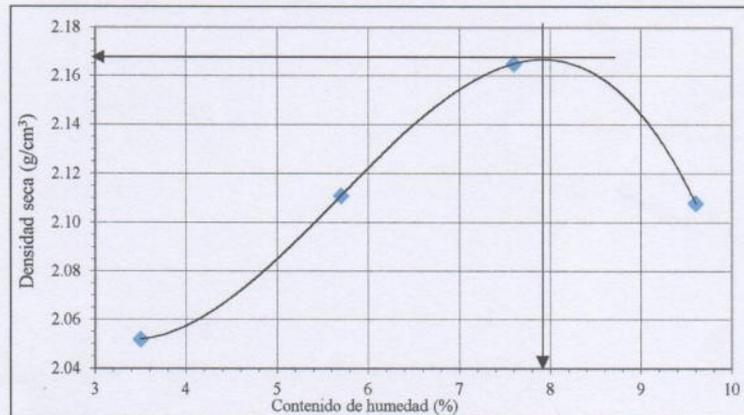
N.T.P. 339.141

Método de ensayo Tipo "C"

Calicata : C-9 Prog. 008+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.167 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 6.9 %

% Contenido de humedad	3.5	5.7	7.6	9.6
Densidad seca (g/cm ³)	2.052	2.111	2.165	2.108



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.
(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)
 N.T.P. 339.175

Datos de la muestra:

Cantera : C-9 Prog. 008+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141

Máxima densidad seca : 2.167 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 6.9 %

b).- Compactación de moldes

Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	2.167	2.105	2.017
Contenido de Humedad (%)	7.0	6.9	6.8

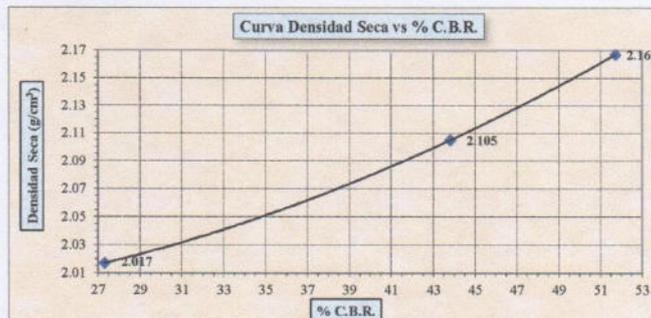
c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	517	1000	51.7
II	0.10	438	1000	43.8
III	0.10	273	1000	27.3

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 51.7%

C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 37.2%

d).- Expansión (%) : SI



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvó que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI GP.004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del testista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

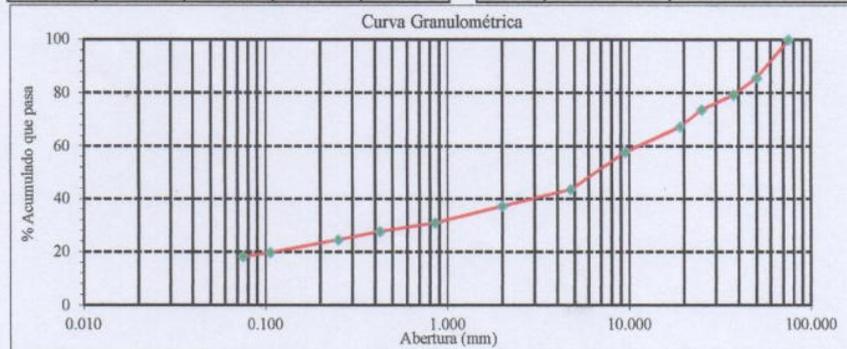
Calicata : C-10 Prog. 009+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Método de Ensayo para el Análisis Granulométrico NTP 339.128				
Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulado Retenido	% Que pasa
3 pulg	75.000	0.0	0.0	100.0
2 pulg	50.000	14.3	14.3	85.7
1 1/2 pulg	37.500	6.3	20.6	79.4
1 pulg	25.000	5.6	26.2	73.8
3/4 pulg	19.000	6.3	32.5	67.5
3/8 pulg	9.500	9.5	42.1	57.9
No. 4	4.750	14.3	56.3	43.7
No. 10	2.000	6.3	62.7	37.3
No. 20	0.850	6.3	69.0	31.0
No. 40	0.425	3.2	72.2	27.8
No. 60	0.250	3.2	75.4	24.6
No. 140	0.106	4.8	80.2	19.8
No. 200	0.075	1.6	81.7	18.3
Fondo		18.3	100.0	0.0

Método de Ensayo para determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos NTP 339.129	
Límite Líquido	32
Límite Plástico	24
Índice de Plasticidad	8

Fracciones Granulométricas		Contenido de Humedad NTP 339.127	
% Grava	56.3	% Humedad	6.8
% Arena	25.4		
% Finos	18.3		

Clasificación SUCS NTP 339.134		Clasificación AASTHO NTP 339.135	
Símbolo	GM	A-1-b (0)	
Nombre	Grava limosa con arena		



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Omar Alex Huamani Salazar



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo para la Compactación del Suelo en laboratorio utilizando una Energía Modificada
(2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))

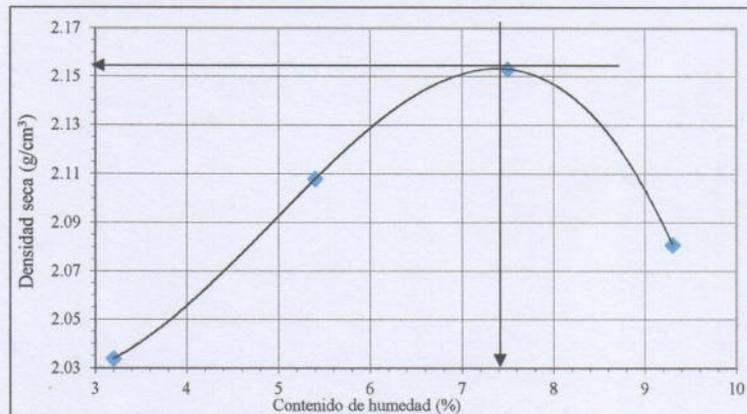
N.T.P. 339.141

Método de ensayo Tipo "C"

Calicata : C-10 Prog. 009+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

Máxima densidad seca : 2.154 g/cm³
 Óptimo contenido de humedad : 7.4 %

% Contenido de humedad	3.2	5.4	7.5	9.3
Densidad seca (g/cm ³)	2.034	2.108	2.153	2.081



NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
LABORATORIO DE MÉCANICA DE SUELOS

Expediente N° : 1801-2020
 Nombre del tesista : Bach. Ing. Michael Espinoza Barrientos
 Nombre de la tesis : Diseño de pavimento flexible usando tratamiento superficial bicapa, para el mejoramiento de la transitabilidad de la trocha carrozable del tramo de Paucarbamba - Centro Poblado de Huanchos, Churcampa, Huancavelica
 Ubicación : Churcampa - Huancavelica
 Fecha de emisión : 18-01-20

Método de Ensayo Normalizado In Situ para C.B.R.
(California Bearing Ratio - Relación Valor Soporte de Suelos)
N.T.P. 339.175

Datos de la muestra:

Cantera : C-10 Prog. 009+000
 Muestra : M-1
 Profundidad (m) : 1.50

a).- Ensayo Preliminar de Compactación

Ensayo Proctor Modificado N.T.P. 339.141

Máxima densidad seca : 2.154 g/cm³
 Óptimo Contenido de Humedad : 7.4 %

b).- Compactación de moldes

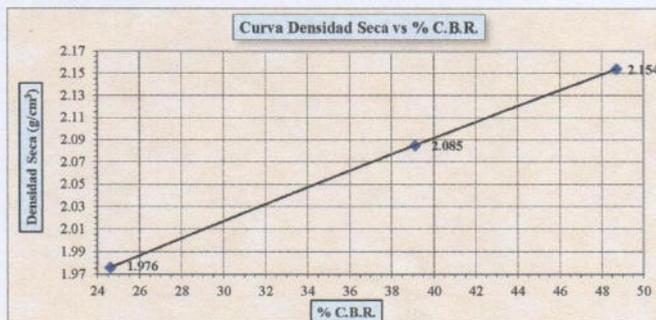
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
Número de golpes/capa	56	25	10
Densidad seca (g/cm ³)	2.154	2.085	1.976
Contenido de Humedad (%)	7.5	7.4	7.3

c).- Cuadro C.B.R. Para 0.10 pulgada de penetración

Molde N°	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (lb/pulg ²)	Presión Patrón (lb/pulg ²)	C.B.R. (%)
I	0.10	487	1000	48.7
II	0.10	391	1000	39.1
III	0.10	246	1000	24.6

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S. : 48.7%
 C.B.R. Para el 95% de la M.D.S. : 34.2%

d).- Expansión (%) : SI



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPE GP:004: 1993).

Realizado y revisado por el Ing. Huamani Salazar Omar Alex



ANEXO N° 04

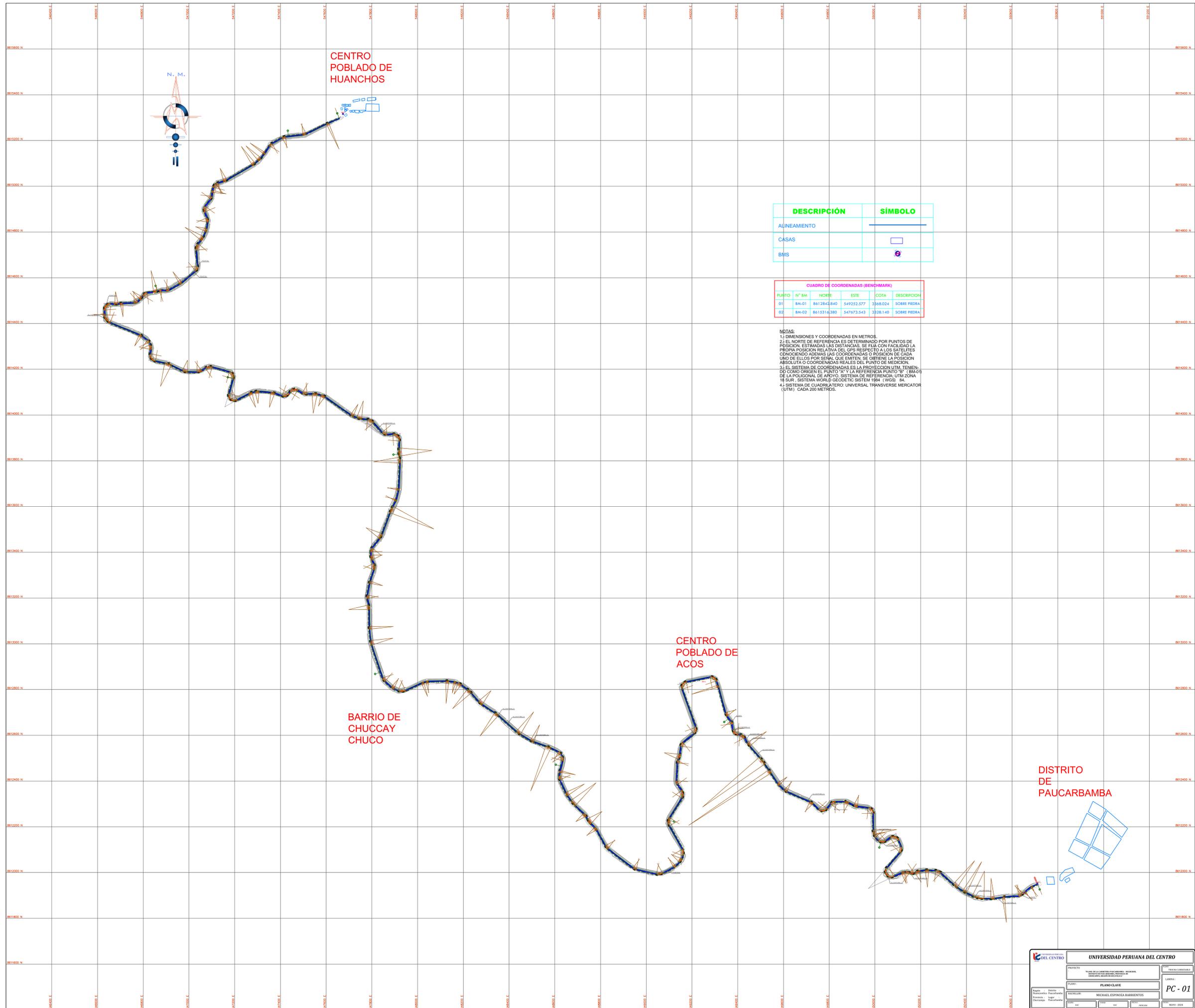
**CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE ALTERNATIVA
SUPERFICIE DE RODADURA: TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA (T.S.B.)
PERIODO 10 AÑOS**

EE		TP0	TP1	TP2	
		75.001-150.000	150.001-300.000	300.001-500.000	
CBR %	$M_R = 2555 \times CBR^{0.64}$				
CBR	$\leq 8,040 \text{ psi}$ (55.4 MPa)	25 cm 18 cm (*)	30 cm 20 cm (*)	30 cm 25 cm (*)	
CBR	$\geq 6\%$ $> 8,040 \text{ psi}$ (55.4 MPa)	25 cm 18 cm	30 cm 20 cm	30 cm 25 cm	
CBR	$\geq 10\%$ $> 11,150 \text{ psi}$ (76.9 MPa)	25 cm 15 cm	25 cm 20 cm	25 cm 23 cm	
CBR	$\geq 20\%$ $> 17,380 \text{ psi}$ (119.8 MPa)	18 cm 15 cm	20 cm 17 cm	25 cm 15 cm	
CBR	$\geq 30\%$ $> 22,530 \text{ psi}$ (155.3 MPa)	27 cm	32 cm	35 cm	

FUENTE: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos, aprobado con R.D. N° 10-2014-MTC/14

ANEXO N° 05

PLANOS

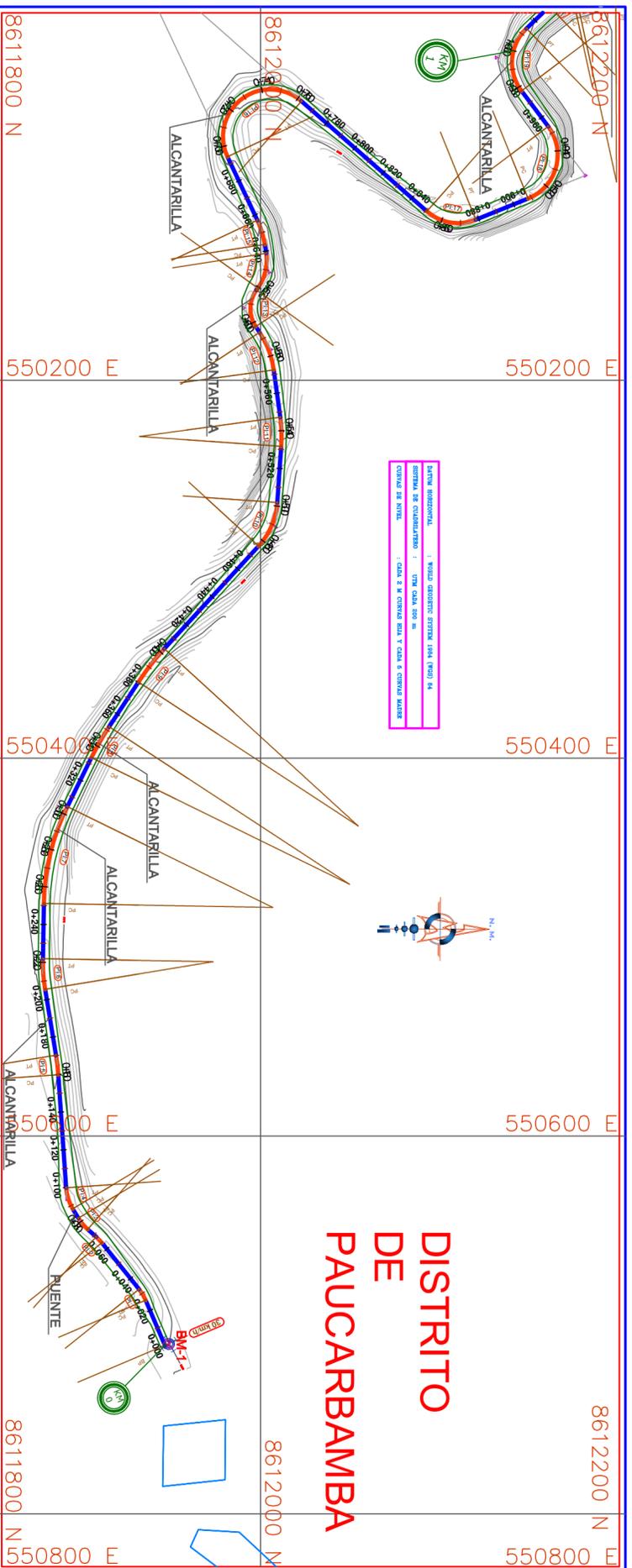


DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
ALINEAMIENTO	
CASAS	
BMS	

PUNTO	N° BM	NORTE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
01	BM-01	8612842.840	549252.577	3368.024	SOBRE PIEDRA
02	BM-02	8615314.380	547673.543	3328.140	SOBRE PIEDRA

NOTAS:
 1.- DIMENSIONES Y COORDENADAS EN METROS.
 2.- EL NORTE DE REFERENCIA ES DETERMINADO POR PUNTOS DE POSICION ESTIMADAS LAS DISTANCIAS SE FIJA CON FACILIDAD LA PROPIA POSICION RELATIVA DEL GPS RESPECTO A LOS SATELITES CONOCIENDO ASIMISMO LAS COORDENADAS O POSICION DE CADA UNO DE ELLOS POR SEÑAL QUE EMITEN. SE OBTIENE LA POSICION ABSOLUTA O COORDENADAS REALES DEL PUNTO DE MEDICION.
 3.- EL SISTEMA DE COORDENADAS ES LA PROYECCION UTM, TENIENDO COMO ORIGEN EL PUNTO "A" Y LA REFERENCIA PUNTO "B" (BM-01) DE LA POLIGONAL DE ARROYO. SISTEMA DE REFERENCIA UTM ZONA 18 SUR. SISTEMA WORLD GEODETIC SYSTEM 1984 (WGS) 84.
 4.- SISTEMA DE CUADRILATERO: UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR (UTM). CADA 200 METROS.

UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO	
INSTITUCION:	SERVICIO:
PLAN:	LAMINA:
TITULO:	PC - 01
AUTOR:	FECHA:
REVISOR:	APROBADO:
DISEÑADOR:	MICHAEL ESPINOZA BARRIENTOS
ESCALA:	1:500



DISTRITO DE PAUCARBAMBA

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL

NUMERO	DIRECCION	DEFLEXION (°)	RADIO	T	Lc	E	M	Pc	Pi	Pi NORTE	Pi ESTE	
P11	S59° 07' 16" W	15° 38' 05"	25.00	3.42	6.81	6.79	0.23	0.025183	0.008248	0.022724	8611937.89	550663.78
P12	S48° 20' 54" W	9° 36' 39"	25.00	2.17	4.34	4.33	0.09	0.044227	0.008444	0.008149	8611914.89	550646.80
P13	S50° 13' 41" W	1° 42' 14"	25.00	3.89	7.72	7.69	1.20	0.077458	0.079247	0.082520	8611936.58	550646.84
P14	S72° 55' 33" W	20° 57' 29"	25.00	5.99	11.96	11.95	0.71	0.098168	0.098407	0.098634	8611997.81	550652.40
P15	S59° 20' 29" W	5° 53' 38"	111.00	5.23	10.45	10.45	0.12	0.158183	0.162406	0.170238	8611922.89	550652.38
P16	S89° 40' 40" W	10° 21' 59"	90.00	8.16	16.28	16.26	0.57	0.201848	0.213755	0.221288	8611984.77	550651.31
P17	N19° 24' 37" W	25° 09' 27"	121.00	27.00	53.13	52.70	2.88	0.300420	0.304489	0.308489	8611985.31	550648.89
P18	N69° 14' 48" W	7° 30' 09"	142.00	9.43	18.84	18.83	0.29	0.253117	0.262420	0.269201	8611914.73	550651.26
P19	N62° 07' 37" W	9° 12' 16"	198.00	11.19	22.35	22.31	0.45	0.308130	0.318149	0.326163	8611941.58	550652.96
P110	N68° 46' 32" W	38° 30' 00"	38.00	13.27	26.54	26.56	2.25	0.478140	0.488188	0.501384	8612007.93	550277.90
P111	S89° 04' 39" W	11° 47' 33"	75.00	7.75	15.44	15.41	0.40	0.431773	0.439470	0.447184	8612011.41	550227.22
P112	S89° 22' 59" W	25° 53' 59"	48.00	10.91	21.45	21.27	1.22	0.457239	0.465300	0.473354	8612005.44	550181.75
P113	N68° 43' 42" W	8° 10' 09"	17.00	11.72	23.43	23.43	0.86	0.507156	0.509227	0.511308	8611996.34	550194.76
P114	N19° 51' 50" W	44° 35' 06"	25.00	10.25	19.45	19.49	1.87	0.618134	0.626159	0.634184	8612004.52	550142.91
P115	S72° 58' 34" W	16° 24' 05"	47.00	6.77	13.45	13.41	0.49	0.644517	0.650134	0.655751	8612001.17	550127.37
P116	N69° 55' 48" W	5° 23' 22"	25.00	12.06	24.12	24.06	0.82	0.814778	0.782478	0.811931	8612001.05	549972.52
P117	N69° 40' 02" E	6° 23' 42"	25.00	15.44	30.88	30.86	1.65	0.860174	0.868193	0.876212	8612009.46	549972.52
P118	N62° 04' 31" W	10° 43' 25"	25.00	30.56	61.12	61.05	3.77	0.984124	0.984124	0.984124	8612017.61	550091.61
P119	N62° 04' 31" W	8° 10' 10"	25.00	22.18	44.36	44.31	8.42	0.971311	0.969179	0.967047	8612024.54	550262.13
P120	N62° 02' 13" W	3° 13' 14"	25.00	7.06	13.76	13.58	0.68	1.000159	1.007165	1.014171	8612027.78	549999.27
P121	N61° 15' 19" W	12° 04' 05"	102.00	10.78	21.48	21.44	0.57	1.046115	1.056133	1.066151	8612168.51	549992.88
P122	N69° 07' 09" W	83° 47' 46"	25.00	22.45	44.90	44.89	6.39	1.138178	1.148196	1.158214	8612281.31	549992.88
P123	N73° 03' 01" W	21° 50' 12"	42.00	8.72	17.43	17.12	0.84	1.222133	1.232151	1.242169	8612394.16	549992.88
P124	N19° 08' 33" W	29° 07' 05"	42.00	10.77	21.50	20.99	1.33	1.284142	1.273139	1.262136	8612507.02	549972.54
P125	S59° 15' 19" W	5° 05' 09"	25.00	12.48	24.96	24.94	2.03	1.324140	1.337139	1.347138	8612509.37	549972.54

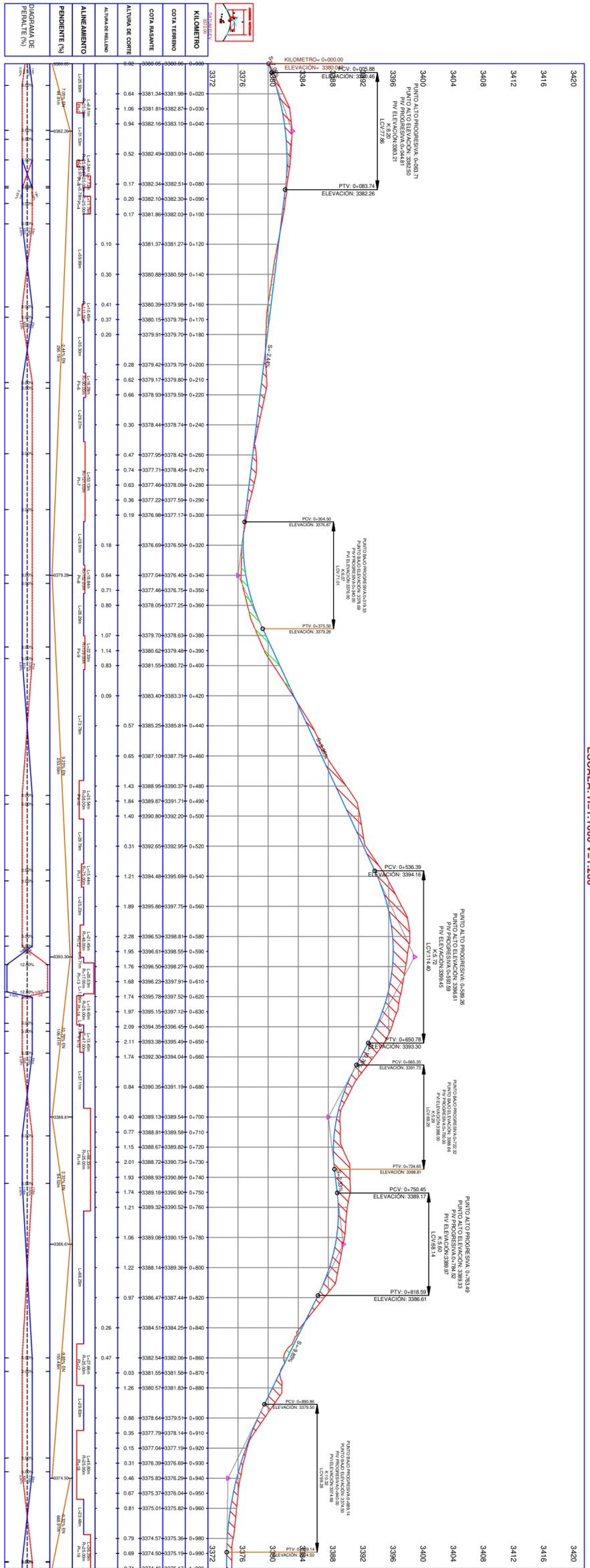
DESCRIPCION	SIMBOLO
ALINEAMIENTO	
CASAS	
BMS	

CUADRO DE COORDENADAS (BENCHMARK)

PUNTO	N° BM	NOMBRE	ESTE	COTA	DESCRIPCION
01	BM-01	86172842.840	549252.577	3348.024	SOMERERIA
02	BM-02	86153154.380	547273.543	3328.140	SOMERERIA

- NOTAS:**
1. DIMENSIONES Y COORDENADAS EN METROS.
 2. EL NORTE DE REFERENCIA ES DETERMINADO POR PUNTOS DE FONDA POSICION RELATIVA DEL GIS RESPECTO A LOS DATOS CONOCIDOS ADIACENTES A LOS PUNTOS DE FONDA POSICION RELATIVA. COORDENADAS REALES DEL FONTO DE MENCION.
 3. EL SISTEMA DE COORDENADAS ES LA PROYECCION UTM, TENIENDO COMO ORIGEN EL PUNTO 18 SUR, SISTEMA MERCATOR (UTM) 18 SUR, SISTEMA WORLD GEOTIC SYSTEM 1984 (WGS 1984) Y COMO DATUM EL DATUM DE WGS 1984 (WGS 1984).
 4. SISTEMA DE CUADRIANTE: UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR (UTM) / CADA 200 METROS.

PERFIL LONGITUDINAL 0+000.00 - 1+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

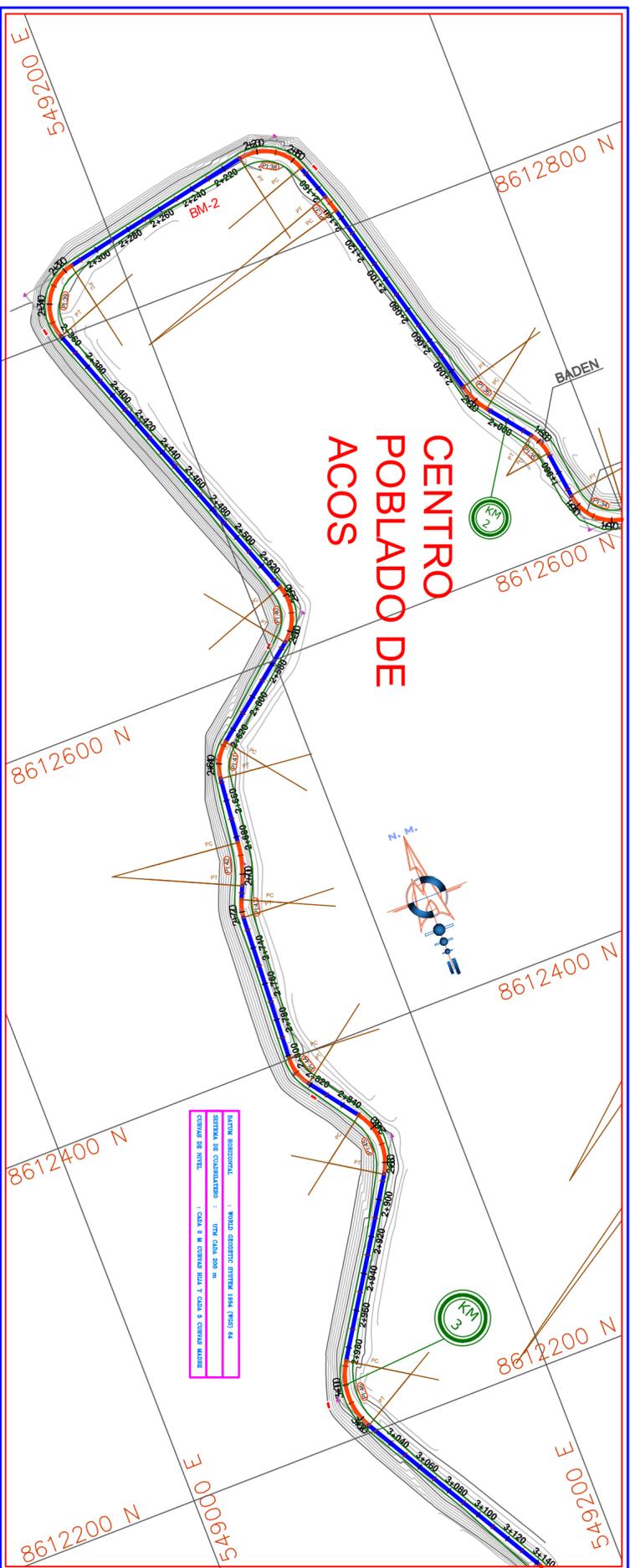
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

PROFESOR: **PLATON PEREZ LUCENTINI**

ALUMNO: **MICHAEL ESPINOZA SANCHEZ**

LABORIO: **PP-01**

FECHA: **15/05/2020**



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL

NÚMERO	DIRECCIÓN	DEFLEXIÓN (°)	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	M NORTE	PI ESTE
P139	S59°17'52"W	98°38'49"	25.00	29.09	43.04	37.92	13.36	8.71	2,315.64	2,344.73	2,359.68	8612827.94	549146.62
P140	S15°58'30"W	72°00'07"	25.00	18.16	31.42	29.39	5.90	4.77	2,454.98	2,453.11	2,456.38	8612617.93	549232.16
P141	S88°58'00"W	46°08'55"	25.00	10.64	20.12	19.38	2.17	2.00	2,482.88	2,488.33	2,494.01	8612662.29	549182.01
P142	S15°28'25"W	19°13'33"	69.00	11.69	23.15	23.04	0.98	0.97	2,485.08	2,484.75	2,476.22	8612505.20	549146.15
P143	S14°08'22"W	21°33'38"	25.00	4.84	9.55	9.49	0.46	0.45	2,715.53	2,718.36	2,723.08	8612483.62	549158.04
P144	S16°40'46"E	39°44'38"	25.00	9.04	17.94	17.00	1.58	1.49	2,801.41	2,810.44	2,819.75	8612391.56	549130.91
P145	S1°58'21"E	69°09'28"	30.00	20.69	36.21	34.05	6.44	5.03	2,895.13	2,870.61	2,866.34	8612424.48	549167.29
P146	S1°30'31"W	62°11'32"	35.00	21.11	37.99	36.15	5.87	5.03	2,897.28	3,008.37	3,025.26	8612222.26	549000.39
P147	S3°54'23"E	51°21'38"	34.00	16.35	30.48	29.47	3.73	3.36	3,145.41	3,158.76	3,172.88	8612087.81	549165.73
P148	S83°48'56"W	24°07'13"	46.00	9.63	19.37	19.22	1.04	1.02	3,186.28	3,186.10	3,205.64	8612051.07	549162.05
P149	S33°56'40"W	16°06'16"	41.00	5.80	11.52	11.49	0.41	0.40	3,227.69	3,223.48	3,229.20	8612024.85	549175.00
P150	S82°25'21"W	40°51'07"	40.00	14.90	28.52	27.92	2.88	2.82	3,293.97	3,298.87	3,322.49	8611989.42	549058.37

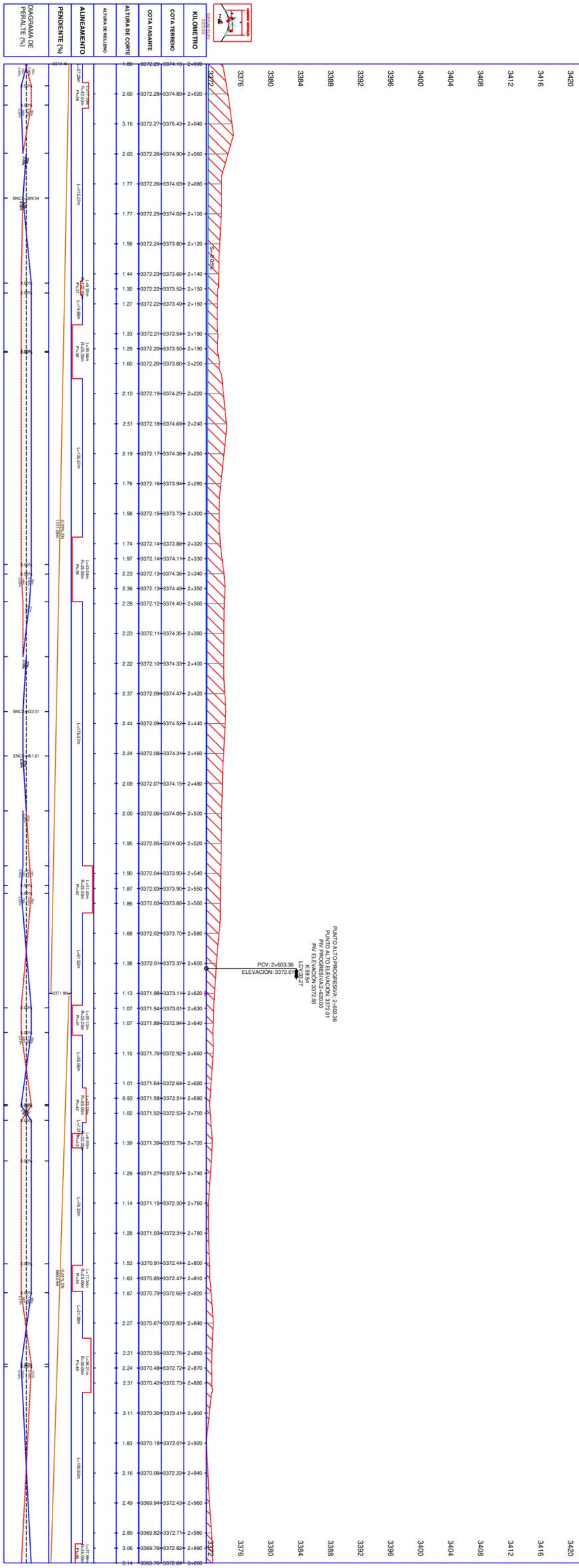
DATOS HORIZONTAL
 SISTEMA DE COORDENADAS : UTM ZONA 18 S
 DATUM GEODESICO GENERAL (DGG) PERU 84
 CURVA DE TRANSICION : CUBA 8 Y CUBA 9
 CURVA DE INICIO : CUBA 8 Y CUBA 9
 CURVA DE FIN : CUBA 8 Y CUBA 9

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
ALINEAMIENTO	—
CASAS	□
BMS	⊙

CUADRO DE COORDENADAS (BERCHAMAR)

PUNTO	N° BM	NORTE	ESE	COTA	DESCRIPCIÓN
01	BM-01	8612842.840	549232.377	3368.024	SORBE MIERA
02	BM-02	8615316.380	5476733.543	3338.140	SORBE MIERA

PERFIL LONGITUDINAL 2+000.00 - 3+000.00
 ESCALA: H=1:1000 V=1:200



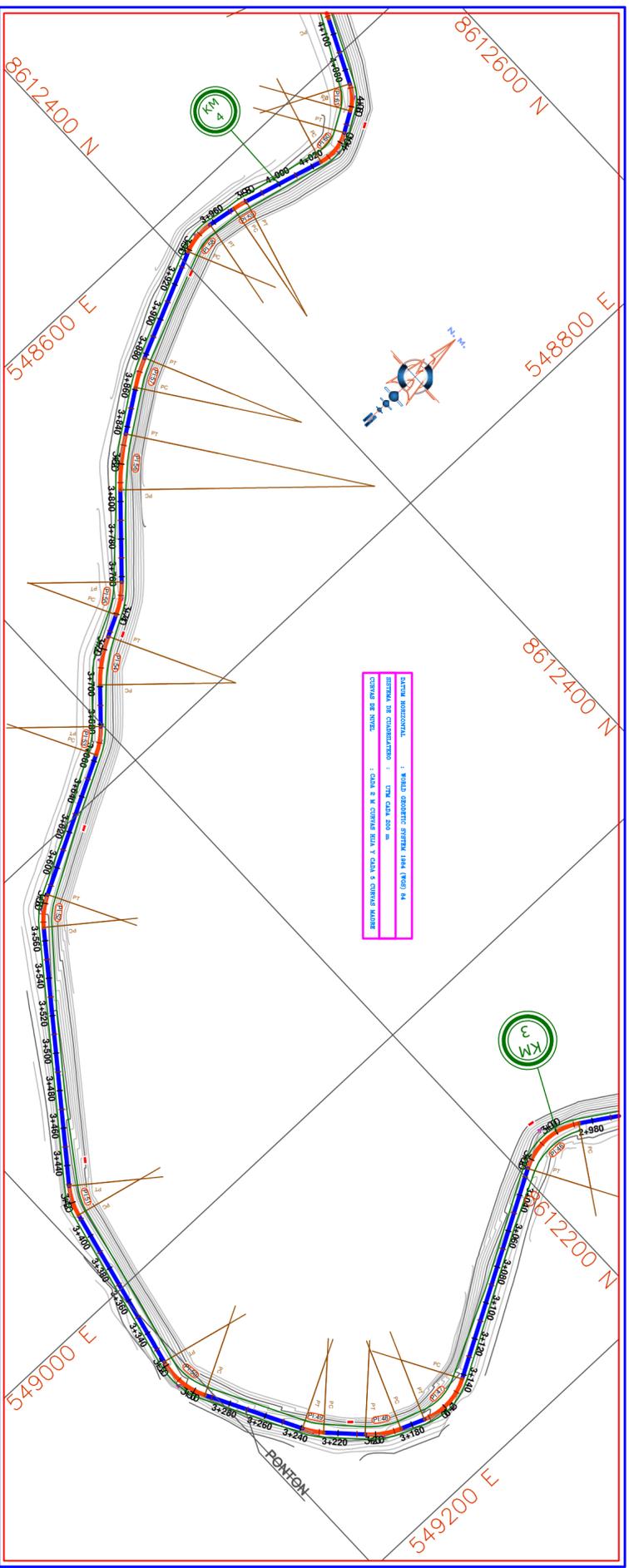
UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO

PROYECTO: "PLAN Y PERFIL LONGITUDINAL DEL CENTRO POBLADO DE ACOS"

ALUMNO: MICHAEL ESPINOZA BARBENTOS

PP-03

NOTAS:
 1. DIMENSIONES Y COORDENADAS EN METROS.
 2. EL NORTE DE REFERENCIA ES DETERMINADO POR PUNTOS DE PROPIA RESION RELATIVA EN SU GIRDRE SITUADOS EN EL TERRENO CONOCIDO ADIEMAS LAS COORDENADAS O POSICION DE CADA PUNTO SE DETERMINAN MEDIANTE EL METODO DE MEDICION ABSOLUTO COORDENADAS REALES DEL PUNTO DE MEDICION.
 3. EL SISTEMA DE COORDENADAS ES LA PROYECCION UTM, TENIENDO COMO ORIGEN EL PUNTO "K" Y LA REFERENCIA EN "Y" (BM-01).
 4. SISTEMA DE CUADRILATERO UNIVERSAL TRANSVERSO MERCATOR (UTM) / CADA 289 METROS.



DATOS GEOMETRICOS
 1. RADIO GEOMETRICO CENTRAL: 1000.00 M
 2. ANCHO DE CARRETERA: 12.00 M
 3. ANCHO DE CARRIL: 3.00 M
 4. ANCHO DE BORDADERO: 1.50 M
 5. ANCHO DE FRENILLO: 0.50 M

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL

NÚMERO	DIRECCION	DEFLEXION ()	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PNORTE	PESTE
PI51	N64°49'55"W	24°38'21"	38.00	8.30	18.34	16.22	0.90	0.88	3+412.72	3+421.02	3+423.06	8612014.64	548847.79
PI52	N40°08'24"W	24°44'42"	41.00	8.99	17.71	17.57	0.97	0.95	3+567.16	3+576.15	3+584.87	8612092.21	548824.49
PI53	N37°46'50"W	20°01'36"	44.00	7.77	15.38	15.30	0.68	0.67	3+653.42	3+671.19	3+678.80	8612193.55	548720.09
PI54	N57°20'01"W	20°55'14"	72.00	13.29	26.29	26.14	1.22	1.20	3+700.91	3+714.20	3+727.19	8612222.55	548748.11
PI55	N37°18'38"W	20°52'22"	49.00	9.03	17.85	17.75	0.82	0.81	3+798.42	3+814.45	3+827.28	8612253.37	548732.49
PI56	N41°24'12"W	12°41'11"	135.00	15.01	29.89	29.83	0.83	0.83	3+806.18	3+821.19	3+836.07	8612302.41	548678.51
PI57	N29°49'21"W	10°28'32"	90.00	8.25	16.45	16.43	0.58	0.58	3+861.35	3+869.60	3+877.81	8612342.14	548650.62
PI58	N7°50'34"W	33°29'03"	32.00	6.63	18.70	18.44	1.42	1.36	3+898.80	3+948.42	3+957.50	8612413.86	548617.81
PI59	N12°04'18"E	6°20'41"	69.00	3.82	7.64	7.64	0.11	0.11	3+972.71	3+976.53	3+980.35	8612442.17	548622.25
PI60	N8°06'59"W	46°43'09"	25.00	10.80	20.39	19.83	2.23	2.05	4+025.23	4+038.03	4+046.62	8612493.58	548572.89
PI61	N48°12'28"W	33°27'55"	25.00	7.52	14.60	14.40	1.11	1.06	4+057.67	4+065.18	4+072.27	8612525.48	548522.04
PI62	N88°09'00"W	6°25'09"	207.00	11.61	23.19	23.18	0.53	0.52	4+108.81	4+120.42	4+132.00	8612549.06	548571.61

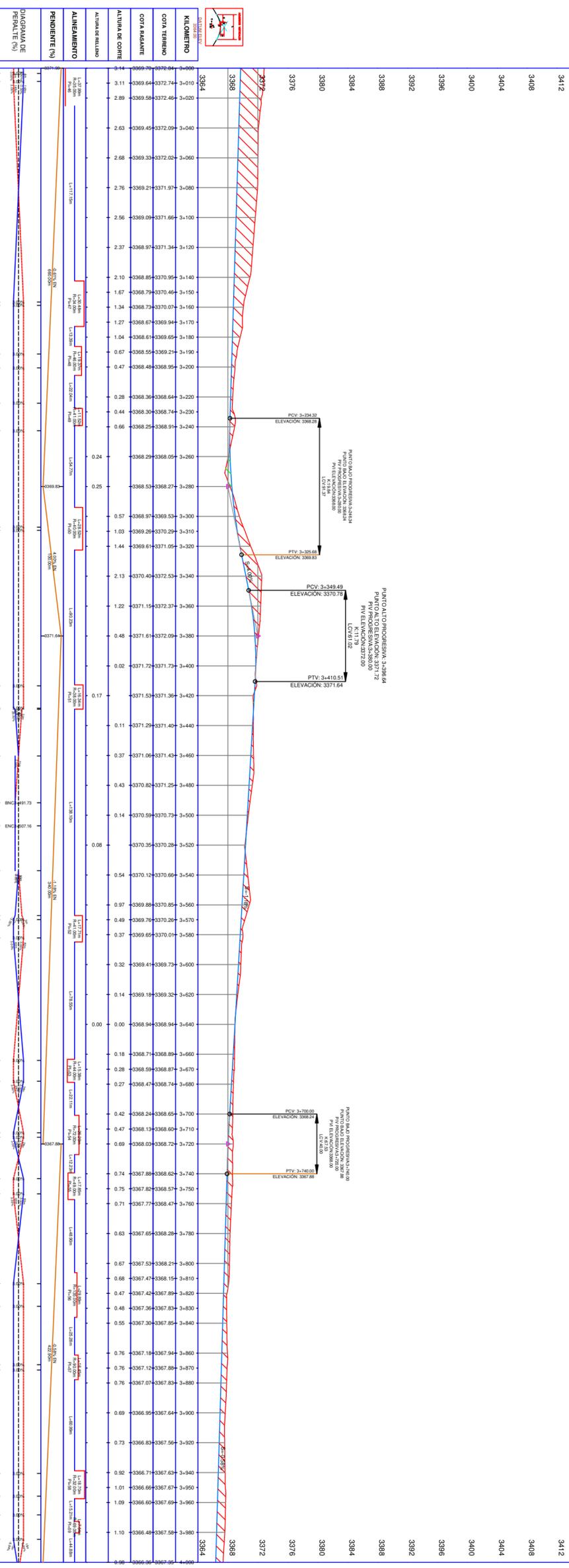
DESCRIPCION	SIMBOLO
ALINEAMIENTO	
CASAS	
BMS	

CUADRO DE COORDENADAS (BENCHMARK)

PUNTO	N° BM	ESTE	COTA	DESCRIPCION
01	BM-01	8613842.840	549252.577	3268.024 SOBRE PIEDRA
02	BM-02	8613316.380	547673.543	33281.140 SOBRE PIEDRA

NOTAS:
 1. DIMENSIONES Y COORDENADAS EN METROS.
 2. EN LOS PUNOS RELEVADOS EN ESTOS PLANOS, SE HA CONSIDERADO LA POSICION ESTIMADA LAS DISTANCIAS, SE HA CONSIDERADO LA PROYECCION RELATIVA DEL GRS RESPECTO A LOS SISTEMAS UNICO DE ELIOTSPOR SIGNAL QUE EMITEN SE OBTIENEN LA POSICION ABSOLUTA COORDENADAS REALES DEL PUNTO DE MEDICION.
 3. COMO ORIGEN EL PUNTO "A" Y LA REFERENCIA PUNTO "B" (BM-01) DE LA POLIGONA DE APOYO, SISTEMA DE REFERENCIA UTM ZONA 18Q.
 4. SISTEMA DE COORDENADO UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR (UTM) 10AD-200 METROS.

PERFIL LONGITUDINAL 3+000.00 - 4+000.00
 ESCALA: H:1:1000 V:1:200

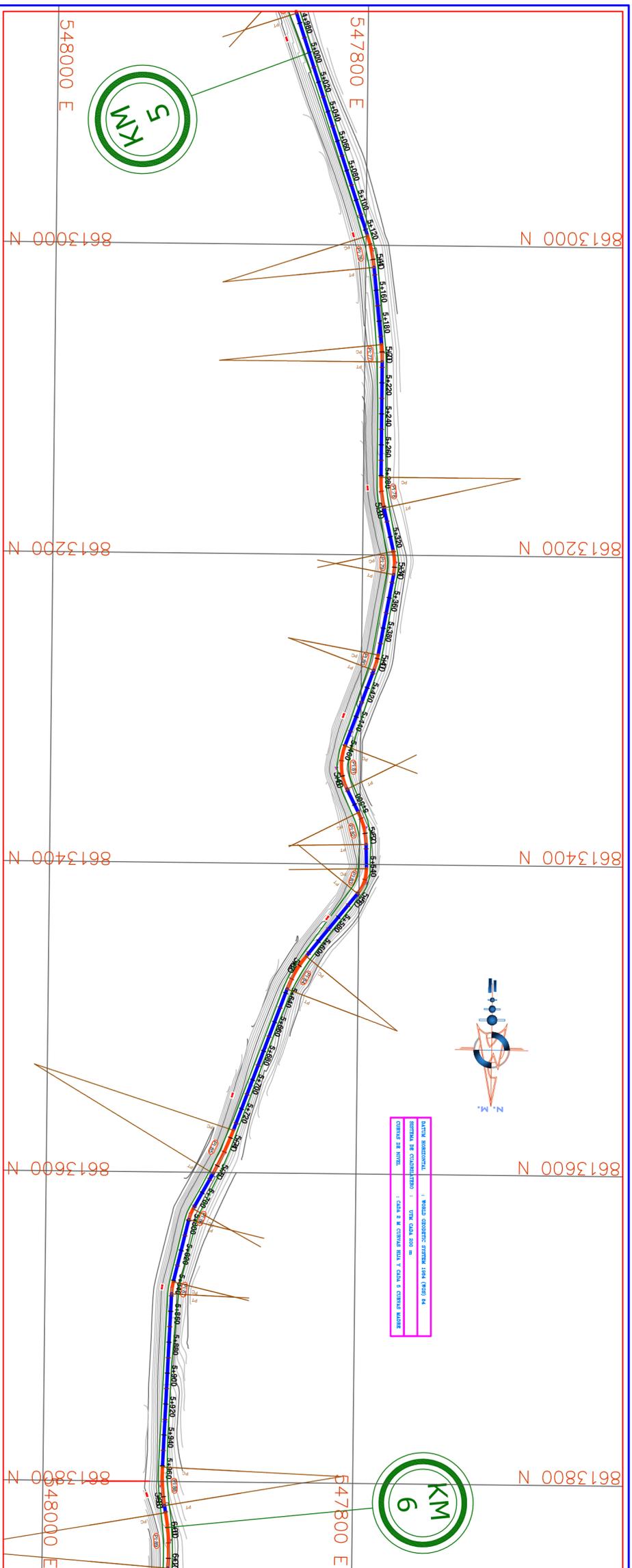


UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

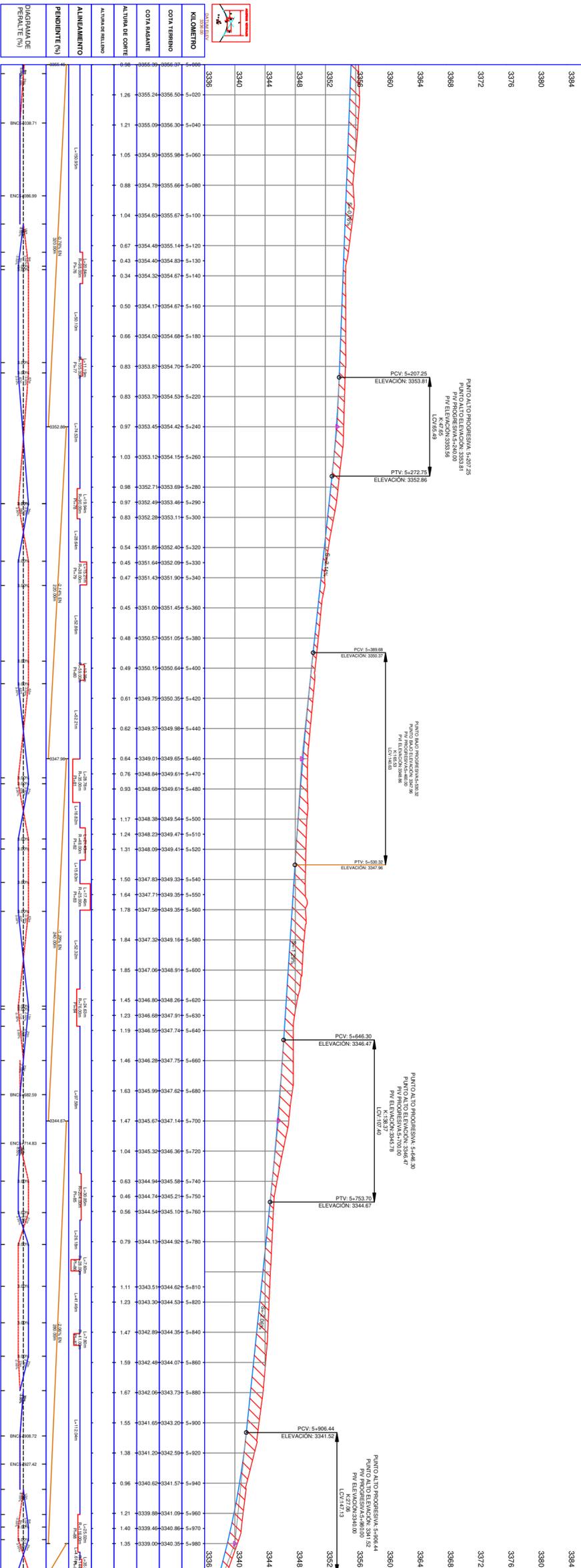
PLAN Y PERFIL LONGITUDINAL
 KM 3+000 - 4+000
 MICHAEL ESPINOZA BARBERIS

PP - 04



ALIÑA PROGRESIVA: 10% (CADA 100 M)
 SENTIDA DE CIRCULACION: VÍA CALA SUR
 CANTAR DE MUYA: CALA E W CANTAR BOLA Y CALA S CANTAR MALAR

PERFIL LONGITUDINAL 5+000.00 - 6+000.00
 ESCALA: H:1:1000 V:1:200



PUNTO ALTO PROGRESIVA: 5+207.25
 PVI ELEVACION: 3393.81
 PVI PROGRESIVA: 5+200
 LCV: 5+205

PUNTO BAJO PROGRESIVA: 5+389.69
 PVI ELEVACION: 3360.37
 PVI PROGRESIVA: 5+390
 LCV: 5+388

PUNTO ALTO PROGRESIVA: 5+646.30
 PVI ELEVACION: 3344.67
 PVI PROGRESIVA: 5+700.00
 LCV: 5+670

PUNTO ALTO PROGRESIVA: 5+906.44
 PVI ELEVACION: 3301.52
 PVI PROGRESIVA: 5+910
 LCV: 5+913

- NOTAS:
1. DIMENSIONES Y COORDENADAS EN METROS.
 2. PLANIMETRÍA Y ALIÑA DE LA CARRETERA SE HA OBTENIDO POR MEDIO DE LA POSICIÓN RELATIVA DEL GPS RESPECTO A LOS PUNTOS DE CONTROL. ESTIMADAS LAS DISTANCIAS SE HA CONFIRMADO LA UNIFORMIDAD DE LOS DATOS OBTENIDOS. SE OBTIENE LA POSICIÓN ABSOLUTA O COORDENADAS REALES DEL PUNTO DE MEDICIÓN.
 3. COORDENADAS DEL PUNTO DE REFERENCIA: UTM ZONA 18 Q UTM 861331.6300 5476733.6300.
 4. SISTEMA DE COORDENADAS: UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR (UTM) CADA 200 METROS.

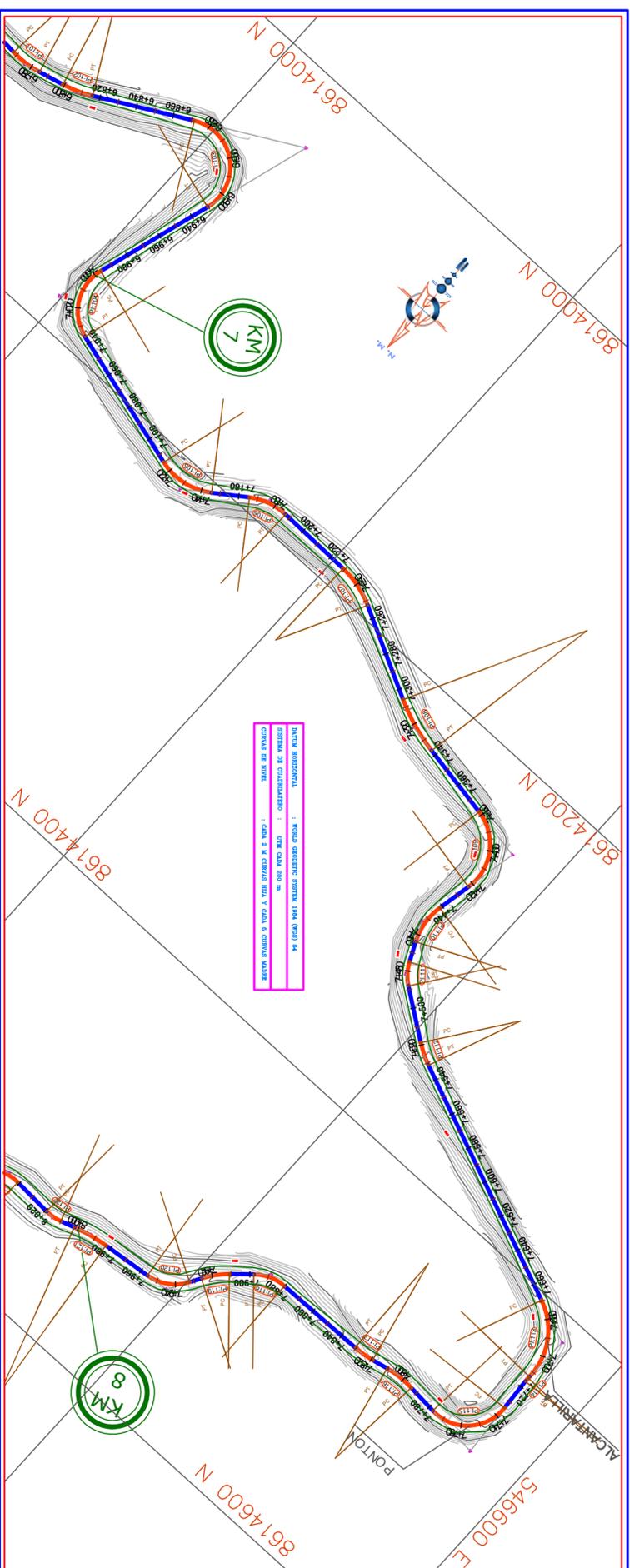
CANTAR DE COORDENADAS (BENCHMARK)					
PUNTO	N° BM	NORTE	ESTE	COYA	DESCRIPCION
01	BM-01	8613382.840	5476232.577	3368.024	CANTAR BENA
02	BM-02	8613316.380	5476733.630	3328.140	SCAR BENA

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
ALINEAMIENTO	
CASAS	
BMS	

CUADRO DE ESTACIONES DE CANTAR BENCHMARK

NUMERO	ESTACION	U	L	E	M	N	E	N	M	NUMERO	N	M
BM-01	8613382.840	5476232.577	3368.024	3328.140	3368.024	3328.140	3368.024	3328.140	3368.024	8613382.840	5476232.577	3368.024
BM-02	8613316.380	5476733.630	3328.140	3328.140	3328.140	3328.140	3328.140	3328.140	3328.140	8613316.380	5476733.630	3328.140

UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 TÍTULO: TESIS DE GRADUACIÓN
 TEMA: **PLANIMETRÍA Y PERFIL LONGITUDINAL**
 AUTOR: **MICHAEL ESPINOZA BARBENTOS**
 ASESOR: **MICHAEL ESPINOZA BARBENTOS**
 AÑO: **2020**
PP - 06



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL

NÚMERO	DIRECCIÓN	DEFLEXIÓN (°)	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
PI101	S85°10'27"W	18°42'39"	53.00	8.73	17.31	17.23	0.71	0.70	6.76723	6.77656	6.78514	8614103.91	547297.36
PI102	S56°37'09"W	14°24'07"	67.00	8.47	16.84	16.80	0.33	0.53	6.77917	6.80763	6.81601	8614096.26	547267.08
PI103	N56°58'24"W	135°17'03"	25.00	60.78	59.03	46.24	40.72	15.49	6.87142	6.93220	6.93044	8614036.62	547157.62
PI104	N26°52'23"W	91°09'02"	25.00	25.51	39.77	35.71	10.72	7.50	6.99630	7.02181	7.03807	8614182.35	547201.34
PI105	S80°11'03"W	50°44'06"	35.00	16.59	30.99	28.99	3.73	3.37	7.11451	7.13111	7.14851	8614214.67	547065.21
PI106	S72°52'22"W	36°08'45"	34.00	11.10	21.46	21.10	1.76	1.88	7.16572	7.17682	7.18717	8614167.07	547046.06
PI107	N75°59'41"W	26°05'08"	52.00	12.05	23.67	23.47	1.38	1.34	7.22835	7.24039	7.25262	8614198.16	546981.15
PI108	N71°29'33"W	17°04'52"	104.00	15.62	31.00	30.89	1.17	1.15	7.30534	7.32156	7.33839	8614254.98	546899.02
PI109	N34°15'18"W	91°33'22"	28.00	28.77	44.74	40.13	12.15	8.47	7.37804	7.40681	7.43278	8614239.78	546864.84
PI110	N6°53'14"W	39°49'14"	35.00	11.65	22.49	22.11	1.89	1.79	7.44150	7.45315	7.46339	8614297.73	546836.66
PI111	N39°58'20"W	29°17'00"	25.00	6.53	12.78	12.64	0.84	0.81	7.47517	7.48170	7.48735	8614324.27	546824.11
PI112	N61°17'46"W	13°25'31"	54.00	6.36	12.66	12.63	0.37	0.37	7.51810	7.52505	7.53135	8614329.56	546798.54
PI113	N39°18'31"W	69°24'20"	36.00	24.93	43.61	40.99	7.79	6.40	7.66940	7.69433	7.71900	8614412.96	546661.53

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
ALINEAMIENTO	
CASAS	
BMS	

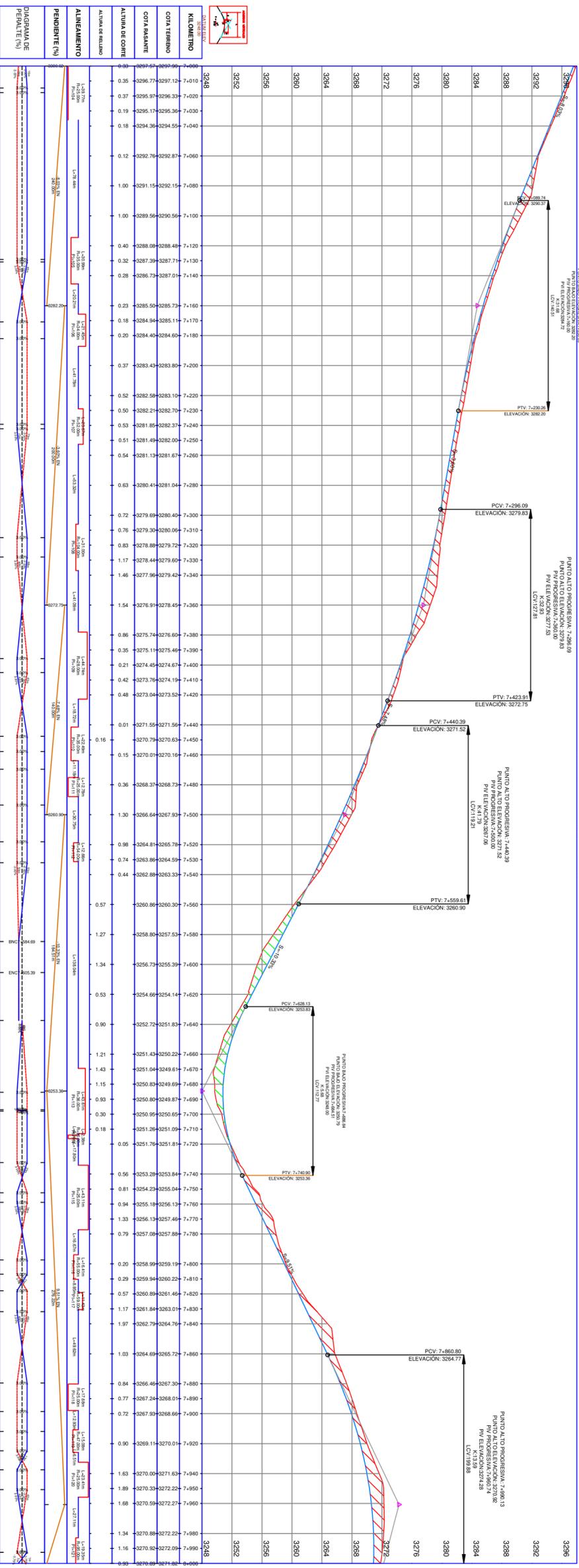
CUADRO DE COORDENADAS (BENCHMARK)

PUNTO	N° BM	NORTE	ESTE	COA	DESCRIPCIÓN
01	BM.01	86172842.840	5492325.577	3368.024	SOBRE PIEDRA
02	BM.02	8615316.380	5492724.63	3328.140	SOBRE PIEDRA

NOTAS

- DIMENSIONES Y COORDENADAS EN METROS
- EL NORTE DE REFERENCIA ES DETERMINADO POR PUNTOS DE REFERENCIA DEL SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS WGS 84. LA POSICIÓN DEL ALIVIA DEL GPS RESPECTO A LOS SATELITES DE REFERENCIA SE DETERMINA MEDIANTE EL SISTEMA DE COORDENADAS ABSOLUTAS COORDENADAS REALES DEL PUNTO DE MEDICIÓN.
- EL SISTEMA DE COORDENADAS ES LA PROYECCIÓN UTM 18N, TENIENDO EN CUENTA LA ZONA 18N DEL SISTEMA DE REFERENCIA UTM (WGS 84).
- EL SISTEMA DE REFERENCIA ES EL SISTEMA DE REFERENCIA LOCAL (SIR) DEL SUR, SISTEMA WORLD GEOIDETIC SYSTEM 1984 (WGS 84).
- SISTEMA DE COORDENADAS UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR (UTM) / ZONA 18N METROS.

PERFIL LONGITUDINAL 7+000.00 - 8+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



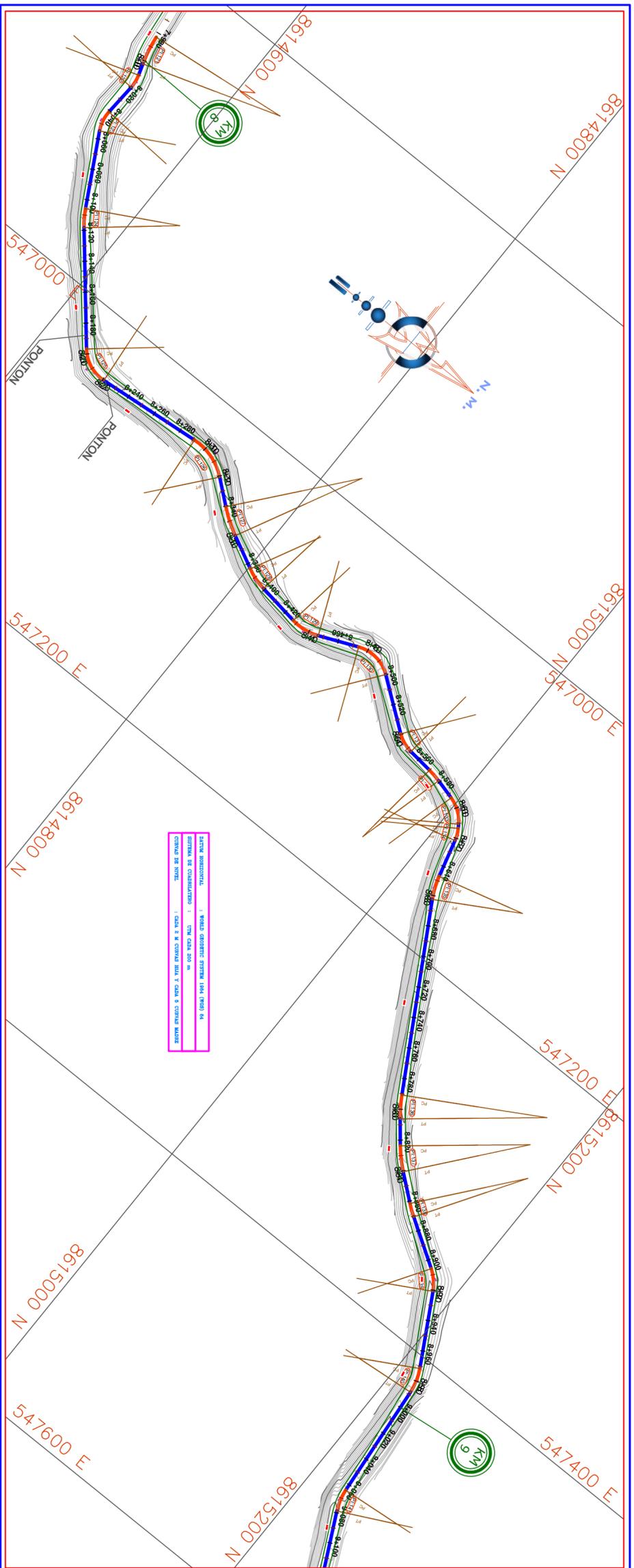
UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO

PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL

NO. 2020-08

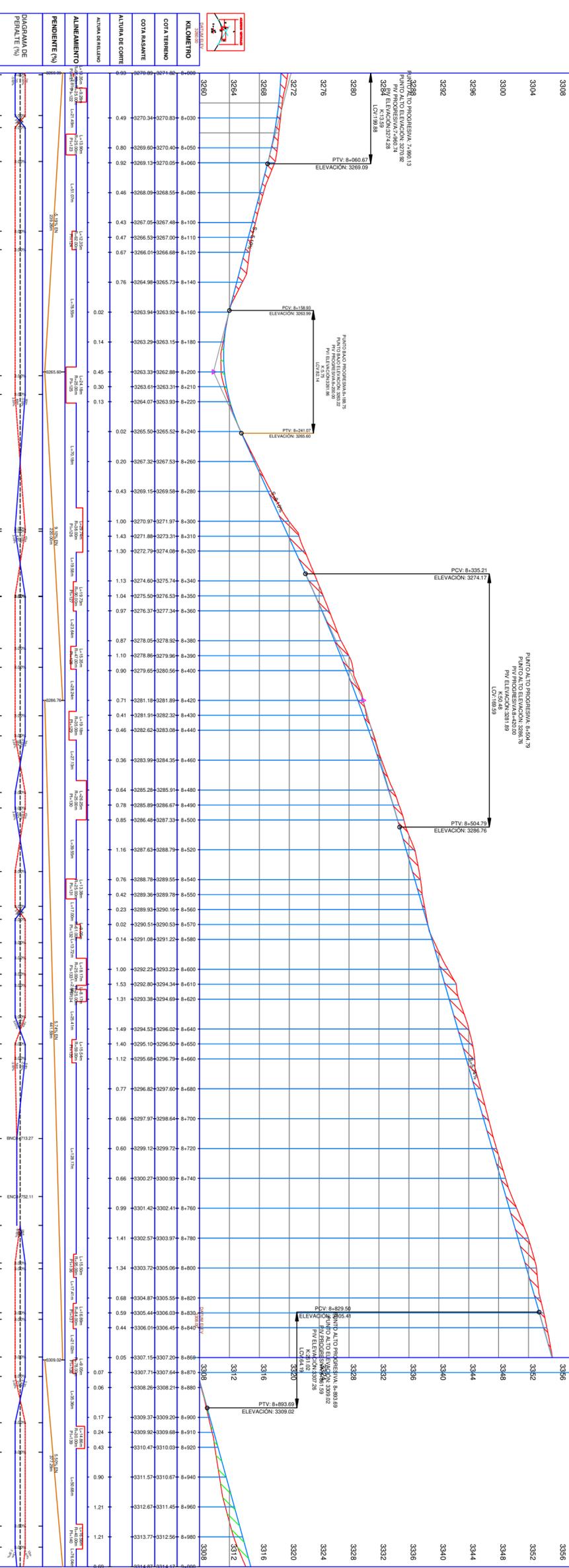
PP-08

MAYO 2020



SISTEMA DE COORDENADAS : WGS 1984
 SISTEMA DE CUALIFICACION : CIVIL CALIA 200 m
 CURVA DE SENO : CALA S. M. CURVA DUA Y CALA S. CURVA MUEDE

PERFIL LONGITUDINAL 8+000.00 - 9+000.00
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



CUADRO DE ESTACIONES DE CURVA LONGITUDINAL

ESTACION	DESCRIPCION (I)	RAJO (V)	L	E	M	PC	PV	PT	PROXIMA	PRIMA
8+114	107°19'29"	5299.07	2.00	1.19	2.28	828	830	7213.84	8219.22	8164.03
8+115	106°52'48"	5098.01	2.00	89.17	49.11	7298	13762.829	7294.14	7293.28	7292.22
8+116	106°27'28"	5219.02	2.00	129.32	129.32	5200	7293.28	7292.22	7291.16	7290.04
8+117	106°02'07"	5420.03	2.00	179.64	179.64	5200	7291.16	7290.04	7288.92	7287.80
8+118	105°36'46"	4921.04	2.00	229.96	229.96	5200	7288.92	7287.80	7285.58	7284.46
8+119	105°11'25"	5122.05	2.00	280.28	280.28	5200	7285.58	7284.46	7281.24	7280.12
8+120	104°46'04"	5323.06	2.00	330.60	330.60	5200	7281.24	7280.12	7275.00	7273.88
8+121	104°20'43"	5524.07	2.00	380.92	380.92	5200	7275.00	7273.88	7267.76	7266.64
8+122	103°55'22"	5725.08	2.00	431.24	431.24	5200	7267.76	7266.64	7257.52	7256.40
8+123	103°30'01"	5926.09	2.00	481.56	481.56	5200	7257.52	7256.40	7244.28	7243.16
8+124	103°04'40"	6127.10	2.00	531.88	531.88	5200	7244.28	7243.16	7227.04	7225.92
8+125	102°39'19"	6328.11	2.00	582.20	582.20	5200	7227.04	7225.92	7203.80	7202.68
8+126	102°13'58"	6529.12	2.00	632.52	632.52	5200	7203.80	7202.68	7172.56	7171.44
8+127	101°48'37"	6730.13	2.00	682.84	682.84	5200	7172.56	7202.68	7133.32	7132.20
8+128	101°23'16"	6931.14	2.00	733.16	733.16	5200	7133.32	7132.20	7086.08	7084.96
8+129	100°57'55"	7132.15	2.00	783.48	783.48	5200	7086.08	7132.20	7038.84	7037.72
8+130	100°32'34"	7333.16	2.00	833.80	833.80	5200	7038.84	7037.72	6981.60	6980.48
8+131	100°07'13"	7534.17	2.00	884.12	884.12	5200	6981.60	7037.72	6924.36	6923.24
8+132	99°41'52"	7735.18	2.00	934.44	934.44	5200	6924.36	6923.24	6867.12	6866.00
8+133	99°16'31"	7936.19	2.00	984.76	984.76	5200	6867.12	6923.24	6814.88	6813.76
8+134	98°51'10"	8137.20	2.00	1035.08	1035.08	5200	6814.88	6813.76	6757.64	6756.52
8+135	98°25'49"	8338.21	2.00	1085.40	1085.40	5200	6757.64	6813.76	6705.40	6704.28

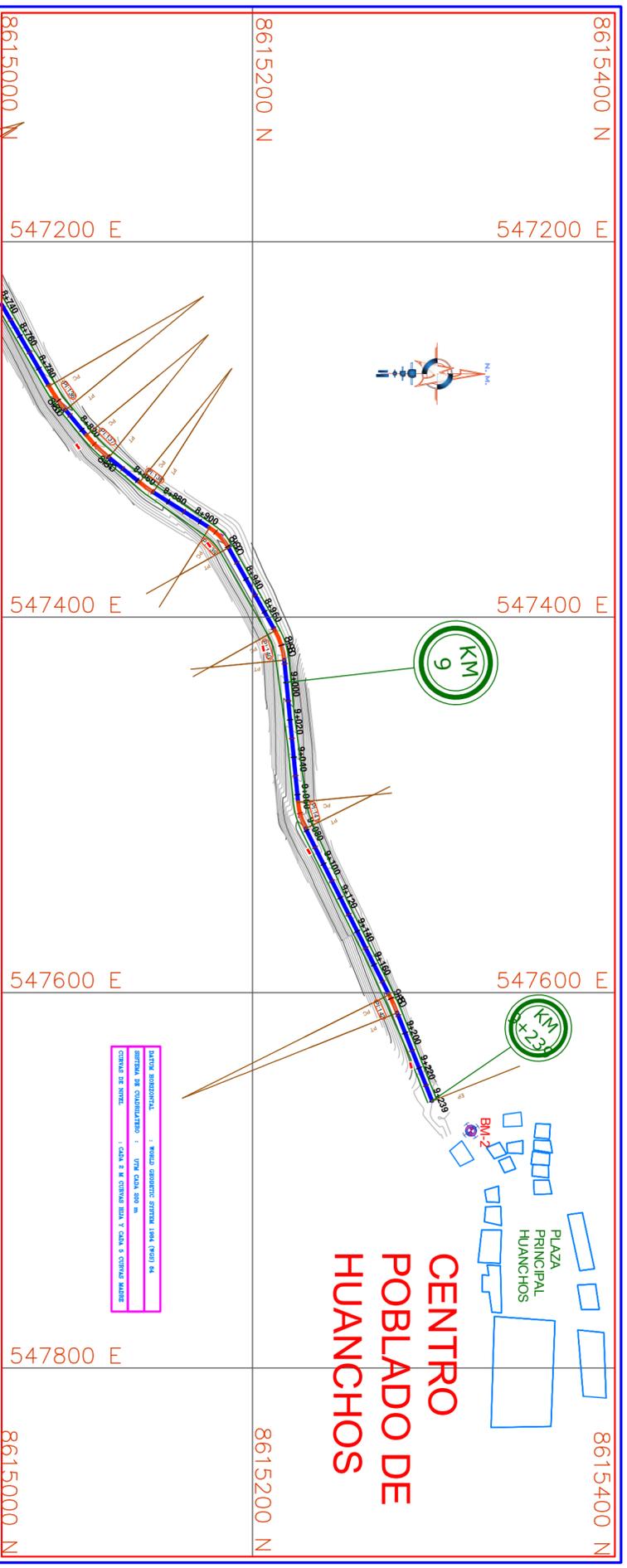
CUADRO DE COORDENADAS (BENCHKMARK)

PUNTO	N° BM	NORTE	ESTE	COYA	DESCRIPCION
01	BM-01	861'284'234.0	549'232.577	3368.024	SOBRE PIEDRA
02	BM-02	861'531'438.0	544'673.543	3328.140	SOBRE PIEDRA

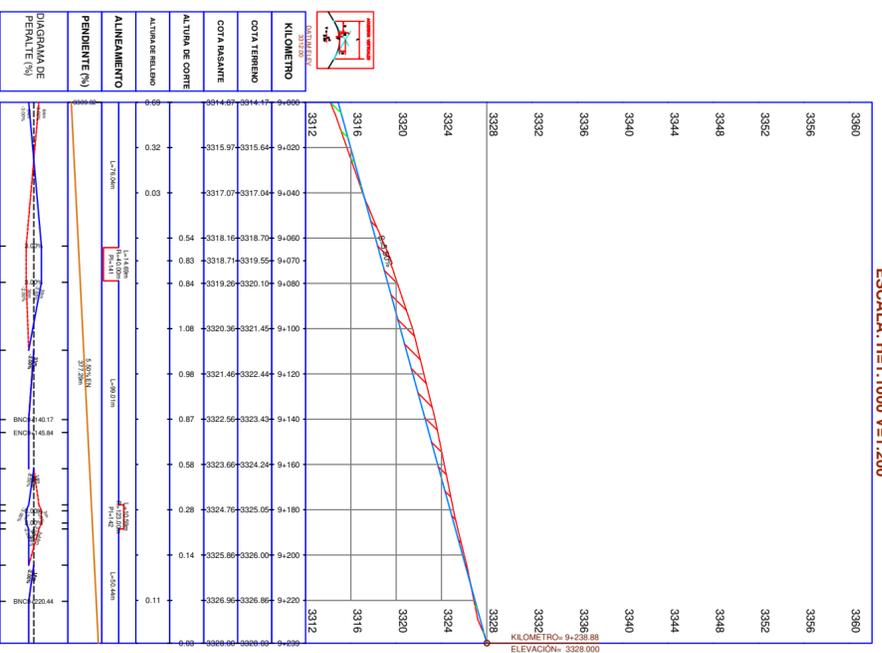
DESCRIPCION	SIMBOLO
ALINEAMIENTO	
CASAS	
BMS	

NOTAS:
 1.- DIMENSIONES Y COORDENADAS EN METROS.
 2.- EL NORTE DE REFERENCIA ES DETERMINADO POR PUNTO DE REFERENCIA DEL SISTEMA DE COORDENADAS WGS 1984. LA POSICION RELATIVA DEL CORRESPONDIENTE A LOS SATELITES GEOIDEOS DEBERIA SER CORREGIDA POR LA POSICION DE CALA S. M. COORDENADAS REALES DEL PUNTO DE MEDICION.
 3.- EL SISTEMA DE COORDENADAS ES LA PROYECCION UTM, TENIENDO COMO ORIGEN EL PUNTO 7811111.000 N Y 7811111.000 E DEL SUR. SISTEMA WGS 1984 (WGS) 94.
 4.- SISTEMA DE CUALIFICACION UNIVERSAL TRANSVERSO MERCATOR (UTM) ZONA 18N.

UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 ESCUELA DE INGENIERIA EN INGENIERIA CIVIL
 PLANO : PLANTA YERBAL LONGITUDINAL
 AUTORA : ANABELA SUAREZ
 PROFESOR : MICHAEL ESPINOZA FABRICES
 LAMINA : PP - 09
 FECHA : MARZO 2020



PERFIL LONGITUDINAL 9+000.00 - 9+238.88
ESCALA: H=1:1000 V=1:200



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA HORIZONTAL

NUMERO	DIRECCION	DEFLEXION ()	RADIO	T	L	LC	E	M	PC	PI	PT	PI NORTE	PI ESTE
P1-126	N16° 49' 21"E	44° 50' 38"	38.00	15.68	28.74	28.99	3.11	2.87	8+291.10	8+306.78	8+320.85	8614736.30	547030.21
P1-127	N82° 57' 55"E	123° 33' 29"	90.00	9.90	19.73	19.69	0.54	0.54	8+340.42	8+360.53	8+380.15	8614771.28	547058.78
P1-128	N17° 19' 52"E	18° 42' 36"	47.00	7.74	15.35	15.28	0.63	0.63	8+383.79	8+391.54	8+399.14	8614808.17	547077.32
P1-129	N7° 43' 11"W	31° 23' 30"	35.00	9.84	19.18	18.94	1.36	1.31	8+427.38	8+437.21	8+446.55	8614853.54	547093.68
P1-130	N6° 39' 59"E	60° 09' 51"	25.00	14.48	28.25	25.06	3.89	3.37	8+473.68	8+488.16	8+499.93	8614900.75	547095.24
P1-131	N21° 24' 52"E	30° 40' 05"	25.00	6.96	13.38	13.22	0.82	0.88	8+539.48	8+546.33	8+552.86	8614949.53	547099.66
P1-132	N10° 19' 57"E	8° 30' 14"	61.00	4.54	9.05	9.05	0.17	0.17	8+592.64	8+594.40	8+597.02	8614977.76	547102.67
P1-133	N85° 35' 03"E	18° 48' 28"	25.00	4.12	8.17	8.13	0.34	0.33	8+617.61	8+621.66	8+626.66	8615013.70	547123.22
P1-134	N65° 11' 02"E	15° 05' 20"	59.00	7.81	15.54	15.49	0.52	0.51	8+647.07	8+654.88	8+662.80	8615023.40	547159.28
P1-135	N57° 24' 08"E	15° 05' 20"	59.00	7.77	15.50	15.48	0.32	0.32	8+682.69	8+686.28	8+689.59	8615095.59	547283.60
P1-136	N44° 45' 04"E	11° 31' 05"	84.00	8.47	16.89	16.86	0.43	0.42	8+823.69	8+832.16	8+840.28	8615116.99	547303.57
P1-137	N55° 39' 59"E	67° 39' 05"	78.00	4.53	9.05	9.05	0.13	0.13	8+861.59	8+866.12	8+870.65	8615149.43	547330.97
P1-138	N46° 31' 53"E	28° 22' 52"	30.00	7.59	14.86	14.71	0.94	0.92	8+906.01	8+920.87	8+929.87	8615183.54	547358.37
P1-139	N2° 34' 57"E	23° 43' 15"	40.00	16.56	16.44	16.44	0.85	0.85	8+971.54	8+979.94	8+988.10	8615216.14	547414.52
P1-140	N2° 55' 07"E	21° 02' 55"	40.00	7.43	14.69	14.61	0.69	0.67	9+064.14	9+071.57	9+078.84	8615225.04	547505.96
P1-142	N85° 51' 40"E	4° 56' 02"	123.00	5.30	10.59	10.59	0.11	0.11	9+177.84	9+183.14	9+188.44	8615275.08	547605.86

DESCRIPCION	SIMBOLO
ALINEAMIENTO	
CASAS	
BMS	

CUADRO DE COORDENADAS (BENCHMARK)

PUNTO	N° BM	NORTE	ESTE	COYA	DISTRICION
01	BM-01	8612842.840	5492525.577	3368.024	SORBEPIENKA
02	BM-02	8615316.380	5472733.543	3328.140	SORBEPIENKA

NOTAS
 1.- DIMENSIONES Y COORDENADAS EN METROS.
 2.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 3.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 4.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 5.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 6.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 7.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 8.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 9.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 10.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 11.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 12.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 13.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 14.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 15.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 16.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 17.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 18.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 19.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.
 20.- EL SISTEMA DE COORDENADAS EN METROS (WGS 84) SE UTILIZO PARA LA OBTENCION DE LAS COORDENADAS EN METROS.

UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO

FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PLANTA VERBAL LONGITUDINAL
 KM 9+000.00 - 9+238.88

MICHAEL ESPINOZA LOBERGANTES

PP - 10