UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

La influencia del RAP en la resistencia estructural de un pavimento reciclado
en frío para el proyecto de conservación vial de la carretera Binacional
Mazocruz – Puente Internacional

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Flores Falcón, Carla Sofía (0000-0002-6392-1910)

Saldaña Núñez, Antuanet Yahaira (0000-0001-6760-6320)

ASESOR

Lazo Lázaro, Guillermo (0000-0002-7968-7858)

Lima, 21 de Julio de 2020

DEDICATORIA

*A mi mamá Karen, que mi carrera fue una de las mejores decisiones que hiciste. Espero
enorgullecerte desde el cielo.*

*A mi hermana Arianna, por siempre apoyarme y lavarme las cosas cuando no tenía tiempo
o estaba cansada.*

A mi mamá Ross, porque sin tu apoyo y amor no sería lo que soy ahora.

*Y a toda mi familia que siempre estuvo ahí para apoyarme, aconsejarme y distraerme con
sus locuras.*

Antuanet

*A mis papás, por todo el esfuerzo invertido en mí, por nunca dejar que decaiga y
alentarme a siempre dar más.*

A mi abuelo, por todas las enseñanzas y por ser mi ejemplo a seguir.

A mi mamá, por todas sus velitas y por siempre ver por mí.

A quienes me apoyaron siempre, pase lo que pase

Carla

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis es una forma de agradecer a nuestros padres y hermanos, los cuáles fueron el apoyo constante en nuestro desarrollo profesional.

A nuestro asesor, MSc. Ing. Guillermo Lazo, quién fue apoyo constante para el desarrollo de nuestra investigación y nos brindó los conocimientos necesarios para permitirnos crecer más como profesionales. Y sin su apoyo no hubiera sido posible la culminación de esta tesis.

A nuestros profesores catedráticos de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, al personal administrativo y a nuestros compañeros de clases, por permitirnos con sus conocimientos y experiencias en las aulas, forjarnos como profesionales.

Y en forma especial a Dios, por darnos la capacidad de entendimiento y estar presente en todo momento durante esta etapa tan importante en nuestras vidas.

RESUMEN

El Proyecto de “Mejoramiento de la carretera Dv. Humajalso-Desaguadero y Tacna-Tarata-Capazo-Mazocruz por niveles de servicio” se encuentra en los departamentos de Tacna, Puno y Moquegua, Perú. Este proyecto es ejecutado por el Consorcio Vial Santa Rosa. La presente tesis, ubicado en el proyecto en mención, desarrolla el estudio de la influencia el RAP en el paquete de pavimento que será reciclado en frío, consistiendo en el pavimento reciclado; en este caso, al pavimento de asfalto existente más la base granular existente. Por lo que, se plantea el análisis escenarios desde base cero para tener una línea guía de referencia con espesores típicos de reciclados de 15 cm, 20 cm y 25 cm; en donde, se analiza la variación de la influencia del RAP con una proporción de cemento que se le agrega de 1% y 2% para estudiar el comportamiento con ayuda del CBR y del número estructural perteneciente a la fórmula de AASHTO. Se planteará el diseño del pavimento con cemento por medio de AASHTO. Por último, se verá en los resultados la influencia negativa que tiene el RAP en la resistencia estructural y la proporción aproximada de decremento de esta y las recomendaciones del caso.

Palabras clave: Reciclado con cemento; RAP; CBR; Diseño de pavimento, AASHTO 1993

The influence of RAP on the structural resistance of a cold recycled pavement for the road conservation Project of the Mazocruz Binational Road – International Bridge

ABSTRACT

The Project of “Mejoramiento de la carretera Dv. Humajalso-Desaguadero y Tacna-Tarata-Capazo-Mazocruz por niveles de servicio” is located in the departments of Tacna, Puno and Moquegua, Perú. This project is executed by Consorcio Vial Santa Rosa. This thesis, located in the project in question, develops the study of the influence of the RAP on the pavement package that will be cold recycled, consisting of the recycled pavement; in this case, to the existing asphalt pavement plus the existing granular base. Therefore, it is proposed to analyze scenarios from scratch to have a reference guideline with typical recycled thicknesses of 15 cm, 20 cm and 25 cm; where, the variation of the influence of the RAP is analyzed with a proportion of cement added of 1% and 2% to analyze the behavior with the help of the CBR and the structural number belonging to the AASHTO formula. The design of the pavement with cement through AASHTO will be considered. Finally, the negative influence of the RAP on the structural strength and the approximate proportion of its decrease will be seen in the results and the recommendations of the case.

Keywords: Recycled with cement; RAP; CBR; Pavement design, AASHTO 1993

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	19
2	GENERALIDADES	20
2.1	ANTECEDENTES	20
2.2	ESTADO DEL ARTE.....	22
2.3	FUNDAMENTACIÓN.....	24
2.3.1	Realidad problemática	24
2.3.2	Delimitación del problema	25
2.3.3	Características de análisis del problema.....	25
2.3.4	Formulación del problema.....	26
2.3.5	Hipótesis	26
2.4	OBJETIVOS.....	26
2.4.1	Objetivo general	26
2.4.2	Objetivos específicos	26
2.5	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
2.6	MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	28
3	GESTIÓN Y CONSERVACIÓN FINAL.....	29
3.1	GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL.....	29
3.2	CONSERVACIÓN VIAL	29
3.2.1	Modalidades de Ejecución de la Conservación Vial	29
3.2.2	Contrato de Conservación Vial.....	29
3.3	NIVELES DE SERVICIO	30
4	INGENIERÍA DE PAVIMENTOS.....	31
4.1	PAVIMENTO	31
4.1.1	Pavimento semirrígido.....	31
4.1.2	Pavimento flexible.....	31
4.2	COMPONENTES DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	32
5	EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS	34
5.1	EVALUACIÓN DE CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO	34
5.1.1	Deterioro en pavimentos flexibles.....	34

5.2	EVALUACIÓN FUNCIONAL	36
5.2.1	Índice de Regularidad Internacional (IRI).....	36
5.3	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	38
5.3.1	Ensayos no destructivos	39
5.3.2	Ensayos Destructivos.....	40
5.3.3	Comparación de métodos destructivos y no destructivos.....	41
5.4	EVALUACIÓN SUPERFICIAL	41
5.4.1	Índice de condición del pavimento (PCI)	42
6	METODOLOGÍA DE DISEÑO: ESTABILIZACIÓN SUELO-CEMENTO, TECNOLOGÍA DE RECICLADO EN FRÍO Y DISEÑO AASHTO 1993	44
6.1	ESTABILIZACIÓN SUELO-CEMENTO	44
6.1.1	Dosificación del cemento	44
6.1.2	Propiedades.....	44
6.2	TECNOLOGÍA DE RECICLADO EN FRÍO	44
6.2.1	Reciclado en frío.....	44
6.2.2	Recicladora	45
6.2.3	Procedimiento de reciclado	45
6.2.4	Tren de reciclado	46
6.2.5	RAP (<i>Reclaimed Asphalt Pavement</i>).....	47
6.3	DISEÑO DE PAVIMENTO ESTABILIZADO CON CEMENTO CON AASHTO 1993	49
7	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	59
7.1	GENERALIDADES	59
7.2	UBICACIÓN	59
7.3	TOPOGRAFÍA.....	59
7.4	CLIMA	61
7.5	HIDROLOGÍA.....	61
7.6	GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	62
7.7	GEOLOGÍA	63
7.8	SISMICIDAD	64
7.8.1	Sismicidad histórica.....	64
7.8.2	Sismicidad instrumental	65

8	EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RECICLADO CON RAP + BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO PORTLAND	66
8.1	LÍNEA BASE	66
8.2	ENSAYOS AL PAVIMENTO EXISTENTE	66
8.2.1	Carpeta asfáltica	67
8.2.2	Base granular	67
8.2.3	Subbase granular	69
8.2.4	Subrasante.....	72
8.2.5	Resumen ensayos existentes	75
8.3	PLANTEAMIENTO DE ESCENARIOS.....	78
8.4	ESCENARIOS PROPUESTOS PARA EL TRAMO III	80
8.4.1	Escenario 1 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 0% CP).....	80
8.4.2	Escenario 2 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 1% CP).....	80
8.4.3	Escenario 3 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 2% CP).....	81
8.4.4	Escenario 4 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 0% CP).....	82
8.4.5	Escenario 5 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 1% CP).....	83
8.4.6	Escenario 6 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 2% CP).....	83
8.4.7	Escenario 7 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 0% CP).....	84
8.4.8	Escenario 8 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 1% CP).....	85
8.4.9	Escenario 9 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 2% CP).....	86
8.4.10	Resumen de ensayos propuestos para el Tramo III	87
8.5	ESCENARIOS PROPUESTOS PARA EL TRAMO IV	89
8.5.1	Escenario 1 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 0% CP).....	89
8.5.2	Escenario 2 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 1% CP).....	89
8.5.3	Escenario 3 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 2% CP).....	89
8.5.4	Escenario 4 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 0% CP).....	90
8.5.5	Escenario 5 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 1% CP).....	90
8.5.6	Escenario 6 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 2% CP).....	91
8.5.7	Escenario 7 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 0% CP).....	91
8.5.8	Escenario 8 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 1% CP).....	92
8.5.9	Escenario 9 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 2% CP).....	92
8.5.10	Resumen de ensayos propuestos para el Tramo IV	93

9	DISEÑO POR ASSHTO 1993	95
9.1	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LOS ESCENARIOS DEL TRAMO III	95
9.1.1	Diferencias acumuladas	95
9.1.2	SN requerido	96
9.1.3	SN propuesto	96
9.1.4	Memoria de cálculo del diseño	99
9.2	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LOS ESCENARIOS DEL TRAMO IV	102
9.2.1	Diferencias acumuladas	102
9.2.2	SN requerido	102
9.2.3	SN propuesto	103
9.2.4	Memoria de cálculo del diseño	105
9.3	ANÁLISIS DE LOS ESCENARIOS	108
9.3.1	Tramo III	108
9.3.2	Tramo IV	111
10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
10.1	CONCLUSIONES	114
10.2	RECOMENDACIONES	115
11	BIBLIOGRAFÍA	117
12	ANEXOS	119
12.1	ANEXO A: ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS AL PAVIMENTO EXISTENTE	119
12.1.1	Carpeta asfáltica existente	119
12.1.2	Ensayos a la base granular existente	121
12.1.3	Ensayos a la subbase granular existente	145
12.1.4	Ensayos a la subrasante existente	173
12.2	ANEXO B: ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y SUELO CEMENTO A LOS ESCENARIOS PROPUESTOS TANTO PARA EL TRAMO III COMO EL TRAMO IV	201
12.2.1	Escenario 1 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo III	201

a) Ensayo de Clasificación.....	201
b) Determinación de humedad natural.....	202
c) Límites de consistencia.....	202
d) Proctor modificado método “C”	203
e) Ensayo C.B.R.	204
12.2.2 Escenario 2 y 3 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo III	205
a) Ensayo de Clasificación.....	205
b) Determinación de humedad natural.....	206
c) Límites de consistencia.....	206
12.2.3 Escenario 2 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 1% CP) para el Tramo III	207
a) Proctor modificado método “C”	207
b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento	208
c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento.....	209
12.2.4 Escenario 3 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 2% CP) para el Tramo III	210
a) Proctor modificado método “C”	210
b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento	211
c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento.....	212
12.2.5 Escenario 4 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo III ...	213
a) Ensayo de Clasificación.....	213
b) Determinación de humedad natural.....	214
c) Límites de consistencia.....	214
d) Proctor modificado método “C”	215
e) Ensayo C.B.R.	216
12.2.6 Escenario 5 y 6 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo III	217
a) Ensayo de Clasificación.....	217
b) Determinación de humedad natural.....	218
c) Límites de consistencia.....	218
12.2.7 Escenario 5 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 1% CP) para el Tramo III ...	219
a) Proctor modificado método “C”	219
b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento	220
c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento.....	221
12.2.8 Escenario 6 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 2% CP) para el Tramo III ...	222

a) Proctor modificado método “C”	222
b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento	223
c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento.....	224
12.2.9 Escenario 7 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo III ...	225
a) Ensayo de Clasificación.....	225
b) Determinación de humedad natural	226
c) Límites de consistencia.....	226
d) Proctor modificado método “C”	227
e) Ensayo C.B.R.	228
12.2.10 Escenario 8 y 9 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo III	229
a) Ensayo de Clasificación.....	229
b) Determinación de humedad natural	230
c) Límites de consistencia.....	230
12.2.11 Escenario 8 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 1% CP) para el Tramo III ...	231
a) Proctor modificado método “C”	231
b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento	232
c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento.....	233
12.2.12 Escenario 9 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 2% CP) para el Tramo III ...	234
a) Proctor modificado método “C”	234
b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento	235
c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento.....	236
12.2.13 Escenario 1 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo IV	237
a) Ensayo de Clasificación.....	237
b) Determinación de humedad natural	238
c) Límites de consistencia.....	238
d) Proctor modificado método “C”	239
e) Ensayo C.B.R.	240
12.2.14 Escenario 2 y 3 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo IV	241
a) Ensayo de Clasificación.....	241
b) Determinación de humedad natural	242
c) Límites de consistencia.....	242
12.2.15 Escenario 2 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 1% CP) para el Tramo IV	243

a) Proctor modificado método “C”	243
b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento	244
c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento.....	245
12.2.16 Escenario 3 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 2% CP) para el Tramo IV	246
a) Proctor modificado método “C”	246
b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento	247
c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento.....	248
12.2.17 Escenario 4 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo IV ...	249
a) Ensayo de Clasificación.....	249
b) Determinación de humedad natural	250
c) Límites de consistencia.....	250
d) Proctor modificado método “C”	251
e) Ensayo C.B.R.	252
12.2.18 Escenario 5 y 6 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo IV	
253	
a) Ensayo de Clasificación.....	253
b) Determinación de humedad natural	254
c) Límites de consistencia.....	254
12.2.19 Escenario 5 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 1% CP) para el Tramo IV ...	255
a) Proctor modificado método “C”	255
b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento	256
c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento.....	257
12.2.20 Escenario 6 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 2% CP) para el Tramo IV ...	258
a) Proctor modificado método “C”	258
b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento	259
c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento.....	260
12.2.21 Escenario 7 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo IV ...	261
a) Ensayo de Clasificación.....	261
b) Determinación de humedad natural	262
c) Límites de consistencia.....	262
d) Proctor modificado método “C”	263
e) Ensayo C.B.R.	264

12.2.22	Escenario 8 y 9 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo IV	265
a)	Ensayo de Clasificación.....	265
b)	Determinación de humedad natural	266
c)	Límites de consistencia.....	266
12.2.23	Escenario 8 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 1% CP) para el Tramo IV ...	267
a)	Proctor modificado método “C”	267
b)	Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento	268
c)	Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento.....	269
12.2.24	Escenario 9 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 2% CP) para el Tramo IV ...	270
a)	Proctor modificado método “C”	270
b)	Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento	271
c)	Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento.....	272
12.3	ANEXO C: DIFERENCIAS ACUMULADAS	273
12.3.1	Diferencias acumuladas para el Tramo III	273
12.3.2	Diferencias acumuladas para el Tramo IV	276
12.4	ANEXO D: PANEL FOTOGRÁFICO	278

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	28
Tabla 2	35
Tabla 3	37
Tabla 4	37
Tabla 5	38
Tabla 6	39
Tabla 7	40
Tabla 8	41
Tabla 9	42
Tabla 10	43
Tabla 11	52
Tabla 12	53
Tabla 13	54
Tabla 14	55
Tabla 15	58
Tabla 16	68
Tabla 17	70
Tabla 18	73
Tabla 19	75
Tabla 20	76
Tabla 21	77
Tabla 22	87
Tabla 23	88
Tabla 24	93
Tabla 25	94
Tabla 26	95
Tabla 27	96
Tabla 28	97
Tabla 29	98
Tabla 30	100
Tabla 31	101
Tabla 32	102

Tabla 33	102
Tabla 34	104
Tabla 35	105
Tabla 36	106
Tabla 37	107
Tabla 38	108
Tabla 39	109
Tabla 40	109
Tabla 41	110
Tabla 42	111
Tabla 43	112
Tabla 44	112
Tabla 45	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de Pavimentos Semirrígidos típicos. Fuente: Guía para el diseño de vías de alto volumen pavimentos semi –rígidos Adocem (2013).....	31
Figura 2. Estructura Típica de un Pavimento Flexible. Fuente: Pavimentos Rígidos (2017)	32
Figura 3. Distribución de Cargas Sobre el Suelo. Fuente: Desempeño y costos de pavimentos de concreto en Argentina (2013)	32
Figura 4. Falling Weight Deflectometer y Cuenco de Deflexiones (FDW). Fuente: Evaluación técnica del pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico (1995).....	40
Figura 5. Recicladora WR 240. Fuente: WIRTGEN Gmbh.....	45
Figura 6. Proceso de reciclado. Fuente: Manual de reciclaje en frío WIRTGEN	46
Figura 7. Operación de la recicladora WR 240. Fuente: Wirtgen Group Company	46
Figura 8. Tren de Reciclado para el Proyecto en mención. Fuente: Elaboración propia	46
Figura 9. Método de las diferencias acumuladas. Fuente: Guillermo Lazo. Diseño de pavimento flexibles	50
Figura 10. Calificación de servicialidad. Fuente: Propia.....	54
Figura 11. Nomograma SN de diseño. Fuente: AASHTO 1993	56
Figura 12. Ábaco del coeficiente estructural del concreto asfáltico. Fuente: AASHTO 1993	57
Figura 13. Ábaco del coeficiente estructural de la base con suelo-cemento. Fuente: AASHTO 1993	57
Figura 14. Ábaco del coeficiente estructural de la subbase granular. Fuente: AASHTO 1993	58
Figura 15. Esquema escenario 1. Fuente: Elaboración Propia	80
Figura 16. Esquema escenario 2. Fuente: Elaboración Propia	81
Figura 17. Esquema escenario 3. Fuente: Elaboración Propia	81
Figura 18. Esquema escenario 4. Fuente: Elaboración Propia	82
Figura 19. Esquema escenario 5. Fuente: Elaboración Propia	83
Figura 20. Esquema escenario 6. Fuente: Elaboración Propia	84
Figura 21. Esquema escenario 7. Fuente: Elaboración Propia	84
Figura 22. Esquema escenario 8. Fuente: Elaboración Propia	85
Figura 23. Esquema escenario 9. Fuente: Elaboración Propia	86

Figura 24. Solución escogida de reciclado para el escenario III. Fuente: Elaboración propia
..... 110

Figura 25. Solución escogida de reciclado para el escenario IV. Fuente: Elaboración propia
..... 113

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Progresiva VS CBR. Fuente: Guillermo Lazo. Diseño de pavimento flexibles.	50
Gráfica 2. Curva granulométrica Base granular. Fuente: Elaboración Propia	67
Gráfica 3. Proctor modificado base granular. Fuente: Elaboración propia	68
Gráfica 4. CBR Base granular. Fuente: Elaboración Propia	69
Gráfica 5. Curva granulométrica Subbase granular. Fuente: Propia	70
Gráfica 6. Proctor modificado subbase granular. Fuente: Elaboración propia.....	71
Gráfica 7. CBR Subbase granular. Fuente: Elaboración Propia.....	71
Gráfica 8. Curva granulométrica Subrasante. Fuente: Propia	72
Gráfica 9. Proctor modificado de la subrasante. Fuente: Elaboración Propia.....	73
Gráfica 10. CBR Subrasante. Fuente: Elaboración Propia.....	74
Gráfica 11. Mapa de escenarios planteados. Fuente: Elaboración propia	79
Gráfica 12. Método de las diferencias acumulada para el tramo III. Fuente: Elaboración propia.	95
Gráfica 13. Coeficiente de la carpeta asfáltica para el tramo III. Fuente: AASHTO 1993.	97
Gráfica 14. Ábaco de suelo cemento para el tramo III. Fuente: AASHTO 1993.....	98
Gráfica 15. Ábaco de la subbase granular para el tramo III. Fuente: AASHTO 1993.....	99
Gráfica 16. Método de las diferencias acumulada para el tramo IV. Fuente: Elaboración propia.....	102
Gráfica 17. Coeficiente de la carpeta asfáltica para el tramo IV. Fuente: AASHTO 1993	103
Gráfica 18. Ábaco de suelo cemento para el tramo IVI. Fuente: AASHTO 1993	105
Gráfica 19. Ábaco de la subbase granular para el tramo IV. Fuente: AASHTO 1993.....	105

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Camión con cemento para el Proyecto de conservación vial de la carretera Binacional Mazocruz – Puente Internacional. Fuente: Propia	47
Imagen 2. Camión con agua y Recicladora WR 240 para el Proyecto de conservación vial de la carretera Binacional Mazocruz – Puente Internacional. Fuente: Propia.....	47
Imagen 3. Motoniveladora y compactador para el Proyecto de conservación vial de la carretera Binacional Mazocruz – Puente Internacional. Fuente: Propia	47
Imagen 4. Ubicación de la carretera Binacional. Fuente: PROVIAS.....	59
Imagen 5. Tramo III. Fuente: Google Earth	60
Imagen 6. Tramo IV. Fuente: Google Earth.....	61
Imagen 7. Geología regional por cuadrángulos. Fuentes: PROVIAS	64
Imagen 8. Mapa de calificación de provincias según niveles de peligros sísmicos. Fuente: CMRRD.....	65
Imagen 9. Paquete estructural. Fuente: Propia	66
Imagen 10. Extracción de muestras para el tramo III Km 215+000.....	278
Imagen 11. Extracción de muestras para el tramo III Km 216+000.....	278
Imagen 12. Extracción de muestras para el tramo III Km 218+000.....	278
Imagen 13. Extracción de muestras para el tramo IV Km 305+000	279
Imagen 14. Extracción de muestras para el tramo IV Km 306+000	279
Imagen 15. Extracción de muestras para el tramo III y IV Vista panorámica	279
<i>Imagen 16.</i> Transporte pesado típico eje tándem que transita en los tramos	280
Imagen 17. Recicladora Wirtgen WR 240.....	280
<i>Imagen 18.</i> Fallas típicas del pavimento del Tramo III y Tramo IV	280
Imagen 19. Ensayos de laboratorio.....	281
Imagen 20. Ensayos de laboratorio.....	281
Imagen 21. Visita al proyecto.....	281

1 INTRODUCCIÓN

En el Perú, las vías de comunicación como las carreteras son bases importantes para el desarrollo socio-económico del país ya que permiten la interconexión entre distintos países como también internamente en cada uno, por lo cual su conservación es de suma importancia.

Un problema común que existe en las carreteras es el mantenimiento preventivo insuficiente que se les da a éstas, lo cual conlleva a la necesidad de reparaciones constantes que no siempre tienen un proceso estandarizado y personalizado por tipo de tramos, es por ello que se ocasionan problemas de ingeniería que, a la vez, son problemas socioeconómicos por la importancia de las carreteras recién mencionada. A raíz de esto, es que la aplicación de un contrato de conservación vial se vuelve de real necesidad para así llevar un constante mantenimiento y control de las carreteras.

Dentro de las soluciones para la reparación de pavimentos se desarrollan diversas tecnologías, como el reciclado en frío que es tratado en la presente tesis en la Carretera Binacional Dv. Humajalzo – Puente Internacional, específicamente en los Tramos III y IV. Éste, así como tiene la ventaja de ser realizado in-situ y evitar la sobreexplotación de canteras y movimiento de tierras innecesarios, provoca la disminución de la resistencia estructural del pavimento en comparación a la que tiene el pavimento existente; esto debido a factores externos e internos que ocasionan que el pavimento pierda propiedades como la resistencia estructural. Uno de los más influyentes y fundamentales a tratar es el RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), que al combinarse con la base granular, modifica las propiedades del pavimento encontrado anteriormente, lo que genera que se cuente con un tratamiento especial y evaluación respecto de espesores a reciclar para llegar a la resistencia deseada, temas detallados a lo largo de la presente investigación. La importancia de esta es asegurar que los tramos evaluados cumplan con la mínima resistencia estructural planteada y así confirmar el buen funcionamiento de este método.

2 GENERALIDADES

2.1 Antecedentes

Desde la década de los setenta se introdujeron los métodos de reciclado de pavimentos, pero no fue hasta después de la década de los noventa que se incrementó su uso de manera significativa en principalmente países europeos y asiáticos, lo que llevó a influenciar considerablemente en América Latina. Esto se debió a los ensayos compartidos; ya que en las conclusiones de éstos se ultimaba los resultados y el procedimiento utilizados, dentro de éstos, se concluye que al reciclar pavimentos asfálticos se ahorra dinero, materia prima y todos los gastos relativos a estos. Más adelante en torno a la promoción de la investigación y el avance de la tecnología de reciclado en frío, es que se introducen agentes a las mezclas para obtener resultados más favorecedores. Dentro de éstos, se encuentra el cemento portland, el cual es una excelente alternativa, ya que no solo es un material fácil de conseguir sino de fácil aplicación e inclusive más económico que otros agentes. Los resultados fueron positivos cuando se reciclaba el pavimento asfáltico con el cemento portland.

El desarrollo vial que tuvieron los países como Estados Unidos, Alemania de la posguerra, Inglaterra, España y Francia, desde los años cincuenta ejerció una presión muy fuerte sobre las fuentes de los agregados pétreos obligando a pensar en su reutilización, primero, como alternativa de mantenimiento y luego, con investigaciones más específicas, como materia prima de nuevos pavimentos. Es de anotar que tanto en Alemania como en Holanda se ha dado mayor importancia a la técnica, a tal punto que incorporan a las mezclas nuevas un 60% y 65% respectivamente del material reciclado. Caso contrario, ocurre en Italia donde solo reutilizan el 20% del asfalto reciclable disponible y no incorporan RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) a las mezclas nuevas.

Debido a la necesidad de integración en nuestro país, las carreteras se han constituido como en el principal eje de articulación entre las regiones de la costa, sierra y selva. Esto se debe a que la conectividad entre los poblados rurales y urbanos genera comercio y trabajo. Estas carreteras solo se realizaban por contratos de construcción o de obra según diversas modalidades años atrás, en donde El Estado esperaba que la carretera cumpliera su vida útil o que la carretera llegara a un estado que resulte inconfortable para el usuario que transita por ésta para volver al punto inicial con los contratos de construcción.

Antes no se tenía conciencia del cuidado que se le debía dar a la carretera después de construida, con el fin de darle un mantenimiento adecuado que evite la construcción de una

nueva carretera cada cierto tiempo. La tendencia conservadora hacia el medio ambiente es un factor que contribuyó a la búsqueda de nuevas técnicas de mantenimiento y conservación; ya que en un método tradicional lo que se extrae de la carretera es depositado en un botadero y para la construcción de la nueva se obtienen todos los materiales de la cantera más cercana.

De esta manera, con la idea de conservación y mantenimiento es que se llegan a los contratos de conservación vial, estos buscan primordialmente el ahorro económico y de recursos. Estos son implementados en el Perú desde el 2007 y ya hay una gran diversidad de empresas y consorcios que han suscitado contratos por niveles de servicio.

Actualmente, uno de estos proyectos de conservación vial es el proyecto de conservación vial Proyecto Perú 2 de la Carretera Binacional Perú-Bolivia, esta carretera va de DV. Humajalso a Desaguadero, consta de cuatro tramos y forma parte de la Ruta Nacional PE-36A y se encuentra localizada en las provincias de Tarata del departamento de Tacna y Mariscal Nieto del departamento de Moquegua.

En los casos donde las vías han sido pavimentadas, el material utilizado, en la mayoría de los casos, como aglomerante en la superficie de rodadura, ha sido el asfalto; el cual presenta un buen rendimiento la mayoría de veces; sin embargo, se ha constatado que los pavimentos construidos en zonas de altura aproximadamente de más de 3000 m.s.n.m presentan deterioros prematuros (Palma, 2000) debido a la deformación permanente por los climas extremos. A esto se le suma el mantenimiento preventivo insuficiente de la Carretera Binacional y ya se tienen los factores que hacen que sea fundamental la conservación de la vía.

En tal sentido, se realizó una prueba de reciclado en frío en un subtramo de la Binacional para sustentar donde podría aplicarse el reciclado en frío, donde se esperaba obtener una variación positiva de la resistencia al cortante; pero en cambio, se obtuvieron resultados menores al que se tenía previos al reciclado, estos resultados de la resistencia al cortante se compararon con otro proyecto donde fue utilizado el mismo método. Es por ello, que se observa que diversos factores influyen el RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) y a la carpeta reciclada con ésta.

2.2 Estado del Arte

El objetivo del estado del arte es mencionar las referencias bibliográficas que aportan a la investigación de la presente tesis; las cuales contienen aportes para tanto como para el marco teórico como resultados de ensayos que se relacionan con las conclusiones obtenidas.

En los últimos años, se ha venido desarrollando y dando a conocer la técnica de reciclado de pavimentos con agentes adicionales como cemento portland, para lo cual se encuentra información sobre el marco teórico en abundancia; pero no existe mucha información sobre su aplicación en proyectos o ensayos de laboratorio. A continuación, algunas referencias bibliográficas realizadas de otros países.

“Avaliação do comportamento mecânico de misturas simulando a reciclagem profunda de pavimentos com adição de cimento portland”. Fedrigo, William & Ely, Vinicius & Núñez, Washington & Ceratti, Jorge. (2015).

Resumen: Los autores hicieron pruebas en laboratorio debido a la falta de documentación técnica cualificada como referencia para los proyectos; a pesar que, en Brasil el reciclado en frío viene siendo aplicado desde hace aproximadamente 20 años. La investigación se centra la evaluación del efecto del contenido de fresado asfáltico, del contenido de cemento, de la energía de compactación empleada y del tiempo de curado en el comportamiento mecánico. Se definieron porcentajes de cemento (2%, 4% y 6%), niveles de fresado (20%, 50% y 70%) y tiempos de curado (3, 7 y 14 días). En conclusión, se verificó que el agregado de material fresado asfáltico incluida en la mezcla ocasiona reducción de resistencia a la compresión de las probetas realizadas, cuando el porcentaje de fresado es del 20% al 50%, la tasa de reducción es del 12% de la resistencia a la compresión y cuando el porcentaje de fresado es de 50% y de 70% la tasa de reducción pasa a ser entre 33% y 52%. Además, se verifica que la relación a la compresión aumenta con niveles más altos de cemento; en donde, con un aumento del 2% al 4% genera una ganancia de resistencia entre 69% y 72%.

“Recycling of Reclaimed Asphalt Pavement in Portland Cement Concret”. Al-Oraimi, Salim & Hassan, Hossam & Hago, Abdulwahid. The Journal of Engineering Research Vol. 6, No.1, pp. 37-45 (2009)

Rasumen: En primer lugar, los autores obtuvieron los resultados de ensayar a compresión moldes de diseño de concreto con cemento portland Tipo I sin agregado RAP, ésta fue la línea base que sirvió para hacer las comparaciones. Posteriormente, hicieron muestras con

moldes con el mismo contenido de cemento pero reemplazando agregado por RAP en las siguientes variaciones de 25%, 50% 75% y 100%. En conclusión, a mayor contenido de RAP se muestra una reducción en la fuerza, si el reemplazo del agregado es de 100% se tiene una reducción aproximadamente de 33% en la resistencia a la compresión. La absorción no se vio afectado significativamente por la adición del RAP, lo que indica la viabilidad del RAP como uso de agregado.

“Evaluación de los métodos de reciclado y rehabilitación de firmes a partir del análisis de los tramos experimentales del proyecto europeo PARAMIX”. Centeno, Mauricio & Martínez, Adriana & Miro, Rodrigo & Pérez, Félix. (2004).

Resumen: Los autores realizaron esta investigación en base a los tramos experimentales del proyecto PARAMIX, en la carretera C-58, próxima a Barcelona y tenía una categoría de tráfico pesado de T1, este proyecto fue financiado por la Comunidad Europea. Se hace mención que los materiales procedentes del fresado de pavimentos antiguos que van a ser reciclados, genéricamente se le denomina RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) modifican el comportamiento mecánico del pavimento ya que no tienen una granulometría estandarizada y porque éstos áridos reutilizados están envueltos por betún envejecido, que lleva a obtener una mezcla más frágil. Además, las secciones que se realizaron con mezclas más rígidas tienen una menor deflexión; en comparación con los tramos donde se utilizaron otros agentes. La vida útil de las secciones rehabilitadas con mezclas recicladas es superior a una rehabilitación convencional.

“Mezclas asfálticas recicladas y su uso en capas granulares para pavimentos”. Guio, Vargas & Sánchez, Mauricio. Revista Colombiana de Materiales N.5 pp. 382-388. (2013).

Resumen: La investigación se realizó con asfalto reciclado proveniente de tres puntos diferentes de la ciudad de Tunja, Colombia. Se realizaron dos mezclas; en primer lugar, el asfalto reciclado con la base granular y, en segundo lugar, el asfalto reciclado con la subbase granular; en donde para ambos casos se le añadió diferentes cantidades de asfalto reciclado. El resultado fue igual para ambos casos, donde la pérdida de las propiedades de resistencia al aumentar el porcentaje de la mezcla se repetía para todos los ensayos. En conclusión, el resultado del CBR del material granular al 100% del proctor modificado sin agregado de carpeta asfáltica dio como resultado 86% en comparación de cuando se le agrega al material

granular 20% de carpeta asfáltica, lo que da como resultado 60%, una disminución del 15% aproximado.

“Avances en el campo de los reciclados. Reciclado mixto con emulsión y cemento”.

Potti, Juan (2002).

Resumen: El autor menciona que un porcentaje pequeño de cemento, en torno al 0.5% en peso sobre el árido, permite que siga manteniendo las propiedades flexibles de un pavimento con una carpeta. El cemento al ser un ligante hidráulico permite que se consiga una resistencia mayor en menor tiempo, en torno al 80%, y que sea menos susceptible al agua. De igual manera, permite disminuir el contenido de agua de la mezcla y, por lo tanto, aumentar su densidad.

2.3 Fundamentación

2.3.1 Realidad problemática

El desgaste acelerado de las vías de transporte en nuestro país es una realidad diaria, sucede por la combinación de factores internos como el diseño de la estructura vial, calidad de materiales y proceso constructivo, y factores externos como el clima, el tráfico no proyectado y/o el mantenimiento preventivo insuficiente. El proyecto en análisis Carretera Mazocruz – Puente Internacional (Perú – Bolivia) se disgrega en dos tramos, el tramo III que va desde Mazocruz hasta Desaguadero y el Tramo IV que va desde Desaguadero hasta el Puente Internacional. El tramo III cuenta con un IMDa de 442 vehículos promedio, mientras que el tramo IV cuenta con un IMDa de 1131 vehículos promedio, lo cual demuestra que el tramo más concurrido es el tramo que va hacia la salida para Bolivia, siendo considerada una carretera de segunda clase. Con estos datos se puede concluir que el insuficiente mantenimiento preventivo de las vías en conjunto con los factores internos y externos son los que afectan al paquete estructural. El proyecto presenta un pavimento flexible compuesto de una capa de rodadura de asfalto por lo que su vida útil promedio prevista entorno de 10 años que, dentro de un mantenimiento deficitario, su vida útil acaba disminuyendo, dando paso a elevados costos de mantenimiento.

Se ejecutó un tramo de prueba para rehabilitar el pavimento existente usando la técnica de reciclado en frío con recicladora in-situ se halló que al reciclar el RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) en conjunto con parte de la capa de base granular, la resistencia estructural que se obtuvo a diferencia de lo previsto, resultaba menor.

Como ya se ha mencionado, debido a las condiciones contractuales para el proyecto de conservación vial de la carretera en mención, la técnica de fresado no era una opción, debido a que una partida de fresado y eliminación no sería considerada en el presupuesto, por lo que el material debía ser reutilizado. Por otro lado, al ser la carretera ubicada en un lugar distante de canteras y para evitar la sobreexplotación de estas, se debía optar por la técnica de reciclado.

2.3.2 Delimitación del problema

La Carretera Binacional Perú – Bolivia va desde los Tramos I hasta el Tramo IV abarcando desde Dv. Humajalso hasta Puente Internacional, lo que sería en totalidad 194 km aproximadamente, de los cuales se evalúa la incidencia que tiene el RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) por el método del reciclado en frío en los sectores de los Tramos III y IV que van desde Mazocruz hasta Desaguadero y de Desaguadero hasta el Puente Internacional, lo que equivale a 94 km aproximadamente.

2.3.3 Características de análisis del problema

La entidad Provias Nacional hizo tres tipos de evaluaciones en un tramo de prueba para tipificar el nivel de deterioro que la carretera en mención presentaba. De la evaluación estructural a la base granular obtuvo que el CBR (*California Bearing Ratio*) ensayado de las pruebas de laboratorio con las muestras obtenidas de las calicatas presentaban una capacidad portante de 110%. La evaluación funcional se midió según el IRI (*Índice de Regularidad Internacional*) y se obtuvo un valor referencial de 3.5, valor que se encuentra en el límite de confortabilidad, de manera que de ser menor este, resultaría no confortable para el usuario. La evaluación superficial se midió según el PCI (*Pavement Condition Index*), resultando que la carretera presentaba una cantidad significativa de fisuras transversales y longitudinales, ahuellamientos, piel de cocodrilos y grietas, especialmente en el Tramo IV, el cual obtuvo un valor promedio de 47 o una condición regular del pavimento; caso contrario el Tramo III, el cual obtuvo un valor promedio de 70 o una condición buena del pavimento. Al culminar estas evaluaciones se analizó la pérdida de resistencia, la cual fue afectada por exceso de vacíos o segregación de agregados en el pavimento, reducción de las propiedades de este por fatiga del mismo, producido principalmente por oxidación y sollicitaciones de tránsito, la velocidad de la máquina recicladora, entre otros. En el tramo de prueba se reciclaron las capas mencionadas a una velocidad determinada para evaluar si la resistencia estructural se conservaba o incrementaba, sin embargo, la resistencia disminuyó. Se modificó la velocidad

de la máquina manteniendo el espesor de reciclado, lo cual produjo un resultado mayor a la anterior, de manera que se demostró que el espesor de reciclado afectó a la resistencia del pavimento.

2.3.4 Formulación del problema

¿El RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), como material componente de la base reciclada estabilizada con cemento portland, tendrá influencia en la resistencia estructural del pavimento reciclado en frío para el proyecto de Conservación Vial de la carretera Binacional Mazocruz-Puente Internacional?

2.3.5 Hipótesis

Habrà una influencia negativa del RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) en la resistencia estructural del pavimento, en relación del espesor de la carpeta existente y del espesor de la base granular a ser reciclada para esto se plantearán diferentes escenarios y con un diseño de pavimento flexible con un agente estabilizador (cemento portland) mediante reciclado en frío usando AASHTO 1993 para la formación de una base granular.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Evaluar la influencia que tiene el RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) en el comportamiento mecánico referido a la resistencia estructural que aporta la base reciclada en la estructura de un pavimento para las muestras extraídas de calicatas de los Tramos III y IV del proyecto de la carretera Binacional Mazocruz – Puente Internacional (Perú – Bolivia).

2.4.2 Objetivos específicos

- Desarrollar la variabilidad de escenarios propuestos para cumplir la hipótesis planteada.
- Diseño de un pavimento flexible con un agente estabilizador (cemento portland) mediante reciclado en frío usando AASHTO 1993.
- Evaluar la resistencia estructural de la base reciclada en conjunto con el RAP para el Tramo III y el Tramo IV con dosificaciones de 0%, 1% y 2% de cemento portland.
- Formular un pavimento que cumpla las características estipuladas según los contratos de conservación vial.

2.5 Metodología de la investigación

- a) Población: Sectores a reciclar del Tramo III y Tramo IV de la Carretera Binacional Perú Bolivia Mazocruz – Puente Internacional
- b) Muestra: Materiales extraídos de las calicatas realizadas en los Tramos III y Tramo IV
- c) Etapas o fases de la investigación
  - a. Elaboración del plan de tesis
  - b. Recopilación de información
  - c. Marco teórico
  - d. Metodologías de análisis de resistencia
  - e. Análisis de resultados
  - f. Conclusiones y recomendaciones
- d) Diseño de Investigación
  - a. Diseño Experimentales: Se llevará a cabo experimentos para evaluar la influencia que tiene la variable independiente (Influencia del RAP) en las variables dependientes (Espesor de reciclado, valor de CBR, Uso del agente estabilizador Cemento Portland, entre otros).
- e) Técnicas e instrumentos de recolección de datos
  - a. Uso de datos recolectados según avance del proyecto y de proyectos realizados.
  - b. Uso de libros, papers y tesis sobre el tema planteado.
- f) Técnicas de Procesamiento y análisis de datos
  - a. Ensayos para medir la resistencia al cortante
  - b. Evaluación de la variación de la resistencia de acuerdo a la mezcla del RAP en conjunto con la base granular
  - c. Comparación entre proyectos pasados y la carretera evaluada.

2.6 Matriz de consistencia

Tabla 1

<i>Matriz de Consistencia</i>					
<u>Problema General</u>	<u>Objetivo General</u>	<u>Hipótesis Principal</u>	<u>Variables</u>	<u>Metodología</u>	
¿Cómo influye el RAP en el comportamiento mecánico en referencia a la resistencia estructural para un pavimento reciclado?	Evaluar la influencia que tiene el RAP en el comportamiento mecánico referido a la resistencia estructural que aporta la base reciclada en la estructura de un pavimento para las muestras extraídas de calicatas de los Tramos III y IV del Proyecto de la Carretera Binacional Mazocruz – Puente Internacional (Perú – Bolivia)	Influenciará el RAP decrementando la resistencia estructural en relación con el espesor de reciclado del RAP y de la base granular.	Variable 1: RAP Variable 2: Espesor de reciclado Variable 3: CBR Variable 4: Número estructural requerido y propuesto	Método: Investigación Comparativa Diseño de la investigación: Correlacional Básica y de enfoque cuantitativo Área de estudio: Carretera Binacional Perú – Bolivia Mazocruz – Puente. Internacional Población: Sectores a reciclar del Tramo III y IV de la Carretera Binacional Perú – Bolivia Mazocruz – Puente. Internacional Muestra: Materiales extraídos de las calicatas realizadas en los Tramos III y IV Técnica de recolección de datos: Uso de datos recolectados según avance del proyecto y de proyectos pasados Uso de libros, papers y tesis sobre el tema planteado Instrumentos: Hojas de ensayos Tablas resumen Técnica de análisis de resultado: Ensayos para medir la resistencia al cortante Evaluación de la variación de la resistencia de acuerdo a la mezcla del RAP en conjunto con la base granular Comparación entre proyectos pasados y la carretera evaluada	
<u>Problemas Específicos</u>	<u>Objetivo Específicos</u>	<u>Hipótesis Específicos</u>			
1. ¿Cuál es la variación que hay entre diferentes escenarios con el reciclado del RAP?	1. Estudiar la variabilidad de escenarios propuestos para cumplir la hipótesis planteada	1. Los diferentes escenarios planteados demostrarán la influencia negativa del RAP hacia la resistencia estructural			
2. ¿Cómo se diseña un pavimento flexible con un agente estabilizador como el Cemento Portland cuando se hace el reciclado en frío del pavimento existente?	2. Diseño de un pavimento flexible con un agente estabilizador mediante reciclado en frío usando AASHTO 1993	2. El diseño del pavimento flexible ayuda a entender las variables utilizadas y la manera en que afectan proporcionalmente a la resistencia estructural			
3. ¿Cuánto mide la resistencia estructural posterior al reciclado en frío para cada tramo en estudio?	3. Medición de la resistencia estructural de la carpeta reciclada para los tramos en mención	3. La resistencia estructural obtenida de la carpeta reciclada será menor a la resistencia estructural del pavimento previo al reciclado			
4. ¿Qué relación existe entre las características empleadas y el tipo de contrato del proyecto?	4. Estructuralmente que el pavimento cumpla las características estipuladas para el mismo dentro del rango de diseño para los 5 años según el contrato de conservación vial	4. El pavimento cumplirá todas las solicitudes del proyecto según el tiempo de diseño establecido			

Fuente: Elaboración propia

3 GESTIÓN Y CONSERVACIÓN FINAL

3.1 Gestión de la Infraestructura Vial

Gestionar en forma adecuada la infraestructura vial implica conocer su extensión, saber cómo evoluciona su condición, conocer las inversiones y gastos de operación y mantenimiento que se realizan en dicha infraestructura, planificar el desarrollo de la misma mediante programas de inversión y mantenimiento elaborados en función a una política preestablecida y los recursos disponibles y, finalmente, administrar en forma eficiente los recursos obtenidos.

3.2 Conservación vial

Según el Manual de Conservación Vial “La conservación vial es un proceso que involucra actividades de obra e instalaciones que se realizan con carácter permanente o continuo en los tramos conformantes de una red vial” (MTC, Manual de conservación vial, 2017). Esto quiere decir, que son un conjunto de actividades que se realizan con el fin de prever el deterioro de la vía. En el caso de la conservación de carreteras pavimentadas se da principalmente en la calzada y las bermas y se busca alternativas de conservación periódica que prolonguen la vida útil de los pavimentos de unos 5 años a más cumpliendo los niveles de servicio establecidos por el Estado.

“En materia de administración de una red vial pública, la conservación vial como actividad de preservación del patrimonio vial de la nación, es de naturaleza presupuestal distinta a la actividad de inversión en construcción o de mejoramiento de las carreteras” (MTC, Manual de conservación vial, 2017). Esto quiere decir, que los presupuestos invertidos están fijados como una meta estratégica para hacer al país más competitivo.

3.2.1 Modalidades de Ejecución de la Conservación Vial

Para conseguir mayor eficiencia de los recursos disponibles la ejecución de la conservación vial se puede dar según diferentes modalidades: por administración directa, por convenios con organismos públicos o privados y/o por contratos con empresas o entidades privadas.

3.2.2 Contrato de Conservación Vial

Los Contratos de Conservación Vial son diseñados para 5 años, es decir que la estructura vial conserve los niveles de servicio aceptables durante ese tiempo. Por ejemplo, en carreteras su periodo de diseño es de 5 años, según el MTC los periodos de diseño deberán variar de 10 a 20 años, pero este periodo puede ajustarse de acuerdo a las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la Entidad como lo es en este caso particular los

contratos de conservación vial, la carretera que es diseñada para 5 años deberá conservar en condiciones aceptables los niveles de servicio admisibles.

3.3 Niveles de servicio

Los niveles de servicio son indicadores que cualifican y cuantifican el estado en que se encuentra una vía y son propios e inherentes de cada vía en particular, según el manual de conservación vial del MTC (2014) “los niveles de servicio [...] se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad”

Los niveles de servicio recomendados para pavimentos flexibles son los siguientes:

- Fisuras y baches: No se admiten, si aparecen deberán ser selladas o parchadas
- Ahuellamientos: Mayores a 12 mm deberán ser corregidos
- Textura superficial: No deberá ser menor a 0.50 mm
- Rugosidad admisible (IRI) para una carretera de segunda clase: Tener un IRI de 4.00 durante su periodo de servicio.
- Deflexiones: No deberá superar el valor límite admisible.

4 INGENIERÍA DE PAVIMENTOS

4.1 Pavimento

Es un conjunto de espesores que forman un paquete estructural, cuyo diseño busca establecer espesores y propiedades físico mecánicas requeridas por los materiales que componen la estructura para que sea capaz de soportar las cargas de tráfico y ambientales a los que será sometido durante un periodo de tiempo, cuya función debe mantener la vía bajo un cierto nivel de deterioro, confort, transitabilidad y seguridad

4.1.1 Pavimento semirrígido

Este tipo de pavimentos están formados por capas asfálticas sobre bases tratadas con cemento hidráulico bases tratadas con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido, se incluyen los pavimentos adoquinados.

Este pavimento es aquel que combina un pavimento flexible y uno rígido. También se considera un pavimento semirrígido cuando se rigidiza una de las capas de la estructura del pavimento.

Figura 1. Tipos de Pavimentos Semirrígidos típicos. Fuente: Guía para el diseño de vías de alto volumen pavimentos semi –rígidos Adocem (2013)

4.1.2 Pavimento flexible

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base granular y la subbase granular (Figura 1). Los pavimentos flexibles hacen que la carga de tráfico se distribuya de una manera trapezoidal, es decir que la carga de tráfico que soporta la vía llegue hasta la capa subrasante en forma de grandes tensiones (Figura 2).

Figura 2. Estructura Típica de un Pavimento Flexible. Fuente: Pavimentos Rígidos (2017)

Figura 3. Distribución de Cargas Sobre el Suelo. Fuente: Desempeño y costos de pavimentos de concreto en Argentina (2013)

Los pavimentos flexibles presentan ventajas como un bajo costo inicial de financiamiento, los tiempos en su ciclo de vida son más cortos y las uniones son más suaves, ya que no presentan juntas. Las desventajas principales son que requieren mantenimiento constante lo que hacen que el costo en su ciclo de vida sea mucho más elevado.

4.2 Componentes de los pavimentos flexibles

- Subrasante: se denomina al suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento.
- Subbase granular: Capa que no es empleada siempre en el pavimento, impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evitar que el pavimento sea absorbido por la sub-rasante. Además, se ahorra dinero al poder transformar un cierto espesor de la capa de base a un espesor equivalente de material de sub-base.
- Base granular: Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento.
- Carpeta asfáltica: Es la capa que es usada como superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del

tipo de vía que se va a construir. El tipo y espesor de una carpeta asfáltica se elige de acuerdo con el tránsito que va a transitar por la vía.

5 EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

5.1 Evaluación de condición de un pavimento

Las causas de falla de un pavimento son de distinto origen y naturaleza, y estas afectan la seguridad, comodidad y velocidad con la que circula el tránsito presente y futuro. Algunas de las causas principales de falla son (MF, 2009):

- Elevado incremento de las cargas circulares y de su frecuencia con respecto a las previstas en el diseño original.
- Diseños deficientes
- Factores climáticos regionales desfavorables.
- Mantenimiento preventivo insuficiente

5.1.1 Deterioro en pavimentos flexibles

El deterioro del pavimento se cuantifica para hallar el índice de condición de un pavimento, que nos servirá a tener estándares de niveles de servicio aceptables. Los deterioros más comunes se presentan a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2

Fallas y Deterioros en Pavimento Flexible

<u>DETERIORO</u>	<u>DESCRIPCIÓN Y CAUSA</u>	<u>UND</u> <u>MEDIDA</u>	<u>FOTO REFERENCIAL</u>
Fisura piel de cocodrilo	Fisuras que forman polígonos irregulares. Causadas por la fatiga al ser sometidas a cargas repetidas de tránsito.	Metros cuadrados	
Fisura en bloque	Fisuras que forman piezas aproximadamente rectangulares. Causadas por la contracción de la mezcla asfáltica por la variación diaria de la temperatura.	Metros cuadrados	
Fisura Transversal	Fracturación que forma un ángulo aproximadamente recto con el eje de la carretera. Causada por contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad.	Metros lineales	
Ahuellamiento	Depresión longitudinal continua a lo largo del rodamiento del tránsito. Causado por las repeticiones de las cargas de tránsito, capas estructurales pobremente compactadas, inestabilidad en bases y sub-bases granulares.	Metros cuadrados	
Bache	Desintegración total de la superficie de rodadura que puede extenderse a otras capas del pavimento. Causados por la acción abrasiva del tránsito y capas inestables	Metros cuadrados y und	
Exudación de asfalto	Afloramiento de un material bituminoso de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento. Causado por excesivo contenido de asfalto y/o sellos bituminosos.	Metros cuadrados	

Fuente: SEICA

Además, los pavimentos presentan los siguientes deterioros, entre otros.

- Fisura en arco: Son fisuras en forma de media luna. Se producen cuando los efectos de frenado o giro de las ruedas de los vehículos provocan un resbalamiento y deformación de la superficie de pavimento. Se miden en metros cuadrados.
- Fisura longitudinal: Fracturación que se extiende a través de la superficie del pavimento paralelamente al eje de la carretera. Sus posibles causas son fatiga por debilidad estructural. Se miden en metros lineales.
- Hinchamiento: Levantamiento localizado en la superficie del pavimento que distorsiona el perfil de la carretera. Son causadas por la expansión de los suelos de subrasante del tipo expansivo. Se miden en metros cuadrados.
- Hundimiento: Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo. Son causados por asentamientos de la fundación. Se miden en metros cuadrados.
- Peladura: Desintegración superficial de la carpeta asfáltica como consecuencia de la pérdida de ligante bituminoso y del desprendimiento del agregado pétreo. Las posibles causas indican que el ligante se ha endurecido apreciablemente.
- Desintegración de Bordes: Consiste en la progresiva destrucción de los bordes del pavimento por la acción del tránsito. Se mide en metros cuadrados.

5.2 Evaluación funcional

Una evaluación funcional proporciona información sobre las características de la superficie que afectan directamente a los usuarios: la seguridad y el confort.

Las principales características funcionales de una evaluación son antideslizantes y de resistencia, textura superficial en términos de seguridad, como así términos de rugosidad de servicio. Según la función del pavimento hay diversos indicadores como lo es el Índice de Regularidad Internacional (IRI).

5.2.1 Índice de Regularidad Internacional (IRI)

La medida internacional de referencia para la regularidad superficial del perfil longitudinal es el International Roughness Index (IRI), el cual se define como la relación entre el movimiento acumulado de la suspensión de un modelo matemático y la distancia recorrida.

Un $IRI = 0$ representa una superficie totalmente lisa y su valor aumenta con las irregularidades del perfil. En la tabla 3 se puede apreciar la escala de valores del IRI y las características de los pavimentos.

Tabla 3

<i>Escala de IRI (m/km)</i>		
<u>IRI</u>	<u>CARACTERÍSTICAS</u>	<u>Velocidad en recta y plano</u>
20-24	Velocidad muy reducida, tramo se vuelve intransitable	10 km/h
14-20	Erosión, Desprendimiento de agregados y depresiones profundas	20-30 km/h
12-14	Depresiones profundas	40 km/h
10-12	Depresiones superficiales frecuentes, algunas profundas	50 km/h
8-10	Depresiones superficiales frecuentes, no profundas	60 km/h
6-8	Depresiones menores frecuentes	70 km/h
4-6	Imperfecciones de la superficie y algunas depresiones menores	80 km/h
2-4	Imperfecciones de la superficie	90 km/h
0-2	Superficie uniforme	100 km/h
<i>Fuente: Guidelines for conducting</i>		

Además, el Manual de Conservación Vial (2014) del MTC recomienda una rugosidad inicial para un pavimento nuevo y de un pavimento existente reforzado, asimismo para la rugosidad durante el periodo de servicio para una carretera de segunda clase como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

<i>Rugosidad Inicial (IRI) m/km para una Carretera de 2da Clase con Carpeta Asfáltica en Caliente</i>			
Tipo de Carretera y Confiabilidad	Rugosidad Característica Inicial del Pavimento Nuevo IRI (m/km)	Rugosidad Característica Inicial del Pavimento Reforzado IRI (m/km)	Rugosidad Característica Durante el Periodo de Servicio IRI (m/km)
Carretera de 2da clase para una confiabilidad de 90%	2.5	3	4
<i>Fuente: Manual de Conservación Vial (2014)</i>			

La calificación del estado de un pavimento a través del Índice de Servicialidad Presente o del PSI establece la condición funcional o capacidad de servicio actual del pavimento y es el resultado de una apreciación visual de la condición superficial de un pavimento.

Los valores del PSI van en una escala en donde la condición pésima es 0 hasta la condición óptima que es el 5 como se puede apreciar en la Tabla 5.

Tabla 5

<i>Escala de Índice de Servicialidad</i>	
<u>Índice de Servicialidad</u>	<u>Calidad</u>
5	Muy Buena
4	Muy Buena
3	Buena
2	Regular
1	Mala
0	Pésima
<i>Fuente: AASHTO 1993</i>	

El tráfico, la edad del pavimento y el medio ambiente son los factores principales que afectan la pérdida de servicialidad del pavimento.

5.3 Evaluación estructural

Se puede definir a la capacidad estructural como el grado en que un pavimento es capaz de soportar la acción conjunta de cargas del tránsito y factores climáticos con un desarrollo de fallas lo menor posible. Existe una gran diferencia entre el proceso de diseño de un pavimento nuevo y el proceso de diseño de la rehabilitación de un pavimento existente. En lo que se refiere a este último, se dispone de un conjunto de materiales que ya están colocados y que han sufrido un deterioro por efecto del tránsito, de los agentes climáticos y el tiempo. Dichos materiales presentan un cierto valor estructural remanente, el cual es necesario considerar como aporte a los fines del diseño de la rehabilitación del pavimento, por lo tanto, se impone como tarea previa en estos casos, a diferencia del diseño de un pavimento nuevo, la valoración o evaluación del pavimento en cuestión, la cual sólo es posible a través de procedimientos específicos.

La capacidad estructural de un pavimento suele determinarse mediante la evaluación de las propiedades mecánicas de cada una de las capas de la estructura de pavimento, tales como:

módulo de elasticidad, propiedades de fatiga, las condiciones de deformación y se hace hincapié en la resistencia a la tracción residual. Los dos métodos más comunes son los ensayos destructivos y los no destructivos.

5.3.1 Ensayos no destructivos

Se denominan así, debido a que permiten estudiar la capacidad estructural existente de un pavimento sin necesidad de intervenir este en ningún punto. Entre los métodos no destructivos, se reconocen dos clases: Medidas de Deflexión y Evaluaciones Empíricas.

Las deflexiones deben ser medidas según la deflexión característica como se muestra en la Tabla 6, en donde D_m es Deflexión media y d_s es desviación estándar.

Tabla 6

<i>Definición de Deflexión Característica para una Carretera de 2da Clase</i>	
<u>Tipo de Carretera y Confiabilidad</u>	<u>Deflexión Característica D_c</u>
Carretera de 2da clase para una confiabilidad de 90%	$D_c = D_m + 1.282 \times d_s$
<i>Fuente: CONREVIAl</i>	

Deflectometría: Según el MTC es el estudio de las deformaciones verticales de la superficie de una calzada, a consecuencia de la acción de una determinada carga o sollicitación. La deflectometría es una medida de la respuesta del conjunto “pavimento – subrasante” frente a una determinada sollicitación, indicando la adecuabilidad del pavimento desde el punto de vista estructural. Se puede medir con el deflectómetro o la viga Bekelman.

Falling Weight Deflectometer (FWD): El principio de operación es que la sollicitación se produce mediante el impacto producido por la caída libre de un peso sobre unos mecanismos con amortiguadores, los que se apoyan en una placa de goma sobre el pavimento. También en este caso, las vibraciones son captadas por medio de sensores sísmicos ubicados a distintas distancias del punto de aplicación. Esto hace posible generar un cuenco de deflexiones a distintas distancias, como se puede apreciar en la Figura 3.

Figura 4. Falling Weight Deflectometer y Cuenco de Deflexiones (FDW). Fuente: Evaluación técnica del pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico (1995)

5.3.2 Ensayos Destructivos

La ejecución de estos ensayos, requiere alterar el pavimento existente en algún punto. Entre los ensayos destructivos más utilizados para la evaluación de la capacidad de soporte de la estructura existente, se encuentran:

Excavación de calicatas: Empleadas para determinar propiedades de los materiales de capas. Este procedimiento corresponde al procedimiento tradicional de recolectar información de diseño y tiene como objetivo la determinación de distintas propiedades de los materiales de las capas que conforman el pavimento, para el diseño y/o evaluación estructural. Entre los parámetros a considerar, se encuentran: espesores de capas, CBR de las capas granulares, clasificación, densidades y humedades. Como complemento de este procedimiento, se debe realizar una inspección visual de la superficie, de modo de detectar posibles fallas (en especial grietas) que puedan determinar un menor aporte estructural de las capas de rodado. Los valores de CBR se encuentran clasificados como se muestra en la Tabla 7 según el uso de la capa estructural del pavimento.

Tabla 7

<i>Clasificación y Uso del Suelo según el Valor del CBR</i>		
<u>CBR</u>	<u>Clasificación cualitativa del suelo</u>	<u>Uso</u>
2-5	Muy mala	Subrasante
5-8	Mala	Subrasante
8-20	Regular – Buena	Subrasante
20-30	Excelente	Subrasante
30-60	Buena	Subbase
60-80	Buena	Base
80-100	Excelente	Base

Fuente: AASHTO 1993

5.3.3 Comparación de métodos destructivos y no destructivos

La Tabla 8 muestra la comparación entre las diferentes alternativas de evaluación estructural.

Tabla 8

<i>Comparación de Métodos para la Evaluación Estructural</i>		
<u>ALTERNATIVA</u>	<u>VENTAJAS</u>	<u>DESVENTAJAS</u>
Viga Benkelman	Aparato más simple para medir deflexiones y de menor costo. No altera el pavimento. Parámetro base de métodos de evaluación estructural.	Bajo rendimiento. Mide solo deflexión máxima.
Deflectómetro	Alto rendimiento. No altera el pavimento.	Equipo sofisticado de alto costo. Solo deflexión máxima es utilizable como parámetro de evaluación.
Dynaflect	Alto rendimiento. No altera el pavimento. Mide deflexiones en varios puntos del cuenco.	Equipo sofisticado de alto costo. Cargas menores y menor precisión.
Falling Weight Deflectometer	Alto rendimiento. No altera el pavimento. Mide deflexiones en varios puntos del cuenco. Parámetro base de evaluación de algunos métodos.	Equipo sofisticado de (FWD) alto costo. Mejor precisión en mediciones.
Vida remanente	Estimación simple y costo mínimo si se cuenta con la información.	Dificultad de estimar tránsito a la fecha. Poco recomendable.
Calicatas	Evalúa en forma real las propiedades de los materiales del pavimento.	Alteración del pavimento. Muy bajo rendimiento.
Extracción de testigos	Evalúa en forma real las propiedades de los materiales de las capas de rodado. Alteración mínima del pavimento. Necesario y recomendable para los métodos de diseño.	Solo aplicable a los materiales de superficie.
Placa de carga	Evalúa en forma real la capacidad de soporte de las capas del pavimento.	Alteración significativa del pavimento a un alto costo. Muy bajo rendimiento.
Penetrómetro (DCP)	Evalúa en forma real las propiedades de los materiales granulares del pavimento. Alteración menor del pavimento.	Solo aplicable a capas granulares.
<i>Fuente: Evaluación técnica del pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico (1995)</i>		

5.4 Evaluación superficial

El deterioro de la estructura del pavimento esta dado en función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. Para efectuar la evaluación superficial de pavimentos se han considerado tres pasos importantes a realizar:

- Inspección Visual: Se efectúa un recorrido de la vía a estudiar, con la finalidad de obtener información sistematizada.

- Observación de fallas: En función de tipo, severidad y extensión de la manifestación y ocurrencia de dichas fallas.
- Formato de evaluación: En un formato estándar debe tener como mínimo.
  - a) Información general: Nombre de la carretera; longitud del tramo, el tipo de rodamiento, el ancho de la calzada, los números de carriles por calzada.
  - b) Deterioros: Se registra el deterioro, su ubicación y las características encontradas en el pavimento. Además, se le agrega las dimensiones de acuerdo a su forma de medición y a la magnitud de la severidad del daño.
  - c) Observaciones: En esta sección se deben registrar todos los detalles adicionales.

En la Tabla 9 se presentan ejemplos del equipo de medición de fallas considerando el manual de técnicas SIECA.

Tabla 9

<i>Ejemplos de Equipo de Medición</i>		
<u>CLASE</u>	<u>FALLA</u>	<u>EQUIPO</u>
Manual	Defectos en la superficie	Formularios en papel
		Registradores de datos a mano
Imagen análoga y digital	Grietas y defectos de la superficie	Sistemas integrados: ROMDAS, Vizi-road
		Imágenes analógicas: Pasco RoadRecon, Gerpho, ARAN
		Área de escaneo de imagen: Samsung SDS, PAVUE, Pasco
Perfiladores	Rut Deths	Línea de escaneo de imagen digital: Waylink, Roadware, EVASIVA, International Cybernetics Corp.
		Perfiladores de laser Acuity, AMSKAN, ARRB TR, Dynatest, Greenwood, INO
		Perfiladores ultrasónicos: ROMDAS
		Perfiladores de infrarrojo: PRORUT, SIRST
<i>Fuente: Evaluación de pavimentos (2009)</i>		

5.4.1 Índice de condición del pavimento (PCI)

Es uno de los métodos usados para evaluar superficialmente como se encuentra el pavimento, este es un índice numérico que varía según la condición del pavimento, como se puede apreciar en la Tabla 10.

Tabla 10

Clasificación mediante índice de condición de pavimento (PCI)	
<u>Rango</u>	<u>Clasificación</u>
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado
Fuente: AASHTO 2013	

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño que presenta.

6 METODOLOGÍA DE DISEÑO: ESTABILIZACIÓN SUELO-CEMENTO, TECNOLOGÍA DE RECICLADO EN FRÍO Y DISEÑO AASHTO 1993

6.1 Estabilización suelo-cemento

La mezcla de cemento y suelo produce mejoría en las propiedades del mismo desde un punto de vista mecánico. El cemento actúa como conglomerante de los agregados de manera que desempeña un papel como el concreto. Por otro lado, este genera disminución de porosidad y plasticidad, así como aumento de resistencia y durabilidad.

6.1.1 Dosificación del cemento

Este tipo de estabilización consiste en agregar cemento portland en proporción de 1% a 2% para el presente caso, así como también varía hasta 16% en otros casos por volumen de mezcla dependiendo del tipo de material a reciclar. En este caso, al reciclarse la base y ésta siendo una capa granular se necesita menor porcentaje mientras que en limos se requerirá más para llegar al resultado esperado. Cabe recalcar que, para la utilización de este agente, el material a estabilizar no deberá contener altos porcentajes de materia orgánica.

Respecto del espesor a estabilizar, este suele variar entre 10 a 15 cm y puede cubrirse con una capa de rodadura de menor espesor dependiendo del tránsito. Básicamente, el éxito de la estabilización con cemento depende de tres factores:

- Contenido apropiado de cemento hidráulico
- Contenido apropiado de humedad
- Adecuada compactación

6.1.2 Propiedades

Las propiedades estructurales del suelo-cemento dependen del tipo de suelo, condiciones de curado, y edad. Los rangos típicos para una amplia variedad de tipos de suelo-cemento, a sus respectivos contenidos de cemento requeridos para durabilidad, son: A lo largo de la vida de diseño de un pavimento de suelo-cemento la resistencia promedio es considerablemente mayor que los valores para 28 días.

6.2 Tecnología de reciclado en frío

6.2.1 Reciclado en frío

El reciclado en frío puede ser realizado en planta o in-situ. En planta, el reciclado se logra mediante el transporte del material recuperado de un pavimento existente a un depósito central, donde el material se trabaja con una unidad de procesamiento (como un mezclador continuo). In-situ, el reciclado se logra utilizando la máquina recicladora móvil.

6.2.1.1 Reciclado in situ

El reciclado en frío “in situ” de firmes y pavimentos de carreteras consiste en la reutilización de materiales procedentes de las capas de firme existente, después de su disgregación por fresado, de su mezclado y homogeneización con emulsión bituminosa, agua de envuelta, árido de corrección y aditivos, se procede con el extendido y compactación en el propio lugar de extracción.

6.2.2 Recicladora

La recicladora que se utilizó para el proyecto es la recicladora WR 240 de Wirtgen. Esta cuenta con una potencia de motor de 455 kW/619 PS. Tiene una reserva de energía para realizar múltiples tareas, desde la estabilización de suelos hasta el reciclado en frío, pasando por la pulverización. La anchura de trabajo de 2.4 m y las profundidades de trabajo de 0 – 51 cm. (Hohner, 2004).

Figura 5. Recicladora WR 240. Fuente: WIRTGEN GmbH

La instalación de inyección dispone de unos microprocesadores que controlan la dosificación de agua, emulsión, suspensión de cemento y asfalto espumado en función de las respectivas exigencias. Puede pulverizar capas asfálticas dañadas hasta una profundidad de trabajo de 30 cm.

6.2.3 Procedimiento de reciclado

El elemento más importante de una máquina recicladora es el rotor fresador-mezclador equipado con un gran número de puntas, especialmente diseñadas para este proceso. El tambor normalmente rota y pulveriza el material del pavimento existente, como se ilustra en la figura 6.

Figura 6. Proceso de reciclado. Fuente: Manual de reciclaje en frío WIRTGEN

A medida que la máquina avanza con el tambor rotando, el agua de un tanque acoplado a la recicladora se llena mediante mangueras dentro de la cámara de mezclado de la recicladora (Hohner, 2004). El flujo de agua es medido con precisión mediante un micro procesador controlado por un sistema de bombeo, mientras que el tambor mezcla el agua con el material reciclado para alcanzar el contenido necesario de humedad. De esta forma, es posible conseguir altos niveles de compactación

Figura 7. Operación de la recicladora WR 240. Fuente: Wirtgen Group Company

6.2.4 Tren de reciclado

El procedimiento constructivo está definido por el tren de reciclado definido para cada proyecto, en el caso de la investigación, se define, como en la figura 8, el siguiente tren de reciclado.

Figura 8. Tren de Reciclado para el Proyecto en mención. Fuente: Elaboración propia

Imagen 1. Camión con cemento para el Proyecto de conservación vial de la carretera Binacional Mazocruz – Puente Internacional. Fuente: Propia

Imagen 2. Camión con agua y Recicladora WR 240 para el Proyecto de conservación vial de la carretera Binacional Mazocruz – Puente Internacional. Fuente: Propia

Imagen 3. Motoniveladora y compactador para el Proyecto de conservación vial de la carretera Binacional Mazocruz – Puente Internacional. Fuente: Propia

6.2.5 RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*)

El término RAP proviene de la abreviatura de Reclaimed Asphalt Pavement, el cual se da a raíz de la recuperación del material reciclado para su reutilización.

El empleo del mismo en procesos constructivos, de mantenimiento o reconstrucción de pavimentos, aporta beneficios económicos, así como medioambientales, ya que se evita la

utilización de nuevos materiales lo que reduce costos en transporte y movimiento de tierras, así como también la sobreexplotación de canteras para la extracción de agregados.

Sin embargo, este material tiene incidencia en el comportamiento estructural del paquete estructural del pavimento al momento de reciclarse en conjunto a la base granular produce una disminución de la resistencia estructural que depende del porcentaje que el RAP represente en este espesor a reciclar. Es por ello, que la evaluación de la incidencia del mismo es de suma importancia y por lo cual en el desarrollo de la presente tesis se analiza su influencia en función a diversos espesores planteados.

- Estabilización RAP/Base granular:

Esta categoría de reciclado es típicamente aplicada como una medida para tratar estructuras de pavimentos deterioradas compuestas por bases granulares y superficies asfálticas delgadas, constituidas tanto por concreto asfáltico como por varias capas de sellos superficiales. El deterioro en este tipo de pavimentos, generalmente se manifiesta como capas asfálticas severamente agrietadas, capas granulares deformadas y baches. El objetivo de añadir agentes estabilizadores mientras se recicla es recuperar la integridad estructural mediante el mejoramiento de las propiedades de ingeniería de los materiales recuperados, al mismo tiempo que es posible alcanzar una calidad de rodado óptima.

La estabilización RAP/Base granular es efectuada mediante el reciclado a distintas profundidades, generalmente entre 150 mm y 250 mm. Cuando la capacidad estructural necesita ser mejorada para ajustarse a mayores demandas de tráfico, la profundidad del reciclado puede incrementarse, alcanzando un aumento en el espesor de la nueva capa estabilizada. Sin embargo, es necesario que el pavimento existente tenga un espesor mínimo de material natural de buena calidad para aplicar esta alternativa. Los pavimentos deteriorados compuestos por capas estabilizadas (por ejemplo, con cemento o cal hidratada) también pueden ser reciclados. Cuando una estrategia de rehabilitación de corto plazo es adoptada debido a restricciones presupuestarias, o cuando el deterioro del pavimento es causado por la mala capacidad de soporte de las capas superiores, la profundidad del reciclado debe reducirse. Existe siempre un mejoramiento significativo en la capacidad estructural del pavimento después de la estabilización. Esto se complementa con la aplicación de una capa superficial de asfalto sobre la capa reciclada. Evitar el ingreso de agua en las capas inferiores mediante la estabilización, también ayuda a extender la vida útil del pavimento reciclado.

6.3 Diseño de pavimento estabilizado con cemento con AASHTO 1993

Este método inicialmente conocido como AASHO cuenta con una versión hecha en 1986 próximamente mejorada en 1993 la cual sigue en vigencia y es la más utilizada en la actualidad. Este, está basado en “modelos que fueron desarrollados en función de la performance del pavimento” (MTC, Manual de Carreteras, 2013).

El diseño de pavimentos AASHTO 1993, consiste principalmente en obtener un Número Estructural Requerido (SNreq), el cual es comparado con un Número Estructural Propuesto (SNprop), en donde el SNprop debe ser igual o mayor al SNreq para que el diseño sea válido.

El presente método se elige debido a que, en diferencia a otros métodos, este introduce el concepto de servicialidad como medida de su capacidad para brindar una superficie adecuada para el usuario, se medirá de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\log_{10} Wt18 = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Ecuación 1. Ecuación AASHTO 1993. Fuente: AASHTO 1993

El procedimiento es el siguiente:

1. Definir el periodo de diseño

Para la presente tesis se emplea un periodo de diseño para pavimentos flexibles de 5 años más 1 año de garantía, ya que se encuentra aplicado en el contexto de un proyecto de conservación vial. Este periodo se realiza hasta máximo 10 años en casos de bajo volumen de tránsito y dependerá también de las condiciones del proyecto con el que se trabaja.

2. Obtener la capacidad de soporte de la subrasante (CBR)

Para obtener el CBR se divide la longitud de la vía por tramos y se realizan calicatas para obtener las muestras para hacer los ensayos del laboratorio. Estos resultados tienen a ser variables por lo que AASHTO 1993 recomienda hacer el método de diferencias acumuladas (Anexo J – AASHTO 1993), el cual consiste en generar tramos homogéneos donde se pueda obtener un CBR promedio en base de métodos estadísticos.

[illegible]

Figura 9. Método de las diferencias acumuladas. Fuente: Guillermo Lazo. Diseño de pavimento flexibles

Después de hacer tabla de la figura 9, se procede a graficar los puntos Progresiva vs Z_x , para obtener los picos altos y bajos y es ahí donde se paran los tramos. Posterior a ello, se procede a graficar Progresiva (Separada con ayuda de la gráfica Progresiva vs Z_x) vs CBR. Se obtienen los CBR finales promediando los CBR que pertenecen a las progresivas de una misma sección o subtramo.

Gráfica 1. Progresiva VS CBR. Fuente: Guillermo Lazo. Diseño de pavimento flexibles

3. Obtener el Módulo de resiliencia (Mr)

Después de obtener los CBR promediados, se procede a calcular el módulo resiliente de la subrasante y de capas de base y subbase granulares. Se utiliza la fórmula del Mechanistic Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures 2001

$$MR = 2555 \times CBR^{0.64}$$

Ecuación 2. Cálculo de módulo resiliente. Fuente: Mechanistic Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures 2001

4. Obtener el Número de Ejes Equivalentes (Wt18)

Para el periodo de diseño establecido: El Número de ejes equivalentes corresponde a las aplicaciones de cargas equivalentes a 18000 lb (80 kN) acumuladas en cierto periodo de diseño.

5. Obtener la Confiabilidad (%R)

Este representa la probabilidad de cumplimiento de un comportamiento estructural establecido respecto del diseño previsto, el cual está en base a variabilidades de factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento. Se especifican en la Tabla 11 los valores recomendados de niveles de confiabilidad para los distintos rangos de tráfico:

Tabla 11

Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad según Rango de Tráfico

<u>TIPO DE CAMINOS</u>	<u>TRÁFICO</u>	<u>EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS</u>		<u>NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)</u>
Caminos de bajo volumen de tránsito	T _{P0}	100 000	150 000	65%
	T _{P1}	150 001	300 000	70%
	T _{P2}	300 001	750 000	75%
	T _{P3}	500 001	1 000 000	80%
	T _{P4}	750 001	1 500 000	80%
	T _{P5}	1 000 001	3 000 000	85%
	T _{P6}	1 500 001	5 000 000	85%
	T _{P7}	3 000 001	7 500 000	85%
	T _{P8}	5 000 001	10 000 000	90%
	T _{P9}	7 500 001	12 500 000	90%
Resto de caminos	T _{P10}	10 000 001	15 000 000	90%
	T _{P11}	12 500 001	20 000 000	90%
	T _{P12}	15 000 001	25 000 000	95%
	T _{P13}	30 000 001	30 000 000	95%
	T _{P14}	25 000 001		95%
	T _{P15}	>30 000 000		95%

Fuente: Manual Carreteras MTC (2013)

6. Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Z_r)

Valor desviador en una curva de distribución normal que se encuentra en función a la confiabilidad (R), los valores son escogidos de la Tabla 12.

Tabla 12

<i>Valores de Z_R en la Curva Normal para Diversos Grados de Confiabilidad</i>	
<u>Confiabilidad (R)</u>	<u>Valor de Z_R</u>
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
<i>Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de AASHTO 1993</i>	

7. Obtener la Desviación estándar combinada (S_o)

Esta toma en consideración la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de otros factores que afectan el comportamiento del pavimento. (MTC, Manual de Carreteras, 2013). La guía AASHTO 1993 recomienda el valor de 0.45, pero puede ajustarse de acuerdo a uso local.

8. Obtener la Pérdida de servicialidad (ΔPSI)

Es la diferencia entre la calidad de acabo al terminar la construcción y su planitud al final del periodo de diseño. En donde se mide la capacidad de la vía a ser confortable y segura para el usuario.}

Se define según la AASHTO 1993 con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

Ecuación 3. Pérdida de servicialidad. Fuente: AASHTO 1993

En donde,

P_0 : Índice de Servicialidad Inicial

P_t : Índice de Servicialidad Final

Tabla 13

<i>Calificación de Servicialidad</i>	
<u>PSI</u>	<u>Calificación</u>
5	Excelente
4.1 - 4.9	Muy Bueno
3.1 - 4.0	Bueno
2.1 - 3.0	Regular
1.1 - 2.0	Malo
0.1 - 1.0	Muy malo
0	Intransitable
<i>Fuente: AASHTO 1993</i>	

Figura 10. Calificación de servicialidad. Fuente: Propia

De igual manera, se puede utilizar la siguiente Tabla:

Tabla 14

<i>Diferencial de Servicialidad según Tráfico</i>				
<u>TIPO DE CAMINOS</u>	<u>TRÁFICO</u>	<u>EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS</u>		<u>ΔPSI</u>
<u>BAJO VOLUMEN</u>	T _{P1} – T _{P4}	150 001	1 000 000	1.80
<u>RESTO</u>	T _{P5} – T _{P11}	1 000 001	15 000 000	1.50
	T _{P12} -T _{P15}	15 000 001	>30 000 000	1.20
<i>Fuente: Propia basada en Manual de Carreteras MTC (2013)</i>				

9. Obtener el Número estructural requerido (SNreq)

Capacidad de la estructura para el soporte de las cargas bajo condiciones de diseño. Para obtener este valor, el cual representa el espesor del pavimento a colocar y se transforma al espesor efectivo de cada capa mediante coeficientes estructurales se puede obtener de dos maneras:

- Utilizando la fórmula de la ecuación de AASHTO 1993, en donde con los datos obtenidos en los puntos anteriores se despejaría el SNr

$$\log_{10} Wt18 = Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

Ecuación 4. Ecuación AASHTO 1993. Fuente: AASHTO 199

En donde,

Wt18: Número de ejes equivalentes de 80 KN

Zr: Desviación estándar normal

So: Desviación estándar combinada

SN: Numero estructural

ΔPSI: Variación de la pérdida de servicialidad

Mr: Modulo de resiliencia (psi)

- Utilizando el nomograma de AASHTO, donde se van trazando rectas hasta que se obtiene el SNreq.

Figura 11. Nomograma SN de diseño. Fuente: AASHTO 1993

10. Obtener el Número Estructural propuesto (SNprop)

Se utiliza la fórmula de la ecuación de AASHTO 1993 para hallar el SNprop con la siguiente ecuación 8.

$$SN_{prop} = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Ecuación 5. Ecuación de número propuesto requerido. Fuente: Manual de Carreteras (2013)

En donde,

SNprop: Número Estructural Propuesto

a1, a2, a3: Coeficiente de capa estructural (carpeta asfáltica, base granular, subbase granular)

d1, d2, d3: Espesor de la capa (carpeta asfáltica, base granular, subbase granular) (pulg)

m2, m3: Coeficiente de drenaje de la base granular y la subbase granular

El SNprop es comparado con el SNreq: $SN_{prop} > SN_{req}$ y mediante tanteo se obtiene los espesores del pavimento (según los valores propuestos).

Para hallar el SNprop se deben obtener los coeficientes:

- a) Coeficiente de la capa estructural de la carpeta asfáltica El ábaco que presenta la guía AASHTO 1993 de un pavimento asfáltico para obtener el coeficiente estructural de la capa a1, mediante el módulo elástico del concreto asfáltico. El ábaco es el siguiente

Figura 12. Ábaco del coeficiente estructural del concreto asfáltico. Fuente: AASHTO 1993

- b) Coeficiente de la capa estructural de la base suelo-cemento El ábaco que presenta la guía AASHTO 1993 de un pavimento estabilizado con cemento para obtener el coeficiente estructural de la capa a_2 , es diferente al de los pavimentos flexibles, en este ábaco se deberá ingresar el valor de rotura f_c (resistencia a la compresión) y con una línea recta se obtiene el valor a_2 . El ábaco es el siguiente.

Figura 13. Ábaco del coeficiente estructural de la base con suelo-cemento. Fuente: AASHTO 1993

- c) Coeficiente de la capa estructural de la subbase granular El ábaco que presenta la guía AASHTO 1993 de una sub base granular para obtener el coeficiente estructural de la capa a_3 , es mediante el CBR de la capa y se obtiene el coeficiente mencionado. El ábaco es el siguiente.

Figura 14. Ábaco del coeficiente estructural de la subbase granular. Fuente: AASHTO 1993

- d) Coeficiente de Drenaje de la capa Se presenta la tabla para obtener los coeficientes de drenaje de la base (m2) y la sub base (m3) en función de la calidad de drenaje y porcentaje de exposición en un periodo de un año.

Tabla 15

<i>Tabla para obtener los coeficientes de drenaje</i>							
<u>Calidad de Drenaje</u>				<u>Tiempo de Eliminación del Agua en</u>			
<i>Excelente</i>				2 Horas			
<i>Bueno</i>				1 Día			
<i>Regular</i>				1 Semana			
<i>Pobre</i>				1 Mes			
<i>Malo</i>				El Agua no Drena			

<u>Calidad de Drenaje</u>	Porcentaje de tiempo anual en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles cercanos a saturación						
	0%	1%	1%	5%	5%	25%	25% a más
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
Malo	1.05	0.95	0.95	0.75	0.75	0.40	0.40

<i>Fuente: AASHTO 1993</i>

Fuente: AASHTO 1993

7 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

7.1 Generalidades

El proyecto “Mejoramiento de la carretera Dv. Humajalso-Desaguadero y Tacna-Tarata-Capazo-Mazocruz por niveles de servicio” es un corredor vial que une diferentes localidades, este contribuye a la integración económica, cultural, social, etc. entre Perú y Bolivia, por lo que es de suma importancia para el desarrollo nacional. El pavimento tratado es de tipo flexible, el cuál después de la estabilización se considera semi rígido.

7.2 Ubicación

El proyecto está enmarcado dentro de los departamentos de Tacna, Puno y Moquegua. El corredor se divide en dos ejes, subdividido en 8 tramos. El primer eje inicia en el Dv. Humajalso hasta el distrito de Desaguadero en Puno que forma parte de la ruta Binacional PE-38, localizado en las provincias de Mariscal Nieto, Candarave, El Collao y Chucuito, pasando por los departamentos de Moquegua, Tacna y Puno; y el segundo eje inicia en la ciudad de Tacna hasta la intersección con el primer eje en Mazocruz, pasando por las localidades de Tacna, Tarata y El Collao, en los departamentos de Tacna y Puno. Los subtramos están divididos como se muestra en la Imagen 4. Aunque solo se menciona el eje uno, ya que es ahí donde se formuló la hipótesis de la tesis.

Imagen 4. Ubicación de la carretera Binacional. Fuente: PROVIAS

7.3 Topografía

Tramo III: Mazocruz – Desaguadero:

El Tramo III es de aproximadamente 90 kilómetros, la cual presenta una topografía variable, inicialmente es característica de una región de altiplano, con pequeñas ondulaciones, donde la plataforma presenta secciones en terraplén hasta la progresiva 235+000 aproximadamente, desde este punto hasta la progresiva 263+000 se desarrolla en topografía alternada entre montaña con pendientes mayores del 4% en ascenso presentando secciones a media ladera y planicies con secciones en terraplén. Desde la progresiva 263+000 aprox. hasta llegar a Desaguadero (304+225), la carretera se desarrolla por la planicie con secciones en terraplén. Se aprecia mejor en la Imagen 5.

Imagen 5. Tramo III. Fuente: Google Earth

Tramo IV: Desaguadero – Lomo de Toro:

El Tramo IV es de aproximadamente 4 kilómetros. Este tramo inicia en la progresiva 304+225 y consta de dos subtramos, el primero nace en la progresiva 0+000 (304 +287) continua hasta la progresiva 1+ 975 y empalma con la carretera PE-3S que comunica con Puno, y el segundo inicia a partir de la bifurcación de carretera en la progresiva 0+000 (304+598) y se extiende hasta el puente internacional en el territorio peruano abarcando una longitud de 0+141m. El tramo atraviesa la ciudad de Desaguadero, desarrollándose por completo en la zona urbana, con una altura que va desde los 3830 a los 3870 m.s.n.m. El subtramo que se dirige al puente internacional, presenta una sección en terraplén por encontrarse en una zona de planicie, y el otro tramo presenta una sección a nivel, excepto entre la progresiva 306+ 800 a 306+900 donde la sección es en corte y donde alcanza la mayor altura. Se aprecia mejor en la Imagen 6.

Imagen 6. Tramo IV. Fuente: Google Earth

7.4 Clima

El clima de los tramos correspondientes pertenece al departamento de Puno. Puno: Su clima es frígido y seco en las estaciones de otoño e invierno, húmedo templado variable en las estaciones de primavera y verano. Además, en invierno su temperatura mínima llega a -20°C . Cuenta con una temperatura media de 8°C y con una temperatura máxima de 19.9°C . Otros datos son la humedad relativa promedio la cual es de 90.1%, las precipitaciones máximas mensual que son de 99,8 mm y la velocidad del viento promedio que es de 2.9 Km/h.

7.5 Hidrología

La seguridad y eficacia del funcionamiento de un tramo vial depende en gran medida de un correcto planteamiento constructivo referente al drenaje vial, que es en consecuencia de la realización correcta de un estudio Hidrológico e Hidráulica fluvias. El embalsamiento del agua sobre la plataforma, proveniente de las lluvias, quebradas, canales de riego representa un serio peligro para los vehículos de transporte de carga y pasajeros por disminución del coeficiente de fricción entre el suelo y los neumáticos, ocasionando accidentes de tránsito con lamentables consecuencias.

El agua acumulada en la plataforma se infiltra y ocasiona ablandamiento, perjudicando el pavimento, obligando a ejecutar mantenimientos costosos.

El análisis hidrológico, se realizó utilizando distribuciones de frecuencia de valores extremos: precipitaciones máximas en 24 horas registradas en la estación Capazo y estos

fueron utilizados para determinar los caudales de diseño de los cursos de agua tanto activos como secos, afluentes del Río Mauri Río Humajalso.

El tramo que se evaluó, tramo desde Dv. Humajalso – Mazocruz – Desaguadero, que se encuentra asfaltado de inicio a fin tiene todas las Obras de Drenaje en funcionamiento, como las alcantarillas, marcos, badenes, pontones y puentes, solamente requieren su limpieza, ya que estas presentan colmatación de sedimentos en un promedio de 5 – 15%.

En el tramo a evaluar hay una longitud de cunetas triangulares revestidas de concreto de 122,500 ml

7.6 Geomorfología regional

Se diferencia tres unidades geomorfológicas en la región, las cuales han sido denominadas Llanura Costanera, Flanco Andino y Cadena de Conos Volcánicos.

Llanura costanera: Es un terreno llano y árido, constituido por depósitos clásticos semiconsolidados de la formación Moquegua, del Terciario Superior. Las capas de dicha formación tienen un suave buzamiento al Suroeste, semejando en conjunto a un plano inclinado, o más bien a una “pendiente estructural suave”. La formación se encuentra extensamente recubierta por un delgado manto aluvial de piedemonte, de edad cuaternaria. La inclinación regional que muestra, así como las flexuras que la afectan deben haberse producido en relación con el movimiento ascensional de los Andes y el reajuste de las grandes fallas longitudinales del Frente Andino, que facilitaron en parte dichos movimientos. La Llanura Costanera se encuentra disectada por numerosas quebradas profundas y secas, verdaderos cañones que corren en dirección Suroeste. Las secciones planas entre dos quebradas contiguas reciben la denominación de “pampas”. Cada quebrada mayor tiene muchos tributarios que surcan las diversas pampas formando un drenaje dendrítico complicado y de difícil acceso.

Flanco andino: Es un territorio formado de rocas volcánicas y macizos intrusivos. En conjunto muestra una topografía abrupta y bastante disectada. El límite entre ambas unidades geomorfológicas es claro; consiste en un cambio notable de pendiente, que va de una relativamente suave, en las pampas de la costa, a otra bastante empinada en la parte baja y frontal del Flanco Andino

En el Flanco Andino se distinguen dos configuraciones:

- a) La parte baja, que se desarrolla inmediatamente después de la Llanura Costanera, es un terreno de fuerte pendiente y de topografía difícil que se eleva rápidamente hasta altitudes de 3.100 a 3.400 m.s.n.m.
- b) La parte alta del Flanco Andino, que sigue inmediatamente al frente abrupto empinado, es un terreno de superficie moderadamente ondulada e inclinada al Suroeste, con algunos sectores planos. Cadena de conos volcánicos: El borde occidental del altiplano meridional, desde los 16° de latitud, hacia el Sur se desarrolla una faja montañosa formada por una sucesión de conos volcánicos, a la que se le denomina Cadena de Conos Volcánicos. La cadena volcánica tiene un ancho de 20 a 30 km. Toda la zona volcánica ha sido afectada por la glaciación cuaternaria. Rasgos morfológicos de erosión glaciaria como circos, superficies estriadas, pequeñas lagunas en cubetas rocosas, con diques morrénicos y crestas filudas, etc., son comunes en los flancos de los volcanes.

7.7 Geología

Las unidades geológicas que se encuentran en el área de estudio, están comprendidas en edad desde el precámbrico hasta depósitos recientes. La cobertura edáfica regional está básicamente conformada por depósitos fluvioglaciares morrénicos, aluviales, coluviales y deluvio-coluviales donde los clastos que componen estos tipos de depósitos son básicamente de origen volcánico.

La columna geológica comprende rocas sedimentarias y volcánicas, siendo estas últimas las de mayor extensión y potencia. La unidad estratigráfica más antigua es el grupo Yura, la cual está conformada por la formación Ataspaca y la formación Chachacumane ambas pertenecientes al Cretáceo inferior. Reposando en discordancia angular sobre el Grupo Yura se halla el volcánico Huillacollo del Terciario inferior. Todas estas formaciones han sido afectadas por la orogénesis andina e intruídas por plutones granodioríticos – graníticos y ríolíticos.

Los cuadrángulos que se encuentran involucrados en el área de estudio son el de Pachia, Tarata, Maure, Mazocruz, Huaitire y Pizacoma, comprendiendo los departamentos de Moquegua (Provincia de Mariscal Nieto), Tacna (Provincias de Tacna y Tarata) y Puno (Provincia de Collao y Chucuito). Se aprecia mejor en la Imagen 7.

Imagen 7. Geología regional por cuadrángulos. Fuentes: PROVIAS

Dentro de los tramos de estudio, la carretera atraviesa diferentes formaciones geológicas de las cuales se han identificado diferentes subórdenes: Cryands: Estos suelos pertenecen al orden Andisols y se distribuyen sobre unidades fisiográficas de montañas y colinas y son de origen volcánico (tufos, dacitas y andesitas). El drenaje natural es bueno y la permeabilidad es moderadamente rápida. La fertilidad natural de estos suelos es baja; con niveles bajos de materia orgánica. Fluvents: Estos suelos pertenecen al orden Entisols y se distribuyen sobre unidades fisiográficas de una planicie aluvial. El drenaje natural es bueno y la permeabilidad es moderadamente rápida. Fibrists: Estos suelos pertenecen al orden Histosol y se distribuyen sobre unidades fisiográficas de una planicie fluvio-glaciaria. El drenaje natural es pobre y la permeabilidad muy lenta.

7.8 Sismicidad

7.8.1 Sismicidad histórica

La disponibilidad de información sobre sismicidad en el Perú, remonta al tiempo de la conquista y colonización del país. Entre los sismos más resaltantes están los de 1650 y 1928; el primero se dio con epicentro en Cuzco y ocurrió con una magnitud de 7.2 dejando daños en la meseta del Collao hasta Sicasica (Bolivia) y con una intensidad de orden V en Puno, asimismo el de 1928 se desarrolló en Carabaya-Puno con magnitud 6.9 lo que generó gran destrucción de viviendas e iglesias con aproximadamente 50 km de longitud que fueron afectados.

8 EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO EXISTENTE Y DISEÑO DEL PAVIMENTO RECICLADO CON RAP + BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO PORTLAND

8.1 Línea base

Se presenta la línea base del pavimento delimitado solo a los Tramos III y Tramo IV. Se encuentra el paquete estructural de la siguiente manera:

Imagen 9. Paquete estructural. Fuente: Propia

Como se puede apreciar en la imagen 9 este representa el paquete estructural que se encuentra en los Tramos III y Tramo IV, este contiene espesores de RAP de 7.5 cm, base granular de 15 cm y subbase granular de 15cm.

8.2 Ensayos al pavimento existente

Se realizaron diversos ensayos por cada capa al pavimento existente para poder tener su clasificación y luego poder compararlo con el pavimento propuesto, así como también para saber la situación en la que se encuentra el pavimento y poder diseñar los procedimientos adecuados de acuerdo a lo normado. Para cada capa se analiza lo siguiente:

- Análisis granulométrico: ensayo que tiene por finalidad la obtención de distribución de partículas por tamaño que estén presentes en una muestra de suelo. Así mediante esta, lograr la clasificación de suelos a través de AASHTO y SUCS.
- Humedad natural: relación entre el peso de agua contenido en un suelo referido al peso de su fase sólida, el cual es expresado en porcentaje.
- Límites de Atterberg: utilizados para caracterizar el comportamiento de los suelos finos.
- Proctor modificado: este ensayo ayuda a la representación de las compactaciones en campo planteadas en un escenario de laboratorio para conocer así el contenido de humedad óptimo y la máxima densidad seca.

- Relación Soporte de California (CBR): tiene la finalidad de determinar la capacidad de soporte del suelo para evaluar así la calidad del material evaluado.

8.2.1 Carpeta asfáltica

- Lavado asfáltico

Se concluye, de acuerdo a los anexos 12.1.1.1 y 12.1.1.2, que la caracterización de la carpeta asfáltica es de una carpeta envejecida, con un porcentaje de cemento asfáltico de 7.27% para el Tramo III y de 7.14% para el Tramo IV, ambas carpetas teniendo un porcentaje de cemento asfáltico suficiente para adaptarse al diseño planteado.

8.2.2 Base granular

- Análisis granulométrico

Se concluye del promedio de las 6 granulometrías, de acuerdo a los anexos 12.1.2.1.a, 12.1.2.2.a, 12.1.2.3.a, 12.1.2.4.a, 12.1.2.5.a y 12.1.2.6.a, realizadas en la base granular que el tamaño máximo nominal es de 1 1/2" con un error de 0.01%, además del cálculo del Cc y Cu:

$$D_{10} = 0.4 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 26.75$$

$$D_{30} = 3.0 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}} = 2.10$$

$$D_{60} = 10.7$$

Con estos resultados se observa que como el Cc está entre valores de 1 y 3 significa que es un suelo bien graduado y al ser el Cu mayor a 6 significa que es una arena bien graduada.

Gráfica 2. Curva granulométrica Base granular. Fuente: Elaboración Propia

- Humedad natural

De acuerdo a los anexos 12.1.2.1.b, 12.1.2.2.b, 12.1.2.3.b, 12.1.2.4.b, 12.1.2.5.b y 12.1.2.6.b de determinación de humedad natural para la base granular: Humedad natural promedio: 4.9%

- Límites de Atterberg

Después de realizado los ensayos correspondientes a los límites de Atterberg se llega a la conclusión que la muestra no presenta límite plástico y por ende no presenta índice de plasticidad; sin embargo, sí presenta 15% de límite líquido en promedio como se define en los anexos 12.1.2.1.c, 12.1.2.2.c, 12.1.2.3.c, 12.1.2.4.c, 12.1.2.5.c y 12.1.2.6.c.

Tabla 16

<i>Constantes Físicas de la Muestra Base Granular</i>	
<u>Constantes físicas</u>	
Límite líquido (%)	15
Límite plástico (%)	NP
Índice de plasticidad (%)	NP
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	

- Proctor modificado

Los resultados que se aprecian en la gráfica 3 muestran el contenido de humedad versus la densidad seca de la capa de la base granular. En esta gráfica, se aprecia que la densidad máxima promedio es de 2.1 gr/cm³ y con este resultado se obtiene una humedad optima promedio de 6.5% en la cual el suelo llegara a su máxima compacidad, como se define en los anexos 12.1.2.1.d, 12.1.2.2.d, 12.1.2.3.c, 12.1.2.4.d, 12.1.2.5.d y 12.1.2.6.d.

Gráfica 3. Proctor modificado base granular. Fuente: Elaboración propia

- Relación Soporte de California (CBR)

En la gráfica 4, se colocan los datos del Proctor modificado y se obtiene el CBR al 95 % de su máxima densidad seca a 0.1” de penetración de 77.8% y a 0.2” de penetración a 118%. Además, al 100% de su máxima densidad seca a 0.1” de penetración de 98.4% y a 0.2” de penetración a 148.1%. La subbase granular, según la tabla mencionada anteriormente, se encuentra en un buen rango como se define en los anexos 12.1.2.1.e, 12.1.2.2.e, 12.1.2.3.e, 12.1.2.4.e, 12.1.2.5.e y 12.1.2.6.e

Gráfica 4. CBR Base granular. Fuente: Elaboración Propia

8.2.3 Subbase granular

- Análisis granulométrico

Se concluye del promedio de las granulometrías realizadas en la subbase granular, que el tamaño máximo nominal es de 2” con un error de 0.01%, además del cálculo del Cc y Cu:

$$D_{10} = 0.12 \quad Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 66.6$$

$$D_{30} = 0.8 \quad Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}} = 0.67$$

$$D_{60} = 8.0$$

Con estos resultados se observa que como el Cc no está entre valores de 1 y 3 significa que es un suelo mal graduado y al ser el Cu mayor a 6 significa que es una arena bien graduada, como se muestra en los anexos 12.1.3.1.a, 12.1.3.2.a, 12.1.3.3.a, 12.1.3.4.a, 12.1.3.5.a, 12.1.3.6.a y 12.1.3.7.a.

Gráfica 5. Curva granulométrica Subbase granular. Fuente: Propia

- Humedad natural

De acuerdo a los anexos 12.1.3.1.b, 12.1.3.2.b, 12.1.3.3.b, 12.1.3.4.b, 12.1.3.5.b, 12.1.3.6.b y 12.1.2.7.b de determinación de humedad natural para la subbase granular: Humedad natural promedio: 5.1%

- Límites de Atterberg

Después de realizado los ensayos correspondientes a los límites de atterberg se llega a la conclusión, de acuerdo a los 12.1.3.1.c, 12.1.3.2.c, 12.1.3.3.c, 12.1.3.4.c, 12.1.3.5.c, 12.1.3.6.c y 12.1.3.7.c que la muestra no presenta límite plástico y por ende no presenta índice de plasticidad; sin embargo, sí presenta 17% de límite líquido promedio.

Tabla 17

<i>Constantes Físicas de la Muestra Subbase Granular</i>	
<u>Constantes físicas</u>	
Límite líquido (%)	17
Límite plástico (%)	NP
Índice de plasticidad (%)	NP
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	

- Proctor modificado

Los resultados que se aprecian en la gráfica 6 muestran el contenido de humedad versus la densidad seca de la capa de la subbase granular. En esta gráfica, se aprecia que la densidad máxima promedio es de 2.049 gr/cm³ y con este resultado se obtiene una humedad optima

promedio de 7.2% en la cual el suelo llegara a su máxima compacidad, como se aprecia en los anexos 12.1.3.1.d, 12.1.3.2.d, 12.1.3.3.d, 12.1.3.4.d, 12.1.3.5.d, 12.1.3.6.d y 12.1.3.7.d.

Gráfica 6. Proctor modificado subbase granular. Fuente: Elaboración propia

- Relación Soporte de California (CBR)

En la gráfica 7 se colocan los datos del Proctor modificado de una máxima densidad promedio es de 2.010 gr/cm³ y de la humedad optima promedio de 7.20%, se obtiene el CBR al 100% de su máxima densidad seca a 0.1" de penetración de 123.4% y a 0.2" de penetración a 180.5%. Además, al 95 % de su máxima densidad seca a 0.1" de penetración de 73% y a 0.2" de penetración a 125.3%. La subbase granular, según la tabla mencionada previamente, se encuentra en un buen rango, como se muestra en los anexos 12.1.3.1.e, 12.1.3.2.e, 12.1.3.3.e, 12.1.3.4.e, 12.1.3.5.e, 12.1.3.6.e y 12.1.3.7.e.

Gráfica 7. CBR Subbase granular. Fuente: Elaboración Propia

8.2.4 Subrasante

- Análisis granulométrico

Se concluye del promedio de las granulometrías realizadas como se ve en los anexos 12.1.4.1.a, 12.1.4.2.a, 12.1.4.3.a, 12.1.4.4.a, 12.1.4.5.a, 12.1.4.6.a y 12.1.4.7.a, en la subrasante que el tamaño máximo nominal es de 2" con un error de 0.01%, además del cálculo del Cc y Cu:

$$\begin{aligned} D_{10} &= 0.2 & C_u &= \frac{D_{60}}{D_{10}} = 67.5 \\ D_{30} &= 1.8 & C_c &= \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}} = 1.2 \\ D_{60} &= 13.5 \end{aligned}$$

Con estos resultados, se observa que como el Cc está entre valores de 1 y 3 significa que es un suelo bien graduado y al ser el Cu mayor a 6 significa que es una arena bien graduada.

Gráfica 8. Curva granulométrica Subrasante. Fuente: Propia

- Humedad natural

De acuerdo a los anexos 12.1.4.1.b, 12.1.4.2.b, 12.1.4.3.b, 12.1.4.4.b, 12.1.4.5.b, 12.1.4.6.b y 12.1.4.7.b, la determinación de humedad natural para la subrasante: Humedad natural promedio: 6.4%.

- Límites de Atterberg

Después de realizado los ensayos correspondientes a los límites de Atterberg, se llega a la conclusión que la muestra no presenta límite plástico y por ende no presenta índice de plasticidad; sin embargo, sí presenta 19% de límite líquido como se ve en los anexos

12.1.4.1.c, 12.1.4.2.c, 12.1.4.3.c, 12.1.4.4.c, 12.1.4.5.c, 12.1.4.6.c y 12.1.4.7.c de manera detallada.

Tabla 18

<i>Constantes Físicas de la Muestra Subrasante</i>	
<u>Constantes físicas</u>	
Límite líquido (%)	19
Límite plástico (%)	NP
Índice de plasticidad (%)	NP
<i>Fuente: Elaboración propia</i>	

- Proctor modificado

Los resultados que se aprecian en la gráfica 9 muestra el contenido de humedad versus la densidad seca de la capa de la subrasante. En ésta gráfica, se aprecia que la densidad máxima promedio es de 2.018 gr/cm³ y con éste resultado se obtiene una humedad optima promedio de 9%, en la cual el suelo llegara a su máxima compacidad, como se muestra en los anexos 12.1.4.1.d, 12.1.4.2.d, 12.1.4.3.d, 12.1.4.4.d, 12.1.4.5.d, 12.1.4.6.d y 12.1.4.7.d.

Gráfica 9. Proctor modificado de la subrasante. Fuente: Elaboración Propia

- Relación Soporte de California (CBR)

En la gráfica 10, se colocan los datos del Proctor modificado y se obtiene el CBR al 100% de su máxima densidad seca a 0.1” de penetración de 88.7% y a 0.2” de penetración a

137.6%. La subrasante, según la tabla mencionada previamente, se encuentra en un buen rango. Además, al 95 % de su máxima densidad seca a 0.1” de penetración de 59.2% y a 0.2” de penetración a 96.2%, como se muestra en los anexos 12.1.4.1.e, 12.1.4.2.e, 12.1.4.3.e, 12.1.4.4.e, 12.1.4.5.e, 12.1.4.6.e y 12.1.4.7.e.

Gráfica 10. CBR Subrasante. Fuente: Elaboración Propia

8.2.5 Resumen ensayos existentes

Tabla 19

Tabla Resumen de Ensayos Existentes para la Base											
ITEM	TRAMO	CONST. FÍSICAS N° 40			CLASIFICACIÓN		HUMEDAD	PRÓCTOR MODIF.		CBR	
		L L	L P	I P	SUCS	AASHTO	NATURAL	MDS (g/cm³)	H OPT. (%)	95% MDS	100% MDS
BASE											
1	III	18	NP	NP	GP	A-1-a (0)	5.3	2.091	6.5	77.8	98.4
2	III	16	NP	NP	GP	A-1-a (0)	5.2	2.078	6.0	80.5	102.1
3	III	15	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	4.8	2.099	6.5	84.8	108.8
4	III	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	5.0	2.099	6.5	81.4	121.1
5	IV	15	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	4.2	2.134	6.4	60.9	137.0
6	IV	15	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	4.9	2.159	6.8	73.7	140.8
Fuente: Elaboración propia											

Tabla 20

Tabla Resumen de Ensayos Existentes para la SubBase

ITEM	TRAMO	CONST. FÍSICAS N° 40			CLASIFICACIÓN		HUMEDAD	PRÓCTOR MODIF.		CBR	
		L L	L P	I P	SUCS	AASHTO	NATURAL	MDS (g/cm³)	H OPT. (%)	95% MDS	100% MDS
SUBBASE											
1	III	19	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	6.5	2.049	7.2	71.6	132.9
2	III	14	NP	NP	GP	A-1-a (0)	4.1	2.071	7.2	63.4	88.4
3	III	17	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	6.1	2.102	7.3	73.0	123.4
4	III	14	NP	NP	GP	A-1-a (0)	3.7	2.044	8.2	65.4	89.5
5	III	14	NP	NP	GP	A-1-a (0)	4.2	2.061	7.0	85.5	100.2
6	IV	19	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	5.8	2.174	6.8	72.7	126.1
7	IV	19	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	5.6	2.139	6.4	84.7	127.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Tabla Resumen de Ensayos Existentes para la Subrasante

ITEM	TRAMO	CONST. FÍSICAS N° 40			CLASIFICACIÓN		HUMEDAD	PRÓCTOR MODIF.		CBR	
		L L	L P	I P	SUCS	AASHTO	NATURAL	MDS (g/cm³)	H OPT. (%)	95% MDS	100% MDS
SUBBASE											
1	III	19	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	4.2	2.070	7.8	68.6	96.2
2	III	15	NP	NP	SP-SM	A-1-a (0)	4.5	2.032	7.2	63.8	80.3
3	III	20	NP	NP	SP-SM	A-1-a (0)	6.4	2.079	8.0	61.8	78.7
4	III	14	NP	NP	SP	A-1-b (0)	8.0	2.018	9.0	59.2	88.7
5	III	20	NP	NP	SP	A-1-b (0)	7.4	2.053	7.0	58.9	78.4
6	IV	20	NP	NP	SM	A-2-4 (0)	7.5	1.920	10.6	46.8	62.8
7	IV	22	NP	NP	SM	A-1-b (0)	7.0	1.943	10.9	42.3	60.9

Fuente: Elaboración propia

8.3 Planteamiento de escenarios

Se plantearon nueve escenarios como se muestra en la Gráfica 11, los cuales en primer lugar son caracterizados por las alturas de reciclado donde se mantiene constante la altura del RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) de 7.5 cm, variando el espesor de la base a reciclar entre 15 cm, 20 cm y 25 cm, ya que estas alturas son típicas en reciclado de pavimentos. En segundo lugar, por la dosificación de cemento hidráulico, los escenarios planteados se caracterizan por el porcentaje de cemento portland que se le es agregado como agente estabilizador para aumentar la resistencia estructural de toda la estructura reciclada, en donde se plantean escenarios con 0% adicional de cemento portland, 1% adicional de cemento portland y con 2% adicional de cemento portland.

Gráfica 11. Mapa de escenarios planteados. Fuente: Elaboración propia

Dónde: CP es Cemento Portland Tipo I

8.4 Escenarios propuestos para el Tramo III

8.4.1 Escenario 1 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 0% CP)

Se puede apreciar en la figura 13, que el escenario 1 presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 7.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 15 cm en total, y en este caso no se le adicionaría cemento hidráulico para tener una línea base que servirá de guía.

Figura 15. Esquema escenario 1. Fuente: Elaboración Propia

Respecto a los anexos 12.2.1.1 al 12.2.1.5 se tiene:

- Clasificación SUCS: GP-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 3.4%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=18
- Máxima densidad seca: 1.965 g/cm³
- Humedad óptima 5.5%
- CBR: al 95% 0.1" 43.6% y 0.2" 64.3%
- CBR: al 100% 0.1" 60.4% y 0.2" 84.5%

8.4.2 Escenario 2 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 1% CP)

Se puede apreciar en la figura 16, este presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 7.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 15 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento hidráulico, cantidad de 1%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Figura 16. Esquema escenario 2. Fuente: Elaboración Propia

Respecto a los anexos 12.2.2.1 al 12.2.2.3 y 12.2.3.1 al 12.2.3.3 se tiene:

- Clasificación SUCS: GP-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 3.6%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=16
- Máxima densidad seca: 1.981 g/cm³
- Humedad óptima: 5.6%
- Resistencia promedio: 24.7 kg/cm²

8.4.3 Escenario 3 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 2% CP)

El escenario 3 pertenece a los tres planteamientos iniciales que se propuso. Como se puede apreciar en la figura 15, este presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 7.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 15 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento hidráulico, cantidad de 2%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Figura 17. Esquema escenario 3. Fuente: Elaboración Propia

Respecto a los anexos 12.2.2.1 al 12.2.2.3 y 12.2.4.1 al 12.2.4.3 se tiene:

- Clasificación SUCS: GP-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 3.6%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=16
- Máxima densidad seca: 2.008 g/cm³
- Humedad óptima: 5.8%
- Resistencia promedio: 26 kg/cm²

8.4.4 Escenario 4 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 0% CP)

Se puede apreciar en la figura 16, este presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 12.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 20 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento hidráulico, cantidad de 0%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Figura 18. Esquema escenario 4. Fuente: Elaboración Propia

Respecto a los anexos 12.2.5.1 al 12.2.5.5 se tiene:

- Clasificación SUCS: GW-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 3.6%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=17
- Máxima densidad seca: 1.978 g/cm³
- Humedad óptima 5.5%
- CBR: al 95% 0.1" 64.1% y 0.2" 90.5%
- CBR: al 100% 0.1" 87.5% y 0.2" 121.8%

8.4.5 Escenario 5 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 1% CP)

Se puede apreciar en la figura 17, este presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 12.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 20 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento hidráulico, cantidad de 1%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Figura 19. Esquema escenario 5. Fuente: Elaboración Propia

Respecto a los anexos 12.2.6.1 al 12.2.6.3 y 12.2.7.1 al 12.2.7.3 se tiene:

- Clasificación SUCS: GW-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 3.2%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=17
- Máxima densidad seca: 1.990 g/cm³
- Humedad óptima: 5.7%
- Resistencia promedio: 26.3 kg/cm²

8.4.6 Escenario 6 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 2% CP)

Se puede apreciar en la figura 18, este presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 12.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 20 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento hidráulico, cantidad de 2%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Figura 20. Esquema escenario 6. Fuente: Elaboración Propia

Respecto a los anexos 12.2.6.1 al 12.2.6.3 y 12.2.8.1 al 12.2.8.3 se tiene:

- Clasificación SUCS: GP-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 3.6%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=16
- Máxima densidad seca: 2.077 g/cm³
- Humedad óptima: 5.8%
- Resistencia promedio: 27.5 kg/cm²

8.4.7 Escenario 7 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 0% CP)

Se puede apreciar en la figura 19, este presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 17.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 25 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento hidráulico, cantidad de 0%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Figura 21. Esquema escenario 7. Fuente: Elaboración Propia

Respecto a los anexos 12.2.9.1 al 12.2.9.5 se tiene:

- Clasificación SUCS: GP
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 4.0%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=17
- Máxima densidad seca: 1.999 g/cm³
- Humedad óptima 5.7%
- CBR: al 95% 0.1" 74.7% y 0.2" 111.4%
- CBR: al 100% 0.1" 106.3% y 0.2" 145.0%

8.4.8 Escenario 8 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 1% CP)

Se puede apreciar en la figura 20, este presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 17.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 25 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento, cantidad de 1%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Figura 22. Esquema escenario 8. Fuente: Elaboración Propia

Respecto a los anexos 12.2.10.1 al 12.2.10.3 y 12.2.11.1 al 12.2.11.3 se tiene:

- Clasificación SUCS: GP-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 3.5%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=17
- Máxima densidad seca: 2.014 g/cm³
- Humedad óptima: 5.5%
- Resistencia promedio: 27.8 kg/cm²

8.4.9 Escenario 9 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 2% CP)

Se puede apreciar en la figura 21, este presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 17.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 25 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento, cantidad de 2%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Figura 23. Esquema escenario 9. Fuente: Elaboración Propia

Respecto a los anexos 12.2.10.1 al 12.2.10.3 y 12.2.12.1 al 12.2.12.3 se tiene:

- Clasificación SUCS: GP-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 3.6%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=16
- Máxima densidad seca: 2.192 g/cm³
- Humedad óptima: 5.9%
- Resistencia promedio: 29.1 kg/cm²

8.4.10 Resumen de ensayos propuestos para el Tramo III

Tabla 22

Resumen de Ensayos Propuestos para el Tramo III Parte 1-2																								
ESC.	ESPESOR (e)			% CP	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - % QUE PASA EL TAMIZ													CONST. FÍSICAS			CLASIF.		HUM NAT	
	e	RAP	BG		21/2"	2"	11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº50	Nº100	Nº200	LL	L P	I P	SUCS		AASHTO
TRAMO 3: MAZOCRUZ - DESAGUADERO																								
ESC 1				0%	100	100	100	98	91	70	64	44	32	21	14	11	8	7	18	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	3.4
ESC 2	15	7.5	7.5	1%																				
ESC 3				2%	100	100	100	99	91	71	65	45	33	22	15	12	9	7	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	3.6
ESC 4				0%	100	100	100	94	87	68	59	40	28	18	12	9	6	5	17	NP	NP	GW-GM	A-1-a (0)	3.6
ESC 5	20	7.5	11.5	1%																				
ESC 6				2%	100	100	100	96	88	68	60	41	29	20	12	10	7	6	17	NP	NP	GW-GM	A-1-a (0)	3.2
ESC 7				0%	100	100	100	90	85	63	55	36	25	15	8	6	5	5	18	NP	NP	GP	A-1-a (0)	4.0
ESC 8	25	7.5	15.5	1%																				
ESC 9				2%	100	100	100	91	86	64	56	37	26	16	9	7	6	5	17	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	3.5
Fuente: Elaboración propia																								

Tabla 23

Resumen de Ensayos Propuestos para el Tramo III Parte 2-2										
ESC.	ESPESOR			% CP	PRÓCTOR MODIF.		CBR del RAP+BG		FC SUELO-CEMENTO	
	e	RAP	BG		MDS (g/cm³)	H OPT. (%)	95% MDS	100% MDS	kg/cm2	psi
TRAMO 3: MAZOCRUZ - DESAGUADERO										
ESC 1				0%	1.965	5.4	43.6	60.4	-	-
ESC 2	15	7.5	7.5	1%	1.981	5.6	-	-	24.7	351.3
ESC 3				2%	2.008	5.8	-	-	26.0	369.8
ESC 4				0%	1.978	5.5	64.1	87.5	-	-
ESC 5	20	7.5	11.5	1%	1.990	5.7	-	-	26.3	374.1
ESC 6				2%	2.077	5.8	-	-	27.5	391.1
ESC 7				0%	1.999	5.7	74.7	106.3	-	-
ESC 8	25	7.5	15.5	1%	2.014	5.5	-	-	27.8	395.4
ESC 9				2%	2.192	5.9	-	-	29.1	413.9
Fuente: Elaboración propia										

8.5 Escenarios propuestos para el Tramo IV

8.5.1 Escenario 1 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 0% CP)

El escenario 1 presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 7.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 15 cm en total, y en este caso no se le adicionaría cemento hidráulico para tener una línea base que servirá de guía para el Tramo IV.

Respecto a los anexos 12.2.13.1 al 12.2.13.5 se tiene:

- Clasificación SUCS: GP-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 3.7%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=17
- Máxima densidad seca: 1.967 g/cm³
- Humedad óptima 5.4%
- CBR: al 95% 0.1" 45.8% y 0.2" 65.2%
- CBR: al 100% 0.1" 64.7% y 0.2" 86.4%

8.5.2 Escenario 2 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 1% CP)

El escenario 2 presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 7.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 15 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento hidráulico, cantidad de 1%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Respecto a los anexos 12.2.14.1 al 12.2.14.3 y 12.2.15.1 al 12.2.15.3 se tiene:

- Clasificación SUCS: GP-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 4.0%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=17
- Máxima densidad seca: 1.978 g/cm³
- Humedad óptima: 5.7%
- Resistencia promedio: 24.9 kg/cm²

8.5.3 Escenario 3 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 2% CP)

El escenario 3 presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 7.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 15 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento hidráulico, cantidad de 2%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Respecto a los anexos 12.2.14.1 al 12.2.14.3 y 12.2.16.1 al 12.2.16.3 se tiene:

- Clasificación SUCS: GP-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 4.0%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=17
- Máxima densidad seca: 2.005 g/cm³
- Humedad óptima: 5.8%
- Resistencia promedio: 26.4 kg/cm²

8.5.4 Escenario 4 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 0% CP)

El escenario 4 presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 12.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 20 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento hidráulico, cantidad de 0%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada para el Tramo IV.

Respecto a los anexos 12.2.17.1 al 12.2.17.5 se tiene:

- Clasificación SUCS: GW-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 3.7%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=16
- Máxima densidad seca: 1.979 g/cm³
- Humedad óptima 5.6%
- CBR: al 95% 0.1" 68.3% y 0.2" 93.7%
- CBR: al 100% 0.1" 87.5% y 0.2" 121.7%

8.5.5 Escenario 5 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 1% CP)

El escenario 5 presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 12.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 20 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento hidráulico, cantidad de 1%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Respecto a los anexos 12.2.18.1 al 12.2.18.3 y 12.2.19.1 al 12.2.19.3 se tiene:

- Clasificación SUCS: GW-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 3.3%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=17

- Máxima densidad seca: 1.989 g/cm³
- Humedad óptima: 5.7%
- Resistencia promedio: 26.0 kg/cm²

8.5.6 Escenario 6 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 2% CP)

El escenario 6 presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 12.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 20 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento hidráulico, cantidad de 2%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Respecto a los anexos 12.2.18.1 al 12.2.18.3 y 12.2.20.1 al 12.2.20.3 se tiene:

- Clasificación SUCS: GW-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 3.3%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=17
- Máxima densidad seca: 2.080 g/cm³
- Humedad óptima: 5.7%
- Resistencia promedio: 27.5 kg/cm²

8.5.7 Escenario 7 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 0% CP)

El escenario 7 presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 17.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 25 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento hidráulico, cantidad de 0%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Respecto a los anexos 12.2.21.1 al 12.2.21.5 se tiene:

- Clasificación SUCS: GP
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 3.7%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=16
- Máxima densidad seca: 2.004 g/cm³
- Humedad óptima 5.7%
- CBR: al 95% 0.1" 71.5% y 0.2" 110.1%
- CBR: al 100% 0.1" 97.4% y 0.2" 136.8%

8.5.8 Escenario 8 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 1% CP)

El escenario 8 presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 17.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 25 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento, cantidad de 1%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Respecto a los anexos 12.2.22.1 al 12.2.22.3 y 12.2.23.1 al 12.2.23.3 se tiene:

- Clasificación SUCS: GP-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 4.1%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=16
- Máxima densidad seca: 2.017 g/cm³
- Humedad óptima: 5.7%
- Resistencia promedio: 27.3 kg/cm²

8.5.9 Escenario 9 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 2% CP)

El escenario 9 presenta un RAP de 7.5 cm, Base granular de 17.5 cm, lo que haría una altura de reciclado de 25 cm en total, y en este caso se le adicionaría cemento, cantidad de 2%, con el fin de compararlo con los otros resultados y llegar a la hipótesis planteada.

Respecto a los anexos 12.2.22.1 al 12.2.22.3 y 12.2.24.1 al 12.2.24.3 se tiene:

- Clasificación SUCS: GP-GM
- Clasificación AASHTO: A-1-a (0)
- Humedad natural: 4.1%
- Límites de Atterberg: LP=NP, LL=16
- Máxima densidad seca: 2.194 g/cm³
- Humedad óptima: 5.9%
- Resistencia promedio: 28.8 kg/cm²

8.5.10 Resumen de ensayos propuestos para el Tramo IV

Tabla 24

Resumen de Ensayos Propuestos para el Tramo IV Parte 1-2																								
ESC	ESPESOR			% CP	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - % QUE PASA EL TAMIZ													CONST. FÍSICAS			CLASIF.		HUM NAT	
	e	RAP	BG		21/2"	2"	11/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº20	Nº40	Nº50	Nº100	Nº200	LL	L P	I P	SUCS		AASHTO
TRAMO 4: DESAGUADERO - PUENTE INTERNACIONAL																								
ESC 1	15	7.5	7.5	0%	100	100	100	98	90	72	64	46	34	22	15	12	9	6	17	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	3.7
ESC 2				1%	100	100	100	99	90	72	65	47	34	23	16	13	9	7	17	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	4.0
ESC 3				2%																				
ESC 4	20	7.5	11.5	0%	100	100	100	95	88	69	60	41	29	19	12	10	7	6	16	NP	NP	GW-GM	A-1-a (0)	3.7
ESC 5				1%	100	100	100	96	90	70	61	42	30	20	13	11	8	7	17	NP	NP	GW-GM	A-1-a (0)	3.3
ESC 6				2%																				
ESC 7	25	7.5	15.5	0%	100	100	100	91	85	63	55	36	26	15	8	6	5	5	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	3.7
ESC 8				1%	100	100	100	92	86	64	57	36	26	15	9	7	6	5	16	NP	NP	GP-GM	A-1-a (0)	4.1
ESC 9				2%																				
Fuente: Elaboración propia																								

Tabla 25

Resumen de Ensayos Propuestos para el Tramo IV Parte 2-2

<u>ESC.</u>	<u>ESPESOR</u>			<u>% CP</u>	<u>PRÓCTOR MODIF.</u>		<u>CBR del RAP+BG</u>		<u>FC SUELO-CEMENTO</u>	
	e	RAP	BG		MDS (g/cm³)	H OPT. (%)	95% MDS	100% MDS	kg/cm2	psi
TRAMO 4: DESAGUADERO - PUENTE INTERNACIONAL										
ESC 1				0%	1.967	5.4	45.8	64.7	-	-
ESC 2	15	7.5	7.5	1%	1.978	5.7	-	-	24.9	354.2
ESC 3				2%	2.005	5.8	-	-	26.4	375.5
ESC 4				0%	1.979	5.6	68.3	87.5	-	-
ESC 5	20	7.5	11.5	1%	1.989	5.7	-	-	26.0	369.8
ESC 6				2%	2.080	5.7	-	-	27.5	391.1
ESC 7				0%	2.004	5.7	71.5	97.4	-	-
ESC 8	25	7.5	15.5	1%	2.017	5.7	-	-	27.3	388.3
ESC 9				2%	2.194	5.9	-	-	28.8	409.6
Fuente: Elaboración propia										

9 DISEÑO POR ASSHTO 1993

9.1 Diseño estructural del pavimento flexible para los escenarios del Tramo III

9.1.1 Diferencias acumuladas

Se realizó las diferencias acumuladas del Tramo III que va de Mazocruz a Desaguadero. En donde, se obtuvo que el Tramo III, se divide en tres subtramos con valores de CBR de 60.23, 52.16 y 55.50. El detalle completo se encuentra en los anexos 12.3.1.1 y 12.3.1.2.

Gráfica 12. Método de las diferencias acumulada para el tramo III. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26

<i>CBR de tramos homogeneizados del Tramo III</i>			
<u>SUBTRAMO</u>	<u>INICIO</u>	<u>FIN</u>	<u>CBR 100% MDS a</u> <u>0.1''</u>
3.1	214+080	245+000	60.2
3.2	245+000	292+000	52.1
3.3	292+000	304+225	55.5

Fuente: Elaboración propia

9.1.2 SN requerido

Se obtiene los SN requeridos para el proyecto por medio de la fórmula de AASHTO 1993.

Tabla 27

<i>SN requeridos del Tramo III</i>											
<u>SubT.</u>	<u>INICIO</u>	<u>FIN</u>	<u>W18</u> <u>(ESAL)</u>	<u>CBR</u> <u>Diseño</u> <u>(%)</u>	<u>Mr</u> <u>(psi)</u>	<u>R</u> <u>(%)</u>	<u>Zr</u>	<u>So</u>	<u>Po</u>	<u>Pt</u>	<u>SNreq</u>
3.1	214+080	245+000	1.05E+06	60.2	35194.2	85	-1.036	0.45	4	2.5	1.85
3.2	245+000	292+000	1.05E+06	52.1	32098.7	85	-1.036	0.45	4	2.5	1.92
3.3	292+000	304+225	1.05E+06	55.5	33399.4	85	-1.036	0.45	4	2.5	1.89
<i>Fuente: Elaboración propia</i>											

9.1.3 SN propuesto

La guía de la AASHTO 1993 recomienda el uso de ábacos para hallar estos coeficientes relacionándolos directamente con alguno de los cuatro resultados de pruebas de laboratorio que se muestran, incluyendo el módulo de resiliencia y el valor de CBR.

Para la base se decidió utilizar 100% y para la subbase granular 70% de CBR tomando en consideración las especificaciones del MTC para carreteras de tráfico pesado.

- El coeficiente de la carpeta asfáltica (a_1) es 0.43/pulg Con la ayuda del ábaco del coeficiente estructural de la carpeta asfáltica se obtiene que considerando un Módulo Elástico Ideal de 430000 psi se obtiene un coeficiente de 0.43/pulg.

Gráfica 13. Coeficiente de la carpeta asfáltica para el tramo III. Fuente: AASHTO 1993

- El coeficiente de la capa estructural suelo-cemento (a_2) es 0.15/pulg. Se obtiene el resultado promedio de 0.15 considerando los resultados de f_c de los especímenes ensayados propuestos de la Tabla 26 y con la ayuda del nomograma de AASHTO 1993 para sabes tratadas con suelo-cemento.

Tabla 28

<i>Resumen de Ensayos Propuestos para el Tramo 3</i>						
<u>ESC.</u>	<u>ESPESOR</u>			<u>% CP</u>	<u>FC SUELO-CEMENTO</u>	
	<u>e</u>	<u>RAP</u>	<u>BG</u>		<u>kg/cm2</u>	<u>psi</u>
ESC 1				0%	-	-
ESC 2	15	7.5	7.5	1%	24.7	351.3
ESC 3				2%	26.0	369.8
ESC 4				0%	-	-
ESC 5	20	7.5	11.5	1%	26.3	374.1
ESC 6				2%	27.5	391.1
ESC 7				0%	-	-
ESC 8	25	7.5	15.5	1%	27.8	395.4
ESC 9				2%	29.1	413.9

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 14. Ábaco de suelo cemento para el tramo III. Fuente: AASHTO 1993

- El coeficiente de la subbase granular (a_3) es 0.13/pulg. Se obtuvo el resultado promedio de 0.13 considerando los resultados de CBR de la subbase granular y con la ayuda del nomograma de AASHTO 1993 para subbases granulares.

Tabla 29

Valor de CBR de Subbase granular del Tramo III									
ITEM	TRAMO	CLASIFICACIÓN			HUM NAT.	PRÓCTOR MODIF.		CBR	
		IP	SUCS	AASHTO		MDS (g/cm³)	H OPT. (%)	95% MDS	100% MDS
SUBBASE									
1	III	NP	GP-GM	A-1-a (0)	6.5	2.049	7.2	71.6	132.9
Fuente: Elaboración propia									

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 15. Ábaco de la subbase granular para el tramo III. Fuente: AASHTO 1993

9.1.4 Memoria de cálculo del diseño

Se tuvieron las siguientes consideraciones para el pavimento en el cálculo del diseño:

La carpeta asfáltica que se consideró fue de 3 cm. Se propuso reciclar toda la carpeta existente asfáltica de 7.5 cm e ir aumentando la base granular según los espesores de reciclados propuestos.

Con lo que respecta al drenaje, este se encuentra en una condición de pobre a regular, ya que no cuenta con el total de alcantarillado que debería tener; además, solo 5 meses al año llueve en la zona estudiada, por lo que se asume un coeficiente de drenaje $m = 0.8$ para las capas de base granular y subbase granular.

Tabla 30

Memoria de cálculo para el tramo III parte 1-2						
<u>Espesor (cm)</u>			<u>CBR (%) a</u>			
Reciclado	RAP	Base	<u>% Cemento</u>	<u>100%</u>	<u>Fc</u>	<u>a (1/pulg)</u>
				<u>MDS a 1''</u>	<u>(kg/cm2)</u>	
15	7.5	7.5	0	43.6	-	0.119
			1	-	24.7	0.142
			2	-	26.0	0.145
20	7.5	12.5	0	64.1	-	0.130
			1	-	26.3	0.146
			2	-	27.5	0.149
25	7.5	17.5	0	74.7	-	0.134
			1	-	27.8	0.150
			2	-	29.1	0.153
Fuente: Elaboración propia						

Tabla 31

<i>Memoria de cálculo para el tramo III parte 2-2</i>												
<u>Esc</u>	<u>MAC</u>			<u>Capa reciclada</u>				<u>Base y sub base exist.</u>				<u>SN prop</u>
	D (cm)	a (1/pulg)	SN 1	D (cm)	a (1/pulg)	m	SN 2	D (cm)	a (1/pulg)	m	SN 3	
1	3.0	0.430	0.508	15.0	0.119	0.8	0.560	22.5	0.130	0.8	0.921	1.989
2	3.0	0.430	0.508	15.0	0.142	0.8	0.673	22.5	0.130	0.8	0.921	2.102
3	3.0	0.430	0.508	15.0	0.145	0.8	0.687	22.5	0.130	0.8	0.921	2.116
4	3.0	0.430	0.508	20.0	0.130	0.8	0.818	17.5	0.130	0.8	0.717	2.043
5	3.0	0.430	0.508	20.0	0.146	0.8	0.921	17.5	0.130	0.8	0.717	2.145
6	3.0	0.430	0.508	20.0	0.149	0.8	0.939	17.5	0.130	0.8	0.717	2.163
7	3.0	0.430	0.508	25.0	0.134	0.8	1.058	12.5	0.130	0.8	0.512	2.078
8	3.0	0.430	0.508	25.0	0.150	0.8	1.179	12.5	0.130	0.8	0.512	2.199
9	3.0	0.430	0.508	25.0	0.153	0.8	1.204	12.5	0.130	0.8	0.512	2.224
<i>Fuente: Elaboración propia</i>												

9.2 Diseño estructural del pavimento flexible para los escenarios del Tramo IV

9.2.1 Diferencias acumuladas

Se realizó las diferencias acumuladas del Tramo IV que va de Mazocruz a Desaguadero. En donde, se obtuvo que el Tramo IV, se divide en un subtramo con el valor de CBR de 52.65. El detalle completo se encuentra en los anexos 12.3.2.1 y 12.3.2.2.

Gráfica 16. Método de las diferencias acumulada para el tramo IV. Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

CBR de tramos homogeneizados del Tramo IV

<u>SUBTRAMO</u>	<u>INICIO</u>	<u>FIN</u>	<u>CBR 100% MDS a</u> <u>1''</u>
4.1	00+000	02+036	52.6

Fuente: Elaboración propia

9.2.2 SN requerido

Se obtiene el SN requerido para el proyecto por medio de AASHTO 1993.

Tabla 33

SN requeridos del Tramo IV

<u>SubT.</u>	<u>INICIO</u>	<u>FIN</u>	<u>W18</u> <u>(ESAL)</u>	<u>CBR</u> <u>Diseño (%)</u>	<u>Mr</u> <u>(psi)</u>	<u>R</u> <u>(%)</u>	<u>Zr</u>	<u>So</u>	<u>Po</u>	<u>Pt</u>	<u>SNreq</u>
4.1	00+000	02+036	1.71E+06	52.65	32291.3	85	-1.036	0.45	4	2.5	2.09

9.2.3 SN propuesto

La guía de la AASHTO 1993 recomienda el uso de gráficas para hallar estos coeficientes relacionándolos directamente con alguno de los cuatro resultados de pruebas de laboratorio que se muestran, incluyendo el módulo de resiliencia y el valor de CBR. Para la base se decidió utilizar 100% y para la subbase granular 70% de CBR tomando en consideración las especificaciones del MTC para carreteras de tráfico pesado.

- El coeficiente de la carpeta asfáltica (a_1) es 0.43/pulg Con la ayuda del ábaco del coeficiente estructural de la carpeta asfáltica se obtiene que considerando un Módulo Elástico Ideal de 430000 psi se obtiene un coeficiente de 0.43/pulg

Gráfica 17. Coeficiente de la carpeta asfáltica para el tramo IV. Fuente: AASHTO 1993

- El coeficiente de la capa estructural suelo-cemento (a_2) es 0.15/pulg Se obtuvo el resultado promedio de 0.15 considerando los resultados de f_c de los especímenes ensayados propuestos de la tabla 32 y con la ayuda del nomograma de AASHTO 1993 para sabes tratadas con suelo-cemento.

Tabla 34

Resumen de Ensayos Propuestos para el Tramo 4

<u>ESC.</u>	<u>ESPESOR</u>			<u>% CP</u>	<u>FC SUELO-CEMENTO</u>	
	e	RAP	BG		kg/cm2	psi
ESC 1				0%	-	-
ESC 2	15	7.5	7.5	1%	24.9	354.2
ESC 3				2%	26.4	375.5
ESC 4				0%	-	-
ESC 5	20	7.5	11.5	1%	26.0	369.8
ESC 6				2%	27.5	391.1
ESC 7				0%	-	-
ESC 8	25	7.5	15.5	1%	27.3	388.3
ESC 9				2%	28.8	409.6

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 18. Ábaco de suelo cemento para el tramo IVI. Fuente: AASHTO 1993

- El coeficiente de la subbase granular (a_3) es 0.13/pulg Se obtuvo el resultado promedio de 0.13 considerando los resultados de CBR de la subbase granular y con la ayuda del nomograma de AASHTO 1993 para subbases granulares.

Tabla 35

Valor de CBR de Subbase granular del Tramo IV									
ITEM	TRAMO	CLASIFICACIÓN			HUM NAT.	PRÓCTOR MODIF.	CBR		
		IP	SUCS	AASHTO		MDS (g/cm³)	H OPT. (%)	95% MDS	100% MDS
SUBBASE									
1	III	NP	GP-GM	A-1-a (0)	6.5	2.049	7.2	71.6	132.9
Fuente: Elaboración propia									

Gráfica 19. Ábaco de la subbase granular para el tramo IV. Fuente: AASHTO 1993

9.2.4 Memoria de cálculo del diseño

Se tuvieron las siguientes consideraciones para el pavimento en el cálculo del diseño:

La carpeta asfáltica que se consideró fue de 3 cm. Se propuso reciclar toda la carpeta existente asfáltica de 7.5 cm e ir aumentando la base granular según los espesores de reciclados propuestos.

Con lo que respecta al drenaje, este se encuentra en una condición de pobre a regular, ya que no cuenta con el total de alcantarillado que debería tener; además, solo 5 meses al año llueve en la zona estudiada, por lo que se asume un coeficiente de drenaje $m = 0.8$ para las capas de base y subbase granular.

Tabla 36

Memoria de cálculo para el tramo IV parte 1-2						
<u>Espesor (cm)</u>			<u>CBR (%)</u>			
Reciclado	RAP	Base	<u>% Cemento</u>	<u>100%</u>	<u>Fc</u>	<u>a (1/pulg)</u>
				<u>MDS a 1''</u>	<u>(kg/cm2)</u>	
			0	45.8	-	0.120
15	7.5	7.5	1	-	24.9	0.143
			2	-	26.4	0.146
			0	68.3	-	0.132
20	7.5	12.5	1	-	26.0	0.145
			2	-	27.5	0.149
			0	71.5	-	0.133
25	7.5	17.5	1	-	27.3	0.149
			2	-	28.8	0.152
Fuente: Elaboración propia						

Tabla 37

<i>Memoria de cálculo para el tramo IV parte 2-2</i>												
<u>Esc</u>	<u>MAC</u>			<u>Capa reciclada</u>				<u>Base y sub base exist.</u>				<u>SN prop</u>
	<u>D</u> <u>(cm)</u>	<u>a</u> <u>(1/pulg)</u>	<u>SN 1</u>	<u>D (cm)</u>	<u>a</u> <u>(1/pulg)</u>	<u>m</u>	<u>SN 2</u>	<u>D (cm)</u>	<u>a</u> <u>(1/pulg)</u>	<u>m</u>	<u>SN 3</u>	
1	3.0	0.430	0.508	15.0	0.120	0.8	0.567	22.5	0.130	0.8	0.921	1.996
2	3.0	0.430	0.508	15.0	0.143	0.8	0.675	22.5	0.130	0.8	0.921	2.104
3	3.0	0.430	0.508	15.0	0.146	0.8	0.692	22.5	0.130	0.8	0.921	2.121
4	3.0	0.430	0.508	20.0	0.132	0.8	0.830	17.5	0.130	0.8	0.717	2.054
5	3.0	0.430	0.508	20.0	0.145	0.8	0.916	17.5	0.130	0.8	0.717	2.141
6	3.0	0.430	0.508	20.0	0.149	0.8	0.939	17.5	0.130	0.8	0.717	2.163
7	3.0	0.430	0.508	25.0	0.133	0.8	1.048	12.5	0.130	0.8	0.512	2.068
8	3.0	0.430	0.508	25.0	0.149	0.8	1.170	12.5	0.130	0.8	0.512	2.190
9	3.0	0.430	0.508	25.0	0.152	0.8	1.198	12.5	0.130	0.8	0.512	2.218
<i>Fuente: Elaboración propia</i>												

9.3 Análisis de los escenarios

9.3.1 Tramo III

- Decremento de CBR

Para el tramo III, se puede ver que cuando se le adiciona el RAP como parte de la capa de base granular hay un decremento del CBR siendo este comparado con los valores obtenidos inicialmente. Esto se debe a la consistencia y envejecimiento de la capa de carpeta asfáltica. Hay un decremento aproximado del 20% del CBR.

Tabla 38

<i>Resultados del decremento del CBR y del CBR+RAP para el tramo III</i>						
<u>ITEM</u>	<u>TRAMO</u>	<u>CBR (%)</u>		<u>CBR (%) + RAP</u>		<u>DECREMENTO</u> <u>(%)</u>
		100% MDS a 1"	PROMEDIO	100% MDS a 1"	PROMEDIO	
BASE						
1	III	98.4	108	60.4	85	21%
2		102.1		87.5		
3		108.8		106.3		
4		121.1				
<i>Fuente: Elaboración propia</i>						

Por lo que, se ve reflejado la influencia negativa que tiene el RAP en el material granular colocado como base, ya que hubo un decremento del 20% del CBR. Esta influencia negativa tiene una relación directa con el comportamiento mecánico referido a la resistencia estructural.

- Escenario elegido

Como se puede apreciar de la memoria de cálculo de diseño (referencia:7.8.4), los SNreq de los tramos homogéneos son menores a los SNprop de los escenarios planteados; de donde, se puede afirmar que el escenario 1, que consta de un espesor de reciclado de 7.5 cm de RAP + 7.5 cm de Base sin adicionarle cemento, cumple la regla de $SN_{prop} > SN_{req}$, por lo que es la opción idónea para el tramo en mención.

Si se escogiera algún escenario con cemento adicionado de 1% o 2% se estaría realizando un sobredimensionamiento innecesario.

Tabla 39

<i>SN requeridos del Tramo III</i>											
<u>SubT.</u>	<u>INICIO</u>	<u>FIN</u>	<u>W18</u> <u>(ESAL)</u>	<u>CBR</u> <u>Diseño</u> <u>(%)</u>	<u>Mr</u> <u>(psi)</u>	<u>R</u> <u>(%)</u>	<u>Zr</u>	<u>So</u>	<u>Po</u>	<u>Pt</u>	<u>SNreq</u>
3.1	214+080	245+000	1.05E+06	60.2	35194.2	85	-1.036	0.45	4	2.5	1.85
3.2	245+000	292+000	1.05E+06	52.1	32098.7	85	-1.036	0.45	4	2.5	1.92
3.3	292+000	304+225	1.05E+06	55.5	33399.4	85	-1.036	0.45	4	2.5	1.89
<i>Fuente: Elaboración propia</i>											

Tabla 40

<i>Espesor de reciclado para el tramo III</i>						
<u>Espesor (cm)</u>			<u>CBR (%)</u>			
<u>Reciclado</u>	<u>RAP</u>	<u>Base</u>	<u>% Cemento</u>	<u>100%</u>	<u>Fc</u>	<u>a (1/pulg)</u>
				<u>MDS a 1''</u>	<u>(kg/cm2)</u>	
15	7.5	7.5	0	43.6	-	0.119
<i>Fuente: Elaboración propia</i>						

Tabla 41

<i>SN propuesto para el tramo III</i>												
<u>Esc</u>	<u>MAC</u>			<u>Capa reciclada</u>				<u>Base y sub base exist.</u>				<u>SN prop</u>
	<u>D</u> (cm)	<u>a</u> (1/pulg)	<u>SN 1</u>	<u>D (cm)</u>	<u>a</u> (1/pulg)	<u>m</u>	<u>SN 2</u>	<u>D (cm)</u>	<u>a</u> (1/pulg)	<u>m</u>	<u>SN 3</u>	
1	3.0	0.430	0.508	15.0	0.119	0.8	0.560	22.5	0.130	0.8	0.921	1.989

Fuente: Elaboración propia

La presentación gráfica de la solución escogida se presenta a continuación:

Figura 24. Solución escogida de reciclado para el escenario III. Fuente: Elaboración propia

9.3.2 Tramo IV

- Decremento de CBR

Para el tramo IV, se puede ver que cuando se le adiciona el RAP como parte de la capa de base granular hay un decremento del CBR siendo este comparado con los valores obtenidos inicialmente. Esto se debe a la consistencia y envejecimiento de la capa de carpeta asfáltica. Hay un decremento aproximado del 45% del CBR.

Tabla 42

Resultados del decremento del CBR y del CBR+RAP para el tramo IV						
ITEM	TRAMO	CBR (%)		CBR (%) + RAP		DECREMENTO (%)
		100% MDS a 1"	PROMEDIO	100% MDS a 1"	PROMEDIO	
BASE						
1	IV	137.0	139	64.7	76	45%
2		140.8		87.5		
Fuente: Elaboración propia						

Por lo que, se ve reflejado la influencia negativa que tiene el RAP en el material granular colocado como base, ya que hubo un decremento del 45% del CBR. Esta influencia negativa tiene una relación directa con el comportamiento mecánico referido a la resistencia estructural.

- Escenario elegido

Como se puede apreciar de la memoria de cálculo de diseño (referencia:7.9.4), el SNreq del tramo homogéneo es mayor a algunos SNprop obtenidos de los escenarios planteados; de donde, se puede afirmar que el escenario 1, que consta de un espesor de reciclado de 7.5 cm de RAP + 7.5 cm de Base con adición de 2% de cemento, cumple la regla de $SN_{prop} > SN_{req}$, por lo que es la opción idónea para el tramo en mención.

Si se escogiera algún escenario con cemento adicionado de 2% se estaría realizando un sobredimensionamiento innecesario.

Tabla 43

<i>SN requeridos del Tramo IV</i>											
<u>SubT.</u>	<u>INICIO</u>	<u>FIN</u>	<u>W18</u> (ESAL)	<u>CBR</u> Diseño (%)	<u>Mr</u> (psi)	<u>R</u> (%)	<u>Zr</u>	<u>So</u>	<u>Po</u>	<u>Pt</u>	<u>SNreq</u>
4.1	00+000	02+036	1.71E+06	52.6	32291.3	85	-1.036	0.45	4	2.5	2.09
<i>Fuente: Elaboración propia</i>											

Tabla 44

<i>Espesor de reciclado para el tramo IV</i>						
<u>Espesor (cm)</u>				<u>Fc</u>		
<u>Reciclado</u>	<u>RAP</u>	<u>Base</u>	<u>% Cemento</u>	<u>CBR (%)</u>	<u>(kg/cm2)</u>	<u>a (1/pulg)</u>
15	7.5	7.5	1	-	24.9	0.143
<i>Fuente: Elaboración propia</i>						

Tabla 45

<i>SN propuesto para el tramo IV</i>												
<u>Esc</u>	<u>MAC</u>			<u>Capa reciclada</u>				<u>Base y sub base exist.</u>				<u>SN prop</u>
	<u>D</u> (cm)	<u>a</u> (1/pulg)	<u>SN 1</u>	<u>D (cm)</u>	<u>a</u> (1/pulg)	<u>m</u>	<u>SN 2</u>	<u>D (cm)</u>	<u>a</u> (1/pulg)	<u>m</u>	<u>SN 3</u>	
2	3.0	0.430	0.508	15.0	0.143	0.8	0.675	22.5	0.130	0.8	0.921	2.104

Fuente: Elaboración propia

La presentación gráfica de la solución escogida se presenta a continuación:

Figura 25. Solución escogida de reciclado para el escenario IV. Fuente: Elaboración propia

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1 Conclusiones

- Después del análisis realizado, se concluye que el RAP tendrá una influencia estructural negativa en el pavimento para el proyecto en mención, el cual tiene relación con la composición y clasificación del RAP y las características del paquete estructural.
- Se puede afirmar como uno de los aportes de la investigación realizada que cuando se tiene un mayor porcentaje de contenido de RAP en la mezcla con parte de la base granular, la resistencia estructural en términos de CBR disminuye creando así la necesidad de un agente estabilizador para cumplir con la resistencia estructural requerida.
- El cemento portland tipo I es un agente estabilizador que incrementó la resistencia de la mezcla del RAP con parte de la base granular, ya que al ser un aglutinante este rigidizó la mezcla convirtiéndolo en una técnica de estabilización de suelo-cemento.
- El ensayo del CBR de la base granular existente al 100% de la MDS a 0.1” de penetración tiene un índice referencial de CBR de 100%; sin embargo, posterior a la realización del ensayo del CBR de la base granular existente con la adición de RAP al 100% de la MDS a 0.1” de penetración resultó en un decremento en promedio de ambos tramos del 33%.
- El valor del CBR tiene una relación inversamente proporcional con el Número Estructural Requerido; es decir, si el valor del CBR tiene un decremento se tiene que el valor del Módulo de Resiliencia tiene un decremento también, el cual se ve reflejado en que el valor del Número Estructural Requerido aumente. Lo que genera, que se necesite emplear mayores espesores de pavimentos y/o mayores adiciones de agente estabilizador.
- Después de la evaluación de los ensayos, se llega a la conclusión que en zonas donde hay mayor sollicitación de tráfico y en relación con la condición del pavimento de la carretera, se necesita el apoyo de un agente estabilizador al momento de reciclar si se quiere llegar a la resistencia estructural requerida.
- Para la propuesta de material estabilizado más el reciclado del RAP del Tramo III no se le agregará cemento portland tipo I como agente estabilizador; ya que la resistencia fue alcanzada con solo el reciclado mecánico del RAP y la base granular. En cambio, para la propuesta de material estabilizado más el reciclado del RAP del Tramo IV, sí

se utiliza cemento portland tipo I, como agente estabilizador en porcentaje de 1% en peso de los materiales a reciclar. Lo que lleva, a la conclusión que el uso de un agente estabilizador como lo es el cemento portland en dosificaciones pequeñas como lo es 1% y 2% ayuda a reducir los espesores de capa que se ve reflejado posteriormente en el presupuesto del proyecto.

10.2 Recomendaciones

- Se recomienda para un estudio posterior tener en consideración adicional a las precipitaciones, factores como temporadas de hielo y deshielo, temperatura, rayos UV, entre otros, los cuales podrían ser evaluados en laboratorios de infraestructura vial que permitan la caracterización mecánica, desempeño de material y; la evaluación y auscultación (datos estructurales y funcionales que caracterizan a una carretera) del pavimento en estudio.
- Tener en consideración una velocidad estándar de la máquina recicladora, realizando tramos de prueba para llegar a una velocidad que no afecte estructuralmente el material a reciclar.
- Se debe tener en cuenta que el diseño empleado es para un diseño de un pavimento flexible; por lo que, el cálculo de la dosificación en campo del cemento portland como agente estabilizador no debe sobrepasar al establecido a los ensayos de laboratorio, sino se procedería a iniciar un proceso de rigidización innecesario a la capa en mención y no trabajaría como un pavimento flexible.
- Asimismo, las metodologías presentadas en este documento no son las únicas existentes actualmente, se podría diseñar tomando en cuenta más variables de tal modo de realizar una mejor comparación de resultados como, por ejemplo, las metodologías empíricas-mecánicas que aplican la teoría elástica para modelar las capas del pavimento.
- Es importante acotar que el diseño de esta tesis se basó en la metodología de suelo cemento; sin embargo, se recomienda evaluar otros agentes estabilizadores como la estabilización con cal o cloruro de sodio, dependiendo de la disponibilidad de las canteras cercanas.
- La evaluación del estado de la carretera debe ser constante, para que la carretera en mención no requiera un presupuesto elevado en conservaciones y rehabilitaciones,

ya que cuando se identifica que la carretera tiene una condición de pavimento regular es cuando se debe proceder a hacer mantenimiento y/o conservación.

- Se debe tener en cuenta todos los factores que afectan en el diseño del pavimento como lo son: el marco real del proyecto y del contrato que este abarca, las consideraciones climáticas reales, el estado actual de la carpeta existente, entre otros.

11 BIBLIOGRAFÍA

AASHTO. (1993). AASHTO Guide for design of pavement structures. Washington DC.

Adocem, EPSALABCO (2014). Guía para el diseño de vías de alto volumen – Pavimentos Semi-rígidos.

S.Al-Oraimi, H. Hassan, A. Hago. (2009). The Journal of Engineering Research Vol. 6, No.1, pp. 37-45 *Recycling of Reclaimed Asphalt Pavement in Portland Cement Concret*

Amado, J. (2015). Análisis del sistema de reparación de pavimentos flexibles por inyección neumática de mezclas asfálticas en frío.

Cemento, F. I. (2007). El estado del arte del suelocemento en estructuras de pavimentos.

M. Centeno, A. Martínez, R. MiroPérez. (2004). Evaluación de los métodos de reciclado y rehabilitación de firmes a partir del análisis de los tramos experimentales del proyecto europeo PARAMIX

Coflan, I. (2014). Reciclado de pavimentos asfálticos en frío en el lugar.

Fedrigio, W., Ely, V., Núñez, W., Ceratti, J. (2015). Avaliação do comportamento mecânico de misturas simulando a reciclagem profunda de pavimentos com adição de cimento portland

V. Guio, M. Sánchez. (2013). Revista Colombiana de Materiales. *Mezclas asfálticas recicladas y su uso en capas granulares para pavimentos. N.5 pp. 382-388.*

Gutierrez, J. (2007). Modelación Geotécnica de pavimentos flexibles con fines de análisis y diseño en el Perú.

Hernández, P. (2014). Evaluación del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas utilizando pavimento reciclado, ligantes hidráulicos y emulsiones asfálticas.

Hidalgo, J. (2016). Evaluación del sistema de gestión de pavimentos flexibles en el Perú.

Hohner, W. G. (2004). Manual de reciclado en frío. Winghagen.

Huamán, N. (2011). La deformación permanente en las mezclas tibias y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú.

J Rodríguez, C Rodríguez. (2004). Evaluación y rehabilitación de pavimentos flexibles por el método de reciclaje.

Meléndez, J. (2000). Influencia de la temperatura en el deterioro de carpetas asfálticas en zonas de altura.

MF, B. (2009). Evaluación de pavimento de la carretera "Cumbe-Oña (Tramo I). Puno.

MTC. (2013). Manual de Carreteras. Lima: Ministerio Transporte y Comunicaciones.

MTC. (2014). Manual de conservación vial.

Palma, J. M. (2000). Influencia de la temperatura en el deterioro de carpetas asfálticas en zonas de altura.

Potti, J. (2002). Avances en el campo de los reciclados. Reciclado mixto con emulsión y cemento

PROVIAS. (2014). Estudios a nivel de perfil de la carretera binacional dv. Humajalso - Puente Internacional.

R. Castillo, K. Romero. (2009). Rehabilitación de pavimentos rígidos en base al estudio de la carretera Tarjia-Potosí.

Severich, M. (1999). Rehabilitación de pavimentos asfálticos de la ciudad de Cochabamba mediante el fresado y reciclado en frío.

SIECA. (2000). Manual Centroamericano y mantenimiento de carreteras.

Thenoux, G. (1999). Estudio de técnicas de reciclado en frío: primera parte.

12 ANEXOS

12.1 ANEXO A: ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS AL PAVIMENTO EXISTENTE

12.1.1 Carpeta asfáltica existente

12.1.1.1 Lavado asfáltico para el Tramo III

Anexo 12.1.1.1 Lavado asfáltico de la carpeta asfáltica existente para el Tramo III.
 Fuente: Propia

12.1.1.2 Lavado asfáltico para el Tramo IV

Anexo 12.1.1.2 Lavado asfáltico de la carpeta asfáltica existente para el Tramos IV.

Fuente: Propia

12.1.2 Ensayos a la base granular existente

12.1.2.1 Calicata del km. 215+000

a) Clasificación

Anexo 12.1.2.1.a Clasificación de la base granular existente km. 215+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la base granular existente km. 215+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL			
MTC E 108, ASTM D 2216			
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CALICATA	: 199
CONCEPTO	: EMS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO	PROFUNDIDAD	: 0.075 a 0.225 m
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO	MUESTRA	: Base
UBICACIÓN	: Km.: 215+000	FECHA	: 7/04/2016
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-22	T-38	T-17
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	1559.6	1201.1	1499.8
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1494.0	1149.8	1439.3
PESO DE LA TARA (gr)	255.9	164.4	315.9
PESO DEL AGUA (gr)	65.6	51.3	60.5
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1238.1	985.4	1123.4
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.3	5.2	5.4
HUMEDAD NATURAL PROM. (%)	5.3		

Anexo 12.1.2.1.b Humedad natural de la base granular existente km. 215+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la base granular existente km. 215+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40												
MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90												
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA												
DATOS DE LA MUESTRA												
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CALICATA : 199										
CONCEPTO : EMS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		PROFUNDIDAD : 0.075 a 0.225 m										
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO		MUESTRA : Base										
UBICACIÓN : Km.: 215+000		FECHA : 7/04/2016										
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)												
N° DE TARA		T-06	T-07	T-08								
PESO TARA + SUELO HÚM	(gr)	39.09	42.77	41.90								
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	35.59	39.02	38.15								
PESO DEL AGUA	(gr)	3.50	3.75	3.75								
PESO DE LA TARA	(gr)	15.40	18.30	18.60								
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	20.19	20.72	19.55								
CONTENIDO DE HUMEDA	(%)	17.34	18.10	19.18								
NÚMERO DE GOLPES		30	22	14								
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)												
CONTENIDO DE HUMEDA	(%)			NP								
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES <table><tr><th colspan="2">CONSTANTES FÍSICAS</th></tr><tr><td>LÍMITE LÍQUIDO</td><td>(%) 18</td></tr><tr><td>LÍMITE PLÁSTICO</td><td>(%) NP</td></tr><tr><td>INDICE DE PLASTICIDAD</td><td>(%) NP</td></tr></table>					CONSTANTES FÍSICAS		LÍMITE LÍQUIDO	(%) 18	LÍMITE PLÁSTICO	(%) NP	INDICE DE PLASTICIDAD	(%) NP
CONSTANTES FÍSICAS												
LÍMITE LÍQUIDO	(%) 18											
LÍMITE PLÁSTICO	(%) NP											
INDICE DE PLASTICIDAD	(%) NP											
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.1.2.1.c Límites de consistencia de la base granular existente km. 215+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la base granular existente km. 215+000

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTODO 'C' NTP 339.141, MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE :	SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CALICATA	:	199
CONCEPTO :	EMS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO	PROFUNDIDAD	:	0.075 a 0.225 m
TRAMO :	3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO	MUESTRA	:	Base
UBICACIÓN :	Km.: 215+000	FECHA	:	7/04/2016
Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)	11063	11328	11472	11461
Peso molde + base (gr)	6723	6723	6723	6723
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4340	4605	4749	4738
Volumen del molde (cm ³)	2132	2132	2132	2132
Peso volumétrico húmedo (gr/cm ³)	2.036	2.160	2.227	2.222
Tara N°	T-08	T-11	T-13	T-02
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	1000.0	1014.8	1263.8	1200.9
Peso del suelo seco + tara (gr)	984.0	984.1	1205.0	1130.5
Peso de Tara (gr)	357.9	315.7	308.2	324.9
Peso de agua (gr)	16.0	30.7	58.8	70.4
Peso del suelo seco (gr)	626.1	668.4	896.8	805.6
Contenido de agua (%)	2.6	4.6	6.6	8.7
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.985	2.065	2.090	2.044
	Densidad máxima (gr/cm ³)		2.091	
	Húmedad óptima (%)		6.5	

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.2.1.d Proctor modificado método "C" de la base granular existente km. 215+000. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la base granular existente km. 215+000

Anexo 12.1.2.1.e Ensayo C.B.R. de la base granular existente km. 215+000. Fuente: Propia

12.1.2.2 Calicata del km. 216+000

a) Clasificación de la base granular existente km. 216+000

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN NTP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA						
DATOS DE LA MUESTRA						
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			CALICATA	: 201	
CONCEPTO	: EMS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO			PROFUNDIDAD	: 0.075 a 0.225 m	
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO			MUESTRA	: Base	
UBICACIÓN	: Km.: 216+000			FECHA	: 7/04/2016	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.100	185.0	1.5	1.5	98.5	Peso de la Muestra
1"	25.400	1498.0	11.9	13.4	86.6	Peso Total de la Muestr.(gr.) : 12560.0
3/4"	19.000	1532.0	12.2	25.6	74.4	Material Fino < N°4 (gr.) : 5473
1/2"	12.500	1502.0	12.0	37.6	62.4	Material Grueso > N°4 (gr.) : 7087
3/8"	9.500	745.0	5.9	43.5	56.5	Fracción Material < N°4 (gr.) : 601.2
N°4	4.750	1625.0	12.9	56.4	43.6	Límites de Consistencia
N°10	2.000	138.2	10.0	66.4	33.6	Límite Líquido (%) : 16
N°20	0.840	128.4	9.3	75.7	24.3	Límite Plástico (%) : NP
N°40	0.425	99.8	7.2	83.0	17.0	Índice Plástico (%) : NP
N°50	0.300	115.8	8.4	91.4	8.6	Clasificación de Suelo
N°100	0.150	68.9	5.0	96.4	3.6	SUCS : GP
N°200	0.075	35.7	2.6	99.0	1.0	AASHTO : A-1-a (0)
< N°200	FONDO	14.4	1.0	100.0	0.0	Humedad Natural (%) : 5.2

CURVA GRANULOMÉTRICA

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.2.2.a Clasificación de la base granular existente km. 216+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la base granular existente km. 216+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL			
MTC E 108, ASTM D 2216			
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CALICATA	: 201
CONCEPTO	: EMS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO	PROFUNDIDAD	: 0.075 a 0.225 m
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO	MUESTRA	: Base
UBICACIÓN	: Km.: 216+000	FECHA	: 7/04/2016
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-13	T-23	T-42
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	2015.1	1825.2	1717.4
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1930.7	1750.6	1635.8
PESO DE LA TARA (gr)	308.2	252.5	126.9
PESO DEL AGUA (gr)	84.4	74.6	81.6
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1622.5	1498.1	1508.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.2	5.0	5.4
HUMEDAD NATURAL PROM. (%)	5.2		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.2.2.b Humedad natural de la base granular existente km. 216+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la base granular existente km. 216+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CALICATA : 201	
CONCEPTO : EMS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		PROFUNDIDAD : 0.075 a 0.225 m	
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO		MUESTRA : Base	
UBICACIÓN : Km.: 216+000		FECHA : 7/04/2016	
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)			
N° DE TARA	T-10	T-14	T-15
PESO TARA + SUELO HÚMI (gr)	41.95	45.17	46.59
PSO TARA + SUELO SECO (gr)	38.51	41.52	42.61
PESO DEL AGUA (gr)	3.44	3.65	3.98
PESO DE LA TARA (gr)	16.40	19.30	19.50
PESO DEL SUELO SECO (gr)	22.11	22.22	23.11
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.56	16.43	17.22
NÚMERO DE GOLPES	30	22	14
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			NP

19

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

18

17

16

15

10

25

Número de Golpes

CONSTANTES FÍSICAS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	16
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.2.2.c Límites de consistencia de la base granular existente km. 216+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la base granular existente km. 216+000

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTODO 'C' NTP 339.141, MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE :	SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CALICATA :	201	
CONCEPTO :	EMS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO	PROFUNDIDAD :	0.075 a 0.225 m	
TRAMO :	3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO	MUESTRA :	Base	
UBICACIÓN :	Km.: 216+000	FECHA :	7/04/2016	
Ensayo N°		1	2	3
Número de Capas		5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		14	15	56
Peso suelo húmedo + molde	41.95 (gr)	45	47	11234
Peso molde + base	38.51 (gr)	42	43	6500
Peso suelo húmedo compactado	3.44 (gr)	4	4	4734
Volumen del molde	(cm ³)	2126	2126	2126
Peso volumétrico húmedo	(gr/cm ³)	2.110	2.178	2.227
Tara N°		T-14	T-10	T-08
Peso del suelo húmedo + tara	(gr)	985.3	866.5	786.3
Peso del suelo seco + tara	(gr)	963.6	842.3	756.4
Peso de Tara	(gr)	312.5	360.1	357.9
Peso de agua	(gr)	21.7	24.2	29.9
Peso del suelo seco	(gr)	651.1	482.2	398.5
Contenido de agua	(%)	3.3	5.0	7.5
Peso volumétrico seco	(gr/cm ³)	2.042	2.074	2.071
		Densidad máxima		(gr/cm ³)
		Húmedad óptima		(%)
				2.078
				6.0

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.2.2.d Proctor modificado método "C" de la base granular existente km. 216+000. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la base granular existente km. 216+000

ENSAYO C.B.R.
NIP 339.145, MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA

DATOS DE LA MUESTRA					
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CALICATA	:	201	
CONCEPTO	: EMS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO	PROFUNDIDAD	:	0.075 a 0.225 m	
TRAMO	: 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO	MUESTRA	:	Base	
UBICACIÓN	: Km.: 216+000	FECHA	:	8/04/2016	

DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO					
PROCTOR MODIFICADO	:	1557			
MÁXIMA DENSIDAD SECA	(gr/cm³)	:	2.078		
ÓPTIMO CONTENIDO DE	(%)	:	6.0		
95% DE LA MAXIMA	(gr/cm³)	:	1.974		

PORCENTAJE DEL CBR					
C.B.R. AL 95% DE	0.1"	80.5	0.2"	128.1	
C.B.R. AL 100% DE	0.1"	102.1	0.2"	159.8	

Molde N°	1	2	3		
N° Capas	5	5	5		
N° golpes por capa	56	25	12		
Condición de la muestra	NS*	S**	NS	S	NS
Densidad húmeda r/cm³	2.20	2.20	2.11	2.13	1.98
Contenido de humed (%)	5.90	6.60	6.20	7.30	6.00
Densidad seca r/cm³	2.08	2.07	1.99	1.99	1.87

DETERMINACIÓN DEL CBR

Este gráfico relaciona la densidad seca (gr/cm³) con el valor del CBR (%). Se muestran dos líneas rectas que representan los niveles de CBR al 95% y al 100%. Las densidades correspondientes en el eje vertical son 1.973 gr/cm³ para el 95% y 2.073 gr/cm³ para el 100%.

EC - 56 golpes

Gráfico de Carga (kg) versus Penetración (mm) para 56 golpes. La curva muestra una relación no lineal entre la carga aplicada y la penetración resultante.

CBR (0.1")	102.2 %
CBR (0.2")	159.9 %

EC - 25 golpes

Gráfico de Carga (kg) versus Penetración (mm) para 25 golpes. La curva muestra una relación no lineal entre la carga aplicada y la penetración resultante.

CBR (0.1")	82.9 %
CBR (0.2")	132.0 %

EC - 12 golpes

Gráfico de Carga (kg) versus Penetración (mm) para 12 golpes. La curva muestra una relación no lineal entre la carga aplicada y la penetración resultante.

CBR (0.1")	61.5 %
CBR (0.2")	95.6 %

Observaciones :	DIÁMETRO DEL PISTÓN = 4.98 cm	*NS: No Saturado
	AREA DEL PISTÓN = 19.48 cm ²	**S: Saturado

Guillermo Lazo Lázaró
 Ingeniero Civil CIP 53358
 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

12.1.2.3 Calicata del km. 217+000

a) Clasificación de la base granular existente km. 217+000

Anexo 12.1.2.3.a Clasificación de la base granular existente km. 217+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la base granular existente km. 217+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CALICATA	: 203
CONCEPTO	: EMS PARA DISEÑO DEL RAP	PROFUNDIDA	: 0.075 a 0.225 m
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO	MUESTRA	: Base
UBICACIÓN	: Km.: 217+000	FECHA	: 7/04/2016
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-27	T-23	T-02
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	1399.5	1451.5	1296.9
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1346.9	1394.7	1253.4
PESO DE LA TARA (gr)	255.9	252.5	324.9
PESO DEL AGUA (gr)	52.6	56.8	43.5
PESO DE L. SUELO SECO (gr)	1091.0	1142.2	928.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.8	5.0	4.7
HUMEDAD NATURAL PROM. (%)	4.8		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.2.3.b Humedad natural de la base granular existente km. 217+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la base granular existente km. 217+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E110 - MTC E111, ASTM D 4318, AASHTO T89 - T90 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CALICATA : 203		
CONCEPTO : EMS PARA DISEÑO DEL RAP		PROFUNDID : 0.075 a 0.225 m		
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO		MUESTRA : Base		
UBICACIÓN : Km.: 217+000		FECHA : 7/04/2016		
LÍMITE LÍMITE (MTC E110, AASHTO T89)				
N° DE TARA		T-12	T-13	T-14
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	39.72	49.55	46.12
PSO TARA + SUELO SECO	(gr)	36.45	46.08	42.40
PESO DEL AGUA	(gr)	3.27	3.47	3.72
PESO DE LA TARA	(gr)	14.10	23.30	19.30
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	22.35	22.78	23.10
CONTENIDO DEHUMEDAD	(%)	14.63	15.23	16.10
NÚMERO DE GOLPES		30	22	14
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E111, AASHTO T90)				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

Número de Golpes	Contenido de humedad (%)
14	16.10
15	15.23
16	14.63

CONSTANTES FÍSICAS

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	15
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim

Anexo 12.1.2.3.c Límites de consistencia de la base granular existente km. 217+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la base granular existente km. 217+000

Anexo 12.1.2.3.d Proctor modificado método "C" de la base granular existente km. 217+000. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la base granular existente km. 217+000

ENSAYO C.B.R. NTP 339.145, MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA																																									
DATOS DE LA MUESTRA																																									
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA CONCEPTO : EMS PARA DISEÑO DEL RAP TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO UBICACIÓN : Km.: 217+000	CALICATA : 203 PROFUNDIDAD : 0.075 a 0.225 m MUESTRA : Base FECHA : 8/04/2016																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tr> <td style="padding: 2px;">MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) :</td> <td style="padding: 2px;">2.099</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">ÓPTIMO CONTENIDO DE (%) :</td> <td style="padding: 2px;">6.5</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">95% DE LA MAXIMA (gr/cm³) :</td> <td style="padding: 2px;">1.994</td> </tr> </table>		MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) :	2.099	ÓPTIMO CONTENIDO DE (%) :	6.5	95% DE LA MAXIMA (gr/cm³) :	1.994																																		
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) :	2.099																																								
ÓPTIMO CONTENIDO DE (%) :	6.5																																								
95% DE LA MAXIMA (gr/cm³) :	1.994																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center; background-color: #d3d3d3;">PORCENTAJE DEL CBR</th> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">C.B.R. AL 95% DE</td> <td style="padding: 2px;">0.1"</td> <td style="padding: 2px;">84.8</td> <td style="padding: 2px;">0.2"</td> <td style="padding: 2px;">124.1</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">C.B.R. AL 100% DE</td> <td style="padding: 2px;">0.1"</td> <td style="padding: 2px;">108.8</td> <td style="padding: 2px;">0.2"</td> <td style="padding: 2px;">161.7</td> </tr> </table>		PORCENTAJE DEL CBR				C.B.R. AL 95% DE	0.1"	84.8	0.2"	124.1	C.B.R. AL 100% DE	0.1"	108.8	0.2"	161.7																										
PORCENTAJE DEL CBR																																									
C.B.R. AL 95% DE	0.1"	84.8	0.2"	124.1																																					
C.B.R. AL 100% DE	0.1"	108.8	0.2"	161.7																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Molde N°</td> <td style="padding: 2px;">1</td> <td style="padding: 2px;">2</td> <td style="padding: 2px;">3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">N° Capas</td> <td style="padding: 2px;">5</td> <td style="padding: 2px;">5</td> <td style="padding: 2px;">5</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">N° golpes por capa</td> <td style="padding: 2px;">56</td> <td style="padding: 2px;">25</td> <td style="padding: 2px;">12</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Condición de la muestra</td> <td style="padding: 2px;">NS*</td> <td style="padding: 2px;">S**</td> <td style="padding: 2px;">NS</td> <td style="padding: 2px;">S</td> <td style="padding: 2px;">NS</td> <td style="padding: 2px;">S</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Densidad húmeda r/cm³)</td> <td style="padding: 2px;">2.20</td> <td style="padding: 2px;">2.20</td> <td style="padding: 2px;">2.11</td> <td style="padding: 2px;">2.13</td> <td style="padding: 2px;">1.98</td> <td style="padding: 2px;">2.01</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Contenido de humed (%)</td> <td style="padding: 2px;">5.90</td> <td style="padding: 2px;">6.60</td> <td style="padding: 2px;">6.20</td> <td style="padding: 2px;">7.30</td> <td style="padding: 2px;">6.00</td> <td style="padding: 2px;">7.80</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Densidad seca r/cm³)</td> <td style="padding: 2px;">2.08</td> <td style="padding: 2px;">2.07</td> <td style="padding: 2px;">1.99</td> <td style="padding: 2px;">1.99</td> <td style="padding: 2px;">1.87</td> <td style="padding: 2px;">1.87</td> </tr> </table>		Molde N°	1	2	3	N° Capas	5	5	5	N° golpes por capa	56	25	12	Condición de la muestra	NS*	S**	NS	S	NS	S	Densidad húmeda r/cm³)	2.20	2.20	2.11	2.13	1.98	2.01	Contenido de humed (%)	5.90	6.60	6.20	7.30	6.00	7.80	Densidad seca r/cm³)	2.08	2.07	1.99	1.99	1.87	1.87
Molde N°	1	2	3																																						
N° Capas	5	5	5																																						
N° golpes por capa	56	25	12																																						
Condición de la muestra	NS*	S**	NS	S	NS	S																																			
Densidad húmeda r/cm³)	2.20	2.20	2.11	2.13	1.98	2.01																																			
Contenido de humed (%)	5.90	6.60	6.20	7.30	6.00	7.80																																			
Densidad seca r/cm³)	2.08	2.07	1.99	1.99	1.87	1.87																																			
EC - 56 golpes	EC - 25 golpes	EC - 12 golpes																																							
Observaciones : <i>DIÁMETRO DEL PISTÓN = 4.98 cm</i> <i>AREA DEL PISTÓN = 19.48 cm²</i> <i>*NS: No Saturado</i> <i>**S: Saturado</i>																																									
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.																																									

Anexo 12.1.2.3.e Ensayo C.B.R. de la base granular existente km. 217+000. Fuente: Propia

12.1.2.4 Calicata del km. 218+000

a) Clasificación de la base granular existente km. 218+000

Anexo 12.1.2.4.a Clasificación de la base granular existente km. 218+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la base granular existente km. 218+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CALICATA	: 205
CONCEPTO	: EMS PARA DISEÑO DEL RAP	PROFUNDIDAD	: 0.075 a 0.225 m
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO	MUESTRA	: Base
UBICACIÓN	: Km.: 218+000	FECHA	: 7/04/2016
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-12	T-22	T-07
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	1813.0	1605.0	1596.6
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1741.7	1539.3	1538.4
PESO DE LA TARA (gr)	314.9	255.9	357.4
PESO DEL AGUA (gr)	71.3	65.7	58.2
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1426.8	1283.4	1181.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.0	5.1	4.9
HUMEDAD NATURAL PROM. (%)	5.0		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.2.4.b Humedad natural de la base granular existente km. 218+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la base granular existente km. 218+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CALICATA : 205		
CONCEPTO : EMS PARA DISEÑO DEL RAP		PROFUNDIDAD : 0.075 a 0.225 m		
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO		MUESTRA : Base		
UBICACIÓN : Km.: 218+000		FECHA : 7/04/2016		
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA	T-16	T-17	T-18	
PESO TARA + SUELO HÚM (gr)	46.53	44.43	47.30	
PSO TARA + SUELO SECO (gr)	42.97	40.75	43.25	
PESO DEL AGUA (gr)	3.56	3.68	4.05	
PESO DE LA TARA (gr)	20.10	18.10	19.70	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	22.87	22.65	23.55	
CONTENIDO DE HUMEDA (%)	15.57	16.25	17.20	
NÚMERO DE GOLPES	30	22	14	
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
CONTENIDO DE HUMEDA (%)				NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

Contenido de Humedad (%)

Número de Golpes

CONSTANTES FÍSICAS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	16
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
NDICE DE PLASTICIDAD I	NP

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.2.4.c Límites de consistencia de la base granular existente km. 218+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la base granular existente km. 218+000

Anexo 12.1.2.4.d Proctor modificado método "C" de la base granular existente km. 218+000. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la base granular existente km. 218+000

Anexo 12.1.2.4.e Ensayo C.B.R. de la base granular existente km. 218+000. Fuente: Propia

12.1.2.5 Calicata del km. 305+000

a) Clasificación de la base granular existente km. 305+000

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN NTP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA						
DATOS DE LA MUESTRA						
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA				CALICATA	: 379
CONCEPTO	: EMS PARA DISEÑO DEL RAP				PROFUNDIDAD	: 0.075 a 0.225 m
TRAMO	: 4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL				MUESTRA	: Base
UBICACIÓN	: Km.: 305+000				FECHA	: 7/04/2016
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.100				100.0	Peso de la Muestra
1"	25.400	1183.0	10.7	10.7	89.3	Peso Total de la Mues (gr.): 11055.0
3/4"	19.000	940.0	8.5	19.2	80.8	Material Fino < N°4 (gr.): 5041
1/2"	12.500	1503.0	13.6	32.8	67.2	Material Grueso > N°4 (gr.): 6014
3/8"	9.500	796.0	7.2	40.0	60.0	Fracción Material < N (gr.): 665.0
N°4	4.750	1592.0	14.4	54.4	45.6	Límites de Consistencia
N°10	2.000	135.6	9.3	63.7	36.3	Límite Líquido (%): 15
N°20	0.840	100.6	6.9	70.6	29.4	Límite Plástico (%): NP
N°40	0.425	112.3	7.7	78.3	21.7	Indice Plástico (%): NP
N°50	0.300	61.3	4.2	82.5	17.5	Clasificación de Suelo
N°100	0.150	107.9	7.4	89.9	10.1	Clasificación SUCS : GP-GM
N°200	0.075	33.5	2.3	92.2	7.8	Clasificación AASH : A-1-a (0)
< N°200	FONDO	113.8	7.8	100.0	0.0	Humedad Natural (%): 4.2

CURVA GRANULOMÉTRICA

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim

Anexo 12.1.2.5.a Clasificación de la base granular existente km. 305+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la base granular existente km. 305+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL			
MTC E 108, ASTM D 2216			
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CALICATA	: 379
CONCEPTO	: EMS PARA DISEÑO DEL RAP	PROFUNDIDAD	: 0.075 a 0.225 m
TRAMO	: 4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL	MUESTRA	: Base
UBICACIÓN	: Km.: 305+000	FECHA	: 7/04/2016
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-14	T-27	T-22
PESO TARA + SUELO HUMED (gr)	1340.4	1131.8	1159.9
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1299.1	1099.1	1121.5
PESO DE LA TARA (gr)	312.5	255.9	255.9
PESO DEL AGUA (gr)	41.3	32.7	38.4
PESO DE L SUELO SECO (gr)	986.6	843.2	865.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.2	3.9	4.4
HUMEDAD NATURAL PROM (%)	4.2		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 Sc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavi			

Anexo 12.1.2.5.b Humedad natural de la base granular existente km. 305+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la base granular existente km. 305+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40
MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA
CONCEPTO : EMS PARA DISEÑO DEL RAP
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL
UBICACIÓN : Km.: 305+000

CALICATA : 379
PROFUNDIDA: 0.075 a 0.225 m
MUESTRA : Base
FECHA : 7/04/2016

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N° DE TARA	T-30	T-28	T-35	
PESO TARA + SUELO HÚM (gr)	50.94	48.07	50.10	
PSO TARA + SUELO SECO (gr)	48.26	45.45	47.15	
PESO DEL AGUA (gr)	2.68	2.62	2.95	
PESO DE LA TARA (gr)	30.06	28.23	28.80	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	18.20	17.22	18.35	
CONTENIDO DE HUMEDA (%)	14.73	15.21	16.08	
NÚMERO DE GOLPES	30	22	14	

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

CONTENIDO DE HUMEDA (%)				NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

Contenido de humedad (%)	18	17	16	15	14	13	12
Número de Golpes	10	15	20	25	30	35	40

CONSTANTES FÍSICAS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	15
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
INDICE DE PLASTICID (%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
Sc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavi

Anexo 12.1.2.5.c Límites de consistencia de la base granular existente km. 305+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la base granular existente km. 305+000

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTODO 'C' NTP 339.141, MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE :	SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CALICATA	: 379	
CONCEPTO :	EMS PARA DISEÑO DEL RAP	PROFUNDIDAD	: 0.075 a 0.225 m	
TRAMO :	4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL	MUESTRA	: Base	
UBICACIÓN :	Km.: 305+000	FECHA	: 7/04/2016	
Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)	11250	11491	11590	11570
Peso molde + base (gr)	6723	6723	6723	6723
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4527	4768	4867	4847
Volumen del molde (cm ³)	2132	2132	2132	2132
Peso volumétrico húmedo (gr/cm ³)	2.123	2.236	2.283	2.273
Tara N°	T-10	T-11	T-03	T-15
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	1008.0	1010.0	1044.0	1063.0
Peso del suelo seco + tara (gr)	988.0	975.5	999.0	1007.0
Peso de Tara (gr)	360.1	315.7	372.6	402.5
Peso de agua (gr)	20.0	34.5	45.0	56.0
Peso del suelo seco (gr)	627.9	659.8	626.4	604.5
Contenido de agua (%)	3.2	5.2	7.2	9.3
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	2.058	2.125	2.130	2.081
Densidad máxima (gr/cm ³)			2.134	
Húmedad óptima (%)			6.4	

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.2.5.d Proctor modificado método "C" de la base granular existente km. 305+000. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la base granular existente km. 305+000

Anexo 12.1.2.5.e Ensayo C.B.R. de la base granular existente km. 305+000. Fuente: Propia

12.1.2.6 Calicata del km. 306+000

a) Clasificación de la base granular existente km. 306+000

Anexo 12.1.2.6.a Clasificación de la base granular existente km. 306+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la base granular existente km. 306+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CALICATA : 381	
CONCEPTO : EMS PARA DISEÑO DEL RAP		PROFUNDIDAD : 0.075 a 0.225 m	
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL		MUESTRA : Base	
UBICACIÓN : Km.: 306+000		FECHA : 7/04/2016	
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-17	T-22	T-14
PESO TARA + SUELO HÚMED (gr)	1852.8	1690.2	1630.4
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1781.5	1619.8	1570.9
PESO DE LA TARA (gr)	315.9	255.9	312.5
PESO DEL AGUA (gr)	71.3	70.4	59.5
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1465.6	1363.9	1258.4
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.9	5.2	4.7
HUMEDAD NATURAL PROM (%)	4.9		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 Ing. Jefe Especialista de Suelos y P:			

Anexo 12.1.2.6.b Humedad natural de la base granular existente km. 306+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la base granular existente km. 306+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40				
MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90				
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			CALICATA : 381	
CONCEPTO : EMS PARA DISEÑO DEL RAP			PROFUNDIDA: 0.075 a 0.225 m	
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL			MUESTRA : Base	
UBICACIÓN : Km.: 306+000			FECHA : 7/04/2016	
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA	T-07	T-08	T-09	
PESO TARA + SUELO HÚN (gr)	41.48	42.24	42.10	
PSO TARA + SUELO SECO (gr)	38.50	39.07	38.70	
PESO DEL AGUA (gr)	2.98	3.17	3.40	
PESO DE LA TARA (gr)	18.30	18.60	17.90	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	20.20	20.47	20.80	
CONTENIDO DE HUMEDA (%)	14.75	15.49	16.35	
NÚMERO DE GOLPES	30	22	14	
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
CONTENIDO DE HUMEDA (%)				NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

Contentido de humedad (%)

10 25

Número de Golpes

CONSTANTES FÍSICAS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	15
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
INDICE DE PLASTICID (%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

Sc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavi

Anexo 12.1.2.6.c Límites de consistencia de la base granular existente km. 306+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la base granular existente km. 306+000

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTODO 'C' NTP 339.141, MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE :	SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CALICATA :	381
CONCEPTO :	4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL		PROFUNDIDAD :	0.075 a 0.225 m
TRAMO :	4 - DESAGUADERO - LOMA DE TORO		MUESTRA :	Base
UBICACIÓN :	Km.: 306+000		FECHA :	7/04/2016
Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)	11256	11571	11649	11554
Peso molde + base (gr)	6723	6723	6723	6723
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4533	4848	4926	4831
Volumen del molde (cm ³)	2132	2132	2132	2132
Peso volumétrico húmedo (gr/cm ³)	2.126	2.274	2.311	2.266
Tara N°	T-10	T-02	T-12	T-13
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	1181.0	1115.9	1140.4	1162.6
Peso del suelo seco + tara (gr)	1155.4	1073.4	1085.3	1087.9
Peso de Tara (gr)	360.1	324.9	314.9	308.2
Peso de agua (gr)	25.6	42.5	55.1	74.7
Peso del suelo seco (gr)	795.3	748.5	770.4	779.7
Contenido de agua (%)	3.2	5.7	7.2	9.6
Peso volumétrico seco (gr/cm³)	2.060	2.152	2.156	2.068
Densidad máxima (gr/cm³)			2.159	
Húmedad óptima (%)			6.6	

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.2.6.d Proctor modificado método "C" de la base granular existente km. 306+000. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la base granular existente km. 306+000

ENSAYO C.B.R. NTP 339.145, MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA																									
DATOS DE LA MUESTRA																									
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA CONCEPTO : EMS PARA DISEÑO DEL RAP TRAMO : 4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL UBICACIÓN : Km.: 306+000	CALICATA : 381 PROFUNDIDAD : 0.075 a 0.225 m MUESTRA : Base FECHA : 8/04/2016																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #d3d3d3;">DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PROCTOR MODIFICADO</td> <td style="text-align: right;">1557</td> </tr> <tr> <td>MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)</td> <td style="text-align: right;">2.159</td> </tr> <tr> <td>ÓPTIMO CONTENIDO DE (%)</td> <td style="text-align: right;">6.6</td> </tr> <tr> <td>95% DE LA MAXIMA (gr/cm³)</td> <td style="text-align: right;">2.051</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="background-color: #d3d3d3;">PORCENTAJE DEL CBR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C.B.R. AL 95% DE</td> <td>0.1"</td> <td>73.7</td> <td>0.2"</td> <td>110.6</td> </tr> <tr> <td>C.B.R. AL 100% DE</td> <td>0.1"</td> <td>140.8</td> <td>0.2"</td> <td>189.7</td> </tr> </tbody> </table>		DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO		PROCTOR MODIFICADO	1557	MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.159	ÓPTIMO CONTENIDO DE (%)	6.6	95% DE LA MAXIMA (gr/cm³)	2.051	PORCENTAJE DEL CBR				C.B.R. AL 95% DE	0.1"	73.7	0.2"	110.6	C.B.R. AL 100% DE	0.1"	140.8	0.2"	189.7
DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO																									
PROCTOR MODIFICADO	1557																								
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.159																								
ÓPTIMO CONTENIDO DE (%)	6.6																								
95% DE LA MAXIMA (gr/cm³)	2.051																								
PORCENTAJE DEL CBR																									
C.B.R. AL 95% DE	0.1"	73.7	0.2"	110.6																					
C.B.R. AL 100% DE	0.1"	140.8	0.2"	189.7																					
Observaciones : DIÁMETRO DEL PISTÓN = 4.98 cm ÁREA DEL PISTÓN = 19.48 cm² *NS: No Saturado **S: Saturado																									
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.																									

Anexo 12.1.2.6.e Ensayo C.B.R. de la base granular existente km. 306+000. Fuente: Propia

12.1.3 Ensayos a la subbase granular existente

12.1.3.1 Calicata del km. 215+000

a) Clasificación

Anexo 12.1.3.1.a Clasificación de la subbase granular existente km. 215+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la subbase granular existente km. 215+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		FECHA : 7/04/2016	
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO			
UBICACIÓN : Km.: 215+000			
ENSAYO N°	1	2	3
N°DE TARA	T-45	T-24	T-21
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	1571.3	1829.9	1803.9
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1512.6	1766.3	1745.6
PESO DE LA TARA (gr)	79.8	263.8	257.3
PESO DEL AGUA (gr)	58.7	63.6	58.3
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1432.8	1502.5	1488.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.1	4.2	3.9
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	4.1		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.3.1.b Humedad natural de la subbase granular existente km. 215+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 215+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA				
DATOS DE LA MUESTRA				
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO			FECHA : 7/04/2016	
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO				
UBICACIÓN : Km.: 215+000				
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA		T-03	T-04	T-05
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	47.94	50.67	50.49
PSO TARA + SUELO SECO	(gr)	44.78	47.33	47.00
PESO DEL AGUA	(gr)	3.16	3.34	3.49
PESO DE LA TARA	(gr)	21.70	23.90	23.80
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	23.08	23.43	23.20
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	13.69	14.26	15.04
NÚMERO DE GOLPES		30	22	14
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

LÍMITE LÍQUIDO (%)	14
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.3.1.c Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 215+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la subbase granular existente km. 215+000

Anexo 12.1.3.1.d Proctor modificado método "C" de la subbase granular existente km. 215+000. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 215+000

Anexo 12.1.3.1.e Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 215+000. Fuente: Propia

12.1.3.2 Calicata del km. 216+000

a) Clasificación de la subbase granular existente km. 216+000

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN NIP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA							
DATOS DE LA MUESTRA							
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA					MUESTRA	: SubBase
CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO					FECHA	: 7/04/2016
TRAMO	: 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO						
UBICACIÓN	: Km.: 216+000						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULA	% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000						Peso de la Muestra
4"	101.600						Peso Total de la Muestr. (gr.): 16320.0
3"	76.200						Material Fino < N°4 (gr.): 6866
2 1/2"	60.350	0.0					Material Grueso > N°4 (gr.): 9454
2"	50.800	0.0			100.0		Fracción Material < N°4 (gr.): 868.4
1 1/2"	38.100	195.0	1.2	1.2	98.8		Límites de Consistencia
1"	25.400	1614.0	9.9	11.1	88.9		Límite Líquido (%): 17
3/4"	19.000	1226.0	7.5	18.6	81.4		Límite Plástico (%): NP
1/2"	12.500	2512.0	15.4	34.0	66.0		Índice Plástico (%): NP
3/8"	9.500	1315.0	8.1	42.0	58.0		Clasificación de Suelo
N°4	4.750	2592.0	15.9	57.9	42.1		Clasificación SUCS : GP-GM
N°10	2.000	195.6	9.5	67.4	32.6		Clasificación AASH : A-1-a (0)
N°20	0.840	173.7	8.4	75.8	24.2		Humedad Natural (%): 6.1
N°40	0.425	151.6	7.3	83.2	16.8		
N°50	0.300	73.0	3.5	86.7	13.3		
N°100	0.150	117.0	5.7	92.4	7.6		
N°200	0.075	51.2	2.5	94.9	5.1		
<N°200	FONDO	106.3	5.1	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA

El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje vertical representando el 'Porcentaje que pasa (%)' de 0 a 100, y el eje horizontal representando la 'Abertura (mm)' en una escala logarítmica de 0.01 a 100. Se incluyen líneas de referencia para los tamices N° 200, 100, 80, 50, 40, 30, 20, 10, 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", y 5". Los datos de la muestra se representan por puntos azules y una línea de tendencia suave.

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.3.2.a Clasificación de la subbase granular existente km. 216+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la subbase granular existente km. 216+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		MUESTRA : SubBase	
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		FECHA : ###	
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO			
UBICACIÓN : Km.: 216+000			
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-15	T-35	T-40
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1999.60	1529.1	1768.1
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1907.80	1452.2	1673.8
PESO DE LA TARA (gr)	402.50	166.3	147.3
PESO DEL AGUA (gr)	9180	76.9	94.3
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1505.30	1285.9	1526.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.10	6.0	6.2
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	6.1		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 [Sc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim			

Anexo 12.1.3.2.b Humedad natural de la subbase granular existente km. 216+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 216+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E110 - MTC E111, ASTM D 4318, AASHTO T89 - T90 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			MUESTRA	: SubBase
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO			FECHA	: 42467
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO				
UBICACIÓN : Km.: 216+000				
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA		T-03	T-04	T-05
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	53.97	56.96	58.44
PSO TARA + SUELO SECO	(gr)	49.27	52.02	53.00
PESO DEL AGUA	(gr)	4.70	4.94	5.44
PESO DE LA TARA	(gr)	21.70	23.90	23.80
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	27.57	28.12	29.20
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	17.05	17.57	18.63
NÚMERO DE GOLPES		31	22	14
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			NP

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

10

25

100

Número de Golpes

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

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.3.2.c Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 216+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la subbase granular existente km. 216+000

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTODO 'C' NTP 339.141, MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA					
DATOS DE LA MUESTRA					
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	MUESTRA : SubBase			
CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO	FECHA : 7/04/2016			
TRAMO	: 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO				
UBICACIÓN	: Km.: 216+000				
Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)		10873	11105	11285	11273
Peso molde + base (gr)		6500	6500	6500	6500
Peso suelo húmedo compactado (gr)		4373	4605	4785	4773
Volumen del molde (cm³)		2126	2126	2126	2126
Peso volumétrico húmedo (gr/cm³)		2.057	2.166	2.251	2.245
Tara N°		T-14	T-10	T-05	T-03
Peso del suelo húmedo + tara (gr)		1255.3	1187.5	1078.6	1167.8
Peso del suelo seco + tara (gr)		1226.4	1147.8	1031.7	1100.0
Peso de Tara (gr)		312.5	360.1	371.0	372.6
Peso de agua (gr)		28.9	39.7	46.9	67.8
Peso del suelo seco (gr)		913.9	787.7	660.7	727.4
Contenido de agua (%)		3.2	5.0	7.1	9.3
Peso volumétrico seco (gr/cm³)		1.994	2.062	2.102	2.054
Densidad máxima (gr/cm³)				2.102	
Húmedad óptima (%)				7.300	

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.3.2.d Proctor modificado método "C" de la subbase granular existente km. 216+000. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 216+000

Anexo 12.1.3.2.e Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 216+000. Fuente: Propia

12.1.3.3 Calicata del km. 217+000

a) Clasificación de la subbase granular existente km. 217+000

Anexo 12.1.3.3.a Clasificación de la subbase granular existente km. 217+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la subbase granular existente km. 217+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL			
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108, ASTM D 2216			
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		MUESTRA : SubBase	
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		FEC: 42467	
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO			
UBICACIÓN : Km.: 217+000			
ENSAYO N°	1	2	3
N°DE TARA	T-15	T-13	T-33
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1630.9	1527.9	1437.8
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1587.4	1483.2	1391.5
PESO DE LA TARA (gr)	402.5	308.2	134.2
PESO DEL AGUA (gr)	43.5	44.7	46.3
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1184.9	1175.0	1257.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.7	3.8	3.7
MEADAD NATURAL PROMED (%)	3.7		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.3.3.b Humedad natural de la subbase granular existente km. 217+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 217+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40
MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA

MUESTRA : SubBase

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO

FECHA : 7/04/2016

TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO

UBICACIÓN : Km.: 217+000

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N° DE TARA	T-09	T-10	T-11
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	44.22	43.58	45.66
PSO TARA + SUELO SECO (gr)	41.06	40.19	42.13
PESO DEL AGUA (gr)	3.16	3.39	3.53
PESO DE LA TARA (gr)	17.90	16.40	18.40
PESO DE L SUELO SECO (gr)	23.16	23.79	23.73
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.64	14.25	14.88
NÚMERO DE GOLPES	30	22	14

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

17
16
15
14
13
12
11
10

1025100

Contenido de humedad d(%)

Número de Golpes

CONSTANTES FÍSICAS

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	14
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.3.3.c Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 217+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la subbase granular existente km. 217+000

Anexo 12.1.3.3.d Proctor modificado método "C" de la subbase granular existente km. 217+000. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 217+000

Anexo 12.1.3.3.e Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 217+000. Fuente: Propia

12.1.3.4 Calicata del km. 218+000

a) Clasificación de la subbase granular existente km. 218+000

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN NTP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA							
DATOS DE LA MUESTRA							
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA				MUESTRA : SubBase			
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO				FECHA : 7/04/2016			
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO							
UBICACIÓN : Km.: 218+000							
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULA	% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000						Peso de la Muestra
4"	101.600						Peso Total de la Muestra (gr.): 16198.0
3"	76.200						Material Fino < N°4 (gr.): 8113
2 1/2"	60.350						Material Grueso > N°4 (gr.): 8085
2"	50.800				100.0		Fracción Material < N°4 (gr.): 628.4
1 1/2"	38.100	150.0	0.9	0.9	99.1		Límites de Consistencia
1"	25.400	705.0	4.4	5.3	94.7		Límite Líquido (%): 14
3/4"	19.000	1155.0	7.1	12.4	87.6		Límite Plástico (%): NP
1/2"	12.500	2130.0	13.1	25.6	74.4		Índice Plástico (%): NP
3/8"	9.500	1265.0	7.8	33.4	66.6		Clasificación de Suelo
N°4	4.750	2680.0	16.5	49.9	50.1		Clasificación SUCS : GP
N°10	2.000	144.9	11.5	61.5	38.5		Clasificación AASH : A-1-a (0)
N°20	0.840	115.0	9.2	70.6	29.4		Humedad Natural (%): 4.2
N°40	0.425	116.4	9.3	79.9	20.1		
N°50	0.300	63.1	5.0	84.9	15.1		
N°100	0.150	102.2	8.1	93.1	6.9		
N°200	0.075	36.1	2.9	96.0	4.0		
<N°200	FONDO	50.7	4.0	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.3.4.a Clasificación de la subbase granular existente km. 218+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la subbase granular existente km. 218+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		MUESTRA : SubBase	
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		FECHA : 7/04/2016	
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO			
UBICACIÓN : Km.: 218+000			
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-23	T-23	T-02
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1257.60	1178.2	1156.4
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1217.10	1141.9	1123.0
PESO DE LA TARA (gr)	252.50	252.5	324.9
PESO DEL AGUA (gr)	40.50	36.3	33.4
PESO DE L SUELO SECO (gr)	964.60	889.4	798.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.20	4.1	4.2
MEADAD NATURAL PROMED (%)	4.2		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.3.4.b Humedad natural de la subbase granular existente km. 218+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 218+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40
MTC E110 - MTC E111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO
UBICACIÓN : Km.: 218+000

MUESTRA : SubBase
FECHA : 7/04/2016

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N°DE TARA	T-15	T-16	T-17	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	45.86	46.97	45.57	
PSO TARA + SUELO SECO (gr)	42.65	43.56	41.90	
PESO DEL AGUA (gr)	3.21	3.41	3.67	
PESO DE LA TARA (gr)	19.50	20.10	18.10	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	23.15	23.46	23.80	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.87	14.54	15.42	
NÚMERO DE GOLPES	30	21	13	

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

Anexo 12.1.3.4.c Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 218+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la subbase granular existente km. 218+000

Anexo 12.1.3.4.d Proctor modificado método "C" de la subbase granular existente km. 218+000. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 218+000

Anexo 12.1.3.4.e Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 218+000. Fuente: Propia

12.1.3.5 Calicata del km. 226+450

a) Clasificación de la subbase granular existente km. 226+450

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
NTP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88						
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA						
DATOS DE LA MUESTRA						
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA						
CONCEPTO : EMS PARA DISEÑO DEL RAP					PROFUNDIDAD : 0.225 a 0.375 m	
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO					MUESTRA : SubBase	
UBICACIÓN : Km.: 226+450					FECHA : 7/04/2016	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2"	50.800				100.0	Peso de la Muestra
1 1/2"	38.100	768.0	1.9	4.5	97.4	Peso Total de la Mues (gr.) : 40341.0
1"	25.400	2879.0	7.1	11.7	95.5	Material Fino < N°4 (gr.) : 20506
3/4"	19.000	2448.0	6.1	17.7	88.3	Material Grueso > N°4 (gr.) : 19835
1/2"	12.500	4112.0	10.2	27.9	82.3	Fracción Material < N (gr.) : 1035.6
3/8"	9.500	2700.0	6.7	34.6	72.1	
N°4	4.750	5866.0	14.5	49.2	65.4	Límites de Consistencia
N°10	2.000	177.5	8.7	57.9	50.8	Límite Líquido (%) : 19
N°20	0.840	219.2	10.8	68.6	42.1	Límite Plástico (%) : NP
N°40	0.425	194.4	9.5	78.2	31.4	Índice Plástico (%) : NP
N°50	0.300	89.1	4.4	82.6	21.8	Clasificación de Suelo
N°100	0.150	138.3	6.8	89.3	17.4	Clasificación SUCS : GP-GM
N°200	0.075	64.0	3.1	92.5	10.7	Clasificación AASH : A-1-a (0)
< N°200	FONDO	153.1	7.5	100.0	7.5	Humedad Natural (%) : 6.5

CURVA GRANULOMÉTRICA	

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.3.5.a Clasificación de la subbase granular existente km. 226+450. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la subbase granular existente km. 226+450

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			
CONCEPTO	: EMS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO	PROFUNDIDAD	: 0.225 a 0.375 m
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO	MUESTRA	: SubBase
UBICACIÓN	: Km.: 226+450	FECHA	: 7/04/2016
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-15	T-10	T-09
PESO TARA + SUELO HUMED (gr)	1155.6	1245.3	1266.3
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1110.5	1195.6	1210.0
PESO DE LA TARA (gr)	402.5	360.1	414.4
PESO DEL AGUA (gr)	45.1	49.7	56.3
PESO DE L SUELO SECO (gr)	708.0	835.5	795.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.4	5.9	7.1
HUMEDAD NATURAL PROM (%)	6.5		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.3.5.b Humedad natural de la subbase granular existente km. 226+450. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 226+450

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40				
MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90				
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA				
CONCEPTO : EMS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		PROFUNDIDAD : 0.225 a 0.375 m		
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO		MUESTRA : SubBase		
UBICACIÓN : Km.: 226+450		FECHA : 7/04/2016		
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA		T-05	T-06	T-07
PESO TARA + SUELO HÚME	(gr)	44.59	36.71	39.26
PSO TARA + SUELO SECO	(gr)	41.36	33.25	35.68
PESO DEL AGUA	(gr)	3.23	3.46	3.58
PESO DE LA TARA	(gr)	23.80	15.40	18.30
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	17.56	17.85	17.38
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	18.39	19.38	20.60
NÚMERO DE GOLPES		30	22	14
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			NP

23

22

21

20

19

18

17

10

25

Número de Golpes

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

Número de Golpes	Contenido de humedad d (%)
10	21.0
15	20.5
20	19.8
25	19.38
30	18.8

CONSTANTES FÍSICAS

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	19
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.3.5.c Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 226+450. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la subbase granular existente km. 226+450

Anexo 12.1.3.5.d Proctor modificado método "C" de la subbase granular existente km. 226+450. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 226+450

Anexo 12.1.3.5.e Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 226+450. Fuente:

Propia

12.1.3.6 Calicata del km. 305+000

a) Clasificación de la subbase granular existente km. 305+000

Anexo 12.1.3.6.a Clasificación de la subbase granular existente km. 305+000. Fuente:

Propia

b) Humedad natural de la subbase granular existente km. 305+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		MUESTRA : SubBase	
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		FECHA : 26/04/2016	
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - LOMA DE TORO			
UBICACIÓN : Km.:305+000			
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-21	T-13	T-09
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	1344.0	1330.2	1337.6
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1284.5	1271.4	1288.6
PESO DE LA TARA (gr)	257.3	308.2	414.4
PESO DEL AGUA (gr)	59.5	58.8	49.0
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1027.2	963.2	874.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.8	6.1	5.6
MEADAD NATURAL PROMED (%)	5.8		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.3.6.b Humedad natural de la subbase granular existente km. 305+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 305+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40
MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA

MUESTRA : SubBase

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO

FECHA : 26/04/2016

TRAMO : 4 - DESAGUADERO - LOMA DE TORO

UBICACIÓN : Km.:305+000

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N° DE TARA	T-22	T-15	T-25	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	38.93	42.87	41.04	
PSO TARA + SUELO SECO (gr)	35.33	39.05	37.17	
PESO DEL AGUA (gr)	3.60	3.82	3.87	
PESO DE LA TARA (gr)	16.10	19.50	18.50	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	19.23	19.55	18.67	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.72	19.54	20.73	
NÚMERO DE GOLPES	30	22	15	

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				NP

23

22

21

20

19

18

17

Contenido de humedad (%)

10

25

Número de Golpes

100

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

CONSTANTES FÍSICAS

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	19
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.3.6.c Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 305+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la base granular existente km. 305+000

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTODO 'C' NTP 339.141, MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA					
DATOS DE LA MUESTRA					
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			MUESTRA : SubBase	
CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO			FECHA : 26/04/2016	
TRAMO	: 4 - DESAGUADERO - LOMA DE TORO				
UBICACIÓN	: Km.:305+000				

Ensayo N°	1	2	3	4	
Número de Capas	5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde (gr)	11318	11549	11692	11572	
Peso molde + base (gr)	6723	6723	6723	6723	
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4595	4826	4969	4849	
Volumen del molde (cm³)	2132	2132	2132	2132	
Peso volumétrico húmedo (gr/cm³)	2.155	2.264	2.331	2.274	
Tara N°	T-05	T-07	T-03	T-04	
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	1085.3	1015.1	1059.6	1038.5	
Peso del suelo seco + tara (gr)	1061.6	982.2	1010.4	980.0	
Peso de Tara (gr)	371.0	357.4	372.6	357.2	
Peso de agua (gr)	23.7	32.9	49.2	58.5	
Peso del suelo seco (gr)	690.6	624.8	637.8	622.8	
Contenido de agua (%)	3.4	5.3	7.7	9.4	
Peso volumétrico seco (gr/cm³)	2.084	2.150	2.164	2.079	

Densidad máxima (gr/cm³)	2.174
Húmedad óptima (%)	6.8

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Guillermo Lazo Lázaro
 Ingeniero Civil CIP 53358
 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.3.6.d Proctor modificado método "C" de la subbase granular existente km. 305+000. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 305+000

Anexo 12.1.3.6.e Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 305+000. Fuente: Propia

12.1.3.7 Calicata del km. 306+000

a) Clasificación de la subbase granular existente km. 306+000

Anexo 12.1.3.7.a Clasificación de la subbase granular existente km. 306+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la subbase granular existente km. 306+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		MUESTRA : SubBase	
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		FECHA : 25/04/2016	
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - LOMA DE TORO			
UBICACIÓN : Km.:306+000			
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-17	T-20	T-32
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	2028.8	1871.0	1709.5
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1938.0	1786.8	1624.9
PESO DE LA TARA (gr)	315.9	263.7	148.0
PESO DEL AGUA (gr)	90.8	84.2	84.6
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1622.1	1523.1	1476.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.6	5.5	5.7
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	5.6		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.3.7.b Humedad natural de la subbase granular existente km. 306+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 306+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40
MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA

MUESTRA : SubBase

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO

FECHA : 25/04/2016

TRAMO : 4 - DESAGUADERO - LOMA DE TORO

UBICACIÓN : Km.:306+000

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N° DE TARA	T-05	T-07	T-09	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	48.13	43.16	43.56	
PSO TARA + SUELO SECO (gr)	44.36	39.17	39.25	
PESO DEL AGUA (gr)	3.77	3.99	4.31	
PESO DE LA TARA (gr)	23.80	18.30	17.90	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	20.56	20.87	2135	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.34	19.12	20.19	
NÚMERO DE GOLPES	30	22	14	

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

19

CONSTANTES FÍSICAS

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	19
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.3.7.c Límites de consistencia de la subbase granular existente km. 306+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la subbase granular existente km. 306+000

Anexo 12.1.3.7.d Proctor modificado método "C" de la subbase granular existente km. 306+000. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 306+000

Anexo 12.1.3.7.e Ensayo C.B.R. de la subbase granular existente km. 306+000. Fuente: Propia

12.1.4 Ensayos a la subrasante existente

12.1.4.1 Calicata del km. 215+000

a) Clasificación

Anexo 12.1.4.1.a Clasificación de la subrasante existente km. 215+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la subrasante existente km. 215+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		MUESTRA : SubRasante	
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		FECHA : 7/04/2016	
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO			
UBICACIÓN : Km.: 215+000			
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-11	T-32	T-18
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1889.3	1863.4	1885.4
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1822.0	1790.9	1816.3
PESO DE LA TARA (gr)	315.7	148.0	320.9
PESO DEL AGUA (gr)	67.3	72.5	69.1
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1506.3	1642.9	1495.4
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.5	4.4	4.6
HUMEDAD NATURAL PROMEDIC (%)	4.5		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.4.1.b Humedad natural de la subrasante existente km. 215+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subrasante existente km. 215+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40
MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTI: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA

MUESTRA : SubRasante

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO

FECHA : 7/04/2016

TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO

UBICACIÓN : Km.: 215+000

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N° DE TARA	T-06	T-07	T-08	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	40.86	44.40	45.28	
PSO TARA + SUELO SECO (gr)	37.60	40.93	41.54	
PESO DEL AGUA (gr)	3.26	3.47	3.74	
PESO DE LA TARA (gr)	15.40	18.30	18.60	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	22.20	22.63	22.94	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.68	15.33	16.30	
NÚMERO DE GOLPES	29	21	13	

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				NP

18

17

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

1025100

Número de Golpes

CONSTANTES FÍSICAS

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	15
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.4.1.c Límites de consistencia de la subrasante existente km. 215+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 215+000

Anexo 12.1.4.1.d Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 215+000.
Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 215+000

Anexo 12.1.4.1.e Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 215+000. Fuente: Propia

12.1.4.2 Calicata del km. 216+000

a) Clasificación de la subrasante existente km. 216+000

Anexo 12.1.4.2.a Clasificación de la subrasante existente km. 216+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la subrasante existente km. 216+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		MUESTRA : SubRasante	
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		FECHA : 7/04/2016	
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO			
UBICACIÓN : Km.: 216+000			
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-15	T-15	T-15
PESO TARA + SUELO HUM EDO (gr)	1599.60	1825.60	1756.30
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1525.60	1745.60	1675.60
PESO DE LA TARA (gr)	432.20	402.50	402.50
PESO DEL AGUA (gr)	74.00	80.00	80.70
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1093.40	1343.10	1273.10
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.77	5.96	6.34
UMEDAD NATURAL PROMEDI (%)	6.4		
Guillermo Lazmo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos v Pavim.			

Anexo 12.1.4.2.b Humedad natural de la subrasante existente km. 216+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subrasante existente km. 216+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		MUESTRA : SubRasante		
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		FECHA : 7/04/2016		
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO				
UBICACIÓN : Km.: 216+000				
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA		T-10	T-12	T-06
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	54.21	48.66	47.21
PSO TARA + SUELO SECO	(gr)	48.00	42.88	41.55
PESO DEL AGUA	(gr)	6.21	5.78	5.66
PESO DE LA TARA	(gr)	16.40	14.10	15.40
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	31.60	28.78	26.15
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.65	20.08	21.64
NÚMERO DE GOLPES		33	24	16
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
CONTENIDO DE HUMEDAD		(%)		NP

24

23

22

21

20

19

18

Contenido de humedad (%)

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

Número de Golpes	Contenido de humedad (%)
10	21.64
25	20.08
33	19.65
40	19.00
50	18.50

1025Número de Golpes100

CONSTANTES FÍSICAS

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	20
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.4.2.c Límites de consistencia de la subrasante existente km. 216+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 216+000

Anexo 12.1.4.2.d Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 216+000.
Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 216+000

Anexo 12.1.4.2.e Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 216+000. Fuente: Propia

12.1.4.3 Calicata del km. 217+000

a) Clasificación de la subrasante existente km. 217+000

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN NTP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA							
DATOS DE LA MUESTRA							
SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA				MUESTRA : SubRasante			
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO				FECHA : 7/04/2016			
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO							
UBICACIÓN : Km.: 217+000							
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULA	% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000						Peso de la Muestra
4"	101.600						Peso Total de la Muestra: (gr.) : 23662.0
3"	76.200						Material Fino < N°4 (gr.) : 15082
2 1/2"	60.350						Material Grueso > N°4 (gr.) : 8580
2"	50.800				100.0		Fracción Material < N°4 (gr.) : 598.8
1 1/2"	38.100	90.0	0.4	0.4	99.6		Límites de Consistencia
1"	25.400	430.0	1.8	2.2	97.8		Límite Líquido (% : 14
3/4"	19.000	1200.0	5.1	7.3	92.7		Límite Plástico (% : NP
1/2"	12.500	2340.0	9.9	17.2	82.8		Índice Plástico (% : NP
3/8"	9.500	1250.0	5.3	22.4	77.6		Clasificación de Suelo
N°4	4.750	3270.0	13.8	36.3	63.7		SUCS : SP
N°10	2.000	125.1	13.3	49.6	50.4		AASHTO : A-1-b (0)
N°20	0.840	130.0	13.8	63.4	36.6		Humedad Natural (% : 8.0
N°40	0.425	137.4	14.6	78.0	22.0		
N°50	0.300	67.8	7.2	85.3	14.7		
N°100	0.150	85.1	9.1	94.3	5.7		
N°200	0.075	23.3	2.5	96.8	3.2		
< N°200	FONDO	30.1	3.2	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA

El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje vertical representando el 'Porcentaje que pasa (%)' de 0 a 100, y el eje horizontal representando la 'Abertura (mm)' en una escala logarítmica de 0.01 a 100. Se incluyen líneas de referencia para los tamices N° 200, 100, 80, 50, 40, 30, 20, 10, 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", y 5". Los datos de la muestra se representan por puntos azules y una línea de tendencia azul.

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.4.3.a Clasificación de la subrasante existente km. 217+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la subrasante existente km. 217+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		MUESTRA : SubRasante	
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		FECHA : 7/04/2016	
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO			
UBICACIÓN : Km.: 217+000			
ENSAYO N°	1	2	
N°DE TARA	T-24	T-17	T-35
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	1362.30	1329.4	1227.4
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1280.70	1252.4	1149.9
PESO DE LA TARA (gr)	263.80	315.9	166.3
PESO DEL AGUA (gr)	81.60	77.0	77.5
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1016.90	936.5	983.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.02	8.2	7.9
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	8.0		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.4.3.b Humedad natural de la subrasante existente km. 217+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subrasante existente km. 217+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40
MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	MUESTRA	: SubRasante
CONCEPTO	: ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO	FECHA	: 7/04/2016
TRAMO	: 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO		
UBICACIÓN	: Km.: 217+000		

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N° DE TARA		T-21	T-22	T-23	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	46.12	42.80	46.61	
PSO TARA + SUELO SECO	(gr)	42.95	39.46	43.05	
PESO DEL AGUA	(gr)	3.17	3.34	3.56	
PESO DE LA TARA	(gr)	19.80	16.10	19.60	
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	23.15	23.36	23.45	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	13.69	14.30	15.18	
NÚMERO DE GOLPES		29	21	13	

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)				NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

The chart is a semi-logarithmic plot with the Y-axis representing 'Contenido de humedad (%)' ranging from 2 to 17, and the X-axis representing 'Número de Golpes' on a log scale from 10 to 100. A blue line with data points shows the relationship. A red dashed horizontal line is drawn at 4% humidity, and a red dashed vertical line is drawn at 25 blows. The intersection of these lines on the blue curve indicates the Liquid Limit (LL) is 14%.

CONSTANTES FÍSICAS

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	14
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.4.3.c Límites de consistencia de la subrasante existente km. 217+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 217+000

Anexo 12.1.4.3.d Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 217+000.
Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 217+000

Anexo 12.1.4.3.e Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 217+000. Fuente: Propia

12.1.4.4 Calicata del km. 218+000

a) Clasificación de la subrasante existente km. 218+000

Anexo 12.1.4.4.a Clasificación de la subrasante existente km. 218+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la subrasante existente km. 218+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		MUESTRA : SubRasante	
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		FECHA : 7/04/2016	
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO			
UBICACIÓN : Km.: 218+000			
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-04	T-08	T-06
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1500.00	1555.2	1421.6
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1425.30	1565.0	1355.0
PESO DE LA TARA (gr)	425.60	395.6	400.5
PESO DEL AGUA (gr)	74.70	90.2	66.6
PESO DE L SUELO SECO (gr)	999.70	1169.4	954.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.47	7.7	7.0
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	7.4		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.4.4.b Humedad natural de la subrasante existente km. 218+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subrasante existente km. 218+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		MUESTRA : SubRasante		
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		FECHA : 7/04/2016		
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO				
UBICACIÓN : Km.: 218+000				
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA		T-05	T-08	T-10
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	45.33	40.21	39.55
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	41.88	36.60	35.45
PESO DEL AGUA	(gr)	3.45	3.61	4.10
PESO DE LA TARA	(gr)	23.80	18.60	16.40
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	18.08	18.00	19.05
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.08	20.06	21.52
NÚMERO DE GOLPES		28	23	14
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

CONSTANTES FÍSICAS		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	20
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.4.4.c Límites de consistencia de la subrasante existente km. 218+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 218+000

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTODO 'C' NTP 339.141, MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA					
DATOS DE LA MUESTRA					
SOLICITANTE	SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			MUESTRA	SubRasante
CONCEPTO	ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO			FECHA	7/04/2016
TRAMO	3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO				
UBICACIÓN	Km.: 218+000				
Ensayo N°	1	2	3	4	
Número de Capas	5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde (gr)	10888	11100	11201	11185	
Peso molde + base (gr)	6500	6500	6500	6500	
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4388	4600	4701	4685	
Volumen del molde (cm³)	2126	2126	2126	2126	
Peso volumétrico húmedo (gr/cm³)	2.064	2.164	2.211	2.204	
Tara N°	T-04	T-05	T-01	T-03	
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	1245.6	1233.6	1125.3	1171.5	
Peso del suelo seco + tara (gr)	1212.0	1186.0	1068.5	1095.0	
Peso de Tara (gr)	357.2	371.0	353.1	372.6	
Peso de agua (gr)	33.6	47.6	56.8	76.5	
Peso del suelo seco (gr)	854.8	815.0	715.4	722.4	
Contenido de agua (%)	3.9	5.8	7.9	10.6	
Peso volumétrico seco (gr/cm³)	1.986	2.044	2.049	1.993	
				Densidad máxima (gr/cm³)	2.053
				Húmedad óptima (%)	7.00

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.4.4.d Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 218+000.
Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 218+000

Anexo 12.1.4.4.e Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 218+000. Fuente: Propia

12.1.4.5 Calicata del km. 226+450

a) Clasificación de la subrasante existente km. 226+450

Anexo 12.1.4.5.a Clasificación de la subrasante existente km. 226+450. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la subrasante existente km. 226+450

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL			
MTC E 108, AS'IM D 2216			
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			
CONCEPTO	: EMS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO	PROFUNDIDAD	: 0.375 a 0.775 m
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO	MUESTRA	: SubRasante
UBICACIÓN	: Km.: 226+450	FECHA	: 7/04/2016
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-32	T-22	T-25
PESO TARA + SUELO HÚMED (gr)	992.9	1120.0	1091.9
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	958.8	1084.1	1059.2
PESO DE LA TARA (gr)	148.0	255.9	259.2
PESO DEL AGUA (gr)	34.1	35.9	32.7
PESO DE L SUELO SECO (gr)	810.8	828.2	800.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.2	4.3	4.1
HUMEDAD NATURAL PROM (%)	4.2		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.4.5.b Humedad natural de la subrasante existente km. 226+450. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subrasante existente km. 226+450

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA				
CONCEPTO : EMS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO			PROFUNDIDAD	: 0.375 a 0.775 m
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO			MUESTRA	: SubRasante
UBICACIÓN : Km.: 226+450			FECHA	: 7/04/2016
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA		T-09	T-10	T-11
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	39.30	38.25	40.01
PSO TARA + SUELO SECO	(gr)	35.99	34.70	36.34
PESO DEL AGUA	(gr)	3.31	3.55	3.67
PESO DE LA TARA	(gr)	17.90	16.40	18.40
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	18.09	18.30	17.94
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	18.30	19.40	20.46
NÚMERO DE GOLPES		30	22	14
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			NP

Anexo 12.1.4.5.c Límites de consistencia de la subrasante existente km. 226+450. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 226+450

Anexo 12.1.4.5.d Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 226+450.
Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 226+450

Anexo 12.1.4.5.e Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 226+450. Fuente: Propia

a) Clasificación de la subrasante existente km. 305+000

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN NTP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA							
DATOS DE LA MUESTRA							
SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA						MUESTRA : SubRasante	
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO						FECHA : 7/04/2016	
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - LOMA DE TORO							
UBICACIÓN : Km.:305+000							
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULAD O	% QUE PASA	ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000						<u>Peso de la Muestra</u>
4"	101600						Peso Total de la Muestra (gr.) : 10550.0
3"	76.200						Material Fino < N°4 (gr.) : 6573
2 1/2"	60.350	0.0					Material Grueso > N°4 (gr.) : 3977
2"	50.800	0.0			100.0		Fracción Material < N°4 (gr.) : 650.0
1 1/2"	38.100	706.9	6.7	6.7	93.3		<u>Límites de Consistencia</u>
1"	25.400	854.5	8.1	14.8	85.2		Límite Líquido (%) : 20
3/4"	19.000	422.0	4.0	18.8	81.2		Límite Plástico (%) : NP
1/2"	12.500	844.0	8.0	26.8	73.2		Índice Plástico (%) : NP
3/8"	9.500	284.9	2.7	29.5	70.5		<u>Clasificación de Suelo</u>
N°4	4.750	865.1	8.2	37.7	62.3		Clasificación SUCS : SM
N°10	2.000	31.3	3.0	40.7	59.3		Clasificación AASHT : A-2-4 (0)
N°20	0.840	32.3	3.1	43.8	56.2		Humedad Natural (%) : 7.5
N°40	0.425	40.7	3.9	47.7	52.3		
N°50	0.300	42.8	4.1	51.8	48.2		
N°100	0.150	225.4	21.6	73.4	26.6		
N°200	0.075	104.3	10.0	83.4	16.6		
<N°200	FONDO	173.2	16.6	100.0	0.0		

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.4.6.a Clasificación de la subrasante existente km. 305+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la subrasante existente km. 305+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTI: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		MUESTRA : SubRasante	
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		FECHA : 7/04/2016	
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - LOMA DE TORO			
UBICACIÓN : Km.:305+000			
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-22	T-24	T-22
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	1255.00	1355.0	1544.0
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1188.00	1275.0	1455.0
PESO DE LA TARA (gr)	255.90	263.8	255.9
PESO DEL AGUA (gr)	67.00	80.0	89.0
PESO DE L SUELO SECO (gr)	932.10	1011.2	1199.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.19	7.9	7.4
MEADAD NATURAL PROMED (%)	7.5		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.4.6.b Humedad natural de la subrasante existente km. 305+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subrasante existente km. 305+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40
MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T89 - T90
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA

MUESTRA : SubRasante

CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO

FECHA : 7/04/2016

TRAMO : 4 - DESAGUADERO - LOMA DE TORO

UBICACIÓN : Km.:305+000

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N°DE TARA	T-110	T-112	T-113	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	34.22	34.57	34.74	
PSO TARA + SUELO SECO (gr)	30.88	31.06	31.04	
PESO DEL AGUA (gr)	3.34	3.51	3.70	
PESO DE LA TARA (gr)	13.84	13.91	13.92	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	17.04	17.15	17.12	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19.60	20.47	21.61	
NÚMERO DE GOLPES	28	20	13	

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

1025100

Contenido de humedad (%)

Número de Golpes

CONSTANTES FÍSICAS

LÍMITE LÍQUIDO (%)	20
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.4.6.c Límites de consistencia de la subrasante existente km. 305+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 305+000

Anexo 12.1.4.6.d Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 305+000.
Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 305+000

Anexo 12.1.4.6.e Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 305+000. Fuente: Propia

12.1.4.7 Calicata del km. 306+000

a) Clasificación de la subrasante existente km. 306+000

Anexo 12.1.4.7.a Clasificación de la subrasante existente km. 306+000. Fuente: Propia

b) Humedad natural de la subrasante existente km. 306+000

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		MUESTRA : SubRasante	
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO		FECHA : 7/04/2016	
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - LOMA DE TORO			
UBICACIÓN : Km.:306+000			
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-11	T-15	T-17
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1255.3	1355.2	1255.3
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1195.0	1290.0	1195.0
PESO DE LA TARA (gr)	315.7	402.5	315.9
PESO DEL AGUA (gr)	60.3	65.2	60.3
PESO DE L SUELO SECO (gr)	879.3	887.5	879.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.9	7.3	6.9
HUMEDAD NATURAL PROMED (%)	7.0		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.1.4.7.b Humedad natural de la subrasante existente km. 306+000. Fuente: Propia

c) Límites de consistencia de la subrasante existente km. 306+000

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40
MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90
LABORATORIO ESPECIALIZADO DE COSAPI SA

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	MUESTRA :	SubRasante
CONCEPTO : ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO	FECHA :	#####
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - LOMA DE TORO		
UBICACIÓN : Km.:306+000		

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N° DE TARA		T-122	T-123	T-124	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	36.88	36.76	37.14	
PSO TARA + SUELO SECO	(gr)	32.88	32.56	32.69	
PESO DEL AGUA	(gr)	4.00	4.20	4.45	
PESO DE LA TARA	(gr)	13.99	13.90	13.95	
PESO DE L SUELO SECO	(gr)	18.89	18.66	18.74	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	21.18	22.51	23.75	
NÚMERO DE GOLPES		32	20	13	

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)				NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

The chart is a semi-logarithmic plot. The vertical axis (Y-axis) is labeled 'Contenido de humedad (%)' and ranges from 0 to 26. The horizontal axis (X-axis) is labeled 'Número de Golpes' and is on a logarithmic scale with major ticks at 10, 25, and 100. A solid blue line represents the best-fit line for the data points. A horizontal dashed red line is drawn at approximately 18.5% on the Y-axis. A vertical dashed red line is drawn at 25 on the X-axis. The intersection of the best-fit line and the vertical dashed line is marked with a red dot, and a horizontal dashed red line extends from this point to the Y-axis at approximately 22.5%.

CONSTANTES FÍSICAS

LÍMITE LÍQUIDO	(%)	22
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	NP

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.3.7.c Límites de consistencia de la subrasante existente km. 306+000. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 306+000

Anexo 12.1.3.7.d Proctor modificado método "C" de la subrasante existente km. 306+000.
Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 306+000

Anexo 12.1.3.7.e Ensayo C.B.R. de la subrasante existente km. 306+000. Fuente: Propia

b) Determinación de humedad natural

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CASO : ESC 1 (e=15 cm)	
CONCEPTO : DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE		FECHA : 3/05/2017	
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO			
MUESTRA : 50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE			
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-04	T-06	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	811.3	843.6	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	796.2	828.3	
PESO DE LA TARA (gr)	355.3	360.2	
PESO DEL AGUA (gr)	15.1	15.3	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	440.9	468.1	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.4	3.3	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	3.4		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pav			

Anexo 12.2.1.2 Determinación Humedad natural – Escenario 1 – Tramo III.

Fuente: Propia

c) Límites de consistencia

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
DATOS DE LA MUESTRA												
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CASO : ESC 1 (e=15 cm)										
CONCEPTO : DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE		FECHA : 3/05/2017										
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO												
MUESTRA : 50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE												
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)												
N° DE TARA	T-02	T-06	T-08									
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	28.14	26.30	29.60									
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	26.13	24.41	27.78									
PESO DEL AGUA (gr)	2.01	1.89	1.82									
PESO DE LA TARA (gr)	14.05	14.00	18.60									
PESO DEL SUELO SECO (gr)	12.08	10.41	9.18									
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.64	18.16	19.83									
NÚMERO DE GOLPES	31	23	16									
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)												
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				NP								
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">CONSTANTES FÍSICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LÍMITE LÍQUIDO (%)</td> <td style="text-align: center;">18</td> </tr> <tr> <td>LÍMITE PLÁSTICO (%)</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> </tbody> </table>			CONSTANTES FÍSICAS		LÍMITE LÍQUIDO (%)	18	LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP
CONSTANTES FÍSICAS												
LÍMITE LÍQUIDO (%)	18											
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP											
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP											
10		Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.										

Anexo 12.2.1.3 Límites de consistencia – Escenario 1 – Tramo III. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C"

Anexo 12.2.1.4 Proctor modificado método "C" – Escenario 1 – Tramo III. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R.

Anexo 12.2.1.5 Ensayo C.B.R. – Escenario 1 – Tramo III. Fuente: Propia

12.2.2 Escenario 2 y 3 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo III

a) Ensayo de Clasificación

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
NTP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88						
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL						
DATOS DE LA MUESTRA						
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			CASO : ESC 2 y 3 (e=15 cm)			
CONCEPTO : DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO			FECHA : 3/05/2017			
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO						
MUESTRA : 50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO REIENIDO	% REIENIDO PARCIAL	% REIENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.100				100.0	Peso de la Muestra
1"	25.400	119.0	0.7	0.7	99.3	Peso Total de la Muestra (gr.) : 17009.0
3/4"	19.000	1344.0	7.9	8.6	91.4	Material Fino < N°4 (gr.) : 7653
1/2"	12.500	3419.0	20.1	28.7	71.3	Material Grueso > N°4 (gr.) : 9356
3/8"	9.500	1072.0	6.3	35.0	65.0	Fracción Material < N°4 (gr.) : 600.0
N°4	4.750	3402.0	20.0	55.0	45.0	Límites de Consistencia
N°10	2.000	158.7	11.9	66.9	33.1	Límite Líquido (%) : 16
N°20	0.840	146.7	11.0	77.9	22.1	Límite Plástico (%) : NP
N°40	0.425	93.3	7.0	84.9	15.1	Índice Plástico (%) : NP
N°50	0.300	44.0	3.3	88.2	11.8	Clasificación de Suelo
N°100	0.150	34.7	2.6	90.8	9.2	Clasificación SUCS : GP-GM
N°200	0.075	28.0	2.1	92.9	7.1	Clasificación AASHTO : A-1-a (0)
< N°200	FONDO	94.6	7.1	100.0	0.0	Humedad Natural (%) : 3.6

CURVA GRANULOMÉTRICA

Sieve Size (mm)	Percentage Passing (%)
0.075 (N°200)	7.1
0.150 (N°100)	9.2
0.300 (N°50)	11.8
0.425 (N°40)	15.1
0.600 (N°30)	18.0
0.850 (N°20)	22.1
1.180 (N°16)	26.0
1.650 (N°10)	33.1
2.500 (N°6)	38.0
3.350 (N°4)	45.0
4.750 (N°30)	55.0
7.500 (N°20)	65.0
10.000 (N°15)	71.3
15.000 (N°10)	76.0
20.000 (N°75)	79.0
25.000 (N°60)	82.0
30.000 (N°50)	85.0
35.000 (N°45)	88.0
38.100 (N°40)	100.0

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.2.1 Ensayo de Clasificación – Escenario 2 y 3 – Tramo III. Fuente: Propia

b) Determinación de humedad natural

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CASO : ESC 2 y 3 (e=15 cm)	
CONCEPTO : DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO		FECHA : 3/05/2017	
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO			
MUESTRA : 50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE			
ENSAYO N°	1	2	
N° DE TARA	T-15	T-02	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	872.0	932.1	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	840.6	900.3	
PESO DE LA TARA (gr)	0.0	0.0	
PESO DEL AGUA (gr)	31.4	31.8	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	840.6	900.3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.7	3.5	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	3.6		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.2.2.2 Determinación Humedad natural – Escenario 2 y 3 – Tramo III.
Fuente: Propia

c) Límites de consistencia

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
DATOS DE LA MUESTRA												
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CASO : ESC 2 y 3 (e=15 cm)										
CONCEPTO : DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO		FECHA : 3/05/2017										
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO												
MUESTRA : 50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE												
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)												
N° DE TARA	T-01	T-02	T-06									
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	29.66	25.33	26.59									
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	27.68	23.76	24.62									
PESO DEL AGUA (gr)	1.98	1.57	1.97									
PESO DE LA TARA (gr)	14.37	14.32	14.17									
PESO DEL SUELO SECO (gr)	13.31	9.44	10.45									
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.88	16.63	18.85									
NÚMERO DE GOLPES	34	24	16									
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)												
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				NP								
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #cccccc; padding: 5px;">CONSTANTES FÍSICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LÍMITE LÍQUIDO (%)</td> <td style="text-align: center;">16</td> </tr> <tr> <td>LÍMITE PLÁSTICO (%)</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> </tbody> </table>			CONSTANTES FÍSICAS		LÍMITE LÍQUIDO (%)	16	LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP
CONSTANTES FÍSICAS												
LÍMITE LÍQUIDO (%)	16											
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP											
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP											
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.2.3 Límites de consistencia – Escenario 2 y 3 – Tramo III. Fuente: Propia

12.2.3 Escenario 2 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 1% CP) para el Tramo III

a) Proctor modificado método "C"

Anexo 12.2.3.1 Proctor modificado método "C" – Escenario 2 – Tramo III. Fuente: Propia

b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento

MOLDEO DE CUERPOS DE PROBETA DE SUELO - CEMENTO												
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
SOLICITANTE :		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA							CASO : ESC 2 (e=15 cm)			
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO							CEMENTO : 1%			
TRAMO :		3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO							FECHA : 9/05/2017			
MUESTRA :		50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE										
COMPOSICION DE MUESTRA												
RESULTADOS DE ENSAYO		DATOS DE EQUIPO					PARAMETROS					
Dens. Aparente Máxima	1.981	Pisón n°	1	Peso del Pison 10 Kg.			Energía Compactada: Proctor Modificado al 95%					
% de Humedad Optima	5.6	Cilindro n°	1	1	1							
% de Humedad Natural	3.6	Volume de cilindro	942	942	942		Número de golpes: 56 (5 Capas)					
		Peso de cilindro	4152	4152	4152							
DATOS DE LA MEZCLA												
ITEMS	MATERIAL		%									
1	Carpeta asfáltica colapsada (7.5 cm)		50.0%									
2	Material de base granular existente (7.5 cm)		50.0%									
3												
4												
VERIFICACION DE MOLDEO												
Número de Cilindro	Porcent. de Cemento en peso	Peso del molde mas material	Peso de material humedo	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD							CUERPO DE PRUEBA	
				Tara	Peso húmedo	Peso Seco	Peso Tara	Água	Suelo Seco	Humedad	Densidad Humeda	Densidad seca
N°	(%)	(g)	(g)	N°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(g/cm3)	(g/cm3)
1	1	6122	1970	9	786.3	757.2	231.00	29.1	526.2	5.5	2.091	1.982
2	1	6127	1975	10	758.3	726.3	156.00	32.0	570.3	5.6	2.097	1.985
3	1	6123	1971	11	794.2	761.4	166.00	32.8	595.4	5.5	2.092	1.983
							PROMEDIO			5.6		1.983
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.3.2 Moldeo de cuerpos – Escenario 2 – Tramo III. Fuente: Propia

c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO									
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL									
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA					CASO : ESC 2 (e=15 cm)				
CONCEPTO : DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO					CEMENTO : 1%				
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO					FECHA : 15/05/2017				
MUESTRA : 50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE									
DATOS DEL ESPECIMEN SUELO CEMENTO									
N° DEL CUERPO DE PROBETA	N° DE ESPECIMEN	% DE CEMENTO EN PESO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (Cm²)	RESISTENCIA (Kg/Cm²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA
1	1	1	9/05/2017	15/05/2017	7	1963.0	80.80	24.3	24.7
2	2	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2008.0	81.00	24.8	
3	3	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2004.0	80.40	24.9	
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.									

Anexo 12.2.3.3 Resistencia de las probetas suelo cemento – Escenario 2 – Tramo III.
Fuente: Propia

12.2.4 Escenario 3 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 2% CP) para el Tramo III

a) Proctor modificado método "C"

Anexo 12.2.4.1 Proctor modificado método "C" – Escenario 3 – Tramo III. Fuente: Propia

b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento

MOLDEO DE CUERPOS DE PROBETA DE SUELO - CEMENTO												
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
SOLICITANTE :		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA							CASO : ESC 3 (e=15 cm)			
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO							CEMENTO : 2%			
TRAMO :		3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO							FECHA : 9/05/2017			
MUESTRA :		50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE										
COMPOSICION DE MUESTRA												
RESULTADOS DE ENSAYO			DATOS DE EQUIPO					PARAMETROS				
Dens. Aparente Máxima	2..088		Pisón n°	1	Peso del Pison 10 Kg.			Energía Compactada: Proctor Modificado al 95%				
% de Humedad Optima	5.8		Cilindro n°	1	1	1						
% de Humedad Natural	3.6		Volume de cilindro	942	942	942		Número de golpes: 56 (5 Capas)				
			Peso de cilindro	3675	4235	3936						
DATOS DE LA MEZCLA												
ITEMS	MATERIAL			%								
1	Carpeta asfáltica colapsada (7.5 cm)			50.0%								
2	Material de base granular existente (7.5 cm)			50.0%								
3												
4												
VERIFICACION DE MOLDEO												
Número de Cilindro	Porcent. de Cemento en peso	Peso del molde mas material	Peso de material humedo	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD							CUERPO DE PRUEBA	
				Tara	Peso húmedo	Peso Seco	Peso Tara	Água	Suelo Seco	Humedad	Densidad Humeda	Densidad seca
N°	(%)	(g)	(g)	N°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(g/cm3)	(g/cm3)
1	2	6153	2001	1	941.3	898.3	152.00	43.0	746.3	5.8	2.124	2.008
2	2	6157	2005	2	824.3	786.1	125.10	38.2	661.0	5.8	2.126	2.010
3	2	6157	2005	3	735.3	704.3	166.00	31.0	538.3	5.8	2.126	2.010
							PROMEDIO			5.8		2.010
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.4.2 Moldeo de cuerpos – Escenario 3 – Tramo III. Fuente: Propia

c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO									
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL									
SOLICITANTE :		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA				CASO : ESC 3 (e=15 cm)			
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO				CEMENTO : 2%			
TRAMO :		3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO				FECHA : 15/05/2017			
MUESTRA :		50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE							
DATOS DEL ESPECIMEN SUELO CEMENTO									
Nº DEL CUERPO DE PROBETA	Nº DE ESPECIMEN	% DE CEMENTO EN PESO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (Cm²)	RESISTENCIA (Kg/Cm²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA
1	1	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2106.0	80.80	26.1	26.0
2	2	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2097.0	80.80	26.0	
3	3	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2103.0	81.10	25.9	
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.									

Anexo 12.2.4.3 Resistencia de las probetas suelo cemento – Escenario 3 – Tramo III.
Fuente: Propia

12.2.5 Escenario 4 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo III

a) Ensayo de Clasificación

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
NTP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88						
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL						
DATOS DE LA MUESTRA						
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			CASO : ESC 4 (e=20 cm)			
CONCEPTO : DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE			FECHA : 9/05/2017			
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO						
MUESTRA : 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso de la Muestra
1"	25.400	954.0	5.5	5.5	94.5	Peso Total de la M (gr.) : 17345.0
3/4"	19.000	1284.0	7.4	12.9	87.1	Material Fino < N° (gr.) : 6937
1/2"	12.500	3348.0	19.3	32.2	67.8	Material Grueso > 1 (gr.) : 10408
3/8"	9.500	1526.0	8.8	41.0	59.0	Fracción Material (gr.) : 595.0
N°4	4.750	3296.0	19.0	60.0	40.0	Límites de Consistencia
N°10	2.000	178.5	12.0	72.0	28.0	Límite Líquido (%) : 17
N°20	0.840	141.3	9.5	81.5	18.5	Límite Plástico (%) : NP
N°40	0.425	99.7	6.7	88.2	11.8	Índice Plástico (%) : NP
N°50	0.300	41.7	2.8	91.0	9.0	Clasificación de Suelo
N°100	0.150	46.1	3.1	94.1	5.9	Clasificación SU : GW-GM
N°200	0.075	8.9	0.6	94.7	5.3	Clasificación AA : A-1-a (0)
< N°200	FONDO	78.8	5.3	100.0	0.0	Humedad Natural (%) : 3.6

CURVA GRANULOMÉTRICA

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.01

0.1

1

10

100

Abertura (mm)

N° 200

N° 100

N° 80

N° 50

N° 40

N° 30

N° 20

N° 10

N° 4

3/8"

1/2"

3/4"

1"

1 1/2"

1 1/2"

2"

Porcentaje que pasa (%)

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.5.1 Ensayo de Clasificación – Escenario 4 – Tramo III. Fuente: Propia

b) Determinación de humedad natural

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CASO : ESC 4 (e=20 cm)	
CONCEPTO : DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE		FECHA : 9/05/2017	
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO			
MUESTRA : 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE			
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-07	T-06	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	818.6	891.3	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	801.2	871.5	
PESO DE LA TARA (gr)	315.8	315.8	
PESO DEL AGUA (gr)	17.4	19.8	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	485.4	555.7	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.6	3.6	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	3.6		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.2.5.2 Determinación Humedad natural – Escenario 4 – Tramo III.

Fuente: Propia

c) Límites de consistencia

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40

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

LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA

CASO : ESC 4 (e=20 cm)

CONCEPTO : DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE

FECHA : 9/05/2017

TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO

MUESTRA : 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

N° DE TARA	T-03	T-01	T-02	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	26.26	27.67	30.14	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	24.65	25.70	27.56	
PESO DEL AGUA (gr)	1.61	1.97	2.58	
PESO DE LA TARA (gr)	14.15	14.22	14.05	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	10.50	11.48	13.51	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.33	17.16	19.10	
NÚMERO DE GOLPES	33	22	15	

LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.98	17.38		NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

1021

Contenido de humedad (%)

Número de Golpes

CONSTANTES FÍSICAS

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

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.5.3 Límites de consistencia – Escenario 4 – Tramo III. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método “C”

Anexo 12.2.5.4 Proctor modificado método “C” – Escenario 4 – Tramo III. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R.

ENSAYO C.B.R. NTP 339.145, MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CASO	: ESC 4 (e=20 cm)
CONCEPTO	: DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE	FECHA	: 10/05/2017
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO		
MUESTRA	: 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE		

DETERMINACIÓN DEL CBR

DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO

PROCTOR MODIFICADO ASTM	:	g
MÁXIMA DENSIDAD SECA	(gr/cm³):	1.978
ÓPTIMO CONTENIDO DE	(%):	5.5
95% DE LA MAXIMA DENSIDAD	(gr/cm³):	1.879

PORCENTAJE DEL CBR

C.B.R. AL 95% DE	0.1"	64.1	0.2"	90.5
C.B.R. AL 100% DE	0.1"	87.5	0.2"	121.8

Molde N°	1	2	3			
N° Capas	5	5	5			
N° golpes por capa	56	25	12			
Condición de la	NS*	S*	NS	S	NS	S
Densidad húmeda /cm³	2.09	1.99		1.88		
Contenido de hum (%)	5.60	5.50		5.50		
Densidad seca /cm³	1.98	1.89	1.78	1.87		

EC - 56 golpes

EC - 25 golpes

EC - 12 golpes

Observaciones :   DIÁMETRO DEL PISTÓN = 4.98 cm
                                  AREA DEL PISTÓN = 19.48 cm²

Guillermo Lazo Lázaro
 Ingeniero Civil CIP 53358
 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

12.2.6 Escenario 5 y 6 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo III

a) Ensayo de Clasificación

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN NTP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL						
DATOS DE LA MUESTRA						
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA				CASO	: ESC 5 y 6 (e=20 cm)
CONCEPTO	: DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO				FECHA	: 8/05/2017
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO					
MUESTRA	: 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso de la Muestra
1"	25.400	699.0	4.4	4.4	95.6	Peso Total de la Muestra (gr.): 15891.0
3/4"	19.000	1192.0	7.5	11.9	88.1	Material Fino < N°4 (gr.): 6467
1/2"	12.500	3131.0	19.7	31.6	68.4	Material Grueso > N°4 (gr.): 9424
3/8"	9.500	1303.0	8.2	39.8	60.2	Fracción Material < N°10 (gr.): 600.0
N°4	4.750	3099.0	19.5	59.3	40.7	Límites de Consistencia
N°10	2.000	178.4	12.1	71.4	28.6	Límite Líquido (%): 17
N°20	0.840	131.2	8.9	80.3	19.7	Límite Plástico (%): NP
N°40	0.425	109.1	7.4	87.7	12.3	Índice Plástico (%): NP
N°50	0.300	39.8	2.7	90.4	9.6	Clasificación de Suelo
N°100	0.150	39.8	2.7	93.1	6.9	Clasificación SUC : GW-GM
N°200	0.075	11.8	0.8	93.9	6.1	Clasificación AAS : A-1-a (0)
< N°200	FONDO	89.9	6.1	100.0	0.0	Humedad Natural (%): 3.2

CURVA GRANULOMÉTRICA

El gráfico muestra la curva granulométrica de la muestra. El eje horizontal (X) representa la 'Abertura (mm)' en una escala logarítmica, con valores desde 0.01 hasta 100. El eje vertical (Y) representa el 'Porcentaje que pasa (%)' en una escala lineal, con valores desde 0 hasta 100. La curva está formada por puntos conectados por una línea azul discontinua. Los puntos de datos están etiquetados con los números de los tamices: N° 200, N° 100, N° 80, N° 50, N° 40, N° 30, N° 20, N° 10, N° 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2".

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.6.1 Ensayo de Clasificación – Escenario 5 y 6 – Tramo III. Fuente: Propia

b) Determinación de humedad natural

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL
MTC E 108, ASTM D 2216
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL

DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CASO	: ESC 5 y 6 (e=20 cm)
CONCEPTO	: DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO	FECHA	: 8/05/2017
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO		
MUESTRA	: 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE		
ENSAYO N°	1	2	
N° DE TARA	T-18	T-06	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	826.3	981.2	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	810.0	962.5	
PESO DE LA TARA (gr)	320.4	369.0	
PESO DEL AGUA (gr)	16.3	18.7	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	489.6	593.5	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.3	3.2	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	3.2		

Guillermo Lazo Lázaro
 Ingeniero Civil CIP 53358
 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.6.2 Determinación Humedad natural – Escenario 5 y 6 – Tramo III.
Fuente: Propia

c) Límites de consistencia

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CASO	: ESC 5 y 6 (e=20 cm)
CONCEPTO	: DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO	FECHA	: 8/05/2017
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO		
MUESTRA	: 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE		
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)			
N° DE TARA	T-06	T-07	T-08
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	28.41	27.88	27.24
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	26.60	26.47	25.81
PESO DEL AGUA (gr)	1.81	1.41	1.43
PESO DE LA TARA (gr)	14.17	18.30	18.60
PESO DEL SUELO SECO (gr)	12.43	8.17	7.21
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	14.56	17.26	19.83
NÚMERO DE GOLPES	34	24	16
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			NP
CONSTANTES FÍSICAS			
LÍMITE LÍQUIDO (%)		17	
LÍMITE PLÁSTICO (%)		NP	
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)		NP	
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.2.6.3 Límites de consistencia – Escenario 5 y 6 – Tramo III. Fuente: Propia

12.2.7 Escenario 5 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 1% CP) para el Tramo III

a) Proctor modificado método "C"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTODO 'C'				
NTP 339.141, MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180				
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CASO : ESC 5 (e=20 cm)	
CONCEPTO	: DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO		CEMENTO : 1%	
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO		FECHA : 9/05/2017	
MUESTRA	: 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE			
Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)	10662	10824	10983	10943
Peso molde + base (gr)	6615	6615	6615	6615
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4047	4209	4368	4328
Volumen del molde (cm³)	2077	2077	2077	2077
Peso volumétrico húmedo (gr/cm³)	1.948	2.026	2.103	2.084
Tara N°	T-22	T-23	T-24	T-25
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	580.6	648.3	612.2	588.4
Peso del suelo seco + tara (gr)	574.9	634.5	593.4	564.6
Peso de Tara (gr)	255.7	252.1	263.5	258.9
Peso de agua (gr)	5.7	13.8	18.8	23.8
Peso del suelo seco (gr)	319.2	382.4	329.9	305.7
Contenido de agua (%)	1.8	3.6	5.7	7.8
Peso volumétrico seco (gr/cm³)	1.914	1.956	1.990	1.933
Densidad máxima			(gr/cm³)	1.990
Húmedad óptima			(%)	5.7

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm³)
1.8	1.914
3.6	1.956
5.7	1.990
7.8	1.933

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.7.1 Proctor modificado método "C" – Escenario 5 – Tramo III. Fuente: Propia

b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento

MOLDEO DE CUERPOS DE PROBETA DE SUELO - CEMENTO												
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
SOLICITANTE :	SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA									CASO : ESC 5 (e=20 cm)		
CONCEPTO :	DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO									CEMENTO : 1%		
TRAMO :	3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO									FECHA : 9/05/2017		
MUESTRA :	37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE											
COMPOSICION DE MUESTRA												
RESULTADOS DE ENSAYO			DATOS DE EQUIPO					PARAMETROS				
Dens. Aparente Máxima	1.990	Pisón n°	1	Peso del Pison 10 Kg.			Energía Compactada: Proctor Modificado al 95%					
% de Humedad Optima	5.7	Cilindro n°	1	1	1							
% de Humedad Natural	3.2	Volume de cilindro	942	942	942		Número de golpes: 56 (3 Capas)					
		Peso de cilindro	3675	4235	3936							
DATOS DE LA MEZCLA												
ITEMS	MATERIAL		%									
1	Carpeta asfáltica colapsada (7.5 cm)		37.5%									
2	Material de base granular existente (12.5 cm)		62.5%									
3												
4												
VERIFICACION DE MOLDEO												
Número de Cilindro	Porcent. de Cemento en peso	Peso del molde mas material	Peso de material humedo	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD							CUERPO DE PRUEBA	
				Tara	Peso humedo	Peso Seco	Peso Tara	Água	Suelo Seco	Humedad	Densidad Humeda	Densidad seca
N°	(%)	(g)	(g)	N°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(g/cm3)	(g/cm3)
1	1	6134	1982	1	943.2	901.3	152.00	41.9	749.3	5.6	2.104	1.993
2	1	6140	1988	2	926.2	883.6	125.10	42.6	758.5	5.6	2.108	1.996
3	1	6137	1985	3	817.0	782.1	166.00	34.9	616.1	5.7	2.105	1.992
							PROMEDIO			5.6		1.994
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.7.2 Moldeo de cuerpos – Escenario 5 – Tramo III. Fuente: Propia

c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO									
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL									
SOLICITANTE :		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA				CASO : ESC 5 (e=20 cm)			
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO				CEMENTO : 1%			
TRAMO :		3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO				FECHA : 15/05/2017			
MUESTRA :		37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE							
DATOS DEL ESPECIMEN SUELO CEMENTO									
Nº DEL CUERPO DE PROBETA	Nº DE ESPECIMEN	% DE CEMENTO EN PESO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (Cm²)	RESISTENCIA (Kg/Cm²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA
1	1	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2132.0	80.80	26.4	26.3
2	2	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2118.0	81.00	26.1	
3	3	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2125.0	80.40	26.4	
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.									

Anexo 12.2.7.3 Resistencia de las probetas suelo cemento – Escenario 5 – Tramo III.
Fuente: Propia

12.2.8 Escenario 6 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 2% CP) para el Tramo III

a) Proctor modificado método "C"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTODO 'C'				
NTP 339.141, MTC E115, ASTM D 1557, AASHTO T 180				
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			CASO : ESC 6 (e=20 cm)	
CONCEPTO : DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO			CEMENTO : 2%	
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO			FECHA : 9/05/2017	
MUESTRA : 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE				
Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)	10868	11015	11186	11162
Peso molde + base (gr)	6615	6615	6615	6615
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4253	4400	4571	4547
Volumen del molde (cm³)	2077	2077	2077	2077
Peso volumétrico húmedo (gr/cm³)	2.048	2.118	2.201	2.189
Tara N°	T-22	T-23	T-24	T-25
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	541.6	634.3	587.4	614.8
Peso del suelo seco + tara (gr)	536.3	621.0	569.2	589.4
Peso de Tara (gr)	255.7	252.1	263.5	258.9
Peso de agua (gr)	5.3	13.3	18.2	25.4
Peso del suelo seco (gr)	280.6	368.9	305.7	330.5
Contenido de agua (%)	1.9	3.6	6.0	7.7
Peso volumétrico seco (gr/cm³)	2.009	2.045	2.077	2.033
Densidad máxima			(gr/cm³)	2.077
Húmedad óptima			(%)	5.8

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm³)
1.9	2.009
3.6	2.045
6.0	2.077
7.7	2.033

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.8.1 Proctor modificado método "C" – Escenario 6 – Tramo III. Fuente: Propia

b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento

MOLDEO DE CUERPOS DE PROBETA DE SUELO - CEMENTO												
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
SOLICITANTE:		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA							CASO : ESC 6 (e=20 cm)			
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO							CEMENTO : 2%			
TRAMO :		3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO							FECHA : 9/05/2017			
MUESTRA :		37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE										
COMPOSICION DE MUESTRA												
RESULTADOS DE ENSAYO		DATOS DE EQUIPO					PARAMETROS					
Dens. Aparente Máxima	2.077	Pisón n°	1	Peso del Pisón 10 Kg.			Energía Compactada: Proctor Modificado al 95%					
% de Humedad Optima	5.8	Cilindro n°	1	1	1							
% de Humedad Natural	3.2	Volume de cilindro	942	942	942		Número de golpes: 56 (5 Capas)					
		Peso de cilindro	4152	4152	4152							
DATOS DE LA MEZCLA												
ITEMS	MATERIAL		%									
1	Carpeta asfáltica colapsada (7.5 cm)		37.5%									
2	Material de base granular existente (12.5 cm)		62.5%									
3												
4												
VERIFICACION DE MOLDEO												
Número de Cilindro	Porcent. de Cemento en peso	Peso del molde mas material	Peso de material humedo	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD							CUERPO DE PRUEBA	
				Tara	Peso humedo	Peso Seco	Peso Tara	Água	Suelo Seco	Humedad	Densidad Humeda	Densidad seca
N°	(%)	(g)	(g)	N°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(g/cm3)	(g/cm3)
1	2	6108	1956	9	804.6	773.8	231.00	30.8	542.8	5.7	2.076	1.965
2	2	6111	1959	10	824.6	788.2	156.00	36.4	632.2	5.8	2.080	1.966
3	2	6109	1957	11	811.6	776.3	166.00	35.3	610.3	5.8	2.077	1.964
							PROMEDIO			5.7		1.965
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.8.2 Moldeo de cuerpos – Escenario 6 – Tramo III. Fuente: Propia

c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRECION DESUELO CEMENTO									
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL									
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA					CASO : ESC 6 (e=20 cm)				
CONCEPTO : DISEÑO DEBASE RECICLADA SUELO - CEMENTO					CEMENTO : 2%				
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO					FECHA : 15/05/2017				
MUESTRA : 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE									
DATOS DEL ESPECIMEN SUELO CEMENTO									
Nº DEL CUERPO DE PROBETA	Nº DE ESPECIMEN	% DE CEMENTO EN PESO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (Cm²)	RESISTENCIA (Kg/Cm²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA
1	1	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2208.0	80.80	27.3	27.5
2	2	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2216.0	80.80	27.4	
3	3	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2243.0	81.10	27.7	
Guillermo Lazo Lázaró Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.									

Anexo 12.2.8.3 Resistencia de las probetas suelo cemento – Escenario 6 – Tramo III.
Fuente: Propia

12.2.9 Escenario 7 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo III

a) Ensayo de Clasificación

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
NTP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88						
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL						
DATOS DE LA MUESTRA						
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			CASO : ESC 7 (e=25 cm)			
CONCEPTO : DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE			FECHA : 10/05/2017			
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO						
MUESTRA : 30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO REIENIDO	% REIENIDO PARCIAL	% REIENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso de la Muestra
1"	25.400	1631.0	9.7	9.7	90.3	Peso Total de la Muestra (gr.) : 16811.0
3/4"	19.000	874.0	5.2	14.9	85.1	Material Fino < N°4 (gr.) : 6085
1/2"	12.500	3682.0	21.9	36.8	63.2	Material Grueso > N°4 (gr.) : 10726
3/8"	9.500	1362.0	8.1	44.9	55.1	Fracción Material < N°4 (gr.) : 600.0
N°4	4.750	3177.0	18.9	63.8	36.2	Límites de Consistencia
N°10	2.000	180.7	10.9	74.7	25.3	Límite Líquido (%) : 17
N°20	0.840	169.1	10.2	84.9	15.1	Límite Plástico (%) : NP
N°40	0.425	111.0	6.7	91.6	8.4	Índice Plástico (%) : NP
N°50	0.300	38.1	2.3	93.9	6.1	Clasificación de Suelo
N°100	0.150	18.2	1.1	95.0	5.0	Clasificación SUCS : GP
N°200	0.075	6.6	0.4	95.4	4.6	Clasificación AASHTO : A-1-a (0)
< N°200	FONDO	76.3	4.6	100.0	0.0	Humedad Natural (%) : 4.0

CURVA GRANULOMÉTRICA

Sieve Size (mm)	Percentage Passing (%)
N° 200 (0.075)	4.6
N° 100 (0.150)	5.0
N° 80 (0.180)	5.5
N° 50 (0.300)	6.1
N° 40 (0.425)	8.4
N° 30 (0.600)	11.5
N° 20 (0.840)	15.1
N° 10 (2.000)	25.3
N° 4 (4.750)	36.2
3/8" (9.500)	55.1
1/2" (12.500)	63.2
3/4" (19.000)	85.1
1" (25.400)	90.3
1 1/2" (38.100)	100.0

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.9.1 Ensayo de Clasificación – Escenario 7 – Tramo III. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C"

Anexo 12.2.9.4 Proctor modificado método "C" – Escenario 7 – Tramo III. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R.

ENSAYO C.B.R.
NTP 339.145, MIT E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193
 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA
CONCEPTO: DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE
TRAMO: 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO
MUESTRA: 30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE

CASO: ESC 7 (e=25 cm)
FECHA: 10/05/2017

DATOS DEL PROCTOR MODIFICADO

PROCTOR MODIFICADO ASTM : 1557
 MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³): 1.999
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%): 5.7
 95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³): 1.899

PORCENTAJE DEL CBR

C.B.R. AL 95% DE	0.1"	74.7	0.2"	111.4
C.B.R. AL 100% DE	0.1"	106.3	0.2"	145.0

Molde N°	1		2		3	
N° Capas	5		5		5	
N° golpes por capa	56		25		12	
Condición de la	NS*	S*	NS	S	NS	S
Densidad húmeda /cm³	2.08		1.98		1.87	
Contenido de hum (%)	5.30		5.40		5.30	
Densidad seca /cm³	1.98		1.88	1.78	1.78	

Observaciones DIÁMETRO DEL PISTÓN = 4.98 cm
 ÁREA DEL PISTÓN = 19.48 cm²

*NS: No Saturado

**S: Saturado

Guillermo Lazo Lázaro
 Ingeniero Civil CIP 53358
 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.9.5 Ensayo C.B.R. – Escenario 7 – Tramo III. Fuente: Propia

12.2.10 Escenario 8 y 9 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo III

a) Ensayo de Clasificación

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
NTP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88						
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL						
DATOS DE LA MUESTRA						
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA				CASO	: ESC 8 y 9 (e=25 cm)
CONCEPTO	: DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO				FECHA	: 9/05/2017
TRAMO	: 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO					
MUESTRA	: 30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO REIENIDO	% REIENIDO PARCIAL	% REIENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso de la Muestra
1"	25.400	1418.0	8.8	8.8	91.2	Peso Total de la Muestra (gr.) : 16119.0
3/4"	19.000	822.0	5.1	13.9	86.1	Material Fino < N°4 (gr.) : 5948
1/2"	12.500	3611.0	22.4	36.3	63.7	Material Grueso > N°4 (gr.) : 10171
3/8"	9.500	1257.0	7.8	44.1	55.9	Fracción Material < N°4 (gr.) : 600.0
N°4	4.750	3063.0	19.0	63.1	36.9	Límites de Consistencia
N°10	2.000	177.2	10.9	74.0	26.0	Límite Líquido (%) : 17
N°20	0.840	162.6	10.0	84.0	16.0	Límite Plástico (%) : NP
N°40	0.425	108.9	6.7	90.7	9.3	Índice Plástico (%) : NP
N°50	0.300	32.5	2.0	92.7	7.3	Clasificación de Suelo
N°100	0.150	26.0	1.6	94.3	5.7	Clasificación SUCS : GP-GM
N°200	0.075	6.5	0.4	94.7	5.3	Clasificación AASHTO : A-1-a (0)
< N°200	FONDO	86.3	5.3	100.0	0.0	Humedad Natural (%) : 3.5

CURVA GRANULOMÉTRICA

Porcentaje que pasa (%)

Abertura (mm)

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.10.1 Ensayo de Clasificación – Escenario 8 y 9 – Tramo III. Fuente: Propia

b) Determinación de humedad natural

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CASO	: ESC 8 y 9 (e=25 cm)
CONCEPTO	: DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO	FECHA	: 8/05/2017
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO		
MUESTRA	: 30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE		
ENSAYO N°	1	2	
N° DE TARA	T-20	T-21	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	814.8	892.3	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	792.6	870.6	
PESO DE LA TARA (gr)	166.0	257.1	
PESO DEL AGUA (gr)	22.2	21.7	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	626.6	613.5	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.5	3.5	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	3.5		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.2.10.2 Determinación Humedad natural – Escenario 8 y 9 – Tramo III.

Fuente: Propia

c) Límites de consistencia

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CASO	: ESC 8 y 9 (e=25 cm)	
CONCEPTO	: DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO	FECHA	: 9/05/2017	
TRAMO	: 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO			
MUESTRA	: 30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE			
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA	T-09	T-10	T-11	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	54.32	55.81	52.91	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	49.23	49.87	47.25	
PESO DEL AGUA (gr)	5.09	5.94	5.66	
PESO DE LA TARA (gr)	17.90	16.40	18.40	
PESO DEL SUELO SECO (gr)	31.33	33.47	28.85	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.25	17.75	19.62	
NÚMERO DE GOLPES	33	23	15	
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

CONSTANTES FÍSICAS		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	17
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	NP
ÍNDICE DE PLASTI	(%)	NP

 Guillermo Lazo Lázaro
 Ingeniero Civil CIP 53358
 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.10.3 Límites de consistencia – Escenario 8 y 9 – Tramo III. Fuente: Propia

12.2.11 Escenario 8 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 1% CP) para el Tramo III

a) Proctor modificado método "C"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTODO 'C' NTP 339.141, MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CASO : ESC 8 (e=25 cm)		
CONCEPTO : DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO		CEMENTO : 1%		
TRAMO : 3 - MAZOCRUZ - DESAGUADERO		FECHA : 9/05/2017		
MUESTRA : 30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE				
Ensayo N°		1	2	3
Número de Capas		5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)		10786	10928	11030
Peso molde + base (gr)		6615	6615	6615
Peso suelo húmedo compactado (gr)		4171	4313	4415
Volumen del molde (cm³)		2077	2077	2077
Peso volumétrico húmedo (gr/cm³)		2.008	2.077	2.126
Tara N°		T-04	T-05	T-06
Peso del suelo húmedo + tara (gr)		570.3	588.3	687.3
Peso del suelo seco + tara (gr)		566.7	580.3	670.5
Peso de Tara (gr)		357.2	370.6	369.0
Peso de agua (gr)		3.6	8.0	16.8
Peso del suelo seco (gr)		209.5	209.7	301.5
Contenido de agua (%)		1.7	3.8	5.6
Peso volumétrico seco (gr/cm³)		1.975	2.001	2.014
Densidad máxima				(gr/cm³)
Húmedad óptima				(%)
				2.014
				5.5

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Guillermo Lazo Lázaro
 Ingeniero Civil CIP 53358
 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.11.1 Proctor modificado método "C" – Escenario 8 – Tramo III. Fuente:
Propia

b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento

MOLDEO DE CUERPOS DE PROBETA DE SUELO - CEMENTO												
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
SOLICITANTE:		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA							CASO : ESC 8 (e=25 cm)			
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO							CEMENTO : 1%			
TRAMO :		3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO							FECHA : 9/05/2017			
MUESTRA :		30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE										
COMPOSICION DE MUESTRA												
RESULTADOS DE ENSAYO		DATOS DE EQUIPO					PARAMETROS					
Dens. Aparente Máxima	2.014	Pisón n°	1	Peso del Pisón 10 Kg.			Energía Compactada: Proctor Modificado al 95%					
% de Humedad Optima	5..5	Cilindro n°	1	1	1							
% de Humedad Natural	3.5	Volume de cilindro	942	942	942		Número de golpes: 56 (5 Capas)					
		Peso de cilindro	4152	4152	4152							
DATOS DE LA MEZCLA												
ITEMS	MATERIAL		%									
1	Carpeta asfáltica colapsada (7.5 cm)		30.0%									
2	Material de base granular existente (17.5 cm)		70.0%									
3												
4												
VERIFICACION DE MOLDEO												
Número de Cilindro	Porcent. de Cemento en peso	Peso del molde mas material	Peso de material humedo	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD							CUERPO DE PRUEBA	
				Tara	Peso humedo	Peso Seco	Peso Tara	Água	Suelo Seco	Humedad	Densidad Humeda	Densidad seca
N°	(%)	(g)	(g)	N°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(g/cm3)	(g/cm3)
1	1	6051	1899	5	534.8	515.3	166.00	19.5	349.3	5.6	2.016	1.909
2	1	6050	1898	14	568.1	550.0	220.00	18.1	330.0	5.5	2.013	1.908
3	1	6049	1897	16	628.4	607.2	225.00	21.2	382.2	5.5	2.012	1.906
							PROMEDIO			5.5		1.908
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.11.2 Moldeo de cuerpos – Escenario 8 – Tramo III. Fuente: Propia

c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO									
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL									
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA						CASO : ESC 8 (e=25 cm)			
CONCEPTO : DISEÑO DE BASE RECIKLADA SUELO - CEMENTO						CEMENTO : 1%			
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO						FECHA : 15/05/2017			
MUESTRA : 30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE									
DATOS DEL ESPECIMEN SUELO CEMENTO									
N° DEL CUERPO DE PROBETA	N° DE ESPECIMEN	% DE CEMENTO EN PESO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (Cm²)	RESISTENCIA (Kg/Cm²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA
1	1	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2231.0	80.80	27.6	27.8
2	2	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2245.0	81.00	27.7	
3	3	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2252.0	80.40	28.0	
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.									

Anexo 12.2.11.3 Resistencia de las probetas suelo cemento – Escenario 8 – Tramo III.
Fuente: Propia

12.2.12 Escenario 9 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 2% CP) para el Tramo III

a) Proctor modificado método "C"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTODO 'C'
NTP 339.141, MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180
 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL

DATOS DE LA MUESTRA

SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA **CASO** : ESC 9 (e=25 cm)
CONCEPTO : DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO **CEMENTO** : 2%
TRAMO : 3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO **FECHA** : 9/05/2017
MUESTRA : 30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE

Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)	11065	11274	11436	11416
Peso molde + base (gr)	6615	6615	6615	6615
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4450	4659	4821	4801
Volumen del molde (cm³)	2077	2077	2077	2077
Peso volumétrico húmedo (gr/cm³)	2.143	2.243	2.321	2.312
Tara N°	T-12	T-13	T-14	T-02
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	597.2	560.5	646.7	668.2
Peso del suelo seco + tara (gr)	592.5	551.3	628.1	642.8
Peso de Tara (gr)	223.0	307.9	312.0	324.6
Peso de agua (gr)	4.7	9.2	18.6	25.4
Peso del suelo seco (gr)	369.5	243.4	316.1	318.2
Contenido de agua (%)	1.3	3.8	5.9	8.0
Peso volumétrico seco (gr/cm³)	2.116	2.161	2.192	2.140
Densidad máxima			(gr/cm³)	2.192
Húmedad óptima			(%)	5.9

Guillermo Lazo Lázaro
 Ingeniero Civil CIP 53358
 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.12.1 Proctor modificado método "C" – Escenario 9 – Tramo III. Fuente: Propia

b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento

MOLDEO DE CUERPOS DE PROBETA DE SUELO - CEMENTO												
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
SOLICITANTE	:	SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA								CASO : ESC 9 (e=25 cm)		
CONCEPTO	:	DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO								CEMENTO : 2%		
TRAMO	:	3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO								FECHA : 9/05/2017		
MUESTRA	:	30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE										
COMPOSICION DE MUESTRA												
RESULTADOS DE ENSAYO		DATOS DE EQUIPO					PARAMETROS					
Dens. Aparente Máxima	2.192	Pisón n°	1	Peso del Pison 10 Kg.			Energía Compactada: Proctor Modificado al 95%					
% de Humedad Optima	5.9	Cilindro n°	4	5	6							
% de Humedad Natural	3.5	Volume de cilindro	942	943	943		Número de golpes: 56 (5 Capas)					
		Peso de cilindro	4210	4220	4230							
DATOS DE LA MEZCLA												
ITEMS	MATERIAL					%						
1	Carpeta asfáltica colapsada (7.5 cm)					30.0%						
2	Material de base granular existente (17.5 cm)					70.0%						
3												
4												
VERIFICACION DE MOLDEO												
Número de Cilindro	Porcent. de Cemento en peso	Peso del molde mas material	Peso de material humedo	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD							CUERPO DE PRUEBA	
				Tara	Peso humedo	Peso Seco	Peso Tara	Água	Suelo Seco	Humedad	Densidad Humeda	Densidad seca
N°	(%)	(g)	(g)	N°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(g/cm3)	(g/cm3)
1	2	6356	2204	1	662.8	634.8	231.00	28.0	403.8	6.9	2.342	2.190
2	2	6364	2212	2	748.3	723.1	360.00	25.2	363.1	6.9	2.346	2.193
3	2	6360	2208	3	594.3	566.4	166.00	27.9	400.4	7.0	2.341	2.189
							PROMEDIO			6.9		2.191
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.12.2 Moldeo de cuerpos – Escenario 9 – Tramo III. Fuente: Propia

c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRECION DE SUELO CEMENTO									
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL									
SOLICITANTE :		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA				CASO : ESC 9 (e=25 cm)			
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO				CEMENTO : 2%			
TRAMO :		3 - MAZO CRUZ - DESAGUADERO				FECHA : 15/05/2017			
MUESTRA :		30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE							
DATOS DEL ESPECIMEN SUELO CEMENTO									
N° DEL CUERPO DE PROBETA	N° DE ESPECIMEN	% DE CEMENTO EN PESO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (Cm²)	RESISTENCIA (Kg/Cm²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA
1	1	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2362.0	80.80	29.2	29.1
2	2	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2351.0	80.80	29.1	
3	3	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2356.0	81.10	29.1	
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.									

Anexo 12.2.12.3 Resistencia de las probetas suelo cemento – Escenario 9 – Tramo III.
Fuente: Propia

12.2.13 Escenario 1 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo IV

a) Ensayo de Clasificación

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
NTP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88						
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL						
DATOS DE LA MUESTRA						
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			CASO	: ESC 1 (e=15 cm)	
CONCEPTO	: DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE			FECHA	: 3/05/2017	
TRAMO	: 4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL					
MUESTRA	: 50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% REIENIDO PARCIAL	% REIENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso de la Muestra
1"	25.400	363.0	2.4	2.4	97.6	Peso Total de la Muestra (gr.) : 15143.0
3/4"	19.000	1227.0	8.1	10.5	89.5	Material Fino < N°4 (gr.) : 6936
1/2"	12.500	2680.0	17.7	28.2	71.8	Material Grueso > N°4 (gr.) : 8207
3/8"	9.500	1136.0	7.5	35.7	64.3	Fracción Material < N°4 (gr.) : 600.0
N°4	4.750	2801.0	18.5	54.2	45.8	Límites de Consistencia
N°10	2.000	159.8	12.2	66.4	33.6	Límite Líquido (%) : 17
N°20	0.840	153.3	11.7	78.1	21.9	Límite Plástico (%) : NP
N°40	0.425	86.5	6.6	84.7	15.3	Índice Plástico (%) : NP
N°50	0.300	44.5	3.4	88.1	11.9	Clasificación de Suelo
N°100	0.150	40.6	3.1	91.2	8.8	Clasificación SUCS : GP-GM
N°200	0.075	36.7	2.8	94.0	6.0	Clasificación AASHTO : A-1-a (0)
< N°200	FONDO	78.6	6.0	100.0	0.0	Humedad Natural (%) : 3.7

CURVA GRANULOMÉTRICA

Sieve Size	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)
N°200	0.075	6.0
N°100	0.150	8.8
N°80	0.250	11.9
N°50	0.300	11.9
N°40	0.425	15.3
N°30	0.600	21.9
N°20	0.840	21.9
N°10	2.000	33.6
N°4	4.750	45.8
3/8"	9.500	64.3
1/2"	12.500	71.8
3/4"	19.000	89.5
1"	25.400	97.6
1/2"	38.100	100.0

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.13.1 Ensayo de Clasificación – Escenario 1 – Tramo IV. Fuente: Propia

b) Determinación de humedad natural

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CASO : ESC 1 (e=15 cm)	
CONCEPTO : DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE		FECHA : 3/05/2017	
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL			
MUESTRA : 50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE			
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-60	T-24	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	1703.6	1649.2	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1651.9	1598.5	
PESO DE LA TARA (gr)	216.2	263.8	
PESO DEL AGUA (gr)	51.7	50.7	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1435.7	1334.7	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.6	3.8	
HUMEDAD NATURAL PRO MEDIO (%)	3.7		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.2.13.2 Determinación Humedad natural – Escenario 1 – Tramo IV.
Fuente: Propia

c) Límites de consistencia

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40				
MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90				
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CASO : ESC 1 (e=15 cm)		
CONCEPTO : DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE		FECHA : 3/05/2017		
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL				
MUESTRA : 50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE				
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
N° DE TARA		T-32	T-08	T-18
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)		34.04	22.38	32.08
PSO TARA + SUELO SECO (gr)		33.38	21.82	30.29
PESO DEL AGUA (gr)		0.66	0.56	1.79
PESO DE LA TARA (gr)		29.81	18.60	19.70
PESO DEL SUELO SECO (gr)		3.57	3.22	10.59
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		18.49	17.39	16.90
NÚMERO DE GOLPES		14	25	31
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				NP

21

20

19

18

17

16

15

14

13

Contenido de humedad (%)

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

Anexo 12.2.13.3 Límites de consistencia – Escenario 1 – Tramo IV. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C"

Anexo 12.2.13.4 Proctor modificado método "C" – Escenario 1 – Tramo IV. Fuente:
Propia

e) Ensayo C.B.R.

Anexo 12.2.13.5 Ensayo C.B.R. – Escenario 1 – Tramo IV. Fuente: Propia

12.2.14 Escenario 2 y 3 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo IV

a) Ensayo de Clasificación

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
NTP 339.127, MTC E107, ASTM D 422, AASHTO T88						
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL						
DATOS DE LA MUESTRA						
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			CASO	: ESC 2 y 3 (e=15 cm)	
CONCEPTO	: DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO			FECHA	: 3/05/2017	
TRAMO	: 4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL					
MUESTRA	: 50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.100				100.0	Peso de la Muestra
1"	25.400	258.0	1.5	1.5	98.5	Peso Total de la Muestra (gr.) : 17184.0
3/4"	19.000	1426.0	8.3	9.8	90.2	Material Fino < N°4 (gr.) : 8008
1/2"	12.500	3059.0	17.8	27.6	72.4	Material Grueso > N°4 (gr.) : 9176
3/8"	9.500	1237.0	7.2	34.8	65.2	Fracción Material < N°4 (gr.) : 600.0
N°4	4.750	3196.0	18.6	53.4	46.6	Límites de Consistencia
N°10	2.000	158.4	12.3	65.7	34.3	Límite Líquido (%) : 17
N°20	0.840	149.4	11.6	77.3	22.7	Límite Plástico (%) : NP
N°40	0.425	81.1	6.3	83.6	16.4	Índice Plástico (%) : NP
N°50	0.300	50.2	3.9	87.5	12.5	Clasificación de Suelo
N°100	0.150	41.2	3.2	90.7	9.3	Clasificación SUCS : GP-GM
N°200	0.075	27.0	2.1	92.8	7.2	Clasificación AASHTO : A-1-a (0)
< N°200	FONDO	92.7	7.2	100.0	0.0	Humedad Natural (%) : 4.0

CURVA GRANULOMÉTRICA

Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)
0.075	7.2
0.150	9.3
0.300	12.5
0.425	16.4
0.600	20.0
0.840	22.7
1.180	27.6
1.650	34.8
2.500	46.6
3.350	53.4
4.750	65.2
6.350	72.4
8.500	77.3
11.750	83.6
15.000	87.5
19.000	90.2
25.000	91.7
31.500	92.8
37.500	93.5
47.500	94.0
60.000	94.5
75.000	95.0
95.000	95.5
125.000	96.0
160.000	96.5
200.000	97.0
250.000	97.5
300.000	98.0
350.000	98.5
425.000	99.0
500.000	99.5
600.000	100.0

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.14.1 Ensayo de Clasificación – Escenario 2 y 3 – Tramo IV. Fuente: Propia

12.2.15 Escenario 2 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 1% CP) para el Tramo IV

a) Proctor modificado método "C"

Anexo 12.2.15.1 Proctor modificado método "C" – Escenario 2 – Tramo IV. Fuente: Propia

b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento

MOLDEO DE CUERPOS DE PROBETA DE SUELO - CEMENTO												
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
SOLICITANTE :		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA								CASO : ESC 2 (e=15 cm)		
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO								CEMENTO : 1%		
TRAMO :		4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL								FECHA : 9/05/2017		
MUESTRA :		50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE										
COMPOSICION DE MUESTRA												
RESULTADOS DE ENSAYO		DATOS DE EQUIPO					PARAMETROS					
Dens. Aparente Máxima	1.978	Pisón n°	1	Peso del Pison 10 Kg.			Energía Compactada: Proctor Modificado al 95%					
% de Humedad Optima	5.7	Cilindro n°	1	1	1							
% de Humedad Natural	4.0	Volume de cilindro	942	942	942		Número de golpes: 56 (5 Capas)					
		Peso de cilindro	4152	4152	4152							
DATOS DE LA MEZCLA												
ITEMS	MATERIAL		%									
1	Carpeta asfáltica colapsada (7.5 cm)		50.0%									
2	Material de base granular existente (7.5 cm)		50.0%									
3												
4												
VERIFICACION DE MOLDEO												
Número de Cilindro	Porcent. de Cemento en peso	Peso del molde mas material	Peso de material humedo	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD							CUERPO DE PRUEBA	
				Tara	Peso humedo	Peso Seco	Peso Tara	Água	Suelo Seco	Humedad	Densidad Humeda	Densidad seca
Nº	(%)	(g)	(g)	Nº	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(g/cm3)	(g/cm3)
1	1	6121	1969	9	785.3	755.3	231.00	30.0	524.3	5.7	2.090	1.977
2	1	6122	1970	10	758.1	725.8	156.00	32.3	569.8	5.7	2.091	1.979
3	1	6123	1971	11	784.3	750.8	166.00	33.5	584.8	5.7	2.092	1.979
							PROMEDIO			5.7		1.978
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.15.2 Moldeo de cuerpos – Escenario 2 – Tramo IV. Fuente: Propia

c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO									
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL									
SOLICITANTE :	SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA					CASO : ESC 2 (e=15 cm)			
CONCEPTO :	DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO					CEMENTO : 1%			
TRAMO :	4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL					FECHA : 15/05/2017			
MUESTRA :	50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE								
DATOS DEL ESPECIMEN SUELO CEMENTO									
Nº DEL CUERPO DE PROBETA	Nº DE ESPECIMEN	% DE CEMENTO EN PESO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (Cm²)	RESISTENCIA (Kg/Cm²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA
1	1	1	9/05/2017	15/05/2017	7	1998.0	80.90	24.7	24.9
2	2	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2008.0	80.80	24.9	
3	3	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2018.0	80.60	25.0	
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.									

Anexo 12.2.15.3 Resistencia de las probetas suelo cemento – Escenario 2 – Tramo IV.
Fuente: Propia

12.2.16 Escenario 3 (7.5 cm RAP + 7.5 cm Base + 2% CP) para el Tramo IV

a) Proctor modificado método "C"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTODO 'C' NTP 339.141, MTC E115, ASTM D 1557, AASHTO T180 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE	SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			CASO : ESC 3 (e=15 cm)
CONCEPTO	DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO			CEMENTO : 2%
TRAMO	4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL			FECHA : 9/05/2017
MUESTRA	50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE			
Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)	10732	10884	11021	10986
Peso molde + base (gr)	6615	6615	6615	6615
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4117	4269	4406	4371
Volumen del molde (cm ³)	2077	2077	2077	2077
Peso volumétrico húmedo (gr/cm ³)	1.982	2.055	2.121	2.104
Tara N°	T-22	T-23	T-24	T-25
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	1184.4	1171.8	1176.2	1268.1
Peso del suelo seco + tara (gr)	1166.2	1137.3	1126.2	1196.8
Peso de Tara (gr)	255.9	252.5	263.8	259.2
Peso de agua (gr)	18.2	34.5	50.0	71.3
Peso del suelo seco (gr)	910.3	884.8	862.4	937.6
Contenido de agua (%)	2.0	3.9	5.8	7.6
Peso volumétrico seco (gr/cm ³)	1.943	1.978	2.005	1.956
Densidad máxima			(gr/cm ³)	2.005
Húmedad óptima			(%)	5.8

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Guillermo Lazo Lázaro
 Ingeniero Civil CIP 53358
 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.1.16.1 Proctor modificado método "C" – Escenario 3 – Tramo IV. Fuente: Propia

b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento

MOLDEO DE CUERPOS DE PROBETA DE SUELO - CEMENTO												
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
SOLICITANTE :		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA								CASO : ESC 3 (e=15 cm)		
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO								CEMENTO : 2%		
TRAMO :		4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL								FECHA : 9/05/2017		
MUESTRA :		50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE										
COMPOSICION DE MUESTRA												
RESULTADOS DE ENSAYO			DATOS DE EQUIPO					PARAMETROS				
Dens. Aparente Máxima	2.005	Pisón n°	1	Peso del Pison 10 Kg.			Energía Compactada: Proctor Modificado al 95%					
% de Humedad Optima	5.8	Cilindro n°	1	1	1							
% de Humedad Natural	4.0	Volume de cilindro	942	942	942		Número de golpes: 56 (5 Capas)					
		Peso de cilindro	3675	4235	3936							
DATOS DE LA MEZCLA												
ITEMS	MATERIAL		%									
1	Carpeta asfáltica colapsada (7.5 cm)		50.0%									
2	Material de base granular existente (7.5 cm)		50.0%									
3												
4												
VERIFICACION DE MOLDEO												
Número de Cilindro	Porcent. de Cemento en peso	Peso del molde mas material	Peso de material humedo	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD							CUERPO DE PRUEBA	
				Tara	Peso humedo	Peso Seco	Peso Tara	Água	Suelo Seco	Humedad	Densidad Humeda	Densidad seca
N°	(%)	(g)	(g)	N°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(g/cm3)	(g/cm3)
1	2	6151	1999	1	940.8	897.3	152.00	43.5	745.3	5.8	2.122	2.005
2	2	6153	2001	2	838.4	799.3	125.10	39.1	674.2	5.8	2.122	2.006
3	2	6155	2003	3	781.3	746.8	166.00	34.5	580.8	5.9	2.124	2.005
							PROMEDIO			5.9		2.005
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.16.2 Moldeo de cuerpos – Escenario 3 – Tramo IV. Fuente: Propia

c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO									
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL									
SOLICITANTE :	SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA					CASO : ESC 3 (e=15 cm)			
CONCEPTO :	DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO					CEMENTO : 2%			
TRAMO :	4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL					FECHA : 15/05/2017			
MUESTRA :	50% R.A.P. + 50% B.G. EXISTENTE								
DATOS DEL ESPECIMEN SUELO CEMENTO									
Nº DEL CUERPO DE PROBETA	Nº DE ESPECIMEN	% DE CEMENTO EN PESO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (Cm²)	RESISTENCIA (Kg/Cm²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA
1	1	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2128.0	80.60	26.4	26.4
2	2	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2124.0	80.80	26.3	
3	3	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2148.0	81.00	26.5	
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.									

Anexo 12.2.16.3 Resistencia de las probetas suelo cemento – Escenario 3 – Tramo IV.
Fuente: Propia

12.2.17 Escenario 4 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo IV

a) Ensayo de Clasificación

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
NTP 339.127, MIC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88						
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL						
DATOS DE LA MUESTRA						
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			CASO	: ESC 4 (e=20 cm)	
CONCEPTO	: DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE			FECHA	: 3/05/2017	
TRAMO	: 4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL					
MUESTRA	: 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso de la Muestra
1"	25.400	829.0	4.9	4.9	95.1	Peso Total de la Muestra (gr.) : 16925.0
3/4"	19.000	1151.0	6.8	11.7	88.3	Material Fino < N°4 (gr.) : 6939
1/2"	12.500	3267.0	19.3	31.0	69.0	Material Grueso > N°4 (gr.) : 9986
3/8"	9.500	1557.0	9.2	40.2	59.8	Fracción Material < N°4 (gr.) : 600.0
N°4	4.750	3182.0	18.8	59.0	41.0	Límites de Consistencia
N°10	2.000	171.2	11.7	70.7	29.3	Límite Líquido (%) : 16
N°20	0.840	147.8	10.1	80.8	19.2	Límite Plástico (%) : NP
N°40	0.425	101.0	6.9	87.7	12.3	Índice Plástico (%) : NP
N°50	0.300	30.7	2.1	89.8	10.2	Clasificación de Suelo
N°100	0.150	46.8	3.2	93.0	7.0	Clasificación SUCS : GW-GM
N°200	0.075	20.5	1.4	94.4	5.6	Clasificación AASHTO : A-1-a (0)
< N°200	FONDO	82.0	5.6	100.0	0.0	Humedad Natural (%) : 3.7

CURVA GRANULOMÉTRICA

Porcentaje que pasa (%)

Abertura (mm)

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.17.1 Ensayo de Clasificación – Escenario 4 – Tramo IV. Fuente: Propia

b) Determinación de humedad natural

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CASO	: ESC 4 (e=20 cm)
CONCEPTO	: DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE	FECHA	: 3/05/2017
TRAMO	: 4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL		
MUESTRA	: 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE		
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-12	T-23	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1724.6	1661.5	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1675.6	1611.3	
PESO DE LA TARA (gr)	314.9	314.9	
PESO DEL AGUA (gr)	49.0	50.3	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1360.7	1296.4	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.6	3.9	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	3.7		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.2.17.2 Determinación Humedad natural – Escenario 4 – Tramo IV.

Fuente: Propia

c) Límites de consistencia

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
DATOS DE LA MUESTRA												
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CASO	: ESC 4 (e=20 cm)									
CONCEPTO	: DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE	FECHA	: 3/05/2017									
TRAMO	: 4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL											
MUESTRA	: 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE											
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)												
N° DE TARA	T-06	T-05	T-33									
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	31.85	34.25	31.28									
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	29.52	32.79	31.15									
PESO DEL AGUA (gr)	2.33	1.46	0.13									
PESO DE LA TARA (gr)	14.00	23.80	30.43									
PESO DEL SUELO SECO (gr)	15.52	8.99	0.72									
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.01	16.24	18.06									
NÚMERO DE GOLPES	33	24	17									
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)												
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				NP								
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; padding: 5px;">CONSTANTES FÍSICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LÍMITE LÍQUIDO (%)</td> <td style="text-align: center;">16</td> </tr> <tr> <td>LÍMITE PLÁSTICO (%)</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> </tbody> </table>			CONSTANTES FÍSICAS		LÍMITE LÍQUIDO (%)	16	LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP
CONSTANTES FÍSICAS												
LÍMITE LÍQUIDO (%)	16											
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP											
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP											
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.17.3 Límites de consistencia – Escenario 4 – Tramo IV. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C"

Anexo 12.2.17.4 Proctor modificado método "C" – Escenario 4 – Tramo IV. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R.

Anexo 12.2.17.5 Ensayo C.B.R. – Escenario 4 – Tramo IV. Fuente: Propia

12.2.18 Escenario 5 y 6 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo IV

a) Ensayo de Clasificación

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
NTP 339.127, MIC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88						
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL						
DATOS DE LA MUESTRA						
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA				CASO : ESC 5 y 6 (e=20 cm)		
CONCEPTO : DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO				FECHA : 8/05/2017		
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL						
MUESTRA : 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.100				100.0	Peso de la Muestra
1"	25.400	649.0	3.9	3.9	96.1	Peso Total de la Muestra (gr.) : 16643.0
3/4"	19.000	1098.0	6.6	10.5	89.5	Material Fino < N°4 (gr.) : 7023
1/2"	12.500	3279.0	19.7	30.2	69.8	Material Grueso > N°4 (gr.) : 9620
3/8"	9.500	1465.0	8.8	39.0	61.0	Fracción Material < N°4 (gr.) : 600.0
N°4	4.750	3129.0	18.8	57.8	42.2	Límites de Consistencia
N°10	2.000	176.3	12.4	70.2	29.8	Límite Líquido (%) : 17
N°20	0.840	135.1	9.5	79.7	20.3	Límite Plástico (%) : NP
N°40	0.425	106.6	7.5	87.2	12.8	Índice Plástico (%) : NP
N°50	0.300	29.9	2.1	89.3	10.7	Clasificación de Suelo
N°100	0.150	35.5	2.5	91.8	8.2	Clasificación SUCS : GW-GM
N°200	0.075	19.9	1.4	93.2	6.8	Clasificación AASHTO : A-1-a (0)
< N°200	FONDO	96.7	6.8	100.0	0.0	Humedad Natural (%) : 3.3

CURVA GRANULOMÉTRICA

El gráfico muestra la curva granulométrica de la muestra. El eje horizontal (X) representa la 'Abertura (mm)' en una escala logarítmica, con marcas para tamices N°200, N°100, N°80, N°50, N°40, N°30, N°20, N°10, N°4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2" y 2". El eje vertical (Y) representa el 'Porcentaje que pasa (%)' en una escala lineal de 0 a 100. La curva, trazada con una línea azul discontinua y puntos rojos, indica que el 0% del material pasa por los tamices N°200 y N°100, el 6.8% por el N°200, el 8.2% por el N°100, el 10.7% por el N°50, el 12.8% por el N°40, el 20.3% por el N°20, el 29.8% por el N°10, el 42.2% por el N°4, el 61.0% por el 3/8", el 69.8% por el 1/2", el 89.5% por el 3/4", el 96.1% por el 1" y el 100% por el 1 1/2".

Guillermo Lazo Lázaro
Ingeniero Civil CIP 53358
MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.18.1 Ensayo de Clasificación – Escenario 5 y 6 – Tramo IV. Fuente: Propia

b) Determinación de humedad natural

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL			
MTC E 108, ASTM D 2216			
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CASO : ESC 5 y 6 (e=20 cm)	
CONCEPTO : DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO		FECHA : 8/05/2017	
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL			
MUESTRA : 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE			
ENSAYO N°	1	2	
N° DE TARA	T-48	T-45	
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1676.3	1718.2	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1622.3	1668.9	
PESO DE LA TARA (gr)	78.8	79.8	
PESO DEL AGUA (gr)	54.0	49.3	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1543.5	1589.1	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.5	3.1	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	3.3		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.2.18.2 Determinación Humedad natural – Escenario 5 y 6 – Tramo IV.

Fuente: Propia

c) Límites de consistencia

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40												
MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90												
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
DATOS DE LA MUESTRA												
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CASO	: ESC 5 y 6 (e=20 cm)									
CONCEPTO : DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO		FECHA	: 9/05/2017									
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL												
MUESTRA : 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE												
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)												
N° DE TARA		T-01	T-28	T-02								
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	(gr)	21.93	37.27	23.12								
PESO TARA + SUELO SECO	(gr)	20.70	35.93	21.89								
PESO DEL AGUA	(gr)	1.23	1.34	1.23								
PESO DE LA TARA	(gr)	14.37	28.23	14.32								
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	6.33	7.70	7.57								
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.43	17.40	16.25								
NÚMERO DE GOLPES		15	24	33								
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)												
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			NP								
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES <table><tr><th colspan="2">CONSTANTES FÍSICAS</th></tr><tr><td>LÍMITE LÍQUIDO</td><td>(%) 17</td></tr><tr><td>LÍMITE PLÁSTICO</td><td>(%) NP</td></tr><tr><td>INDICE DE PLASTICIDAD</td><td>(%) NP</td></tr></table> Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.					CONSTANTES FÍSICAS		LÍMITE LÍQUIDO	(%) 17	LÍMITE PLÁSTICO	(%) NP	INDICE DE PLASTICIDAD	(%) NP
CONSTANTES FÍSICAS												
LÍMITE LÍQUIDO	(%) 17											
LÍMITE PLÁSTICO	(%) NP											
INDICE DE PLASTICIDAD	(%) NP											

Anexo 12.2.18.3 Límites de consistencia – Escenario 5 y 6 – Tramo IV. Fuente: Propia

12.2.19 Escenario 5 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 1% CP) para el Tramo IV

a) Proctor modificado método "C"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTODO 'C'				
NTP 339.141, MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180				
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CASO : ESC 5 (e=20 cm)	
CONCEPTO	: DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO		CEMENTO : 1%	
TRAMO	: 4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL		FECHA : 9/05/2017	
MUESTRA	: 37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE			
Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)	10651	10815	10977	10931
Peso molde + base (gr)	6615	6615	6615	6615
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4036	4200	4362	4316
Volumen del molde (cm³)	2077	2077	2077	2077
Peso volumétrico húmedo (gr/cm³)	1.943	2.022	2.100	2.078
Tara N°	T-26	T-27	T-28	T-30
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	1156.7	1179.7	1227.6	1269.4
Peso del suelo seco + tara (gr)	1141.8	1148.5	1175.6	1190.2
Peso de Tara (gr)	249.0	254.7	248.5	161.5
Peso de agua (gr)	14.9	31.2	52.0	79.2
Peso del suelo seco (gr)	892.8	893.8	927.1	1028.7
Contenido de agua (%)	1.7	3.5	5.6	7.7
Peso volumétrico seco (gr/cm³)	1.911	1.954	1.989	1.929
Densidad máxima			(gr/cm3)	1.989
Húmedad óptima			(%)	5.7

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm³)
1.7	1.943
3.5	2.022
5.6	2.100
7.7	2.078

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.19.1 Proctor modificado método "C" – Escenario 5 – Tramo IV. Fuente: Propia

b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento

MOLDEO DE CUERPOS DE PROBETA DE SUELO - CEMENTO												
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
SOLICITANTE :		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA							CASO : ESC 5 (e=20 cm)			
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO							CEMENTO : 1%			
TRAMO :		4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL							FECHA : 9/05/2017			
MUESTRA :		37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE										
COMPOSICION DE MUESTRA												
RESULTADOS DE ENSAYO			DATOS DE EQUIPO				PARAMETROS					
Dens. Aparente Máxima	1.989		Pisón n°	1	Peso del Pison 10 Kg.			Energía Compactada: Proctor Modificado al 95%				
% de Humedad Optima	5.7		Cilindro n°	1	1	1						
% de Humedad Natural	3.3		Volume de cilindro	942	942	942		Número de golpes: 56 (5 Capas)				
			Peso de cilindro	3675	4235	3936						
DATOS DE LA MEZCLA												
ITEMS	MATERIAL				%							
1	Carpeta asfáltica colapsada (7.5 cm)				37.5%							
2	Material de base granular existente (12.5 cm)				62.5%							
3												
4												
VERIFICACION DE MOLDEO												
Número de Cilindro	Porcent. de Cemento en peso	Peso del molde mas material	Peso de material humedo	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD							CUERPO DE PRUEBA	
				Tara	Peso humedo	Peso Seco	Peso Tara	Água	Suelo Seco	Humedad	Densidad Humeda	Densidad seca
N°	(%)	(g)	(g)	N°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(g/cm3)	(g/cm3)
1	1	6131	1979	1	951.3	908.3	152.00	43.0	756.3	5.7	2.101	1.988
2	1	6136	1984	2	942.6	897.8	125.10	44.8	772.7	5.8	2.104	1.989
3	1	6134	1982	3	842.6	806.0	166.00	36.6	640.0	5.7	2.102	1.988
							PROMEDIO			5.7		1.988
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.19.2 Moldeo de cuerpos – Escenario 5 – Tramo IV. Fuente: Propia

c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO									
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL									
SOLICITANTE :		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA				CASO : ESC 5 (e=20 cm)			
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO				CEMENTO : 1%			
TRAMO :		4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL				FECHA : 15/05/2017			
MUESTRA :		37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE							
DATOS DEL ESPECIMEN SUELO CEMENTO									
N° DEL CUERPO DE PROBETA	N° DE ESPECIMEN	% DE CEMENTO EN PESO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (Cm²)	RESISTENCIA (Kg/Cm²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA
1	1	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2097.0	80.80	26.0	26.0
2	2	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2108.0	80.90	26.1	
3	3	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2088.0	80.50	25.9	
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.									

Anexo 12.2.19.3 Resistencia de las probetas suelo cemento – Escenario 5 – Tramo IV.

Fuente: Propia

12.2.20 Escenario 6 (7.5 cm RAP + 12.5 cm Base + 2% CP) para el Tramo IV

a) Proctor modificado método "C"

Anexo 12.2.20.1 Proctor modificado método "C" – Escenario 6 – Tramo IV. Fuente: Propia

b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento

MOLDEO DE CUERPOS DE PROBETA DE SUELO - CEMENTO												
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
SOLICITANTE :		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA								CASO : ESC 6 (e=20 cm)		
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO								CEMENTO : 2%		
TRAMO :		4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL								FECHA : 9/05/2017		
MUESTRA :		37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE										
COMPOSICION DE MUESTRA												
RESULTADOS DE ENSAYO		DATOS DE EQUIPO					PARAMETROS					
Dens. Aparente Máxima	2.080	Pisón n°	1	Peso del Pison 10 Kg.			Energía Compactada: Proctor Modificado al 95%					
% de Humedad Optima	5.7	Cilindro n°	1	1	1							
% de Humedad Natural	3.3	Volume de cilindro	942	942	942		Número de golpes: 56 (5 Capas)					
		Peso de cilindro	4152	4152	4152							
DATOS DE LA MEZCLA												
ITEMS	MATERIAL		%									
1	Carpeta asfáltica colapsada (7.5 cm)		37.5%									
2	Material de base granular existente (12.5 cm)		62.5%									
3	Material de Base Granular											
4												
VERIFICACION DE MOLDEO												
Número de Cilindro	Porcent. de Cemento en peso	Peso del molde mas material	Peso de material humedo	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD							CUERPO DE PRUEBA	
				Tara	Peso humedo	Peso Seco	Peso Tara	Água	Suelo Seco	Humedad	Densidad Humeda	Densidad seca
N°	(%)	(g)	(g)	N°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(g/cm3)	(g/cm3)
1	2	6220	2068	9	814.3	783.6	231.00	30.7	552.6	5.6	2.195	2.080
2	2	6223	2071	10	826.5	791.0	156.00	35.5	635.0	5.6	2.199	2.082
3	2	6225	2073	11	818.3	783.1	166.00	35.2	617.1	5.7	2.201	2.082
							PROMEDIO			5.6		2.081
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.20.2 Moldeo de cuerpos – Escenario 6 – Tramo IV. Fuente: Propia

c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO									
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL									
SOLICITANTE :	SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA					CASO : ESC 6 (e=20 cm)			
CONCEPTO :	DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO					CEMENTO : 2%			
TRAMO :	4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL					FECHA : 15/05/2017			
MUESTRA :	37.5% R.A.P. + 62.5% B.G. EXISTENTE								
DATOS DEL ESPECIMEN SUELO CEMENTO									
Nº DEL CUERPO DE PROBETA	Nº DE ESPECIMEN	% DE CEMENTO EN PESO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (K _a)	AREA (Cm²)	RESISTENCIA (Kg/Cm²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA
1	1	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2248.0	81.20	27.7	27.5
2	2	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2208.0	80.90	27.3	
3	3	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2225.0	80.70	27.6	
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.									

Anexo 12.2.20.3 Resistencia de las probetas suelo cemento – Escenario 6 – Tramo IV.
Fuente: Propia

12.2.21 Escenario 7 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo IV

a) Ensayo de Clasificación

Anexo 12.2.21.1 Ensayo de Clasificación – Escenario 7 – Tramo IV. Fuente: Propia

b) Determinación de humedad natural

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL MTC E 108, ASTM D 2216 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL			
DATOS DE LA MUESTRA			
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CASO	: ESC 7 (e=25 cm)
CONCEPTO	: DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE	FECHA	: 10/05/2017
TRAMO	: 4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL		
MUESTRA	: 30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE		
ENSAYO N°	1	2	3
N° DE TARA	T-28	T-79	
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	1669.2	1709.8	
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	1617.7	1657.6	
PESO DE LA TARA (gr)	263.5	207.9	
PESO DEL AGUA (gr)	51.5	52.2	
PESO DE L SUELO SECO (gr)	1354.2	1449.7	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.8	3.6	
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO (%)	3.7		
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.			

Anexo 12.2.21.2 Determinación Humedad natural – Escenario 7 – Tramo IV.

Fuente: Propia

c) Límites de consistencia

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40 MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90 LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
DATOS DE LA MUESTRA												
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA	CASO	: ESC 7 (e=25 cm)									
CONCEPTO	: DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE	FECHA	: 10/05/2017									
TRAMO	: 4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL											
MUESTRA	: 30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE											
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)												
N° DE TARA	T-04	T-12	T-19									
PESO TARA + SUELO HÚMEDO (gr)	37.41	21.66	22.44									
PESO TARA + SUELO SECO (gr)	35.47	20.62	21.31									
PESO DEL AGUA (gr)	1.94	1.04	1.13									
PESO DE LA TARA (gr)	23.90	14.10	14.00									
PESO DEL SUELO SECO (gr)	11.57	6.52	7.31									
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.77	15.95	15.46									
NÚMERO DE GOLPES	16	24	32									
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)												
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				NP								
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">CONSTANTES FÍSICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LÍMITE LÍQUIDO (%)</td> <td style="text-align: center;">16</td> </tr> <tr> <td>LÍMITE PLÁSTICO (%)</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>INDICE DE PLASTICIDAD (%)</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> </tbody> </table>			CONSTANTES FÍSICAS		LÍMITE LÍQUIDO (%)	16	LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP	INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP
CONSTANTES FÍSICAS												
LÍMITE LÍQUIDO (%)	16											
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP											
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP											
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.21.3 Límites de consistencia – Escenario 7 – Tramo IV. Fuente: Propia

d) Proctor modificado método "C"

Anexo 12.2.21.4 Proctor modificado método "C" – Escenario 7 – Tramo IV. Fuente: Propia

e) Ensayo C.B.R.

Anexo 12.2.21.5 Ensayo C.B.R. – Escenario 7 – Tramo IV. Fuente: Propia

12.2.22 Escenario 8 y 9 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 0% CP) para el Tramo IV

a) Ensayo de Clasificación

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN						
NTP 339.127, MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88						
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL						
DATOS DE LA MUESTRA						
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			CASO : ESC 8 y 9 (e=25 cm)			
CONCEPTO : DISEÑO BASE RECICLADA MECÁNICAMENTE			FECHA : 9/05/2017			
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL						
MUESTRA : 30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE						
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	Peso de la Muestra
1"	25.400	1390.0	8.4	8.4	91.6	Peso Total de la Muestra (gr.) : 16543.0
3/4"	19.000	943.0	5.7	14.1	85.9	Material Fino < N°4 (gr.) : 6021
1/2"	12.500	3656.0	22.1	36.2	63.8	Material Grueso > N° (gr.) : 10522
3/8"	9.500	1208.0	7.3	43.5	56.5	Fracción Material < (gr.) : 600.0
N°4	4.750	3325.0	20.1	63.6	36.4	Límites de Consistencia
N°10	2.000	169.8	10.3	73.9	26.1	Límite Líquido (%) : 16
N°20	0.840	176.4	10.7	84.6	15.4	Límite Plástico (%) : NP
N°40	0.425	110.4	6.7	91.3	8.7	Índice Plástico (%) : NP
N°50	0.300	34.6	2.1	93.4	6.6	Clasificación de Suelo
N°100	0.150	11.5	0.7	94.1	5.9	Clasificación SUC : GP-GM
N°200	0.075	11.5	0.7	94.8	5.2	Clasificación AAS : A-1-a (0)
< N°200	FONDO	85.8	5.2	100.0	0.0	Humedad Natural (%) : 4.1

CURVA GRANULOMÉTRICA

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

Porcentaje que pasa (%)

0.01

0.1

1

10

100

Abertura (mm)

N° 200

N° 100

N° 80

N° 50

N° 40

N° 30

N° 20

N° 10

N° 4

3/8"

1/2"

3/4"

1"

1 1/2"

1 1/2"

1 1/2"

1 1/2"

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.22.1 Ensayo de Clasificación – Escenario 8 y 9 – Tramo IV. Fuente: Propia

12.2.23 Escenario 8 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 1% CP) para el Tramo IV

a) Proctor modificado método "C"

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO MÉTO DO 'C'				
NTP 339.141, MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180				
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL				
DATOS DE LA MUESTRA				
SOLICITANTE	: SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA		CASO : ESC 8 (e=25 cm)	
CONCEPTO	: DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO		CEMENTO : 1%	
TRAMO	: 4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL		FECHA : 9/05/2017	
MUESTRA	: 30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE			
Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)	10778	10921	11043	11051
Peso molde + base (gr)	6615	6615	6615	6615
Peso suelo húmedo compactado (gr)	4163	4306	4428	4436
Volumen del molde (cm³)	2077	2077	2077	2077
Peso volumétrico húmedo (gr/cm³)	2.004	2.073	2.132	2.136
Tara N°	T-04	T-05	T-06	T-07
Peso del suelo húmedo + tara (gr)	1174.1	1170.7	1239.3	1213.3
Peso del suelo seco + tara (gr)	1159.7	1141.4	1192.5	1152.8
Peso de Tara (gr)	357.2	370.6	369.0	355.3
Peso de agua (gr)	14.4	29.3	46.8	60.5
Peso del suelo seco (gr)	802.5	770.8	823.5	797.5
Contenido de agua (%)	1.8	3.8	5.7	7.6
Peso volumétrico seco (gr/cm³)	1.969	1.997	2.017	1.985
Densidad máxima (gr/cm³)			2.017	
Húmedad óptima (%)			5.7	

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Contenido de humedad (%)	Densidad seca (gr/cm³)
1.8	1.969
3.8	1.997
5.7	2.017
7.6	1.985

Guillermo Lazo Lázaro

Ingeniero Civil CIP 53358

MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.

Anexo 12.2.23.1 Proctor modificado método "C" – Escenario 8 – Tramo IV. Fuente: Propia

b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento

MOLDEO DE CUERPOS DE PROBETA DE SUELO - CEMENTO												
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
SOLICITANTE :		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA							CASO : ESC 8 (e=25 cm)			
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO							CEMENTO : 1%			
TRAMO :		4 - DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL							FECHA : 9/05/2017			
MUESTRA :		30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE										
COMPOSICION DE MUESTRA												
RESULTADOS DE ENSAYO		DATOS DE EQUIPO					PARAMETROS					
Dens. Aparente Máxima	1.997	Pisón n°	1	Peso del Pison 10 Kg.			Energía Compactada: Proctor Modificado al 95%					
% de Humedad Optima	5.7	Cilindro n°	1	1	1							
% de Humedad Natural	4.1	Volume de cilindro	942	942	942		Número de golpes: 56 (5 Capas)					
		Peso de cilindro	4152	4152	4152							
DATOS DE LA MEZCLA												
ITEMS	MATERIAL		%									
1	Carpeta asfáltica colapsada (7.5 cm)		30.0%									
2	Material de base granular existente (17.5 cm)		70.0%									
3												
4												
VERIFICACION DE MOLDEO												
Número de Cilindro	Porcent. de Cemento en peso	Peso del molde mas material	Peso de material humedo	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD							CUERPO DE PRUEBA	
				Tara	Peso humedo	Peso Seco	Peso Tara	Água	Suelo Seco	Humedad	Densidad Humeda	Densidad seca
N°	(%)	(g)	(g)	N°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(g/cm3)	(g/cm3)
1	1	6053	1901	5	541.3	521.0	166.00	20.3	355.0	5.7	2.018	1.909
2	1	6055	1903	14	559.3	540.9	220.00	18.4	320.9	5.7	2.018	1.909
3	1	6053	1901	16	601.3	581.3	225.00	20.0	356.3	5.6	2.016	1.909
							PROMEDIO			5.7		1.909
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.												

Anexo 12.2.23.2 Moldeo de cuerpos – Escenario 8 – Tramo IV. Fuente: Propia

c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO									
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL									
SOLICITANTE : SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA						CASO : ESC 8 (e=25 cm)			
CONCEPTO : DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO						CEMENTO : 1%			
TRAMO : 4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL						FECHA : 15/05/2017			
MUESTRA : 30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE									
DATOS DEL ESPECIMEN SUELO CEMENTO									
Nº DEL CUERPO DE PROBETA	Nº DE ESPECIMEN	% DE CEMENTO EN PESO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (Cm²)	RESISTENCIA (Kg/Cm²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA
1	1	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2213.0	80.50	27.5	27.3
2	2	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2197.0	80.70	27.2	
3	3	1	9/05/2017	15/05/2017	7	2196.0	80.50	27.3	
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.									

Anexo 12.2.23.3 Resistencia de las probetas suelo cemento – Escenario 8 – Tramo IV.
Fuente: Propia

12.2.24 Escenario 9 (7.5 cm RAP + 17.5 cm Base + 2% CP) para el Tramo IV

a) Proctor modificado método "C"

Anexo 12.2.24.1 Proctor modificado método "C" – Escenario 9 – Tramo IV. Fuente: Propia

b) Moldeo de cuerpos de probetas de suelo cemento

MOLDEO DE CUERPOS DE PROBETA DE SUELO - CEMENTO												
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL												
SOLICITANTE :		SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA							CASO : ESC 9 (e=25 cm)			
CONCEPTO :		DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO							CEMENTO : 2%			
TRAMO :		4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL							FECHA : 9/05/2017			
MUESTRA :		30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE										
COMPOSICION DE MUESTRA												
RESULTADOS DE ENSAYO		DATOS DE EQUIPO					PARAMETROS					
Dens. Aparente Máxima	2.194	Pisón n°	1	Peso del Pisón 10 Kg.			Energía Compactada: Proctor Modificado al 95%					
% de Humedad Optima	5.9	Cilindro n°	4	5	6							
% de Humedad Natural	4.1	Volume de cilindro	942	943	943		Número de golpes: 56 (5 Capas)					
		Peso de cilindro	4210	4220	4230							
DATOS DE LA MEZCLA												
ITEMS	MATERIAL		%									
1	Carpeta asfáltica colapsada (7.5 cm)		30.0%									
2	Material de base granular existente (17.5 cm)		70.0%									
3												
4												
VERIFICACION DE MOLDEO												
Número de Cilindro	Porcent. de Cemento en peso	Peso del molde mas material	Peso de material humedo	DETERMINACION DE PORCENTAJE DE HUMEDAD							CUERPO DE PRUEBA	
				Tara	Peso humedo	Peso Seco	Peso Tara	Água	Suelo Seco	Humedad	Densidad Humeda	Densidad seca
N°	(%)	(g)	(g)	N°	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(g/cm3)	(g/cm3)
1	2	6338	2186	1	681.3	656.3	231.00	25.0	425.3	5.9	2.323	2.194
2	2	6340	2188	2	708.3	689.3	360.00	19.0	329.3	5.8	2.320	2.194
3	2	6343	2191	3	608.3	583.6	166.00	24.7	417.6	5.9	2.323	2.194
							PROMEDIO			5.9		2.194
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim												

Anexo 12.2.24.2 Moldeo de cuerpos – Escenario 9 – Tramo IV. Fuente: Propia

c) Resistencia a la compresión de probetas de suelo cemento

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE SUELO CEMENTO									
LABORATORIO DE PAVIMENTOS USIL									
SOLICITANTE :			SALDAÑA ANTUANET Y FLORES CARLA			CASO : ESC 9 (e=25 cm)			
CONCEPTO :			DISEÑO DE BASE RECICLADA SUELO - CEMENTO			CEMENTO : 2%			
TRAMO :			4 - DESAGUADERO - PTE INTERNACIONAL			FECHA : 15/05/2017			
MUESTRA :			30% R.A.P. + 70% B.G. EXISTENTE						
DATOS DEL ESPECIMEN SUELO CEMENTO									
Nº DEL CUERPO DE PROBETA	Nº DE ESPECIMEN	% DE CEMENTO EN PESO	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (DIAS)	LECTURA DEL DIAL (Kg)	AREA (Cm²)	RESISTENCIA (Kg/Cm²)	PROMEDIO DE RESISTENCIA
1	1	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2311.0	80.70	28.6	28.8
2	2	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2336.0	80.80	28.9	
3	3	2	9/05/2017	15/05/2017	7	2329.0	80.80	28.8	
Guillermo Lazo Lázaro Ingeniero Civil CIP 53358 MSc. Ing. Jefe Especialista de Suelos y Pavim.									

Anexo 12.2.24.3 Resistencia de las probetas suelo cemento – Escenario 9 – Tramo IV.
Fuente: Propia

12.3 ANEXO C: DIFERENCIAS ACUMULADAS

12.3.1 Diferencias acumuladas para el Tramo III

MÉTODO DE LAS DIFERENCIAS ACUMULADAS TRAMO 3: MAZO CRUZ - DESAGUADERO (km 214+080 - km 304+225)										
CAL.	PROG	CBR 95%	# Intervalo	Dist. Entre intervalo	Dist. Acumulada entre intervalos	Intervalo promedio	Area del intervalo	Area acumulada	Zx	Sub tramo - CBR prom (%)
199	215+000	63.8	1	1000	1000	63.8	63843.1	63843.1	8520.5	60.23
201	216+000	61.8	2	1000	2000	62.8	62798.4	126641.5	15996.3	
203	217+000	59.2	3	1000	3000	60.5	60488.2	187129.7	21161.9	
205	218+000	58.9	4	1000	4000	59.1	59053.7	246183.4	24893.0	
(*) 207	219+000	20.0	5	1000	5000	39.4	39442.3	285625.7	9012.7	
209	220+000	62.4	6	1000	6000	41.2	41193.7	326819.3	-5116.2	
211	221+000	64.9	7	1000	7000	63.6	63625.0	390444.3	3186.1	
213	222+000	61.0	8	1000	8000	62.9	62925.1	453369.4	10788.7	
215	223+000	49.8	9	1000	9000	55.4	55410.0	508779.4	10876.0	
217	224+000	53.9	10	1000	10000	51.9	51860.8	560640.3	7414.3	
219	225+000	64.5	11	1000	11000	59.2	59201.9	619842.2	11293.6	
221	226+000	63.7	12	1000	12000	64.1	64111.9	683954.1	20082.9	
223	227+000	64.4	13	1000	13000	64.1	64070.7	748024.7	28830.9	
225	228+000	69.3	14	1000	14000	66.9	66886.4	814911.1	40394.7	
227	229+000	74.2	15	1000	15000	71.8	71792.1	886703.2	56864.3	
229	230+000	42.1	16	1000	16000	58.2	58177.1	944880.4	59718.8	
231	231+000	57.8	17	1000	17000	50.0	49970.5	994850.9	54366.7	
233	232+000	62.3	18	1000	18000	60.1	60066.8	1054917.7	59110.9	
235	233+000	78.9	19	1000	19000	70.6	70610.8	1125528.5	74399.2	
237	234+000	73.1	20	1000	20000	76.0	76003.8	1201532.3	95080.3	
239	235+000	65.8	21	1000	21000	69.4	69444.8	1270977.1	109202.5	
241	236+000	42.5	22	1000	22000	54.2	54150.0	1325127.1	108029.9	
243	237+000	45.4	23	1000	23000	44.0	43955.9	1369083.0	96663.2	
245	238+000	55.5	24	1000	24000	50.4	50441.6	1419524.6	91782.2	
247	239+000	59.3	25	1000	25000	57.4	57392.4	1476916.9	93852.0	
249	240+000	59.1	26	1000	26000	59.2	59227.6	1536144.5	97757.0	
251	241+000	70.2	27	1000	27000	64.7	64693.0	1600837.6	107127.4	
253	242+000	70.2	28	1000	28000	70.2	70216.6	1671054.2	122021.4	
255	243+000	72.4	29	1000	29000	71.3	71277.7	1742331.9	137976.5	
257	244+000	60.3	30	1000	30000	66.4	66351.4	1808683.3	149005.4	
259	245+000	56.9	31	1000	31000	58.6	58631.0	1867314.3	152313.8	52.16
261	246+000	33.5	32	1000	32000	45.2	45195.8	1912510.2	142187.0	
263	247+000	17.1	33	1000	33000	25.3	25296.8	1937807.0	112161.3	
265	248+000	39.1	34	1000	34000	28.1	28124.1	1965931.1	84962.7	
267	249+000	69.4	35	1000	35000	54.3	54250.8	2020181.8	83890.9	
269	250+000	47.0	36	1000	36000	58.2	58208.1	2078389.9	86776.4	
271	251+000	53.8	37	1000	37000	50.4	50417.9	2128807.8	81871.7	
273	252+000	33.8	38	1000	38000	43.8	43777.6	2172585.4	70326.6	
275	253+000	11.2	39	1000	39000	22.5	22461.8	2195047.2	37465.8	
277	254+000	32.3	40	1000	40000	21.7	21721.2	2216768.4	3864.5	
279	255+000	72.4	41	1000	41000	52.3	52348.0	2269116.4	889.9	
281	256+000	47.9	42	1000	42000	60.2	60177.1	2329293.5	5744.4	
283	257+000	67.5	43	1000	43000	57.7	57693.8	2386987.3	8115.6	
285	258+000	59.3	44	1000	44000	63.4	63389.6	2450376.9	16182.6	
287	259+000	64.1	45	1000	45000	61.7	61712.5	2512089.4	22572.5	
289	260+000	58.5	46	1000	46000	61.3	61297.8	2573387.2	28547.7	
291	261+000	68.4	47	1000	47000	63.5	63465.0	2636852.3	36690.2	

MÉTODO DE LAS DIFERENCIAS ACUMULADAS
TRAMO 3: MAZO CRUZ - DESAGUADERO (km 214+080 - km 304+225)

CAL.	PROG	CBR 95%	# Intervalo	Dist. Entre intervalo	Dist. Acumulada entre intervalos	Intervalo promedio	Area del intervalo	Area acumulada	Zx	Sub tramo - CBR prom (%)
293	262+000	68.6	48	1000	48000	68.5	68534.6	2705386.8	49902.1	52.16
295	263+000	77.1	49	1000	49000	72.9	72887.2	2778274.1	67466.8	
297	264+000	52.5	50	1000	50000	64.8	64821.4	2843095.5	76965.6	
299	265+000	51.2	51	1000	51000	51.9	51863.1	2894958.6	73506.1	
301	266+000	43.3	52	1000	52000	47.3	47268.1	2942226.6	65451.5	
303	267+000	57.2	53	1000	53000	50.3	50255.8	2992482.5	60384.8	
305	268+000	49.0	54	1000	54000	53.1	53079.9	3045562.4	58142.1	
307	269+000	61.8	55	1000	55000	55.4	55367.5	3100929.9	58187.0	
309	270+000	50.6	56	1000	56000	56.2	56207.4	3157137.3	59071.8	
311	271+000	48.8	57	1000	57000	49.7	49740.2	3206877.6	53489.5	
313	272+000	48.8	58	1000	58000	48.8	48831.1	3255708.6	46997.9	
315	273+000	46.8	59	1000	59000	47.8	47803.9	3303512.5	39479.2	
317	274+000	56.6	60	1000	60000	51.7	51680.7	3355193.2	35837.3	
319	275+000	66.4	61	1000	61000	61.5	61469.6	3416662.8	41984.3	
321	276+000	60.9	62	1000	62000	63.6	63626.0	3480288.8	50287.7	
323	277+000	62.4	63	1000	63000	61.6	61648.3	3541937.1	56613.4	
325	278+000	57.4	64	1000	64000	59.9	59881.9	3601819.1	61172.8	
327	279+000	61.2	65	1000	65000	59.3	59286.7	3661105.8	65136.9	
329	280+000	58.8	66	1000	66000	60.0	60019.9	3721125.7	69834.2	
331	281+000	65.4	67	1000	67000	62.1	62128.1	3783253.8	76639.7	
333	282+000	49.5	68	1000	68000	57.5	57479.5	3840733.3	78796.6	
335	283+000	32.3	69	1000	69000	40.9	40916.7	3881650.0	64390.7	
337	284+000	19.1	70	1000	70000	25.7	25695.7	3907345.6	34763.7	
339	285+000	73.9	71	1000	71000	46.5	46499.6	3953845.3	25940.8	
341	286+000	70.2	72	1000	72000	72.1	72062.5	4025907.8	42680.7	
343	287+000	59.7	73	1000	73000	65.0	64961.9	4090869.7	52320.1	
345	288+000	48.1	74	1000	74000	53.9	53917.1	4144786.8	50914.5	
347	289+000	37.8	75	1000	75000	42.9	42949.1	4187735.9	38541.1	
349	290+000	36.3	76	1000	76000	37.1	37058.6	4224794.5	20277.1	
351	291+000	47.3	77	1000	77000	41.8	41841.3	4266635.8	6795.8	55.50
353	292+000	52.0	78	1000	78000	49.7	49691.2	4316327.0	1164.4	
355	293+000	66.9	79	1000	79000	59.5	59453.6	4375780.6	5295.3	
357	294+000	68.0	80	1000	80000	67.5	67457.9	4443238.5	17430.6	
359	295+000	66.0	81	1000	81000	67.0	67022.7	4510261.1	29130.7	
361	296+000	39.0	82	1000	82000	52.5	52512.0	4562773.1	26320.0	
363	297+000	66.6	83	1000	83000	52.8	52798.7	4615571.8	23796.1	
365	298+000	16.7	84	1000	84000	41.6	41647.9	4657219.7	10121.4	
367	299+000	66.9	85	1000	85000	41.8	41804.2	4699023.9	-3397.0	
369	300+000	71.2	86	1000	86000	69.1	69050.7	4768074.6	10331.2	
371	301+000	46.3	87	1000	87000	58.7	58749.2	4826823.8	13757.8	
373	302+000	30.5	88	1000	88000	38.4	38396.8	4865220.6	-3168.0	
375	303+000	48.7	89	1000	89000	39.6	39585.5	4904806.1	-18905.1	
377	304+000	72.2	90	1000	90000	60.4	60440.2	4965246.4	-13787.5	
378	305+000	66.0	91	1000	91000	69.1	69110.1	5034356.4	0.0	
								At	5034356.438	
								Lp	91000	
								F	55.3	

(*) En las calicatas en las que se encontró un terreno inadecuado (CBR < 7%), se consideró el reemplazo con un material de préstamo con (CBR = 20%)

Anexo 12.3.1.1 Diferencias acumuladas – Tramo III. Fuente: Consorcio Vial Santa Rosa

a) Diagrama de diferencias acumuladas

Anexo 12.3.1.2 Diagrama de diferencias acumuladas – Tramo III. Fuente: Consorcio Vial Santa Rosa

12.3.2 Diferencias acumuladas para el Tramo IV

MÉTODO DE LAS DIFERENCIAS ACUMULADAS										
TRAMO 4:										
DESAGUADERO - LOMA DE TORO (km 304+225 - km 307+411)										
DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL (km 0+000 - km 2+036)										
DESAGUADERO - LOMA DE TORO (km 304+225 - km 307+411)										
CAL.	PROG	CBR 95%	# Intervalo	Dist. Entre intervalo	Dist. Acumulada entre intervalos	Intervalo promedio	Area del intervalo	Area acumulada	Zx	Sub tramo - CBR prom (%)
379	305+000	46.8	1	1000	1000	46.8	46800	46800	-69537.5	45.80
381	306+000	42.3	2	1300	2300	44.6	57915	104715	-162861.3	
383	307+000	ROCA								
384	307+300	48.3	3	700	3000	45.3	31710	136425	-212587.5	
							At	136425		
							Lp	3000		
							F	45.475		
DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL (km 0+000 - km 2+036)										
CAL.	PROG	CBR 95%	# Intervalo	Dist. Entre intervalo	Dist. Acumulada entre intervalos	Intervalo promedio	Area del intervalo	Area acumulada	Zx	Sub tramo - CBR prom (%)
385	00+000	45.3	1	1000	1000	46.8	46800	183225	66887.5	49.45
386	01+000	53.6	2	1000	2000	49.5	49450	232675	0.0	
							At	232675		
							Lp	2000		
							F	116.3		

Anexo 12.3.2.1 Diferencias acumuladas – Tramo IV. Fuente: Consorcio Vial Santa Rosa

b) Diagrama de diferencias acumuladas

MÉTODO DE LAS DIFERENCIAS ACUMULADAS			
TRAMO 4:			
DESAGUADERO - LOMA DE TORO (km 304+225 - km 307+411)			
DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL (km 0+000 - km 2+036)			
DESAGUADERO - LOMA DE TORO (km 304+225 - km 307+411)			

TRAMO	INICIO	FIN	CBR
1	304+225	307+411	45.80

MÉTODO DE LAS DIFERENCIAS ACUMULADAS			
TRAMO 4:			
DESAGUADERO - LOMA DE TORO (km 304+225 - km 307+411)			
DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL (km 0+000 - km 2+036)			
DESAGUADERO - PTE. INTERNACIONAL (km 0+000 - km 2+036)			

TRAMO	INICIO	FIN	CBR
1	00+000	02+036	52.65

Anexo 12.3.2.2 Diagrama de diferencias acumuladas – Tramo IV. Fuente: Consorcio Vial Santa Rosa

12.4 ANEXO D: PANEL FOTOGRÁFICO

Imagen 10. Extracción de muestras para el tramo III Km 215+000

Imagen 11. Extracción de muestras para el tramo III Km 216+000

Imagen 12. Extracción de muestras para el tramo III Km 218+000

Imagen 13. Extracción de muestras para el tramo IV Km 305+000

Imagen 14. Extracción de muestras para el tramo IV Km 306+000

Imagen 15. Extracción de muestras para el tramo III y IV Vista panorámica

Imagen 16. Transporte pesado típico eje tándem que transita en los tramos

Imagen 17. Recicladora Wirtgen WR 240

Imagen 18. Fallas típicas del pavimento del Tramo III y Tramo IV

Imagen 19. Ensayos de laboratorio

Imagen 20. Ensayos de laboratorio

Imagen 21. Visita al proyecto