



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS DE GRADO

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

“ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE ORIGINAN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA BALZAR – COLORADO, DESDE LA ESCUELA BALZAR HASTA EL SUBCENTRO MÉDICO BALZAR EN LA ABSCISA 7+250.00 HASTA 10+250.00 EN EL CANTÓN CHONE DURANTE EL PERÍODO 2015”.

AUTORES:

**IBARRA GILER JULIO CÉSAR
ZAMBRANO ZAMBRANO CARLOS FABRICIO**

TUTOR

ING. ALEXI MORÁN GUZMÁN

MANTA – MANABÍ – ECUADOR

2016

Ing. Alexi Morán Guzmán, Docente de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en calidad de Director de Tesis.

CERTIFICO:

Que la presente TESIS DE GRADO titulada: “ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE ORIGINAN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA BALZAR – COLORADO, DESDE LA ESCUELA BALZAR HASTA EL SUBCENTRO MÉDICO BALZAR EN LA ABSCISA 7+250.00 HASTA 10+250.00 EN EL CANTÓN CHONE DURANTE EL PERÍODO 2015”, ha sido exhaustivamente revisada en varias sesiones de trabajo, se encuentra lista para su presentación y apta para su defensa.

Las opiniones y conceptos vertidos en esta Tesis de grado son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de sus autores: Julio César Ibarra Giler y Carlos Fabricio Zambrano Zambrano, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Manta, Diciembre de 2016

Ing. Alexi Morán Guzmán
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad de las opiniones, investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones presentados en esta tesis de grado, es exclusividad de sus autores.

Manta, diciembre de 2016

Julio César Ibarra Giler
AUTOR

Carlos Fabricio Zambrano Zambrano
AUTOR



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INGENIEROS CIVILES

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE ORIGINAN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA BALZAR – COLORADO, DESDE LA ESCUELA BALZAR HASTA EL SUBCENTRO MÉDICO BALZAR EN LA ABSCISA 7+250.00 HASTA 10+250.00 EN EL CANTÓN CHONE DURANTE EL PERÍODO 2015”, elaborado por los egresados Ibarra Giler Julio César y Zambrano Zambrano Carlos Fabricio de la Carrera de Ingeniería Civil.

Manta, Diciembre de 2016

Ing. Darío Páez Cornejo
DECANO

Ing. Alexi Morán Guzmán
DIRECTOR DE TESIS

Ing. M.Sc. Jorge García Argandoña
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Fabián Espinales Cedeño
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Fabián Espinales Cedeño
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lcda. Norma Salazar
SECRETARIA

DEDICATORIA

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”.

Thomas Chalmers.

Esta tesis se la dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

Dedico este trabajo a mi amada esposa Carolina, por su apoyo, comprensión y ánimo que me brindó día con día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mi hija Victoria quien amo infinitamente, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un mejor futuro.

A mis padres Julio y Margarita por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A quienes me dieron la vida César y Patricia (+), quien a pesar de haberla perdido a muy temprana edad, ha estado siempre cuidándome y guiándome desde el cielo.

A la Sra. Raquel, Maribel y la ñaña Lucia (+), a quienes quiero como una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuestas a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

Julio César

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A mi esposa e hija, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento, las amo infinitamente.

Carlos Fabricio

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión Chone por habernos permitido formarnos en sus aulas y dar este primer pasó en nuestra vida profesional;

A nuestro tutor ingeniero Alexi Morán Guzmán por haber guiado la realización de este trabajo investigativo, por compartir su tiempo y conocimientos con nosotros.

A nuestros compañeros de carrera, por ser testigos y apoyo constante en nuestra vida como estudiantes, a todos nuestro más sincero agradecimiento.

A nuestros profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que nos transmitieron en el desarrollo de nuestra formación profesional.

Finalmente, gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

**Julio César
Carlos Fabricio**

RESUMEN

El pavimento flexible está constituido con materiales menos rígidos que el concreto, más deformables, que transmiten a la sub rasante las cargas de manera más concentrada, distribuyendo el total de la carga en menos área de apoyo, por lo tanto, el pavimento flexible, requiere normalmente más capas y mayores espesores para resistir la transmisión de cargas a la sub rasante.

En el periodo de vida de los pavimentos flexibles se presenta problemas de fallas, los cuales pueden ser: asentamientos diferenciales, deformaciones plásticas, factores climáticos, la intensidad del tránsito circulante, sus deformaciones, etc. El pavimento requiere de conservación y mantenimiento, eficiente, rápido y económico.

A nivel regional y local se están llevando a cabo importantes obras en materia de vialidad, en los últimos años se han abierto vías de transporte en lugares apartados del cantón Chone y existen planes para continuar ampliando la red vial nacional. Sin embargo el hecho de que se ejecute la obra pública no garantiza la durabilidad de la misma a través del tiempo y por encima de las condiciones climáticas de un determinado sector.

Con este propósito, el presente estudio investigativo pretende determinar los factores que inciden en la de fisura y deformaciones superficiales en el pavimento flexible de la vía Balzar Colorado desde la escuela Balzar hasta sub centro médico Balzar desde la abscisa 7+250.00 hasta la 10+250.00 en el cantón Chone ya que el área no cuenta con estudios que estipule cuáles son las causas de las deformaciones del pavimento flexible de esta zona.

Palabras clave: Pavimento flexible, deterioros del pavimento, método PCI.

ABSTRACT

The flexible pavement is made less rigid materials than concrete, more deformables, which transmit the loads to the sub-ground in a more concentratedly way, distributing this way the total load in less support area, therefore the flexible pavement requires usually more layers and greater thickness, to resist the transmission of loads to the sub-ground.

In the lifetime of flexible pavements failure problems, appear problems which can be: differential settlements, plastic deformations, climatic factors, the intensity of the circulating traffic, deformations, etc.: The pavement requires upkeep and maintenance, efficient, fast and economical.

A regional and local levels are carrying out important works in the field of roadways, in recent years have opened up transportation routes in remote locations of Chone canton and exist plans to continue to expand the national road network. However the fact that public work be executed does not guarantee the durability of the same over time and over the climatic conditions in a given sector.

For this purpose, this research study aims to determine the factors that influence the fissures and surface deformations in the flexible pavement of the via Balzar Colorado, from Balzar school to sub-center Medical Balzar from the abscissa 7 + 250.00 to 10 + 250.00 in canton Chone because the area lacks studies that stipulates what are the causes of deformations of flexible pavement in this area.

Key words: Flexible pavement, pavement distress, PCI method.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DESCRIPCIÓN	# Página
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
1. MARCO REFERENCIAL	
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Actualidad del tema	4
1.3. Antecedentes del problema	4
1.4. Formulación del problema	5
1.5. Hipótesis	5
1.6. Objetivos	6
1.6.1. Objetivo general	6
1.6.2. Objetivos específicos	6
1.7. Variables	6
1.8. Métodos	7
1.8.1. Técnicas e instrumentos	7
1.8.2. Población y muestra	7
1.8.3. Procedimiento	8
1.8.3.1. Técnica de recolección de datos	9
CAPÍTULO 2	
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes	11
2.2. Marco conceptual	12
2.2.1. Pavimentos flexibles	12
2.2.2. Factores que influyen en el diseño de los pavimentos flexibles	13
2.2.2.1. Resistencia estructural	13
2.2.2.2. Deformabilidad	15
2.2.2.3. Durabilidad	16
2.2.2.4. Costos	17
2.2.2.5. Requerimientos de conservación del pavimento flexible	18
2.2.2.6. Comodidad	19
2.2.3. Riesgos en el diseño de los pavimentos flexibles	20
2.2.4. Deterioros en el pavimento flexible	21
2.2.4.1. Deterioro estructural	21
2.2.4.2. Deterioro funcional	22
2.2.5. Causas comunes que originan los deterioros en los pavimentos flexibles	23
2.2.6. Alcance del método AASHTO-86(93) en el diseño de pavimentos flexibles	25

2.2.7. Normas de diseño del Ministerio de Transporte y Obras Públicas	26
2.2.7.1. Mejoramiento del subrasante	26
2.2.7.2. Capas de rodaduras básicas	27
CAPÍTULO 3	
3. EVALUACIÓN DE LA VÍA BALZAR – COLORADO, DESDE LA ESCUELA BALZAR HASTA EL SUBCENTRO MÉDICO BALZAR	31
3.1. Inspección visual	31
3.2. Aplicación del método PCI	41
3.3. Estudio de tráfico	103
3.3.1. Cálculo del tráfico anual	103
3.3.2. Cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA)	103
3.4. Cálculo del número estructural requerido	105
3.5. Ensayos realizados a las calicatas	106
CAPÍTULO 4	
4. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS	128
4.1. Inspección de la vía	128
4.2. Estudio de tráfico	131
4.3. Análisis de los ensayos realizados a la vía Balzar – Colorado, desde la Escuela Balzar hasta el Subcentro Médico Balzar	134
CONCLUSIONES	136
RECOMENDACIONES	137
BIBLIOGRAFÍA	138
ANEXOS	139

ÍNDICE DE TABLAS

	# PÁG.
Tabla 1-1.- Deterioros considerados en el PCI para el análisis de pavimentos flexibles	10
Tabla 1-2.- Principales causas que originan deterioros en los pavimentos flexibles	24
Tabla 3-1.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 1	41
Tabla 3-2.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 2	43
Tabla 3-3.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 3	45
Tabla 3-4.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 4	47
Tabla 3-5.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 5	49
Tabla 3-6.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 6	51
Tabla 3-7.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 7	53
Tabla 3-8.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 8	55
Tabla 3-9.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 9	57
Tabla 3-10.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 10	59
Tabla 3-11.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 11	61
Tabla 3-12.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 12	63
Tabla 3-13.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 13	65
Tabla 3-14.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 14	67
Tabla 3-15.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 15	69
Tabla 3-16.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 16	71
Tabla 3-17.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 17	73
Tabla 3-18.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 18	75
Tabla 3-19.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 19	77
Tabla 3-20.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 20	79
Tabla 3-21.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 21	81
Tabla 3-22.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 22	83
Tabla 3-23.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 23	85
Tabla 3-24.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 24	87
Tabla 3-25.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 25	89
Tabla 3-26.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 26	91
Tabla 3-27.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 27	93
Tabla 3-28.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 28	95
Tabla 3-29.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 29	97
Tabla 3-30.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 30	99
Tabla 3-31.- Cuadro consolidado del método PCI en la vía Balzar-Colorado	101
Tabla 3-34.- Granulometría (ASTM D422) muestra 1	106
Tabla 3-35.- Humedad natural (ASTM D2216) muestra 1	107
Tabla 3-36.- Límite líquido (ASTM D4318) muestra 1	107
Tabla 3-37.- Límite plástico (ASTM D4318) muestra 1	107
Tabla 3-38.- Datos del ensayo de compactación – muestra 1	108

Tabla 3-39.- Contenido de agua – muestra 1	109
Tabla 3-40.- Granulometría (ASTM D422) muestra 2	110
Tabla 3-41.- Humedad natural (ASTM D2216) muestra 2	111
Tabla 3-42.- Límite líquido (ASTM D4318) muestra 2	111
Tabla 3-43.- Límite plástico (ASTM D4318) muestra 2	111
Tabla 3-44.- Datos del ensayo de compactación – muestra 2	112
Tabla 3-45.- Contenido de agua – muestra 2	113
Tabla 3-46.- Granulometría (ASTM D422) muestra 3	114
Tabla 3-47.- Humedad natural (ASTM D2216) muestra 3	115
Tabla 3-48.- Límite líquido (ASTM D4318) muestra 3	115
Tabla 3-49.- Límite plástico (ASTM D4318) muestra 3	115
Tabla 3-50.- Datos del ensayo de compactación – muestra 3	116
Tabla 3-51.- Contenido de agua – muestra 3	117
Tabla 3-52.- Granulometría (ASTM D422) muestra 4	118
Tabla 3-53.- Humedad natural (ASTM D2216) muestra 4	119
Tabla 3-54.- Límite líquido (ASTM D4318) muestra 4	119
Tabla 3-55.- Límite plástico (ASTM D4318) muestra 4	119
Tabla 3-56.- Datos del ensayo de compactación – muestra 4	120
Tabla 3-57.- Contenido de agua – muestra 4	121
Tabla 3-58.- Granulometría (ASTM D422) muestra 5	122
Tabla 3-59.- Humedad natural (ASTM D2216) muestra 5	123
Tabla 3-60.- Límite líquido (ASTM D4318) muestra 5	123
Tabla 3-61.- Límite plástico (ASTM D4318) muestra 5	123
Tabla 3-62.- Datos del ensayo de compactación – muestra 5	124
Tabla 3-63.- Contenido de agua – muestra 5	125
Tabla 3-64.- Cálculo de CBR de diseño	126
Tabla 3-65.- Resumen de datos de material existente	127
Tabla 4-1.- Resumen de evaluación de daños mediante método PCI	130

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	# PÁG.
Gráfico 3-1.- Resultado de plasticidad – muestra 1	108
Gráfico 3-2.- Curva de compactación – muestra 1	109
Gráfico 3-3.- Resultado de plasticidad – muestra 2	112
Gráfico 3-4.- Curva de compactación – muestra 2	113
Gráfico 3-5.- Resultado de plasticidad – muestra 3	116
Gráfico 3-6.- Curva de compactación – muestra 3	117
Gráfico 3-7.- Resultado de plasticidad – muestra 4	120
Gráfico 3-8.- Curva de compactación – muestra 4	121
Gráfico 3-9.- Resultado de plasticidad – muestra 5	124
Gráfico 3-10.- Curva de compactación – muestra 5	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	# PÁG.
Imagen 3-1.- Deformación encontrada en la vía	31
Imagen 3-2.- Deterioros encontrados en la vía	32
Imagen 3-3.- Baches de profundidad grave hallados en la vía	32
Imagen 3-4.- Piel de cocodrilo	33
Imagen 3-5.- Piel de cocodrilo y hundimiento	33
Imagen 3-6.- Baches de profundidad grave	34
Imagen 3-7.- Deformación lateral de vía	34
Imagen 3-8.- Baches de profundidad grave	35
Imagen 3-9.- Roderas	35
Imagen 3-10.- Pérdida de agregados	36
Imagen 3-11.- Deformación lateral en la vía	36
Imagen 3-12.- Áreas pulidas en la vía	37
Imagen 3-13.- Fragmentación de bordes	37
Imagen 3-14.- Piel de cocodrilo	38
Imagen 3-15.- Piel de cocodrilo y desmoronamiento lateral	38
Imagen 3-16.- Depresión y alojamiento de agua	39
Imagen 3-17.- Desagregación	39
Imagen 3-18.- Baches hallados en la vía	40
Imagen 3-19.- Hundimiento	40

INTRODUCCIÓN

Desde los senderos hechos a fuerza de paso, hasta las grandes carreteras de concreto, el hombre ha modificado su entorno de acuerdo con las necesidades de su tiempo. Actualmente, en la era de las comunicaciones, la necesidad de construir caminos rápidos se intensifica la mirada en el asfalto, material de mucha durabilidad. Toda obra civil debe de ser eficiente y a un bajo costo, para hacer posible que estas condiciones funcionen el Ingeniero debe ejecutar un estudio de las características del tránsito que circula por dicha vía y así conocer las causas por las cuales la vía se ha deteriorado.

Los modernos equipos de construcción de carreteras y puentes tienen su inicio, en Francia y en el Reino Unido. El reto era encontrar un material que puede soportar cargas pesadas de manera eficiente y sostenible. Este tipo de caminos, junto con otros plasmados con piedras, grava y arena, fueron creados para los bajos volúmenes y velocidades de los primeros vehículos, hasta que la industria automotriz, al ir ascendiendo a pasos agigantados, fue demandando mejores carreteras y caminos urbanos. El deterioro que se presenta a lo largo de las vías provoca una disminución de la calidad del servicio que debe ser controlado y es por ello que se debe evaluar la condición de las vías en cualquier momento de su periodo de vida útil.

En el periodo de vida de los pavimentos flexibles se presenta problemas de fallas, los cuales pueden ser: asentamientos diferenciales, deformaciones plásticas, factores climáticos, la intensidad del tránsito circulante, sus deformaciones, las condiciones de drenaje y sub-drenaje, etc.

En este proyecto tiene el propósito de determinar las causas y efectos que produjeron el deterioro de la vía Balzar Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar, en el cantón Chone, ya que no cuenta con estudios que estipule cuales son las causas de las deformaciones del pavimento flexible de esta vía.

En el primer capítulo se desarrolla el marco referencial, en cual especificamos la problemática estudiada en el presente trabajo se detalla en general las causas y efectos del problema, los antecedentes, actualidad del tema tratado además los objetivos que guiaron el presente trabajo investigativo. En este capítulo se detalla la metodología y los procedimientos que se emplearon en el trabajo de campo.

En el segundo capítulo se exponen los conceptos más relevantes sobre las variables de pavimento flexible y los factores que pueden producir fisuras y deformaciones en el mismo todo lo relacionado a pavimento flexivo para así establecer y poder llegar a concluir los factores que originan el deterioro del pavimento.

El tercer capítulo contiene la evaluación del área de estudio, se presentan los resultados de la inspección visual de la zona así como los cálculos de la evaluación del deterioro de la vía mediante el método PCI. Además se detalla el estudio de tráfico de la zona de influencia y el cálculo del número estructural requerido de acuerdo al método AASHTO 93.

En el cuarto capítulo se presentan los análisis de los diferentes estudios realizados en el área, así como las conclusiones obtenidas sobre el deterioro de la vía Balzar Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar.

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Planteamiento del problema

El aumento en la demanda de movilidad a nivel nacional y local trae consigo importantes desafíos para la infraestructura de transporte terrestre. La planeación y ejecución de obras terrestres para el abastecimiento de la creciente demanda implica además un aumento en los requerimientos de mantenimiento así como la búsqueda de acciones para reducir la contaminación producida por el tráfico y para la reducción de los índices y gravedad de accidentes de tránsito en las vías construidas.

El crecimiento acelerado del parque automotor y la ubicación del cantón en una ruta de comercio regional, provocan en sus vías un tráfico constante que origina el desgaste de la infraestructura de transporte terrestre, la cual está mayormente compuesta por pavimento flexible.

Las características climáticas del cantón Chone dificultan las labores de mantenimiento vial, ya que la durabilidad de la obra pública se ve comprometida por factores ambientales haciendo necesarios trabajos de mantenimiento más frecuentes, sobre todo en infraestructuras de pavimento flexible que son más utilizadas que aquellas de pavimento rígido.

Los daños que puede presentar una estructura de pavimento flexible, pueden resumirse en cuatro categorías: fisuras; deformaciones; pérdida de capas superficiales, y; daños superficiales. Dentro de cada categoría se presentan diferentes deterioros que se originan por diversos factores, los cuáles deben ser determinados oportunamente para repararlos con eficacia obedeciendo al tipo de daño que se presente.

1.2. Actualidad del tema

En la actualidad, el país ha tenido grandes cambios, en cuanto a vialidad se refiere, ya que hace años atrás las vías estaban en pésimo estado al transitarlas, es así que el Gobierno de turno se ha preocupado por realizar mejoras en las carreteras, las mismas que conducen a diversos lugares del Ecuador, permitiendo mayor movimiento económico y embellecimiento de ciudades.

Es necesario contar con planes de mantenimiento vial adecuados a las diferentes áreas de incidencia, que consideren los factores ambientales propios de cada región y que garanticen la eficiencia de los trabajos de mantenimiento. Solo de esta forma se puede proveer a la población de una red vial que cumpla con los estándares esperados por una creciente necesidad de movilidad.

1.3. Antecedentes del problema

Se ha estudiado los efectos que producen estos en la estructura del pavimento, tales como cargas dinámicas del tránsito, condiciones atmosféricas y propiedades de los materiales; y de esta forma conocer o predecir una respuesta estructural del pavimento con el fin de calcular o estimar el daño producido en un periodo de tiempo dentro de su vida útil, es decir, la variabilidad del nivel de servicio que tendrá un pavimento conforme el paso del tiempo.

En la actualidad en la provincia de Manabí, hay obras por ejecutar, ya que hay carreteras en mal estado que imposibilitan el tránsito a varias zonas, específicamente en el cantón Chone. Al momento de que el personal especializado tome a cargo una obra, debe de tener en cuenta todas las precauciones del caso, realizando los estudios correspondientes, sea éstos legal, ambiental, para no tener

inconveniente con las autoridades competentes y puedan cubrir las necesidades viales a satisfacción de los usuarios.

Con este estudio investigativo, se pretende determinar los factores que inciden en la de fisura y deformaciones superficiales en el pavimento flexible de la vía Balzar Colorado desde la escuela Balzar hasta sub centro médico Balzar desde la abscisa 7+250.00 hasta la 10+250.00 en el cantón Chone durante el periodo 2015, a través del empleo de modalidades de campo.

1.4. Formulación del problema

Considerando los antecedentes y circunstancias actuales del área de estudio, se formula la siguiente problemática: La presencia de deterioros en el pavimento flexible, reducen las condiciones del tránsito de la vía a Balzar Colorado, desde la escuela Balzar hasta sub centro médico Balzar desde la abscisa 7+250.00 hasta la 10+250.00 en el cantón Chone.

1.5. Hipótesis

El pavimento flexible en el sector Balzar Colorado desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar en el cantón Chone se deterioró por la mala calidad del suelo de sustentación y por la acción de los agentes climáticos.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Analizar y determinar los factores que han ocasionado el deterioro de la vía Balzar Colorado desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 7+250.00 hasta la 10+250.00 en el cantón Chone durante el periodo 2015.

1.6.2. Objetivos específicos

- Categorizar los deterioros existentes en el pavimento flexible de la vía Balzar Colorado desde la abscisa 7+250.00 hasta la 10+250.00 mediante el método de PCI.
 - Realizar medición de espesores de capas que conforman el pavimento existente, mediante excavaciones en sitio, para determinar el número estructural existente mediante coeficiente de capas.
 - Analizar granulométricamente los materiales que conforman el pavimento existente.
 - Determinar el estado actual del pavimento y el análisis de los factores que han ocasionado el deterioro.
- Determinar el nivel de tránsito diario de la vía Balzar - Colorado

1.7. Variables

Variable Independiente

Factores que producen las fisuras y deformaciones superficiales.

Variable Dependiente

Pavimento flexible de la vía Balzar - Colorado.

1.8. Método (metodología de la investigación)

En el proceso de investigación, se utilizarán los métodos inductivo y deductivo, el método inductivo permitirá hacer un análisis general sobre el diseño de pavimentos flexibles y los factores que producen fisuras y daños en el mismo para proponer adecuadas soluciones técnicas determinando las características óptimas en el uso de materiales, dosificaciones, tipos, etc.

El método deductivo permitirá hacer una síntesis sobre la información recopilada en el trabajo de campo, además se demostrará mediante el análisis de la vía Balzar Colorado la validez de la hipótesis planteada.

1.8.1. Técnicas e instrumentos

Por medio de esta técnica de observación directa visualizaremos el estado de la vía Balzar Colorado para determinar los deterioros del pavimento para y recolectar las incidencias que permitan identificar la magnitud del daño. Para el análisis del estado de la vía y el diseño empleado:

- Resistencia al desgaste en los materiales
- Granulometría
- Equivalencia arenosa
- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la deformación.

1.8.2. Población y muestra

La población para este trabajo de investigación comprende toda la extensión de la vía Balzar Colorado desde la Escuela Balzar hasta el subcentro médico Balzar en la abscisa 7+250.00 hasta 10+250.00. Esta prolongación es de 3km por un ancho 6m. Para la muestra poblacional se han identificado las unidades más afectadas y

se hicieron calicatas a cielo abierto cada 100 m, obteniendo 30 tramos de 600 m², que son las áreas en las que la vía muestra mayores daños. Además se realizaron 6 perforaciones en el terreno circundante de la vía para establecer las características mecánicas del suelo en el cual está asentada la misma.

1.8.3. Procedimiento

Para el cumplimiento de los objetivos de investigación se llevarán a cabo los siguientes procedimientos:

- Se determinarán los deterioros del pavimento y la magnitud del daño recogiendo las incidencias de la vía Balzar Colorado.
- Se adjuntarán las fotografías en donde se detecten fallas y daños de manera visual para posteriormente tomar muestra del pavimento y analizarlo.
- Se realizará el estudio de tráfico de la zona de influencia para determinar el conteo vehicular en la vía y el cálculo del número estructural requerido.
- Se analizará el estado de los materiales que conforman el pavimento existente mediante pruebas de resistencia al desgaste en los materiales, granulometría, equivalencia arenosa y resistencia a la compresión.
- A través del método AASHTO 93 se establecerá si las propiedades mecánicas del pavimento están de acuerdo al nivel de tránsito que soporta la vía.

Para obtener los resultados de la evaluación in situ se utilizó el método PCI a través del cual se identificaron los tipos de daño existentes en la vía así como la dimensión y nivel de gravedad de cada daño, esto con la finalidad de determinar la densidad de los deterioros encontrados.

1.8.3.1. Técnica de recolección de datos

Para realizar el análisis in situ y conocer el estado real del tramo de la vía Balzar Colorado desde la Escuela Balzar hasta el sub-centro médico Balzar en la abscisa 7+250.00 hasta 10+250.00, se llevaron a cabo las siguientes etapas para la recolección de los datos requeridos.

a. Etapas del trabajo y recorrido previo

En esta etapa se procedió a realizar el inventario del tramo en estudio, siguiendo el protocolo determinado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, para ello se llevó a cabo la inspección de la vía Balzar Colorado con el propósito de identificar la existencia de tramos que presenten diferente composición de pavimento, además se requiere determinar el estado general del drenaje de aguas lluvias y el diseño de la vía en relación a dicho drenaje; luego de esto se diferenció el estado de ambos carriles de la vía y finalmente se identificó la condición del pavimento en las alcantarillas y en las intersecciones de la vía en estudio.

b. Determinación de la muestra

Se identificaron 30 muestras o unidades de análisis que corresponden a las unidades más afectadas y en las que la vía muestra mayores daños. En estas unidades de análisis se buscó los daños especificados en el método PCI, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 1-1.- Deterioros considerados en el PCI para el análisis de pavimentos flexibles

Nº	Descripción	U.
1	Grieta piel de cocodrilo	m ²
2	Exudación de asfalto	m ²
3	Grietas den bloque (malla gruesa)	Cantidad
4	Elevaciones – Hundimiento	m ²
5	Corrugaciones	m ²
6	Depresiones	
7	Grietas bordes	m
8	Grietas de reflexión	m
9	Desnivel de calzada hombrillo	m
10	Gritas long y transversal	m
11	Parches	m ²
13	Huecos (Baches)	Unidades
14	Cruce de rieles	m ²
15	Rodera	m ²
16	Arrollamiento transversal	m ²
17	Grietas de deslizamiento	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Disgregación y desintegración	m ²

CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Un pavimento puede definirse como la estructura compuesta por capas de materiales adecuados, que se encuentran entre el nivel de la subrasante y la superficie de rodamiento. Esta estructura proporciona una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la de las condiciones ambientales y otros factores perjudiciales.

Se construye con la finalidad de transmitir eficazmente los esfuerzos de la subrasante, de modo que no se deforme perjudicialmente. Pues el pavimento debe ser diseñado de tal manera que las cargas impuestas por el tránsito no generen deformaciones permanentes excesivas. En el caso de los pavimentos flexibles estas deformaciones se producen en cada una de las capas que conforman la estructura de este tipo de pavimento.

En general un pavimento está formado por diversas capas de mejor calidad y mayor costo mientras más cercanas estén a la superficie de rodamiento, esto ocurre principalmente porque mientras más cercana esté a la superficie, mayor será la intensidad de le son transmitidos a cada capa.

Algunos autores consideran que “los pavimentos se diferencian y definen en términos de los materiales de construcción y de cómo se estructuran esos materiales. Mientras que otros consideran que la diferencia esencial es la manera en que se distribuyen las cargas sobre la subrasante” (Valenzuela Rodríguez, 2002).

Los métodos de diseño de pavimentos mayormente utilizados suponen que las deformaciones permanentes ocurren solamente en la subrasante. Sin embargo, en vías de bajo tráfico en donde “se construyen capas asfálticas delgadas o de baja

rigidez las capas granulares soportan el esfuerzo aplicado casi en su totalidad y la magnitud de dichos esfuerzos puede llegar a generar valores altos de deformación permanente” (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2007).

En ese sentido, las metodologías de diseño deben comenzar a tener en cuenta las deformaciones que se producen en estas capas, y los modelos para predecir dichas deformaciones, deben ser capaces de reproducir el comportamiento de estos materiales bajo diversas trayectorias de carga cíclica y condiciones del medio ambiente.

Planteados estos antecedentes sobre las características y el diseño del pavimento flexible, se manifiesta la importancia de desarrollar una investigación que permita el análisis de los factores que originan las fisuras y deformaciones superficiales en el pavimento flexible de la vía Balzar – Colorado.

En cuanto al análisis propuesto existen varios tipos de métodos para la evaluación de deterioros de los pavimentos flexibles, en los cuales se presentan las clases de daños con sus respectivas unidades de medición para caracterizar el nivel de severidad alta, media o baja.

Entre los más utilizados en la ingeniería civil se encuentra el Manual de Condición del Pavimento (PCI), el cual se utilizó para la evaluación de los defectos encontrados en el pavimento de la vía Balzar – Colorado.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Pavimentos flexibles

Se denomina pavimentos flexibles a aquellos cuya estructura total se flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. El uso de pavimentos flexibles se realiza fundamentalmente en zonas de abundante tráfico como puedan ser vías, aceras o parqueaderos. De acuerdo a (Canal Construcción, 2015):

La construcción de pavimentos flexibles se realiza a base de varias capas de material. Cada una de las capas recibe cargas por encima de la capa. Cuando las supera la carga que puede sustentar traslada la carga restante a la capa inferior. De ese modo lo que se pretende es que poder soportar la carga total en el conjunto de capas (p. 1).

Las capas de un pavimento flexible que conforman un suelo se colocan en orden descendente en capacidad de carga. La capa superior es la que mayor capacidad de soportar cargas tiene de todas las que se disponen. Por lo tanto la capa que menos carga puede soportar es la que se encuentra en la base. La durabilidad de un pavimento flexible no debe ser inferior a 8 años y normalmente suele tener una vida útil de 20 años.

2.2.2. Factores que influyen en el diseño de los pavimentos flexibles

2.2.2.1. Resistencia estructural

Teóricamente el método para el análisis de la resistencia de un pavimento es proporcionada por la mecánica de suelos, en ese campo el consenso es que las teorías de falla de mayor aceptación en la actualidad son las del esfuerzo cortante, consecuentemente en los estudios de pavimentos flexibles suele considerarse a los mismos esfuerzos como la principal causa de falla desde el punto de vista estructural.

En la mecánica de suelos, las teorías de capacidad de carga se refieren a medios homogéneos e isótropos; en los pavimentos flexibles, su heterogeneidad y anisotropía conducen a una primera incertidumbre en el planteamiento teórico de resistencia.

En el pavimento flexible, además de los esfuerzos cortantes, actúan esfuerzos adicionales producidos por la aceleración y frenado de los vehículos y esfuerzos

de tensión que se desarrollan en los niveles superiores de la estructura, a cierta distancia del área cargada, cuando esta se deforma verticalmente hacia abajo. De hecho, el problema de la resistencia plantea en general en relación con la estructura de los materiales del pavimento, pues aunque los materiales de la sub rasante sean de peor calidad, el espesor protector que el propio pavimento representa hace que los esfuerzos que llegan a aquellos niveles alcancen valores inferiores a las carga requerida para la falla de los suelos.

La determinación de la resistencia de los materiales que constituyen un pavimento es un problema difícil y no resuelto satisfactoriamente, influye en el no solo el tipo de suelo y su tratamiento, sino también su interacción con los efectos de la intemperie, de los que la variación del contenido de agua es seguramente el más importante. Un proyecto suele tender a definir la resistencia en esa condición crítica, siendo esta otra de las incertidumbres básicas de diseño, la que se ha resuelto a base de hipótesis más o menos justificadas por la experiencia, como considerar que el suelo llegará a saturarse, adquirirá una humedad de equilibrio, mantendrá la humedad óptima de compactación u otra próxima a ella.

El tipo de carga que se les aplica y la velocidad con que se lo hace, es otro factor que influye sustancialmente en la resistencia de los materiales. Los pavimentos están sujetos a cargas móviles y los efectos de estas son menos conocidos y diferentes que los de las cargas estáticas, admitiendo que las cargas actuales son de tipo estático. Finalmente se puede decir, que la resistencia de los materiales que conforman el pavimento, interesa desde dos puntos de vista:

- a. En cuanto a la capacidad de carga que pueden desarrollar las camapas de las que está compuesta el pavimento para soportar adecuadamente las cargas del tránsito.
- b. En cuanto a la capacidad de carga de la capa sub rasante, que constituye el nexo de unión entre el pavimento y la terracería, para soportar los esfuerzos

transmitidos y transmitir a su vez, esfuerzos a la terracería a niveles convenientes. (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2007)

2.2.2.2. Deformabilidad

En la ingeniería, las deformaciones de los pavimentos flexibles interesan desde dos puntos de vista: Por un lado, porque las deformaciones excesivas están asociadas al estado de falla y, por otro lado, ya que es de conocimiento general que un pavimento deformado puede dejar de cumplir sus funciones, independientemente de que las deformaciones no hayan conducido a un colapso estructural del pavimento.

Las cargas del tránsito producen en el pavimento deformaciones de varias clases. Las elásticas son de recuperación instantánea y las plásticas que son aquellas que permanecen en el pavimento después de cesar la causa deformadora.

La deformación elástica repetida preocupa sobre todo en los materiales con resistencia la tensión, colocados en la parte superior de la estructura, en los que se puede llegar a generar una falla por fatiga si el monto de la deformación es importante y los materiales susceptibles.

En una estructura de pavimento, la carga móvil y repetida produce que la deformación plástica se haga acumulativa y pueda llegar a alcanzar valores inadmisibles.

En la actualidad existe un consenso en la ingeniería de que la deformabilidad de los pavimentos flexibles es un punto básico a considerar, de hecho un buen número de métodos de diseño se centran en mantenerla en límites tolerables. Otro problema importante radica en medir la deformación que el pavimento va a sufrir realmente bajo la carga, este problema debe considerarse en dos fases:

En primer lugar la estimación de las deformaciones elásticas, que es posible hacer con precisión una vez conocidos los materiales que constituirán el pavimento, obteniendo su módulo de deformación por medio de alguna de las diversas pruebas de campo que hoy existen y que pueden realizarse sobre terraplenes de prueba en las condiciones consideradas críticas.

La segunda fase del problema de medición de deformaciones se refiere a las plásticas, al efecto acumulativo de la carga repetida. Este aspecto se ha atacado con criterios empíricos, cuyo aprovechamiento por los métodos de diseño requiere de extrapolaciones experimentales; por ejemplo la diversidad de las cargas se refiere a una carga única, llamada estándar, resultado de estudios estadísticos en tramos experimentales o carreteros, sometidos a la acción del tránsito real o clasificado. Se intenta que la carga estándar, tome en cuenta el efecto de la repetición, pues al definir las se ha correlacionado su propio efecto destructivo con el que causarían las cargas reales de sus repeticiones respectivas.

Una vez fijado el tránsito de análisis, lo que suele hacerse en la actualidad en todos los métodos de diseño que consideran estas cuestiones, que es prefijar con base experimental, una deformación permanente máxima y del pavimento de diseño de manera que ésta se presente únicamente al fin de la vida útil prevista.

Ahí dos criterios para fijar la deformación máxima permisible; si bien se trata de la que produce la falla del camino, se atiende por ésta la condición en la que el pavimento llega a perder las características de servicio para las que fue diseñado, o bien se toma en cuenta la deformación que obligue a una reconstrucción de determinada importancia económica.

2.2.2.3. Durabilidad

En la ingeniería, la durabilidad de una estructura de pavimento flexible está ligada con una serie de factores económicos y sociales del propio camino. Es así que en

un camino de muy alto tránsito y gran importancia económica se requerirán pavimentos muy duraderos a fin de no tener que recurrir a costosas interrupciones de un tránsito importante.

Una vez fijado el criterio que proporciona la duración deseada en pavimento, surgen muchas incertidumbres de carácter práctico para lograrla; ya se ha mencionado que el efecto del clima y del tránsito dista de estar bien establecido, de manera que su influencia en la vida del pavimento no puede definirse con exactitud.

Consecuentemente en la teoría de la ingeniería, no se conoce ningún método de diseño que tome en cuenta los requisitos de durabilidad de un modo cuantitativo, racional e independiente del sentimiento particular.

2.2.2.4. Costos

Como en toda obra de ingeniería, un pavimento representa un balance entre la satisfacción de requisitos de resistencia y estabilidad en general por un lado y el costo, por otro. Un diseño correcto será el que llegue a satisfacer los necesarios requerimientos del servicio a costo mínimo. Naturalmente para lograr el equilibrio podrán seguirse una gran cantidad de posibles líneas de conducta y de aquí se origina uno de los aspectos de diseño más inciertos y de los que demandan mayor criterio.

De hecho el primer dilema aparece al elegir el tipo de pavimento a emplear en cada caso; los pavimentos rígidos, flexibles o semirígidos son ventajosos o inconvenientes según los casos, haciendo una comparación. En general, los pavimentos rígidos demandan poco gasto de conservación y se deterioran poco, pero su costo de construcción es alto y están circunscritos a la disponibilidad de los materiales necesarios y a un equipo de construcción especializado. Los pavimentos flexibles requieren menor inversión inicial, pero una conservación más costosa. Los semirígidos pueden constituir soluciones económicas cuando los

materiales de que se dispone para la construcción los hacen convenientes, pues permiten muy apreciables reducciones en los espesores.

No hay reglas fijas que permitan establecer el tipo del pavimento conveniente en cada caso y el punto deberá establecerse en cada situación en particular.

Una vez que se ha elegido el tipo del pavimento, deberán seleccionarse los materiales que intervendrán en su estructura. Es posible que estos se ofrezcan en abundancia y que el problema radique en establecer su selección idónea, pero también es posible que carezcan a tal grado que obliguen al proyecto del pavimento en su conjunto a adaptarse a los que existan.

Otro de los factores que intervienen en forma decisiva en los costos de una estructura de pavimento y para cuya definición no existen tampoco reglas fijas confiables en lo relativo a las normas de construcción que han de sujetarse los diferentes materiales para cumplir con los requerimientos de un proyecto determinado, es la compactación, ya que incluye un gran número de incertidumbres importantes que han de resolverse sobre la marcha en base a la experiencia y el sentido común de los proyectistas y constructores.

2.2.2.5. Requerimientos de conservación del pavimento flexible

Una gran cantidad de incertidumbres de las que se plantean en la práctica de los pavimentos tiene que ver con su conservación. Los factores que influyen decisivamente en la vida de los pavimentos y que el proyecto ha de tomarlos en cuenta para su previsión, a fin de dejar a la conservación una tarea razonable, de acuerdo a Valenzuela Rodríguez (2002), estos factores son los siguientes:

- a. Los factores climáticos, la intensidad del tránsito, se trata de prever el crecimiento futuro, tanto del número como del tipo de vehículos circulantes.

- b. El futuro comportamiento de las terracerías, sus deformaciones, derrumbes, saturaciones locales, etcétera.
- c. Las condiciones de drenaje y sub drenaje de la vía terrestre. El proyecto de estos elementos debe considerarse en muchas ocasiones como formando parte del diseño del pavimento, pues forma con él un todo integral inseparable.
- d. La degradación estructural de los materiales constituidos por carga repetida, ya mencionado es otro aspecto importante a reflejarse en los requerimientos de conservación. Son muchas las dudas que podrán presentarse en cualquier caso particular; es fundamental que sean resueltas con buen juicio y experiencia, pues es un hecho comprobado que los descuidos en este terreno se reflejan rápidamente en una conservación costosa y aun en la necesidad de reconstrucciones.

2 .2.2.6. Comodidad

Los problemas y los métodos de los pavimentos deben verse afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad del proyecto. Evidentemente dentro de este requisito quedan incluidos otros muchos, de los que la seguridad es el más importante; la estética y su efecto en las reacciones psicológicas del conductor merecen también consideración.

Las deformaciones longitudinales de un pavimento, por ejemplo pueden constituir un atentado contra la comodidad, independientemente de que desde un punto de vista estrictamente mecánico, representen poco o nada de deficiencia estructural o riesgo de falla. En caminos de especificaciones altas, el proyectista deberá elevar su nivel de exigencia haciendo intervenir en su criterio consideraciones de esta índole, que no figuran en otros caminos más modestos, en que menores velocidades de operación o intensidad de tránsito hacen estos problemas menos críticos.

2.2.3. Riesgos en el diseño de los pavimentos flexibles

En la ingeniería civil como en todo, ha llegado a engrandecerse explícita o insidiosamente la idea de que el costo mínimo de construcción (la inversión inicial) es una meta ideal de todo proyecto. No se ignora, por otra parte, que si en torno a cualquier proyecto se trata este tema en forma contraria a esta opinión, permitiendo que los interlocutores teoricen, todos los responsables, sin excepción, negarán el hecho de que el criterio de costo inicial mínimo en la realización de una obra, sea realmente su paradigma personal.

El ingeniero debe considerar los factores económicos involucrados, pero éstos resultan siempre de una amplitud y balance que trasciende enormemente la consideración única o preponderante del costo inicial de la misma construcción. Así, un análisis tan incompleto de los factores económicos puede y suele producir serios inconvenientes en los resultados finales de los esfuerzos por mejorar la viabilidad en Ecuador.

La normativa vigente y los mecanismos de contratación actuales proveen excesivamente oportunidades para la aparición de aspectos nocivos en el funcionamiento de las cosas en el largo plazo, al alentar de manera exagerada el logro de un costo mínimo de inversión inicial.

El gasto necesario raramente coincide con la mínima inversión inicial. Suele ser mayor, por tener que tomar en cuenta otros factores. De esta manera, el criterio del costo inicial mínimo ha llevado a muchos países a infraestructuras deficientes en muchos casos; no preparadas para un futuro uso y crecimiento y, a veces, con un funcionamiento defectuoso en lo construido con alto costo y gran sacrificio.

En cuanto a la construcción de pavimentos, deben conservarse y operar para cumplir sus fines de propiciar un óptimo transporte. Conservar una carretera, quiere decir mantenerla todos esos años en la misma calidad de servicio, haciendo

frente a una demanda sin duda creciente y muy frecuentemente, grandemente creciente. Este hecho, puede y debe ser previsto en el proyecto inicial.

El pavimento tiene que sostener una operación y ésta representa, si se toman en cuenta todos los costos nacionales involucrados, valores económicos muy superiores a lo que costó construir y conservar las cosas.

Todo lo anterior debe llevar al ánimo de los ingenieros responsables de la construcción y mantenimiento de los pavimentos de las carreteras mexicanas, lo importante que resulta lograr una buena calidad de rodamiento y una buena previsión de la conservación por venir.

2.2.4. Deterioros en el pavimento flexible

Reconociendo a un deterioro como la condición que se presenta en un pavimento, cuando éste pierde las características de servicio para las que fue diseñado, en este punto se reconocen los siguientes tipos de deterioros:

2.2.4.1. Deterioro estructural

Es una deficiencia del pavimento que ocasiona, de inmediato o posteriormente, una reducción en la capacidad de carga de este. En su etapa más avanzada, el deterioro estructural se manifiesta en la obstrucción generalizada del pavimento, a la que se asocia precisamente en índice de servicio, no necesariamente implica un deterioro estructural inmediato, ya que lo primero es consecuencia de su incapacidad para soportar las cargas de proyecto.

La identificación de un deterioro, entendiéndose por ello el definir su tipo y la causa que lo ha provocado, a veces una cosa relativamente sencilla y obvia para personas experimentadas en el ramo de la construcción de carreteras. En otros caso es necesario llevar a cabo un reconocimiento completo de la zona deteriorada, que abarque las distintas partes que forman la estructura de la obra; y

hacer una serie de estudios y sondeos, recabar antecedentes de la construcción, etc. Para así poder definir el origen de los deterioros y corregirlos oportunamente.

Es muy importante recalcar que se trate siempre de subsanar completamente la deficiencia que esté ocasionando los deterioros, corrigiendo el problema de raíz y, que no se vuelva a presentar; pues es muy común que se arregla de manera provisional o superficial en el tramo deteriorado y se deje sin resolver el problema ya que si no es atacado desde sus orígenes los desperfectos progresan rápidamente y después será mucho más costosa su reparación.

Se pueden clasificar estos deterioros, tomando en cuenta el elemento estructural en donde se originan:

- Deterioros atribuibles a la carpeta.
- Deterioros originados en la interfase, carpeta-base como consecuencia de una interacción inadecuada, es decir que hubo un mal acoplamiento entre el material de base y la carpeta.
- Deterioros originados en la base, sub base o terracerías, como consecuencia de la inestabilidad de una o varias de estas capas.
- Deterioros originados por la repetición de cargas.
- Deterioros ocasionados por los agentes climatológicos.
- Deterioros ocasionados por hormigueros.
- Deterioros ocasionados por madrigueras de algunos animales, y demás.

2.2.4.2. Deterioro funcional

Los aspectos más importantes del pavimento que intervienen en el valor del índice de servicio actual son:

- Las ondulaciones longitudinales.
- Las deformaciones transversales.
- La textura de la superficie.

- El porcentaje de baches y áreas reparadas.

Tomando en cuenta que el índice de servicio se refiere únicamente a las condiciones de la superficie de rodamiento; la estructura funcional en sí, proporcionará un tránsito cómodo a los usuarios y una superficie de rodamiento adecuada a las necesidades de éste. En su determinación o apreciación no intervendrán factores como diseño geométrico, estado de acotamientos, señalamiento, y demás.

El deterioro funcional en sí, consiste en deficiencias superficiales del pavimento a las que se asocian precisamente el índice de servicio, que afectan en mayor o menor grado la capacidad del camino para proporcionar al usuario un tránsito cómodo y seguro.

Los dos tipos de deterioro no están necesariamente relacionados, pero puede establecerse que cuando se presenta un deterioro estructural, también ocurrirá en un plazo más o menos corto el deterioro funcional. En ocasiones un deterioro funcional que no se atiende a su debido tiempo, puede también conducir a un deterioro estructural.

2.2.5. Causas comunes que originan los deterioros en los pavimentos flexibles

La función básica del pavimento la constituye el permitir un tránsito adecuado de vehículos sobre la carretera. Estos deterioros en los pavimentos los originan, las acciones que ejercen directa o indirectamente sobre ellos, los factores siguientes:

- La repetición de las cargas.
- Los agentes del clima.
- El peso propio de las capas que constituyen la estructura conjunta de la obra.

Los deterioros se inician o se producen en los puntos débiles o deficientes de alguna de las partes fundamentales de la estructura general de la carretera, los cuales no pueden soportar eficientemente los efectos destructivos de alguno o varios de los factores señalados anteriormente, convirtiendo zonas potenciales de deterioro, la consecuencia de diseños inadecuados, mala calidad de los materiales utilizados, procedimientos de construcción defectuosos, falta de una conservación eficaz y oportuna, entre otros, de tal manera que los deterioros en los pavimentos pueden tener su origen en el terreno de cimentación, en las terracerías, en las obras de drenaje o en los elementos constitutivos del propio pavimento.

En la siguiente tabla se presenta de forma resumida, las causas que originan deterioros en los pavimentos flexibles que son atribuibles a los mismos.

Tabla 1-2.- Principales causas que originan deterioros en los pavimentos flexibles

En la sub base	Mala calidad del material utilizado.
	Baja compactación.
	Falta de espesor.
	Contaminación con el material de las terracerías.
	Defectos de construcción o de acabados.
En la base	Mala calidad del material utilizado.
	Baja compactación.
	Falta de espesor.
	Falta de afinidad del material pétreo con el asfalto de impregnación.
	Falta de limpieza o barrido de la superficie de base al momento de impregnar.
	Defectos de construcción o de acabados.
	Defecto de la base impregnada por exposición excesiva al tránsito y a los efectos del clima, antes de protegerla con la carpeta.
En las carpetas de riego	Mala calidad de los materiales pétreos o granulometría defectuosa de éstos.
	Falta de afinidad de los materiales pétreos con el asfalto.
	Cantidad escasa de materiales pétreos.
	Materiales pétreos con exceso de humedad al momento de la aplicación.
	Tránsito sobre el riego de asfalto antes de cubrir con el pétreo.
	Tránsito prematuro sobre el material pétreo aplicado, principalmente cuando los vehículos no circulan a velocidades bajas.
	Defectos de construcción de la carpeta.

2.2.6. Alcance del método AASHTO-86(93) en el diseño de pavimentos flexibles

La aplicación del Método AASHTO-72 se mantuvo hasta mediados del año 1983, cuando se determinó que, aun cuando el procedimiento que se aplicaba alcanzaba sus objetivos básicos, podían incorporársele algunos de los adelantos logrados en los análisis y el diseño de pavimentos que se habían conocido y estudiado desde ese año 1972. De acuerdo a Corredor M. (2008):

Por esta razón, en el período 1984-1985 el Sub Comité de Diseño de Pavimentos junto con un grupo de Ingenieros Consultores comenzó a revisar el "Procedimiento Provisional para el Diseño de Pavimentos AASHTO-72", y a finales del año 1986 concluye su trabajo con la publicación del nuevo "Manual de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO '86", y sigue una nueva revisión en el año 1993, por lo cual, hoy en día, el método se conoce como Método AASHTO-93. (p. 3-3)

Ecuación de diseño

$$\log_{10} W_{t18} = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + [1094 / (SN+1)^{5.19}]} + 2.32 * \log_{10} M_R - 8.07$$

La ecuación AASHTO-93 toma la siguiente forma:

Variables independientes:

W_{t18}: Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN acumuladas en el periodo de diseño (n)

Z_R: Valor del desviador en una curva de distribución normal, función de la Confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.

S_o: Desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

ΔPSI: Pérdida de Serviciabilidad (Condición de Servicio) prevista en el diseño, y medida como la diferencia entre la “planitud” (calidad de acabado) del pavimento al concluirse su construcción (Serviciabilidad Inicial (p_o) y su planitud al final del periodo de diseño (Serviciabilidad Final (p_t)).

MR: Módulo Resiliente de la subrasante y de las capas de bases y sub-bases granulares, obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares).

Variable dependiente:

SN: Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

2.2.7. Normas de diseño del Ministerio de Transporte y Obras Públicas

2.2.7.1. Mejoramiento del sub-rasante

Subrasante estabilizada con cal.- Este trabajo consistirá en la incorporación de una proporción determinada de cal hidratada al suelo de la subrasante previamente escarificado y pulverizado a fin de mejorar su capacidad de soporte y disminuir la plasticidad y sensibilidad a la presencia de agua.

Estabilización con material pétreo.- En la zona oriental y en lugares que por sus condiciones climáticas y excesiva humedad y con el objeto de dar un reforzamiento a la obra básica a construirse, se colocará para su estabilización, en el cimientado de los terraplenes, en los espesores y anchos que se indiquen en los planos, material pétreo que provendrá de la excavación de cortes de roca, o de lugares de préstamo que se destinarán en cada oportunidad.

2.2.7.2. Capas de rodaduras básicas

Granular.- Este trabajo consistirá en la construcción de una capa estabilizada de grava y arcilla o arena y arcilla, según sea la granulometría del árido, sobre una subrasante terminada con los alineamientos, pendientes y secciones transversales indicados en los planos contractuales, a fin de dotar al camino de una superficie uniforme y resistente para circulación vehicular de baja intensidad.

La arcilla, grava o arena necesarias para este trabajo podrán provenir de la excavación para la plataforma del camino o de fuentes de fuera de los límites del proyecto. En ambos casos, los materiales y sus sitios de explotación deberán ser autorizados por el Fiscalizador.

Superficie de agregados no tratados.- Este trabajo consistirá en la construcción de una capa de agregados no tratados, colocada sobre la subrasante terminada con los alineamientos, pendientes y secciones transversales indicados en los planos, con el fin de proveer a la vía de una superficie estable, resistente e impermeable para circulación vehicular de baja intensidad.

Los áridos no tratados pueden consistir de fragmentos de roca, gravas, aglomerados, combinados con suelos de partículas finas como arenas, arcillas, limos, en cantidad suficiente para ligar las partículas gruesas entre sí, y de acuerdo con el diseño que someta el Contratista a la aprobación del Fiscalizador. Los materiales a utilizarse deberán provenir de fuentes autorizadas por el Fiscalizador.

Sub-base de grava.- Este trabajo consistirá en la provisión, mezclado, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado del material de sub-base granular compuestas por agregados obtenidos por proceso de trituración o de cribado, y deberá cumplir los requerimientos especificados en la sección.

Para los efectos de estas especificaciones, se denomina sub-base a la capa granular localizada entre la subrasante y la base granular en los pavimentos flexibles, y la capa que normalmente debe colocarse inmediatamente debajo de un pavimento rígido.

La capa de sub-base se colocará sobre la subrasante previamente trabajada y sus condiciones aprobadas, de conformidad con las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por Fiscalización.

Tendido, conformación y compactación.- Cuando el material de la sub-base haya sido mezclado en planta central, deberá ser cargado directamente en volquetes, evitándose la segregación, y transportando al sitio para ser esparcido por medio de distribuidoras apropiadas, en franjas de espesor uniforme que cubran el ancho determinado en la sección transversal especificada. De inmediato se procederá a la hidratación necesaria, tendido o emparejamiento, conformación y compactación, de tal manera que la sub-base terminada avance a una distancia conveniente de la distribución.

El Fiscalizador podrá autorizar también la colocación del material preparado y transportado de la planta, en montones formados por volquetes, pero en este caso el material deberá ser esparcido en una franja a un costado de la vía, desde la cual se procederá a su regado a todo lo ancho y en un espesor uniforme, mientras se realiza la hidratación.

El material no deberá ser movilizado repetidas veces por las motoniveladoras, de uno a otro costado, para evitar la segregación; se procurará más bien que el regado y conformación sean completados con el menor movimiento posible del agregado, hasta obtener una superficie lisa y uniforme de acuerdo a las alineaciones, pendientes y secciones transversales establecidas en los planos.

Cuando se haya autorizado el mezclado de los agregados en la vía, estos deberán tenderse a todo el ancho, una vez terminada la mezcla, completando al mismo tiempo su hidratación, a fin de obtener una capa de espesor uniforme, con una superficie lisa y conformada de acuerdo a las alineaciones, pendientes y sección transversal especificadas.

En todos los casos de construcción de las capas de sub-base, y a partir de la distribución o regado de los agregados, hasta la terminación de la compactación, el tránsito vehicular extraño a la obra estará terminantemente prohibido, y la circulación de los equipos de construcción será dirigida uniformemente sobre las capas tendidas y regulada a una velocidad máxima de 30 Km/h, a fin de evitar la segregación y daños en la conformación del material.

Cuando se efectúe la mezcla y tendido del material en la vía utilizando motoniveladoras, se deberá cuidar que no se corte el material de la subrasante ni se arrastre material de las cunetas para no contaminar los agregados con suelos o materiales no aceptables.

Cuando sea necesario construir la sub-base completa en más de una capa, el espesor de cada capa será aproximadamente igual, y se emplearán para cada una de ellas los procedimientos aquí descritos hasta su compactación final.

Base de agregados.- Este trabajo consistirá en la construcción de capas de base compuestas por agregados triturados total o parcialmente o cribados, estabilizados

con agregado fino procedente de la trituración, o suelos finos seleccionados, o ambos. La capa de base se colocará sobre una base terminada y aprobada, o en casos especiales sobre una subrasante previamente preparada y aprobada, y de acuerdo con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecida en los planos o en las disposiciones especiales.

Procedimientos de trabajo

Preparación de la sub-base.- Antes de proceder a la colocación de la base, la capa de sub-base deberá estar completamente terminada y aprobada por el Fiscalizador, conforme a los requerimientos estipulados en la sección correspondiente. Adicionalmente, antes de iniciar el transporte del material de base a la vía, se constatará que la superficie se encuentra libre de cualquier material extraño.

En caso de ser necesaria la construcción de sub-drenajes, estos deberán hallarse completamente terminados antes de iniciar el transporte y colocación de la base, con la finalidad de preservar la calidad de los trabajos a realizar.

Colocación de la capa de asfalto.- Este trabajo consistiría en la colocación de la capa de asfalto que debe ser de 4" a 5".

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3

3. EVALUACIÓN DE LA VÍA BALZAR-COLORADO DESDE LA ESCUELA BALZAR HASTA EL SUBCENTRO MÉDICO BALZAR

3.1. Inspección visual



Imagen 3-1.- Deformación encontrada en la vía

Fuente: Investigación de campo (2015)

En este tramo de la vía se encontró un deterioro sobre la capa de rodadura, estos canales que se forman a lo largo de la trayectoria longitudinal de circulación de los vehículos, exactamente en las huellas por donde ruedan los neumáticos sobre el pavimento. Es una acumulación de pequeñas deformaciones permanentes producidas por aplicaciones de carga provenientes del mismo rodado de los vehículos sobre la superficie del pavimento y es uno de los tipos de deterioro que más comunes en el área de estudio. Las causas más probables que originan este deterioro son: baja estabilidad de la carpeta; carpeta mal compactada; consolidación de una o varias de las capas subyacentes.



Imagen 3-2.- Deterioros encontrados en la vía

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-3.- Baches de profundidad grave hallados en la vía

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-4.- Piel de cocodrilo

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-5.- Piel de cocodrilo y hundimiento

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-6.- Baches de profundidad grave

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-7.- Deformación lateral de vía

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-8.- Baches de profundidad grave

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-9.- Roderas

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-10.- Pérdida de agregados

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-11.- Deformación lateral en la vía

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-12.- Áreas pulidas en la vía

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-13.- Fragmentación de bordes

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-14.- Piel de cocodrilo

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen3-15.- Piel de cocodrilo y desmoronamiento lateral

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-16.- Depresión y alojamiento de agua

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-17.- Desagregación

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-18.- Baches hallados en la vía

Fuente: Investigación de campo (2015)



Imagen 3-19.- Hundimiento

Fuente: Investigación de campo (2015)

3.2. Aplicación del método PCI

Tabla 3-1.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 1

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 1 
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 7+250.00 hasta la 7+350.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o Sangrado	9 Caída externa de vida / Agrietamiento longitudinal y transversal	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en Bloque	10 Parchados	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Agregados pulidos	18 Protuberancia (hinchamiento) Intemperismo
5 Corrugación	12 Baches	19 (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Cruce de ferrocarril	
7 Agrietamiento de borde		
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	0 m ²	0,00
4 Alta	52 m ²	8,67
6 Alta	16 m ²	2,67
7 Alta	82 m ²	41,00
13 A	56 m ²	9,33
18 A	1,25 m ²	0,21
TOTAL		61,88

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 1

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 4	A= (52	/ 600)*100=	9
Deterioro 6	A = (16	/ 600)*100=	3
Deterioro 7	A= (82	/ 200)*100=	41
Deterioro 13	A = (56	/ 600)*100=	9
Deterioro 18	A= (1	/ 600)*100=	0

Mediante el PCI se ha determinado que un 61,88 % del Tramo 1 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-2.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 2

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 2 100 m 
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 7+350.00 hasta la 7+450.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento) Intemperismo
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	0 m ²	0,00
4 Alta	120 m ²	20,00
6 Alta	46 m ²	7,67
7 Alta	15,5 m ²	7,75
13 A	0 m ²	0,00
18 A	28,25 m ²	4,71
TOTAL		40,13

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 2

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 4	A= (120	/ 600)*100=	20
Deterioro 6	A = (46	/ 600)*100=	8
Deterioro 7	A= (16	/ 200)*100=	8
Deterioro 13	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 18	A= (28	/ 600)*100=	5

Mediante el PCI se ha determinado que un 40,13 % del Tramo 2 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-3.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 3

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 3 100 m 
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 7+450.00 hasta la 7 + 550.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento) Intemperismo
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	52 m ²	8,67
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	74 m ²	12,33
7 Alta	65 m ²	32,50
13 A	5 m ²	0,83
18 A	1,25 m ²	0,21
TOTAL		54,54

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 3

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	$A = (52 / 600) * 100 =$	9
Deterioro 4	$A = (0 / 600) * 100 =$	0
Deterioro 6	$A = (74 / 600) * 100 =$	12
Deterioro 7	$A = (65 / 200) * 100 =$	33
Deterioro 13	$A = (5 / 600) * 100 =$	1
Deterioro 18	$A = (1 / 600) * 100 =$	0

Mediante el PCI se ha determinado que un 54,54 % del Tramo 3 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-4.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 4

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 4 100 m
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 7 + 550.00 hasta la 7+ 650.00		
600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento) Intemperismo
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	26 m ²	4,33
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	0 m ²	0,00
7 Alta	72 m ²	36,00
13 A	145 m ²	24,17
18 A	15 m ²	2,50
TOTAL		67,00

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 4

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	A = (26	/ 600)*100=	4
Deterioro 4	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 7	A = (72	/ 200)*100=	36
Deterioro 13A	A = (145	/ 600)*100=	24
Deterioro 18	A = (15	/ 600)*100=	3

Mediante el PCI se ha determinado que un 67,00 % del Tramo 4 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-5.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 5

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 5 100 m
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 7+ 650.00 hasta la 7 + 750.00 600 m ²		 <p>6 m</p> <p>Dirección de inspección</p>
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida / Agrietamiento	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento) Intemperismo
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	0 m ²	0,00
4 Alta	9 m ²	1,50
6 Alta	5 m ²	0,83
7 Alta	62 m ²	31,00
13 A	75 m ²	12,50
18 A	10 m ²	1,67
TOTAL		47,50

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 5

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 4	A = (9	/ 600)*100=	2
Deterioro 6	A = (5	/ 600)*100=	1
Deterioro 7	A = (62	/ 200)*100=	31
Deterioro 13	A = (75	/ 600)*100=	13
Deterioro 18	A = (10	/ 600)*100=	2

Mediante el PCI se ha determinado que un 47,50 % del Tramo 5 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-6.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 6

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 6 6 m
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 7 + 750.00 hasta la 7+850.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida / Agrietamiento	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento) Intemperismo
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	15 m ²	2,50
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	0 m ²	0,00
7 Alta	65 m ²	32,50
13 A	90 m ²	15,00
18 A	12 m ²	2,00
TOTAL		52,00

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 6

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

$$\begin{aligned} \text{Deterioro 1 } A &= (15 / 600) * 100 = 3 \\ \text{Deterioro 4 } A &= (0 / 600) * 100 = 0 \\ \text{Deterioro 6 } A &= (0 / 600) * 100 = 0 \\ \text{Deterioro 7 } A &= (65 / 200) * 100 = 33 \\ \text{Deterioro 13 } A &= (90 / 600) * 100 = 15 \\ \text{Deterioro 18 } A &= (12 / 600) * 100 = 2 \end{aligned}$$

Mediante el PCI se ha determinado que un 52,00 % del Tramo 6 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-7.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 7

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 7 100 m
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 7+850.00 hasta la 7+950.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida / Agrietamiento	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento) Intemperismo
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	10 m ²	1,67
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	3 m ²	0,50
7 Alta	54 m ²	27,00
13 A	60 m ²	10,00
18 A	16,5 m ²	2,75
TOTAL		41,92

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 7

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1 A = (10	/ 600)*100=	2
Deterioro 4 A= (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6 A = (3	/ 600)*100=	1
Deterioro 7 A= (54	/ 200)*100=	27
Deterioro 13 A = (60	/ 600)*100=	10
Deterioro 18 A= (17	/ 600)*100=	3

Mediante el PCI se ha determinado que un 41,92 % del Tramo 7 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-8.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 8

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 8 100 m 
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 7+950.00 hasta la 8+ 050.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida / Agrietamiento	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento) Intemperismo
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	0 m ²	0,00
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	15 m ²	2,50
7 Alta	28 m ²	14,00
13 A	128 m ²	21,33
18 A	43 m ²	7,17
TOTAL		45,00

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 8

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 4	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6	A = (15	/ 600)*100=	3
Deterioro 7	A = (28	/ 200)*100=	14
Deterioro 13A	A = (128	/ 600)*100=	21
Deterioro 18	A = (43	/ 600)*100=	7

Mediante el PCI se ha determinado que un 45,00 % del Tramo 8 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-9.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 9

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 9 100 m
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 8+ 050.00 hasta la 8+ 150.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida / Agrietamiento	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento) Intemperismo
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	15 m ²	2,50
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	21 m ²	3,50
7 Alta	46 m ²	23,00
13 A	110,5 m ²	18,42
18 A	26 m ²	4,33
TOTAL		51,75

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 9

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1 A = (	15	/ 600)*100=	3
Deterioro 4 A= (	0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6 A = (	21	/ 600)*100=	4
Deterioro 7 A= (	46	/ 200)*100=	23
Deterioro 13 A = (	111	/ 600)*100=	18
Deterioro 18 A= (	26	/ 600)*100=	4

Mediante el PCI se ha determinado que un 51,75 % del Tramo 9
se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-10.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 10

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 10 
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 8+ 150.00 hasta la 8 + 250.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	0 m ²	0,00
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	12,5 m ²	2,08
7 Alta	23 m ²	11,50
13 A	130 m ²	21,67
18 A	48 m ²	8,00
TOTAL		43,25

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 10

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

$$\begin{array}{l} \text{Deterioro 1 } A = (0 / 600) * 100 = 0 \\ \text{Deterioro 4 } A = (0 / 600) * 100 = 0 \\ \text{Deterioro 6 } A = (13 / 600) * 100 = 2 \\ \text{Deterioro 7 } A = (23 / 200) * 100 = 12 \\ \text{Deterioro 13A } = (130 / 600) * 100 = 22 \\ \text{Deterioro 18 } A = (48 / 600) * 100 = 8 \end{array}$$

Mediante el PCI se ha determinado que un 43,25 % del Tramo 10 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-11.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 11

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 11 
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 8 + 250.00 hasta la 8+350.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	12 m ²	2,00
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	0 m ²	0,00
7 Alta	55 m ²	27,50
13 A	112,5 m ²	18,75
18 A	5 m ²	0,83
TOTAL		49,08

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 11

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	A = (12	/ 600)*100=	2
Deterioro 4	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 7	A = (55	/ 200)*100=	28
Deterioro 13A	A = (113	/ 600)*100=	19
Deterioro 18	A = (5	/ 600)*100=	1

Mediante el PCI se ha determinado que un 49,08 % del Tramo 11 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-12.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 12

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 12 
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 8+350.00 hasta la 8+450.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	0 m ²	0,00
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	11 m ²	1,83
7 Alta	85 m ²	42,50
13 A	42 m ²	7,00
18 A	6 m ²	1,00
TOTAL		52,33

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

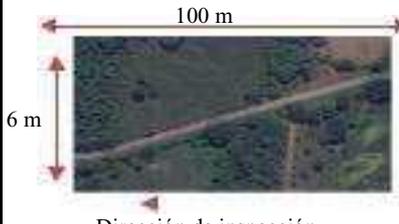
Desarrollo de los Cálculos Tramo 12

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

$$\begin{aligned} \text{Deterioro 1 } A &= (0 / 600) * 100 = 0 \\ \text{Deterioro 4 } A &= (0 / 600) * 100 = 0 \\ \text{Deterioro 6 } A &= (11 / 600) * 100 = 2 \\ \text{Deterioro 7 } A &= (85 / 200) * 100 = 43 \\ \text{Deterioro 13 } A &= (42 / 600) * 100 = 7 \\ \text{Deterioro 18 } A &= (6 / 600) * 100 = 1 \end{aligned}$$

Mediante el PCI se ha determinado que un 52,33 % del Tramo 12 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-13.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 13

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 13
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 8+450.00 hasta la 8+550.00		
600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	0 m ²	0,00
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	23 m ²	3,83
7 Alta	52 m ²	26,00
13 A	111 m ²	18,50
18 A	5 m ²	0,83
TOTAL		49,17

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 13

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 4	A= (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6	A = (23	/ 600)*100=	4
Deterioro 7	A= (52	/ 200)*100=	26
Deterioro 13A	= (111	/ 600)*100=	19
Deterioro 18	A= (5	/ 600)*100=	1

Mediante el PCI se ha determinado que un 49,17 % del Tramo 13 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-14.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 14

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 14
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 8+550.00 hasta la 8+650.00		<p>6 m</p> <p>100 m</p> <p>Dirección de inspección</p>
600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	0 m ²	0,00
4 Alta	15 m ²	2,50
6 Alta	122,5 m ²	20,42
7 Alta	23 m ²	11,50
13 A	25 m ²	4,17
18 A	10,5 m ²	1,75
TOTAL		40,33

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 14

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

$$\begin{aligned} \text{Deterioro 1 } A &= (0 / 600) * 100 = 0 \\ \text{Deterioro 4 } A &= (15 / 600) * 100 = 3 \\ \text{Deterioro 6 } A &= (123 / 600) * 100 = 20 \\ \text{Deterioro 7 } A &= (23 / 200) * 100 = 12 \\ \text{Deterioro 13 } A &= (25 / 600) * 100 = 4 \\ \text{Deterioro 18 } A &= (11 / 600) * 100 = 2 \end{aligned}$$

Mediante el PCI se ha determinado que un 40,33 % del Tramo 14 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-15.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 15

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 15 100 m
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 8+650.00 hasta la 8+750.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida / Agrietamiento	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento) Intemperismo
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	0 m ²	0,00
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	5 m ²	0,83
7 Alta	62 m ²	31,00
13 A	50,5 m ²	8,42
18 A	10 m ²	1,67
TOTAL		41,92

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 15

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

$$\begin{aligned} \text{Deterioro 1 } A &= (0 / 600) * 100 = 0 \\ \text{Deterioro 4 } A &= (0 / 600) * 100 = 0 \\ \text{Deterioro 6 } A &= (5 / 600) * 100 = 1 \\ \text{Deterioro 7 } A &= (62 / 200) * 100 = 31 \\ \text{Deterioro 13 } A &= (51 / 600) * 100 = 8 \\ \text{Deterioro 18 } A &= (10 / 600) * 100 = 2 \end{aligned}$$

Mediante el PCI se ha determinado que un 41,92 % del Tramo 15
se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-16.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 16

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 16
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 8+750.00 hasta la 8+850.00 600 m ²		<p>6 m</p> <p>100 m</p> <p>Dirección de inspección</p>
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	11,5 m ²	1,92
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	12 m ²	2,00
7 Alta	48 m ²	24,00
13 A	100 m ²	16,67
18 A	6 m ²	1,00
TOTAL		45,58

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 16

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	A = (12	/ 600)*100=	2
Deterioro 4	A= (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6	A = (12	/ 600)*100=	2
Deterioro 7	A= (48	/ 200)*100=	24
Deterioro 13A	= (100	/ 600)*100=	17
Deterioro 18	A= (6	/ 600)*100=	1

Mediante el PCI se ha determinado que un 45,58 % del Tramo 16 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-17.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 17

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 17	
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 8+850.00 hasta la 8+950.00			
600 m ²			
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15	Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16	Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17	Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18	Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19	Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches		
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril		
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %	
1 Alta	0 m ²	0,00	
4 Alta	0 m ²	0,00	
6 Alta	15 m ²	2,50	
7 Alta	41 m ²	20,50	
13 A	90 m ²	15,00	
18 A	16,5 m ²	2,75	
TOTAL		40,75	

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 17

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

$$\begin{aligned} \text{Deterioro 1 } A &= (0 / 600) * 100 = 0 \\ \text{Deterioro 4 } A &= (0 / 600) * 100 = 0 \\ \text{Deterioro 6 } A &= (15 / 600) * 100 = 3 \\ \text{Deterioro 7 } A &= (41 / 200) * 100 = 21 \\ \text{Deterioro 13 } A &= (90 / 600) * 100 = 15 \\ \text{Deterioro 18 } A &= (16,5 / 600) * 100 = 3 \end{aligned}$$

Mediante el PCI se ha determinado que un 40,75 % del Tramo 17 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-18.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 18

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 18	
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar 6 m desde la abscisa 8+950.00 hasta la 9+050.00		 <p style="text-align: center;">Dirección de inspección</p>	
600 m ²			
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15	Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16	Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17	Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18	Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19	Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches		
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril		
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %	
1 Alta	0 m ²	0,00	
4 Alta	0 m ²	0,00	
6 Alta	25 m ²	4,17	
7 Alta	38 m ²	19,00	
13 A	88 m ²	14,67	
18 A	16,5 m ²	2,75	
TOTAL		40,58	

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 18

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 4	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6	A = (25	/ 600)*100=	4
Deterioro 7	A = (38	/ 200)*100=	19
Deterioro 13	A = (88	/ 600)*100=	15
Deterioro 18	A = (16,5	/ 600)*100=	3

Mediante el PCI se ha determinado que un 40,58 % del Tramo 18 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-19.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 19

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 19	
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 9+050.00 hasta la 9+150.00			
600 m ²			
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15	Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16	Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17	Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18	Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19	Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches		
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril		
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %	
1 Alta	7 m ²	1,17	
4 Alta	0 m ²	0,00	
6 Alta	14,5 m ²	2,42	
7 Alta	63 m ²	31,50	
13 A	89 m ²	14,83	
18 A	25,5 m ²	4,25	
TOTAL		54,17	

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 19

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	A = (7	/ 600)*100=	1
Deterioro 4	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6	A = (14,5	/ 600)*100=	2
Deterioro 7	A = (63	/ 200)*100=	32
Deterioro 13	A = (89	/ 600)*100=	15
Deterioro 18	A = (25,5	/ 600)*100=	4

Mediante el PCI se ha determinado que un 54,17 % del Tramo 19
se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-20.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 20

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 20	
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 9+50.00 hasta la 9+250.00 600 m ²			
		Dirección de inspección	
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15	Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16	Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17	Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18	Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19	Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches		
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril		
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %	
1 Alta	0 m ²	0,00	
4 Alta	0 m ²	0,00	
6 Alta	43 m ²	7,17	
7 Alta	23 m ²	11,50	
13 A	125 m ²	20,83	
18 A	12 m ²	2,00	
TOTAL		41,50	

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

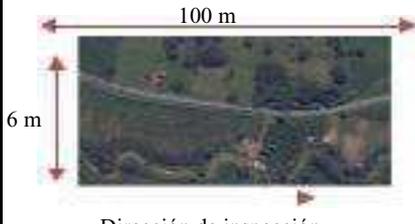
Desarrollo de los Cálculos Tramo 20

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 4	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6	A = (43	/ 600)*100=	7
Deterioro 7	A = (23	/ 200)*100=	12
Deterioro 13A	A = (125	/ 600)*100=	21
Deterioro 18	A = (12	/ 600)*100=	2

Mediante el PCI se ha determinado que un 41,50 % del Tramo 20 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-21.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 21

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 21 
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 9+250.00 hasta la 9+350.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	6 m ²	1,00
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	0 m ²	0,00
7 Alta	95 m ²	47,50
13 A	63 m ²	10,50
18 A	5 m ²	0,83
TOTAL		59,83

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 21

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1 A = (6	/ 600)*100=	1
Deterioro 4 A= (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6 A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 7 A= (95	/ 200)*100=	48
Deterioro 13 A = (63	/ 600)*100=	11
Deterioro 18 A= (5	/ 600)*100=	1

Mediante el PCI se ha determinado que un 59,83 % del Tramo 21 se encuentra afectada presentando daños altos.

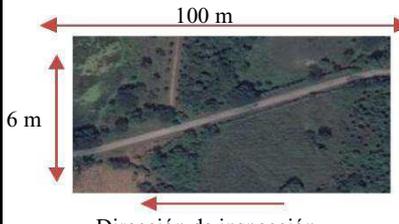
Tabla 3-22.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 22

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 22 
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 9+350.00 hasta la 9+450.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	0 m ²	0,00
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	21 m ²	3,50
7 Alta	77 m ²	38,50
13 A	38,5 m ²	6,42
18 A	6 m ²	1,00
TOTAL		49,42

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-23.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 23

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 23 
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 9+450.00 hasta la 9+550.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	0 m ²	0,00
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	19 m ²	3,17
7 Alta	52 m ²	26,00
13 A	86 m ²	14,33
18 A	12 m ²	2,00
TOTAL		45,50

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 23

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1 A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 4 A= (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6 A = (19	/ 600)*100=	3
Deterioro 7 A= (52	/ 200)*100=	26
Deterioro 13 A = (86	/ 600)*100=	14
Deterioro 18 A= (12	/ 600)*100=	2

Mediante el PCI se ha determinado que un 45,50 % del Tramo 23
se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-24.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 24

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 24
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 9+550.00 hasta la 9+650.00 600 m ²		<p>6 m</p> <p>100 m</p> <p>Dirección de inspección</p>
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	0 m ²	0,00
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	130 m ²	21,67
7 Alta	23 m ²	11,50
13 A	12 m ²	2,00
18 A	43 m ²	7,17
TOTAL		42,33

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 24

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

$$\begin{aligned} \text{Deterioro 1 } A &= (0 / 600) * 100 = 0 \\ \text{Deterioro 4 } A &= (0 / 600) * 100 = 0 \\ \text{Deterioro 6A } &= (130 / 600) * 100 = 22 \\ \text{Deterioro 7 } A &= (23 / 200) * 100 = 12 \\ \text{Deterioro 13 } A &= (12 / 600) * 100 = 2 \\ \text{Deterioro 18 } A &= (43 / 600) * 100 = 7 \end{aligned}$$

Mediante el PCI se ha determinado que un 42,33 % del Tramo 24 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-25.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 25

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 25 100 m
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 9+650.00 hasta la 9+750.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida / Agrietamiento	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento) Intemperismo
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	0 m ²	0,00
4 Alta	1,5 m ²	0,25
6 Alta	5 m ²	0,83
7 Alta	72 m ²	36,00
13 A	40 m ²	6,67
18 A	5 m ²	0,83
TOTAL		44,58

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 25

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	$A = (0 / 600) * 100 =$	0
Deterioro 4	$A = (1,5 / 600) * 100 =$	0,25
Deterioro 6	$A = (5 / 600) * 100 =$	0,83
Deterioro 7	$A = (72 / 200) * 100 =$	36
Deterioro 13	$A = (40 / 600) * 100 =$	6,67
Deterioro 18	$A = (5 / 600) * 100 =$	0,83

Mediante el PCI se ha determinado que un
se encuentra afectada presentando daños altos.

44,58 % del Tramo 25

Tabla 3-26.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 26

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 26	
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar 100 m desde la abscisa 9+750.00 hasta la 9+850.00		 <p>6 m</p> <p>Dirección de Inspección</p>	
600 m ²			
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15	Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16	Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17	Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18	Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19	Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches		
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril		
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %	
1 Alta	0 m ²	0,00	
4 Alta	0 m ²	0,00	
6 Alta	5 m ²	0,83	
7 Alta	98 m ²	49,00	
13 A	24 m ²	4,00	
18 A	11,5 m ²	1,92	
TOTAL		55,75	

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 26

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 4	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6	A = (5	/ 600)*100=	0,83
Deterioro 7	A = (98	/ 200)*100=	49
Deterioro 13	A = (24	/ 600)*100=	4
Deterioro 18	A = (11,5	/ 600)*100=	1,92

Mediante el PCI se ha determinado que un 55,75 % del Tramo 26
se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-27.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 27

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 27	
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 9+850.00 hasta la 9+950.00			
600 m ²			
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15	Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16	Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17	Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18	Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19	Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches		
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril		
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %	
1 Alta	12 m ²	2,00	
4 Alta	0 m ²	0,00	
6 Alta	15 m ²	2,50	
7 Alta	41 m ²	20,50	
13 A	107 m ²	17,83	
18 A	16,5 m ²	2,75	
TOTAL		45,58	

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 27

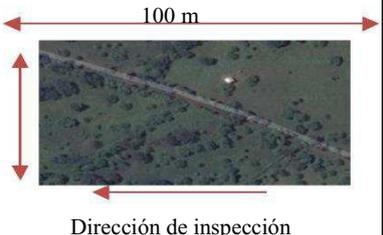
Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1 A = (	12	/ 600)*100=	2
Deterioro 4 A= (	0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6 A = (	15	/ 600)*100=	2,5
Deterioro 7 A= (	41	/ 200)*100=	20,5
Deterioro 13 A = (	107	/ 600)*100=	17,83
Deterioro 18 A= (	16,5	/ 600)*100=	2,75

Mediante el PCI se ha determinado que un
se encuentra afectada presentando daños altos.

45,58 % del Tramo 27

Tabla 3-28.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 28

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 28	
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar 6 m desde la abscisa 9+950.00 hasta la 10+050.00			
600 m ²			
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15	Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16	Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17	Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18	Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19	Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches		
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril		
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %	
1 Alta	6 m ²	1,00	
4 Alta	0 m ²	0,00	
6 Alta	25 m ²	4,17	
7 Alta	38 m ²	19,00	
13 A	105 m ²	17,50	
18 A	16,5 m ²	2,75	
TOTAL		44,42	

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 28

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	A = (6	/ 600)*100=	1
Deterioro 4	A = (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6	A = (25	/ 600)*100=	4,167
Deterioro 7	A = (38	/ 200)*100=	19
Deterioro 13	A = (105	/ 600)*100=	17,5
Deterioro 18	A = (16,5	/ 600)*100=	2,75

Mediante el PCI se ha determinado que un 44,42 % del Tramo 28 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-29.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 29

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 29	
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 10+050.00 hasta la 10+150.00		 <p>100 m</p> <p>6 m</p> <p>Dirección de inspección</p>	
600 m ²			
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15	Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida /	16	Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 Agrietamiento longitudinal y transversal	17	Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18	Protuberancia (hinchamiento)
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19	Intemperismo (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches		
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril		
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %	
1 Alta	7 m ²	1,17	
4 Alta	0 m ²	0,00	
6 Alta	44 m ²	7,33	
7 Alta	41 m ²	20,50	
13 A	60 m ²	10,00	
18 A	29 m ²	4,83	
TOTAL		43,83	

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 29

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1 A = (7	/ 600)*100=	1,17
Deterioro 4 A= (0	/ 600)*100=	0
Deterioro 6 A = (44	/ 600)*100=	7,33
Deterioro 7 A= (41	/ 200)*100=	20,5
Deterioro 13 A = (60	/ 600)*100=	10
Deterioro 18 A= (29	/ 600)*100=	4,83

Mediante el PCI se ha determinado que un 43,83 % del Tramo 29
se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-30.- Hoja de datos de deterioros, Tramo 30

Hoja de datos de estudio de la condición de la vía para la unidad de prueba		Croquis: Tramo 30 6 m
Unidad de prueba: Vía Balzar - Colorado, desde la escuela Balzar hasta el sub centro médico Balzar desde la abscisa 10+150.00 hasta la 10+250.00 600 m ²		
1 Piel de cocodrilo	8 Agrietamiento	15 Roderas
2 Exudación o sangrado	9 Caída externa de vida / Agrietamiento	16 Arrollamiento
3 Agrietamiento en bloque	10 longitudinal y transversal	17 Agrietamiento media luna
4 Bombeo y hundimiento	11 Parchados	18 Protuberancia (hinchamiento) Intemperismo
5 Corrugación	12 Agregados pulidos	19 (disgregación y desintegración)
6 Depresiones	13 Baches	
7 Agrietamiento de borde	14 Cruce de ferrocarril	
ANOMALÍA	CANTIDAD	DENSIDAD %
1 Alta	5 m ²	0,83
4 Alta	0 m ²	0,00
6 Alta	45 m ²	7,50
7 Alta	24 m ²	12,00
13 A	112,5 m ²	18,75
18 A	6 m ²	1,00
TOTAL		40,08

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Desarrollo de los Cálculos Tramo 30

Calculo de densidad: Cantidad de la deformación dividida para el tramo inspeccionado, multiplicado por 100

Deterioro 1	$A = (5 / 600) * 100 =$	0,83
Deterioro 4	$A = (0 / 600) * 100 =$	0
Deterioro 6	$A = (45 / 600) * 100 =$	7,5
Deterioro 7	$A = (24 / 200) * 100 =$	12
Deterioro 13A	$A = (112,5 / 600) * 100 =$	18,8
Deterioro 18	$A = (6 / 600) * 100 =$	1

Mediante el PCI se ha determinado que un 40,08% del Tramo 30 se encuentra afectada presentando daños altos.

Tabla 3-31.- Cuadro consolidado del método PCI en la vía Balzar-Colorado

MUESTRA	DETERIORO												DENSIDAD TOTAL DEL TRAMO
	1 Alta		4 Alta		6 Alta		7 Alta		13 Alta		18 Alta		
	Long.	Dens.	Long.	Dens.	Long.	Dens.	Long.	Dens.	Long.	Dens.	Long.	Dens.	
Tramo 1	0,00	0,00	52,00	8,67	16,00	2,67	82,00	41,00	56,00	9,33	1,25	0,21	61,88
Tramo 2	0,00	0,00	120,00	20,00	46,00	7,67	15,50	7,75	0,00	0,00	28,25	4,71	40,13
Tramo 3	52,00	8,67	0,00	0,00	74,00	12,33	65,00	32,50	5,00	0,83	1,25	0,21	54,54
Tramo 4	26,00	4,33	0,00	0,00	0,00	0,00	72,00	36,00	145,00	24,17	15,00	2,50	67,00
Tramo 5	0,00	0,00	9,00	1,50	5,00	0,83	62,00	31,00	75,00	12,50	10,00	1,67	47,50
Tramo 6	15,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	65,00	32,50	90,00	15,00	12,00	2,00	52,00
Tramo 7	10,00	1,67	0,00	0,00	3,00	0,50	54,00	27,00	60,00	10,00	16,50	2,75	41,92
Tramo 8	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	2,50	28,00	14,00	128,00	21,33	43,00	7,17	45,00
Tramo 9	15,00	2,50	0,00	0,00	21,00	3,50	46,00	23,00	110,50	18,42	26,00	4,33	51,75
Tramo 10	0,00	0,00	0,00	0,00	12,50	2,08	23,00	11,50	130,00	21,67	48,00	8,00	43,25
Tramo 11	12,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,00	27,50	112,50	18,75	5,00	0,83	49,08
Tramo 12	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	1,83	85,00	42,50	42,00	7,00	6,00	1,00	52,33
Tramo 13	0,00	0,00	0,00	0,00	23,00	3,83	52,00	26,00	111,00	18,50	5,00	0,83	49,17
Tramo 14	0,00	0,00	15,00	2,50	122,50	20,42	23,00	11,50	25,00	4,17	10,50	1,75	40,33
Tramo 15	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,83	62,00	31,00	50,50	8,42	10,00	1,67	41,92
Tramo 16	11,50	1,92	0,00	0,00	12,00	2,00	48,00	24,00	100,00	16,67	6,00	1,00	45,58
Tramo 17	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	2,50	41,00	20,50	90,00	15,00	16,50	2,75	40,75
Tramo 18	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	4,17	38,00	19,00	88,00	14,67	16,50	2,75	40,58
Tramo 19	7,00	1,17	0,00	0,00	14,50	2,42	63,00	31,50	89,00	14,83	25,50	4,25	54,17
Tramo 20	0,00	0,00	0,00	0,00	43,00	7,17	23,00	11,50	125,00	20,83	12,00	2,00	41,50

Tramo 21	6,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,00	47,50	63,00	10,50	5,00	0,83	59,83
Tramo 22	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00	3,50	77,00	38,50	38,50	6,42	6,00	1,00	49,42
Tramo 23	0,00	0,00	0,00	0,00	19,00	3,17	52,00	26,00	86,00	14,33	12,00	2,00	45,50
Tramo 24	0,00	0,00	0,00	0,00	130,00	21,67	23,00	11,50	12,00	2,00	43,00	7,17	42,33
Tramo 25	0,00	0,00	1,50	0,25	5,00	0,83	72,00	36,00	40,00	6,67	5,00	0,83	44,58
Tramo 26	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,83	98,00	49,00	24,00	4,00	11,50	1,92	55,75
Tramo 27	12,00	2,00	0,00	0,00	15,00	2,50	41,00	20,50	107,00	17,83	16,50	2,75	45,58
Tramo 28	6,00	1,00	0,00	0,00	25,00	4,17	38,00	19,00	105,00	17,50	16,50	2,75	44,42
Tramo 29	7,00	1,17	0,00	0,00	44,00	7,33	41,00	20,50	60,00	10,00	29,00	4,83	43,83
Tramo 30	5,00	0,83	0,00	0,00	45,00	7,50	24,00	12,00	112,50	18,75	6,00	1,00	40,08
TOTAL	184,50	30,75	197,50	32,92	772,50	128,75	1563,50	781,75	2280,50	380,08	464,75	77,46	\bar{x} 47,72

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

La densidad media del daño en la vía de estudio es del 47.72%, lo que es considerado como un nivel alto de daño por lo que es necesario el rediseño integral de la vía.

3.3. Estudio de tráfico

Para determinar el tránsito promedio diario anual (TPDA) se realizó el cálculo del tránsito anual considerando los diferentes tipos de vehículos que circulan por la vía Balzar- Colorado en el tiempo correspondiente a un año. Este conteo se lo realizó manualmente por los estudiantes pasando un día, durante una semana.

3.3.1. Cálculo del tráfico anual

En este punto se realizó un conteo manual de los automotores que circulan por la vía, en la tabla 3-32 se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 3-32.- Tráfico anual por tipo de vehículo

Clasificación	Tráfico anual	Porcentaje (%)
Livianos	11680	60%
Buses 2 ejes	2555	13%
Camiones 2DA	1825	9%
Camiones 2DB	1095	6%
Camión 3A-V3A	1095	6%
Tracto camión 2S2	365	2%
Tracto camión 3S2	365	2%
Tracto camión 3S3	365	2%
Total	19345	100%

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

3.3.2. Cálculo del tráfico promedio diario anual (TPDA)

Para el cálculo del tráfico promedio diario anual de cada eje se aplica la siguiente fórmula:

Livianos: $11680 / 365 = 32$
Buses 2 ejes: $2555 / 365 = 7$
Camiones 2DA: $1825 / 365 = 5$
Camiones 2DB: $1095 / 365 = 3$

Camión 3A-V3A:	$1095/365=3$
Tracto camión 2S2:	$365/365=1$
Tracto camión 3S2:	$365/365=1$
Tracto camión 3S3:	$365/365=1$

Tabla 3-33.- Tráfico promedio diario anual

Clasificación	TPDA	Porcentaje (%)
Livianos	32	60%
Buses 2 ejes	7	13%
Camiones 2DA	5	9%
Camiones 2DB	3	6%
Camión 3A-V3A	3	6%
Tracto camión 2S2	1	2%
Tracto camión 3S2	1	2%
Tracto camión 3S3	1	2%
Total	53	100%

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-34.- Tasa de crecimiento anual del tránsito

PERÍODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
1	3,15	2,45	2,46
10	2,41	2,03	2,22
20	2,41	2,03	2,22
Promedio 2010-2030	2,65	2.17	2,30

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

3.4. Cálculo del número estructural requerido

Datos¹:

- TPDA = 53
- Período de diseño = 20 años
- Días/año = 365
- Distribución Direccional (DD)-vehículos penalizados = 0.05
- Factor Equivalencia de Carga (F.C.) = 2,8942
- Factor de crecimiento del tránsito = 11,218
- Número acumulado ejes equivalentes = 386900

- Número acumulado ejes equivalentes (10 años) $N_{20} = 386900$
- Confiabilidad $R = 90 \%$
- Desviación estándar $S_o = 0.45$
- Pérdida de serviciabilidad $\Delta PSI = 2,00$
- Módulo resiliencia subrasante (C.B.R. diseño= 3.5%) $MR = \text{psi}$
- Número estructural requerido $N.E.r = 25.99$

¹ Los parámetros de diseño empleados para realizar la ecuación AASHTO 93 se detallan en el Anexo 1.

3.5. Ensayos realizados a las calicatas

Para determinar las características mecánicas del suelo paralelo a la vía Balzar – Colorado se procedió a la realización de calicatas en dicho terreno, se obtuvieron los siguientes resultados:

MUESTRA 1

Tabla 3-34.- Granulometría (ASTM D422) muestra 1

TAMIZ	P.RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCFCD
SERIE GRUESA					
4"					
3"					
2 ½"				100,00	
2"	435		1,38	98,62	
1½"	932		2,97	95,65	
1"	1185		3,77	91,88	
¾"	2123		6,76	85,12	
½"	1923		6,12	79,00	
3/8"	4423		14,08	64,92	
N°4	6935		22,07	42,85	
PASA N°4	13465		42,85		
TOTAL	31421				
SERIE FINA					
N°4					
8					
10	44		7,71	35,15	
16					
20					
30					
40	30		5,26	29,89	
50					
60					
100					
200	120,0		21,02	(8,87)	
PASA N°200	50,64		8,87		
TOTAL	244,64				

P inicial humedo= **300** grms
P inicial seco= **244,64** grms

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)
Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-35.- Humedad natural (ASTM D2216) muestra 1

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A3	----	105,90	92,16	30,61	22,32	
D10	----	105,00	91,30	31,57	22,94	
	----					22,63

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-36.- Límite líquido (ASTM D4318) muestra 1

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
BO	38	69,40	59,53	32,08	35,96	
A2	23	60,76	52,60	31,66	38,97	
C15	16	73,63	61,60	31,98	40,61	
						38,31

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-37.- Límite plástico (ASTM D4318) muestra 1

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
L2		34,95	34,18	31,57	29,50	
L14		34,23	33,43	30,66	28,88	
		32,93	32,43	30,66	28,25	28,88

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.



Gráfico 3-1.- Resultado de plasticidad – muestra 1

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

MASA DEL CILINDRO (P7)	5776,0
VO LUMEN DEL CILINDRO (V)	2069,0
MASA DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm)	45,72
TIPO DEL ENSAYO	M odificado
# DE CAPAS	5
# DE GO LPES PO R CAPA	25

Modificado Ø=4" ; 18" 4.5 Kg. ; 5c-2

Tabla 3-38.- Datos del ensayo de compactación – muestra 1

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-39.- Contenido de agua – muestra 1

PUNTO #	1		2		3	
Material para ensayo	Gr u e s o	Fi n o	Gr u e s o	Fi n o	Gr u e s o	Fi n o
RECIPIENTE #	MP	D7	RTP	44	D2	VII
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	29,61	29,69	32,60	32,05	41,80	41,82
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	27,22	27,03	29,15	28,54	36,27	36,09
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	2,39	2,66	3,45	3,51	5,53	5,73
MASA DE RECIPIENTE (P4)	10,52	8,85	9,72	8,86	9,18	8,68
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	16,70	18,18	19,43	19,68	27,09	27,41
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	14,31	14,63	17,76	17,84	20,41	20,90
% DE HUMEDAD PROMEDIO	14,47		17,80		20,66	
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	3,00		6,00		9,00	
MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO (P6)	10069,0		10263,0		10344,0	
MASA DE SUELO HÚMEDO (P8 = P6 - P7)	4293		4487		4568	
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO (Dh=P8÷V)	2075		2169		2208	
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds=Dh÷(1+W÷100)	1813		1841		1830	

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

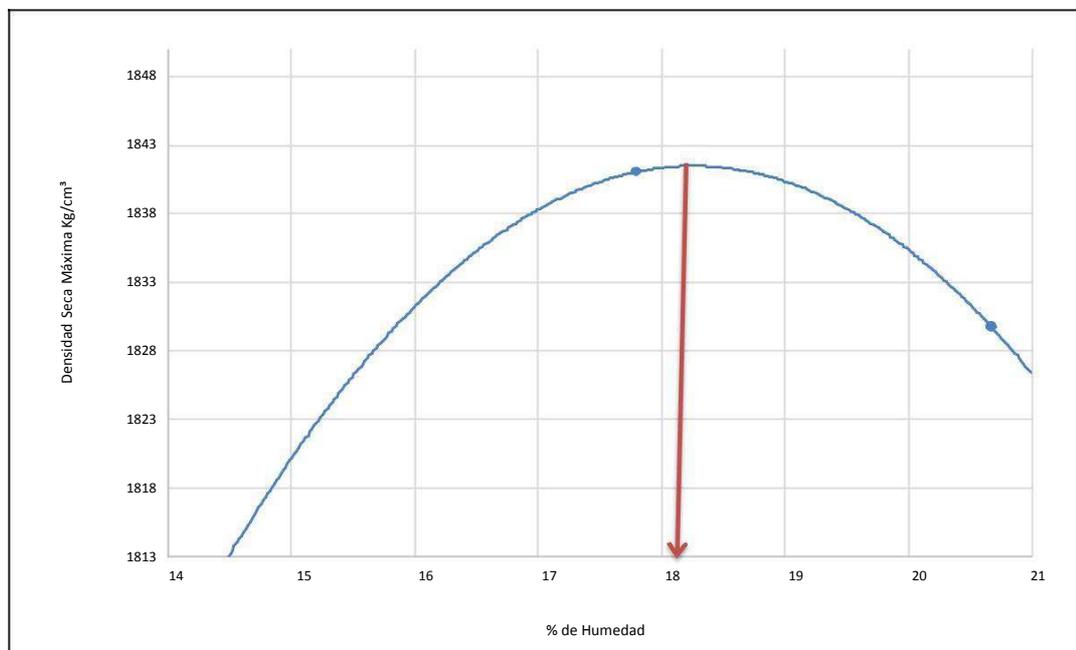


Gráfico 3-2.- Curva de compactación – muestra 1

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Resultados ensayo proctor – muestra 1:

Densidad seca máxima: 1841 kg/m³

Porcentaje de humedad óptima: 18.20%

MUESTRA 2

Tabla 3-40.- Granulometría (ASTM D422) muestra 2

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPC FCD
SERIE GRUESA					
4"					
3"	4520				
2 ½"	2342			100,00	
2"	6415		17,34	82,66	
1½"	2304		6,23	76,43	
1"	2930		7,92	68,51	
¾"	3999		10,81	57,70	
½"	2244		6,07	51,63	
3/8"	1800		4,87	46,77	
Nº4	3338		9,02	37,74	
PASA Nº4	7100		19,19		
TOTAL	36992				
SERIE FINA					
Nº4					
8					
10	59,99		5,36	32,38	
16					
20					
30					
40	43,24		3,87	28,52	
50					
60					
100					
200	44,9		4,01	(24,50)	
PASA Nº200	66,58		5,95		
TOTAL	214,70				

P inicial humedo= **300** grms
P inicial seco= **214,70** grms

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-41.- Humedad natural (ASTM D2216) muestra 2

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A3	----	93,12	75,75	32,17	39,86	
D10	----	112,96	90,05	32,19	39,60	
	----					39,73

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-42.- Límite líquido (ASTM D4318) muestra 2

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
BO	40	54,23	48,80	30,43	29,56	
A2	22	46,44	43,72	35,05	31,37	
C15	10	62,22	54,33	31,74	34,93	
						31,21

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-43.- Límite plástico (ASTM D4318) muestra 2

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
L2		10,85	10,50	9,05	24,14	
L14		10,74	10,42	9,18	25,81	
		11,76	11,40	9,90	24,00	24,65

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

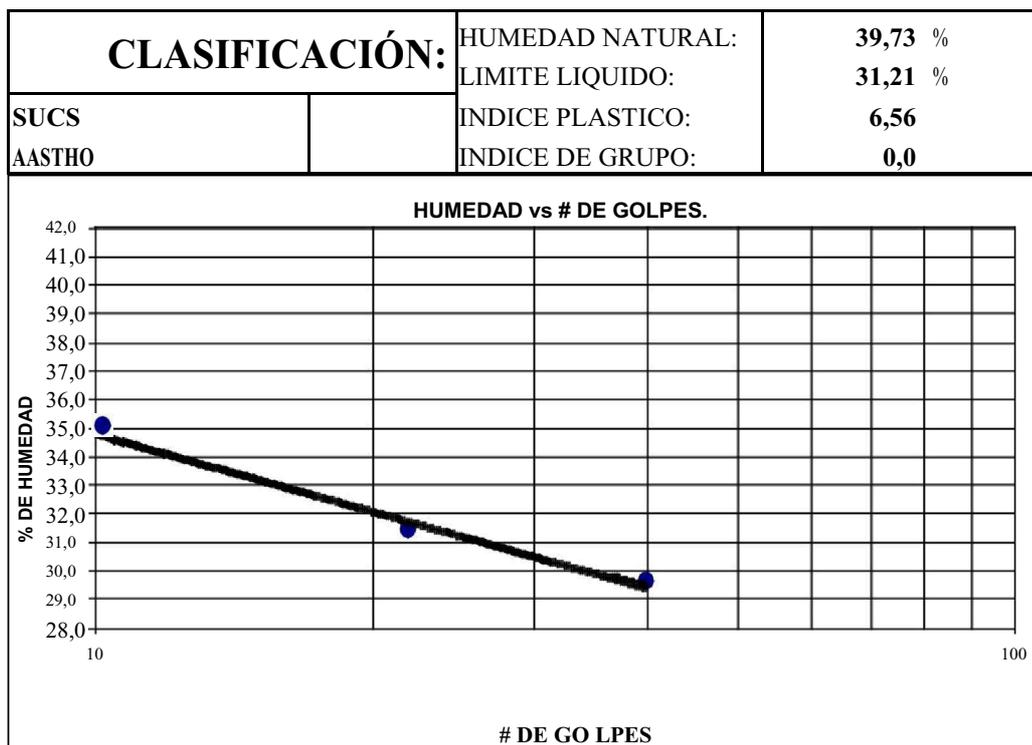


Gráfico 3-3.- Resultado de plasticidad – muestra 2

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-44.- Datos del ensayo de compactación – muestra 2

MASA DEL CILINDRO (P7)	5776,0
VO LUMEN DEL CILINDRO (V)	2069,0
MASA DEL MARTILLO (Kg.)	2,5
ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm)	45,72
TIPO DEL ENSAYO	Estándar
# DE CAPAS	5
# DE GO LPES PO R CAPA	12

Estándar Ø=6"; 18"-4.5 Kg. ; 5c-12g.

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-45.- Contenido de agua – muestra 2

PUNTO #	1		2		3	
	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino
Material para ensayo						
RECIPIENTE #	MP	D7	RTP	44	D2	VII
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P	66,67	69,98	67,80	69,79	67,75	65,69
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2	64,00	67,01	64,02	66,00	63,10	61,33
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	2,67	2,97	3,78	3,79	4,65	4,36
MASA DE RECIPIENTE (P4)	31,80	31,70	31,90	31,60	31,90	31,80
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	32,20	35,31	32,12	34,40	31,20	29,53
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	8,29	8,41	11,77	11,02	14,90	14,76
% DE HUMEDAD PROMEDIO	8,35		11,39		14,83	
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	3,00		6,00		9,00	
MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO (P6)	9785,0		10095,0		10070,0	
MASA DE SUELO HÚMEDO (P8 = P6 - P7)	4009		4319		4294	
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO (Dh=P8÷V)	1938		2087		2075	
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds=Dh÷(1+W÷100	1788		1874		1807	

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

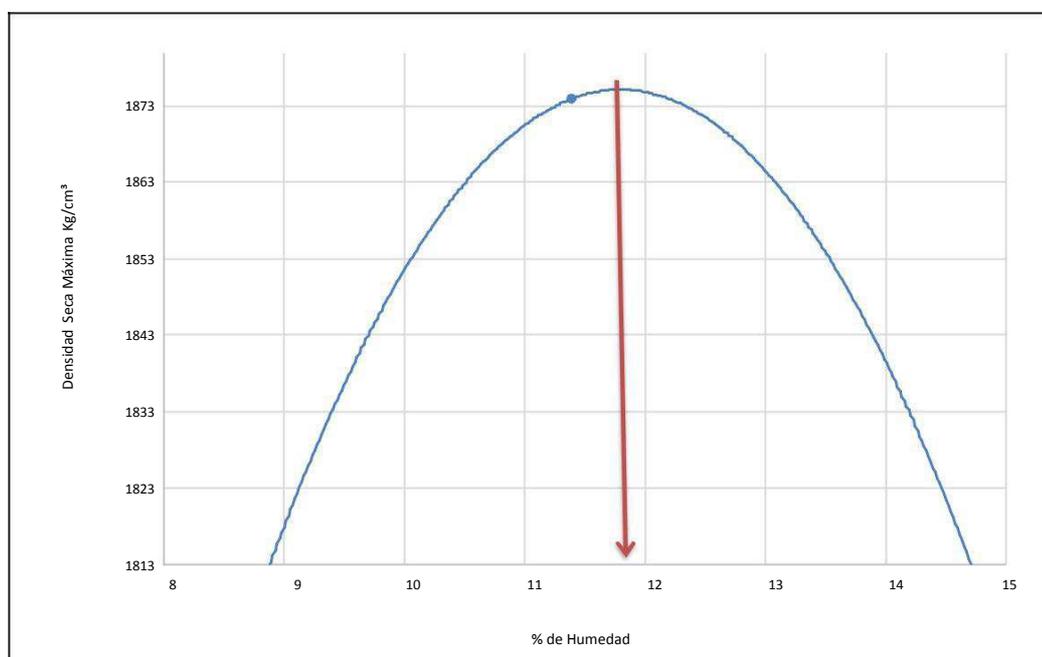


Gráfico 3-4.- Curva de compactación – muestra 2

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Resultados ensayo proctor – muestra 2:

Densidad seca máxima: 1873 kg/m³

Porcentaje de humedad óptima: 11.80%

MUESTRA 3

Tabla 3-46.- Granulometría (ASTM D422) muestra 3

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESP C F C D
SERIE GRUESA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1½"				100,00	
1"	877		4,03	95,97	
¾"	1211		5,57	90,40	
½"	2453		11,27	79,13	
3/8"	1655		7,61	71,53	
Nº4	6343		29,15	42,38	
PASA Nº4	9222		42,38		
TOTAL	21761				
SERIE FINA					
Nº4					
8					
10	55,6		9,03	33,35	
16					
20					
30					
40	69,44		11,27	22,08	
50					
60					
100					
200	44,87		7,28	(14,79)	
PASA Nº200	91,13		14,79		
TOTAL	261,04				

P inicial humedo= **300** grms
P inicial seco= **261,04** grms

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-47.- Humedad natural (ASTM D2216) muestra 3

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A3	----	101,44	92,30	31,84	15,12	
D10	----	97,54	88,30	25,59	14,73	
	----					14,93

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-48.- Límite líquido (ASTM D4318) muestra 3

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
B0	39	30,44	24,90	5,96	29,25	
A2	20	28,68	23,50	6,98	31,36	
C15	12	32,44	26,00	6,29	32,67	
						30,60

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-49.- Límite plástico (ASTM D4318) muestra 3

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
L2		15,66	14,20	7,20	20,86	
L14		17,65	15,60	6,03	21,42	
						21,14

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

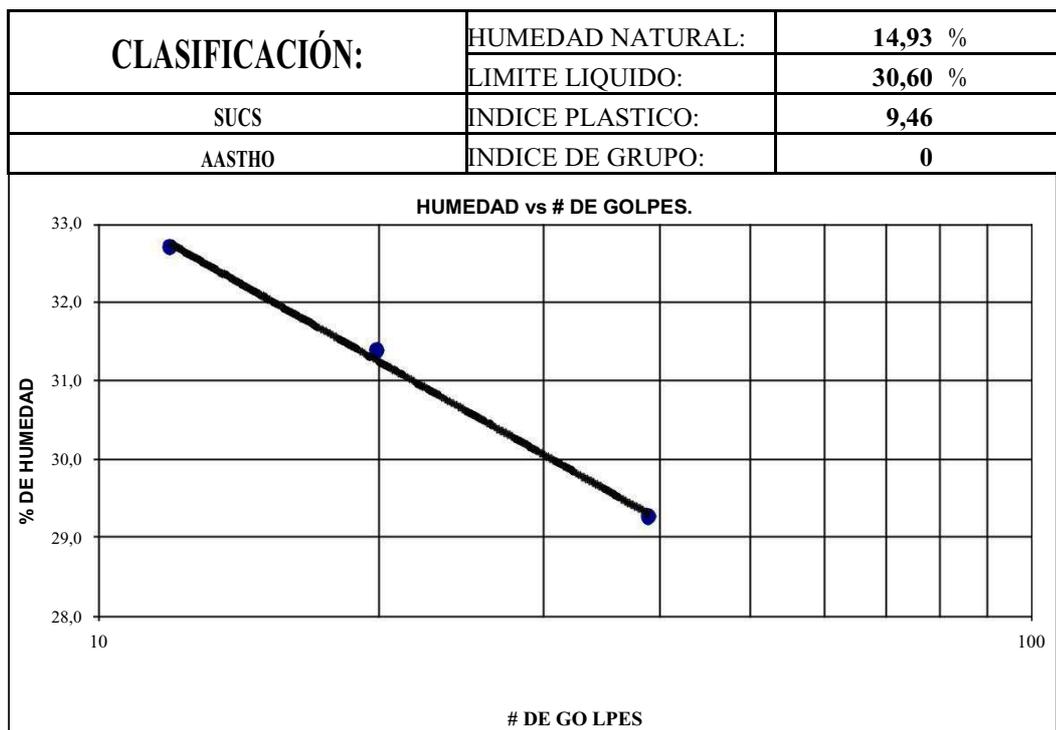


Gráfico 3-5.- Resultado de plasticidad – muestra 3

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-50.- Datos del ensayo de compactación – muestra 3

MASA DEL CILINDRO (P7)	5776,0
VO LUMEN DEL CILINDRO (V)	2069,0
MASA DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm)	45,72
TIPO DEL ENSAYO	Modificado Ø=4" ; 18" - 4 Modificado c-2
# DE CAPAS	5
# DE GO LPES PO R CAPA	25

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-51.- Contenido de agua – muestra 3

PUNTO #	1		2		3	
Material para ensayo						
RECIPIENTE #	A15	C9	B4	B8	A8	A25
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P	56,59	54,08	59,07	59,69	63,35	60,34
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2	53,17	50,86	53,99	54,53	56,42	53,78
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	3,42	3,22	5,08	5,16	6,93	6,56
MASA DE RECIPIENTE (P4)	11,62	11,66	11,47	11,30	11,66	11,82
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	41,55	39,20	42,52	43,23	44,76	41,96
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	8,23	8,21	11,95	11,94	15,48	15,63
% DE HUMEDAD PROMEDIO	8,22		11,94		15,56	
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	3,00		6,00		9,00	
MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO (P6)	10001,0		10189,0		10091,0	
MASA DE SUELO HÚMEDO (P8 = P6 - P7)	4225		4413		4315	
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO (Dh=P8÷V)	2042		2133		2086	
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds=Dh÷(1+W÷100	1887		1905		1805	

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

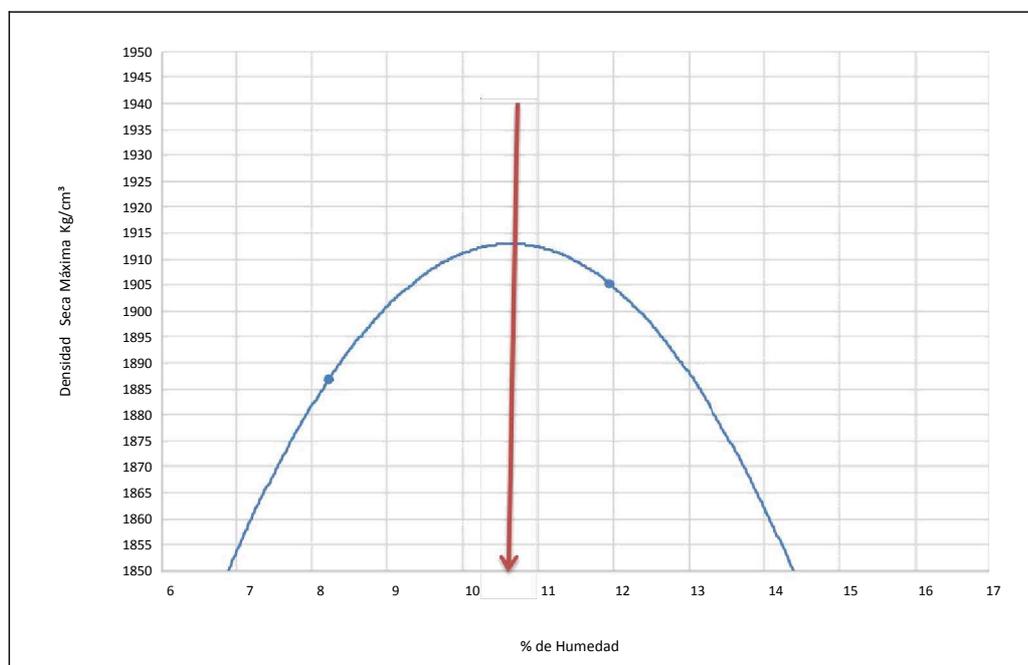


Gráfico 3-6.- Curva de compactación – muestra 3

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Resultados ensayo proctor – muestra 3:

Densidad seca máxima: 1997 kg/m³

Porcentaje de humedad óptima: 10.60%

MUESTRA 4

Tabla 3-52.- Granulometría (ASTM D422) muestra 4

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPCCFD
SERIE GRUESA					
4"					
3"					
2 ½"				100,00	
2"	422		2,42	97,58	
1½"	256		1,47	96,12	
1"	2016		11,55	84,56	
¾"	2671		15,30	69,26	
½"	2099		12,03	57,23	
3/8"	2940		16,85	40,39	
Nº4	2343		13,43	26,96	
PASA Nº4	4705		26,96		
TOTAL	17452				
SERIE FINA					
Nº4					
8					
10	44		4,41	22,55	
16					
20					
30					
40	66		6,61	15,94	
50					
60					
100					
200	88,0		8,82	(7,12)	
PASA Nº200	71,06		7,12		
TOTAL	269,06				

P inicial humedo= 300 grms

P inicial seco= 269,06 grms

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-53.- Humedad natural (ASTM D2216) muestra 4

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A3	----	63,15	59,94	31,99	11,48	
D10	----	63,20	59,94	31,63	11,52	
	----					11,50

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-54.- Límite líquido (ASTM D4318) muestra 4

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
BO	35	24,00	21,00	7,81	22,74	
A2	20	27,85	23,90	9,36	27,17	
C15	15	29,12	24,78	9,53	28,46	
						25,21

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-55.- Límite plástico (ASTM D4318) muestra 4

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
L2		13,02	12,00	7,25	21,47	
L14		13,25	12,20	7,14	20,75	
						14,07

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

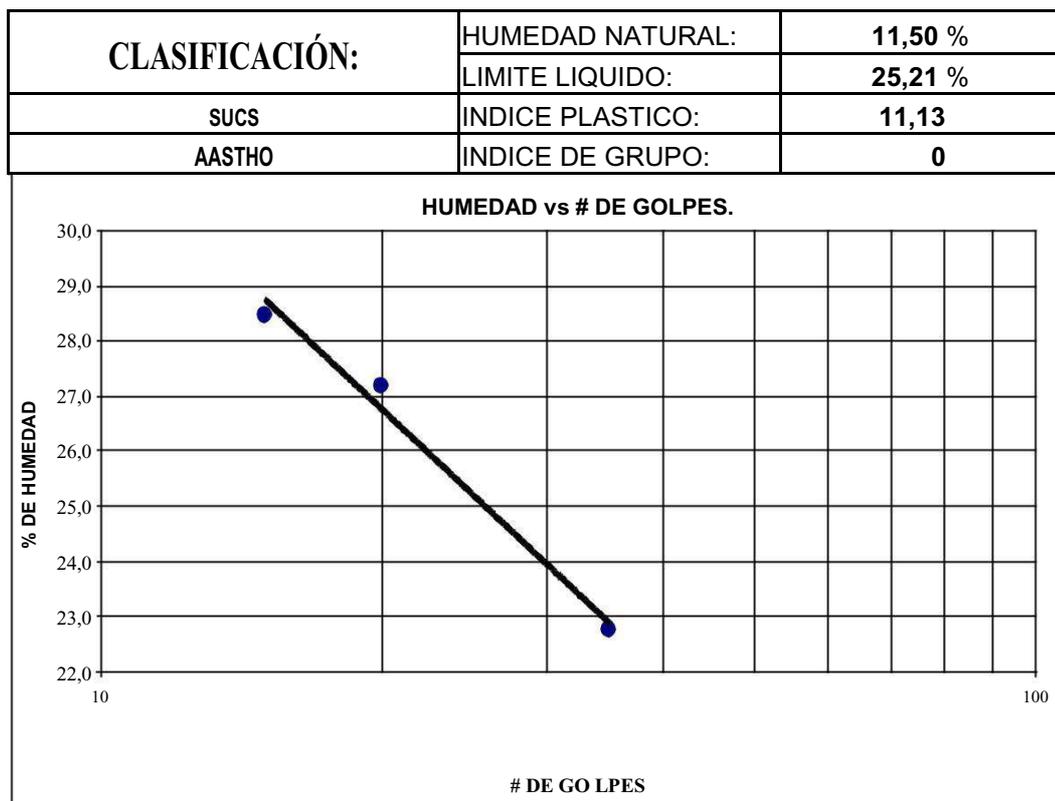


Gráfico 3-7.- Resultado de plasticidad – muestra 4

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-56.- Datos del ensayo de compactación – muestra 4

MASA DEL CILINDRO (P7)	5776,0
VO LUMEN DEL CILINDRO (V)	2069,0
MASA DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm)	45,72
TIPO DEL ENSAYO	Modificado Ø=4" ; 18" - 4 Modificado c-2
# DE CAPAS	5
# DE GO LPES PO R CAPA	25

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-57.- Contenido de agua – muestra 4

PUNTO #	1		2		3	
Material para ensayo	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino
RECIPIENTE #	MP	D7	RTP	44	D2	VII
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	36,55	36,33	31,62	31,62	28,89	28,48
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	34,75	34,54	29,62	29,63	26,73	26,50
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	1,80	1,79	2,00	1,99	2,16	1,98
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,56	9,21	8,45	8,86	8,34	8,98
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	25,19	25,33	21,17	20,77	18,39	17,52
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	7,15	7,07	9,45	9,58	11,75	11,30
% DE HUMEDAD PROMEDIO	7,11		9,51		11,52	
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	2,00		4,00		6,00	
MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO (P6)	10270,0		10360,0		10356,0	
MASA DE SUELO HÚMEDO (P8 = P6 - P7)	4494		4584		4580	
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO (Dh=P8÷V)	2172		2216		2214	
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds=Dh÷(1+W÷100)	2028		2023		1985	

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

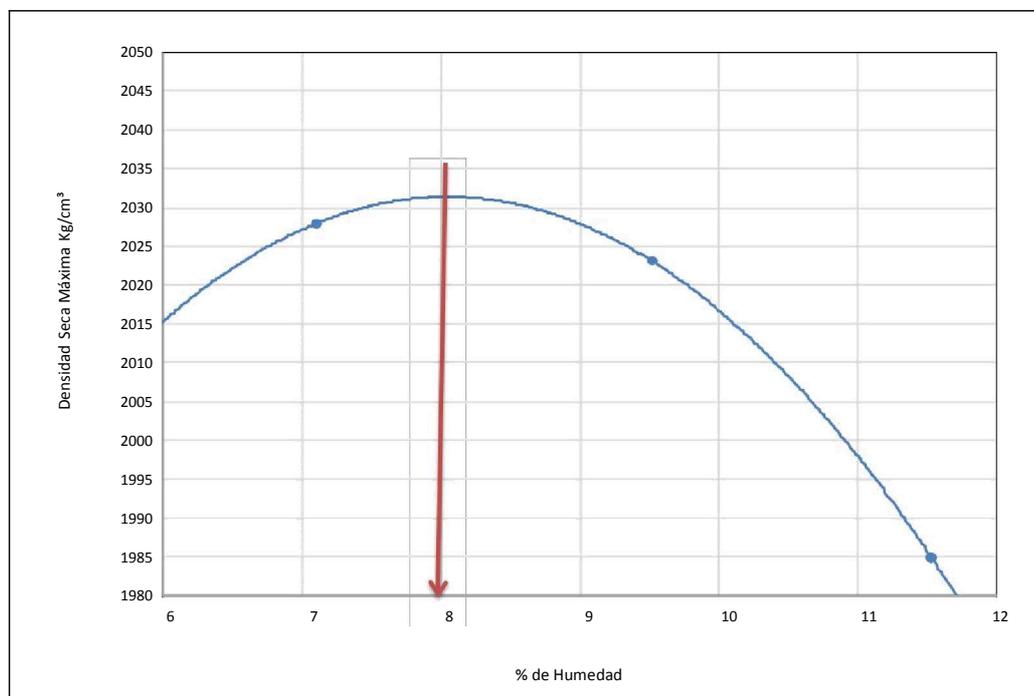


Gráfico 3-8.- Curva de compactación – muestra 4

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Resultados ensayo proctor – muestra 4:

Densidad seca máxima: 2032 kg/m³

Porcentaje de humedad óptima: 8.00%

MUESTRA 5

Tabla 3-58.- Granulometría (ASTM D422) muestra 5

TAMIZ	P. RETENIDO PARCIAL	P. RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPC FCD
SERIE GRUESA					
4"					
3"					
2 ½"					
2"					
1½"				100,00	
1"	665		2,98	97,02	
¾"	1233		5,53	91,49	
½"	2232		10,01	81,48	
3/8"	1544		6,93	74,55	
Nº4	4511		20,23	54,32	
PASA Nº4	12111		54,32		
TOTAL	22296				
SERIE FINA					
Nº4					
8					
10	55		11,37	42,95	
16					
20					
30					
40	69		14,27	28,68	
50					
60					
100					
200	49,00		10,13	(18,55)	
PASA Nº200	89,71		18,55		
TOTAL	262,71				

P inicial humedo= **300** grms

P inicial seco= **262,71** grms

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-59.- Humedad natural (ASTM D2216) muestra 5

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
A3	----	76,76	71,00	31,00	14,40	
D10	----	81,22	74,40	25,66	13,99	
	----					14,20

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-60.- Límite líquido (ASTM D4318) muestra 5

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
BO	39	34,55	27,80	6,00	30,96	
A2	27	31,66	25,60	6,10	31,08	
C15	12	32,66	26,00	5,90	33,13	
						31,59

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar - Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-61.- Límite plástico (ASTM D4318) muestra 5

N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% DE HUMEDAD	% PROMEDIO
L2		7,36	7,21	6,68	28,30	
L14		7,98	7,55	6,07	29,05	
		32,88	32,38	30,66	29,07	28,81

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

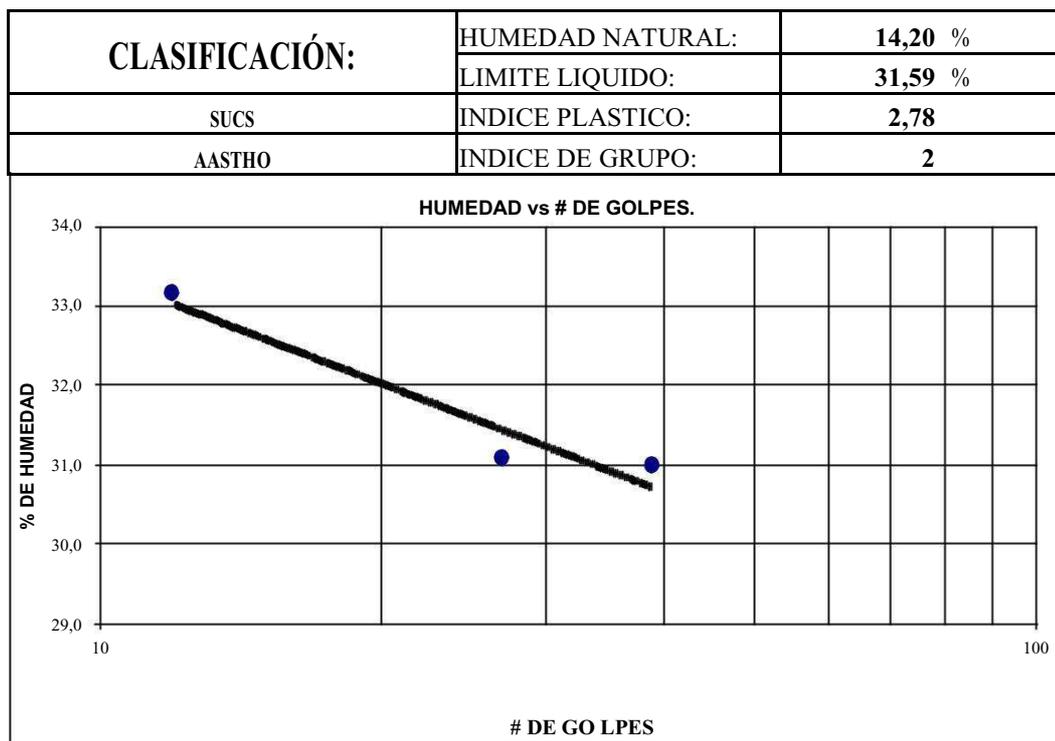


Gráfico 3-9.- Resultado de plasticidad – muestra 5

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-62.- Datos del ensayo de compactación – muestra 5

MASA DEL CILINDRO (P7)	5776,0
VO LUMEN DEL CILINDRO (V)	2069,0
MASA DEL MARTILLO (Kg.)	4,54
ALTURA DE CAÍDA DEL MARTILLO (cm)	45,72
TIPO DEL ENSAYO	Modificado Ø=4" ; 18" - 4,5 Kg. ; Se-2
# DE CAPAS	5
# DE GOLPES POR CAPA	25

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-63.- Contenido de agua – muestra 5

PUNTO #	1		2		3	
Material para ensayo	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino
RECIPIENTE #	M P	D7	RTP	44	D2	VII
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P)	55,66	65,34	76,34	56,87	58,77	65,90
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	51,00	60,00	68,00	51,00	52,00	58,00
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	4,66	5,34	8,34	5,87	6,77	7,90
MASA DE RECIPIENTE (P4)	9,88	10,44	9,99	11,32	11,34	12,40
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	41,12	49,56	58,01	39,68	40,66	45,60
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	11,33	10,77	14,38	14,79	16,65	17,32
% DE HUMEDAD PROMEDIO	11,05		14,59		16,99	
% DE HUMEDAD AÑADIDA AL SUELO	3,00		6,00		9,00	
MASA DE CILINDRO + SUELO HÚMEDO (P6)	9785,0		10240,0		10178,0	
MASA DE SUELO HÚMEDO (P8 = P6 - P7)	4009		4464		4402	
DENSIDAD HÚMEDA DEL SUELO (Dh=P8÷V)	1938		2158		2128	
DENSIDAD SECA DEL SUELO (Ds=Dh÷(1+W÷100)	1745		1883		1819	

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

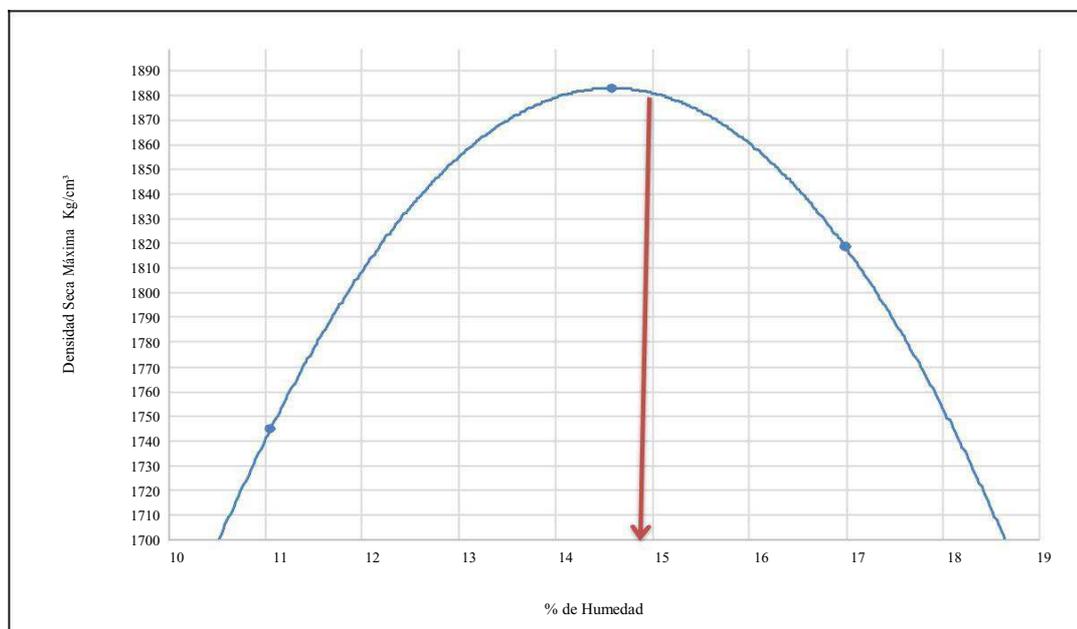


Gráfico 3-10.- Curva de compactación – muestra 5

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Resultados ensayo proctor – muestra 5:

Densidad seca máxima: 1882 kg/m³

Porcentaje de humedad óptima: 14.90%

Tabla 3-64.- Cálculo de CBR de diseño

CALCULO DE CBR DE DISEÑO		PORCENTAJE DE RESULTADO	
		CBR de diseño:	3,50%
Calicata	Resultado de CBR	Resultado de mayores o iguales	Porcentaje de resultados mayores o iguales
3	2,60	5	100
5	2,70	4	80
2	5,30	3	60
1	6,10	2	40
4	7,38	1	20

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Tabla 3-65.- Resumen de datos de material existente

MUESTRA N	GRANULOMETRIA (% que pasa)												L.L	IP	DENS.	H. OP	C.B.R	H.N	c ESPESES
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	4	10	40	200			MAX.				
1		100	99	96	92	85	79	65	43	35	30	9	38,31	9,44	1841	18,20	17,00	22,63	20
2		100	83	76	69	58	52	47	38	32	29	25	31,21	6,56	1873	11,82	55,00	39,73	20
3				100	96	90	79	72	42	33	22	15	30,60	9,46	1997	10,60	27,00	11,50	25
4		100	98	96	85	69	57	40	27	23	16	7	25,21	11,13	2032	8,00	68,60	11,50	20
5				100	97	91	81	75	54	43	29	19	31,59	2,78	1882	14,90	34,00	14,20	20

Fuente: Estudio de suelo vía Balzar – Colorado (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

CAPÍTULO 4

CAPÍTULO 4

4. Análisis y evaluación de resultados 4.1. Inspección de la vía

Al realizar el recorrido de los 3 km de vía de forma in situ se pudo constatar directamente el estado de la vía. A este respecto, se identificaron diversas anomalías y daños a lo largo de la vía, los mismos que aumentan la posibilidad de aparición de baches y problemas de mayor impacto, convirtiéndose así en un riesgo para la seguridad vial de la zona.

Para el análisis visual de la vía se consideraron 19 tipos de anomalías, entre las cuáles se presenta el análisis de las deformaciones de: piel de cocodrilo, bombeo y hundimiento, depresiones agrietamiento de bordes, baches y protuberancias o hinchamiento.

La anomalía de **piel de cocodrilo** fue detectada mediante inspección visual en 184.5 m²; esta falla aparece por la fatiga del material y se caracteriza por estar formada de fisuras que se conectan entre sí, es considerada como una falla mayor pues comienza en la parte inferior de la capa asfáltica, donde las tensiones y deformaciones causadas por las cargas de tránsito alcanzan sus mayores valores. Las piezas que conforman esta falla tienen 52 m² en el lado más largo y aparecen en las zonas más sometidas a repetición de cargas.

El **bombeo y hundimiento** fue otra de las anomalías detectadas a lo largo de la vía con 197.5 m² en la ruta. Este tipo de anomalía con frecuencia se presenta por sobre carga o compresibilidad del terreno de fundación, sobre todo cuando no existe una sub-base granular o la presencia de material compresible Este tipo de

falla está catalogada como mayor, llegando a presentar diversos tamaños, por lo que genera inseguridad en la ruta.

Otro tipo de anomalía detectada en el trabajo visual fueron las **depresiones**, que se visualizaron en un total de 772.5 m²; las depresiones se originan por asentamientos de la base o la subrasante y representan pequeñas áreas que han bajado respecto del plano general de la superficie y que no se consideran baches abiertos.

El **agrietamiento de borde**, fue otra de las anomalías detectadas a lo largo de la vía se presentó en un total de 1563.5m², siendo más de la mitad del tramo de estudio. El agrietamiento está compuesto por fisuras y grietas en forma de medialuna o que se disponen continuamente hasta interceptar el borde del pavimento, se originan exclusivamente cuando las bermas no son pavimentadas. El agrietamiento se desarrolla normalmente entre el borde del pavimento y hasta unos 600mm hacia el interior.

También se detectaron **baches** a lo largo de la ruta, representa la anomalía con mayor presencia en la vía dando una totalidad en metros de 2280.5m². Esta falla se caracteriza por una oquedad en la estructura de un pavimento cuyo origen se da por el desprendimiento de una parte de la superficie de rodamiento al paso de los vehículos. Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.

Se detectó además **protuberancias o hinchamiento** en 464.75 m² de carretera, esta anomalía se caracteriza por el abultamiento o levantamiento localizado en la

superficie del pavimento, generalmente en la forma de una onda que distorsiona el perfil de la carretera.

El total en metros de las fallas detectadas en la vía seleccionada como unidad de análisis es del 47.72%, es decir que casi la mitad de la vía presenta fallas cuya intensidad de riesgo es alta.

Tabla 4-1.- Resumen de evaluación de daños mediante método PCI

MUESTRA	DENSIDAD TOTAL DEL TRAMO	% DE LA VÍA	
Tramo 4	67,00	3%	7%
Tramo 1	61,88	3%	
Tramo 21	59,83	3%	23%
Tramo 26	55,75	3%	
Tramo 3	54,54	3%	
Tramo 19	54,17	3%	
Tramo 12	52,33	3%	
Tramo 6	52,00	3%	
Tramo 9	51,75	3%	
Tramo 22	49,42	3%	70%
Tramo 13	49,17	3%	
Tramo 11	49,08	3%	
Tramo 5	47,50	3%	
Tramo 16	45,58	3%	
Tramo 27	45,58	3%	
Tramo 23	45,50	3%	
Tramo 8	45,00	3%	
Tramo 25	44,58	3%	
Tramo 28	44,42	3%	
Tramo 29	43,83	3%	
Tramo 10	43,25	3%	
Tramo 24	42,33	3%	
Tramo 7	41,92	3%	
Tramo 15	41,92	3%	
Tramo 20	41,50	3%	
Tramo 17	40,75	3%	
Tramo 18	40,58	3%	
Tramo 14	40,33	3%	
Tramo 2	40,13	3%	
Tramo 30	40,08	3%	

Fuente: Investigación de campo (2015)

Elaborado por: Julio Ibarra G. – Carlos Zambrano Z.

Como se resume en la tabla 4-1, el porcentaje de daños en relación a la vía estudiada muestra un 7% de daños graves en los tramos 1 y 4; el 23% de la vía presenta daños con una densidad mayor al 50%; mientras el 70% de la vía estudiada muestra daños reparables en 21 de los 30 tramos analizados.

4.2. Estudio de tráfico

Para analizar los datos correspondientes al estudio de tráfico se realizó el cálculo del tránsito anual considerando los diferentes tipos de vehículos que circulan por la vía Balzar- Colorado en el tiempo correspondiente a un año. En este punto se realizó un conteo manual de los automotores que circulan por la vía, para obtener la valoración del porcentaje de los vehículos por medio de la que se determinó:

Calculo del tráfico promedio diario anual.

El cálculo de tráfico promedio anual diario determino los siguientes resultados:

En vehículos livianos un tránsito promedio diario anual de 32 siendo considerado como el 60% del tránsito presente en la vía.

En lo que respecta a buses de dos ejes se presentó un tránsito promedio diario anual de 7 correspondiente al 13% del porcentaje anual.

Camiones 2DA se presentó un tránsito promedio diario anual de 5, correspondiente al 9% del porcentaje anual.

Camiones 2DB se presentó un tránsito promedio diario anual de 3, correspondiente al 6% del porcentaje anual.

Camión 3A-V3A se presentó un tránsito promedio diario anual de 3, correspondiente al 6% del porcentaje anual.

Tracto camión 2S2 se presentó un tránsito promedio diario anual de 1, correspondiente 2% del porcentaje anual.

Tracto camión 3S2 se presentó un tránsito promedio diario anual de 1, correspondiente 2% del porcentaje anual

Tracto camión 3S3 se presentó un tránsito promedio diario anual de 1, correspondiente 2% del porcentaje anual.

Se determina un tráfico promedio diario de 53 siendo los vehículos que más transitan en la vía los livianos, buses de dos ejes y camiones 2DA con un índice de 60%, 13% y 9% respectivamente.

Calculo del nivel de transito anual

Por medio del cálculo del nivel del tránsito anual se determinaron los siguientes puntos:

Transitan 11680 vehículos livianos, correspondiente al 60% del total de vehículos;

Buses de dos ejes con un total de 2555, correspondiente a 13% del total de vehículos;

Camiones 2DA con un total de 1825 correspondiente al 9% del total de vehículos;

Camiones 2DB con un total de 1095, correspondiente al 6% del total de vehículos;

Camión 3A-V3A con un total de 1095, correspondiente al 6% del total de vehículos;

Tracto camión 2S2 con un total de 365 correspondiente al 2% del total de vehículos;

Tracto camión 3S2 con un total de 365, correspondiente a 2% del total de vehículos;

Tracto camión 3S3 con un total de 365, correspondiente al 2% del total de vehículos;

Tasa de crecimiento anual

En lo que respecta a la tasa de crecimiento anual se ha determinado que en el periodo correspondiente del 2010 al 2020 el tránsito de vehículos livianos, que

son los que más circulan en la vía de estudio, tendrá una tasa de crecimiento del 3.15%; mientras que para el periodo correspondiente del 2010 al 2020 se presentará un crecimiento del 2.41% de vehículos livianos, y; para el periodo comprendido entre los años 2020 y 2030 se considera un crecimiento del 2.46%; por medio de este análisis se determina que entre el periodo de 2010 al 2030 habrá un crecimiento general de los vehículos livianos del 2.73%.

La tasa de crecimiento anual del tránsito de buses determinada para el periodo de 2010 al 2015 es del 2.45%; mientras que para el periodo correspondiente al 2015 - 2020 se estima una tasa promedio de crecimiento del 2.03%; para el periodo 2020-2030 se considera un crecimiento del 2.03%, y finalmente entre el periodo 2010-2030 habrá un crecimiento general del tránsito de buses del 2.26%.

Sobre el tránsito de camiones se proyecta una tasa de crecimiento anual del 2.46% para el periodo 2010-2015; para el periodo correspondiente a los años 2015-2020 se estima un crecimiento del 2.22%; la tasa de crecimiento para el periodo 2020-2030 alcanza el 2.01%, y; en el periodo 2010-2030 habrá un crecimiento general de camiones del 2.23%.

4.3. Análisis de los ensayos realizados a los materiales de la vía

En el ensayo de granulometría se identifica que en el tamiz de 4" , de 3" y en el de 2 ½" no hubo retención de material; mientras que en el tamiz de 2" el porcentaje de retención es de 1.38%, en el tamiz de 1½" el material retenido fue el 2.97%, en el de 1" se retuvo el 3.77% del material y en el ¾" se retuvo el 6.76%, en el tamiz de ½" el porcentaje retenido se ubicó en el 6.12% y finalmente en el tamiz de 3/8", se retuvo el 14.08% del material. Por tanto la serie gruesa se estableció en el material superior a 2" pero inferior a 3" y el material superior a las 3/8" se

retuvo el valor de 64.92%. Previamente se obtiene la humedad del material y se calcula el peso inicial seco, este valor será la sumatoria de todos los pesos retenidos parciales del ensayo de serie fina, por tal razón el valor del pasante del tamiz N°200 (material que pasa con el agua al lavarlo) se, lo podrá obtener restando la sumatoria (peso inicial seco) para los pesos retenidos parciales.

Una vez realizado el ensayo granulométrico (método lavado), y obtenido los resultados de los pesos retenidos parciales de la serie fina, procedemos a calcular los porcentaje de pasantes de la misma como se hizo en la granulometría de serie gruesa. Es decir, este procedimiento ya no se trabaja con el 100%, el valor retenido de 42.85 %.

Una vez obtenidas la humedad y el número de golpes se procede a graficar los puntos y se calcula las humedades de los rollitos y se promedian.

En el ensayo C.B.R. se identifican los valores de las muestras obtenidas de la vía, mediante el procedimiento de 5 capas y 38, 23 y 16 golpes por capa, en el cual el CBR para la muestra 1 fue de 6.1; la muestra 2 obtuvo un CBR de 5.3; en la muestra 3 se calculó un CBR de 2.6; la muestra 4 presenta un coeficiente de 7.38 y finalmente la muestra 5 muestra un CBR de 2.70.

Conclusiones

- Los principales deterioros de la vía Balzar Colorado desde la abscisa 7+250.00 hasta la 10+250.00, son variados y van desde la presencia de baches, además se encontraron deterioros como ondulaciones y protuberancias, piel de cocodrilo, daños que afectan el 48% de la vía. Estos daños presentados en la vía y con los estudios realizados se pudo comprobar la hipótesis de que la causa del deterioro es por la mala calidad del suelo de sustentación y por la acción de los agentes climáticos
- Sobre los espesores de capas que conforman el pavimento existente, la carpeta asfáltica de la vía tiene agregados muy pobres, los cuales han ido perdiendo sus componentes por los niveles de carga que soporta la misma. No cuenta con canalización de aguas lluvias ni caídas y declives que redireccionen el agua para que no se encauce en la vía debilitando los agregados del pavimento.
- De acuerdo al análisis de la subrasante realizado en el área de estudio, en el pavimento actual no existen agregados que perjudiquen el mejoramiento de la vía Balzar Colorado desde la abscisa 7+250.00 hasta la 10+250.00, lo cual facilita la implementación de todos los requerimientos en relación a la resistencia mecánica del diseño de pavimentos para ofrecer una mayor durabilidad en la vía.
- En general la vía Balzar Colorado desde la Escuela Balzar hasta el sub-centro médico Balzar, presenta importantes deterioros para los usuarios que transitan por el lugar. Se determinaron que la mayor parte de estos deterioros son ocasionados por la ausencia de un correcto manejo de aguas lluvias además de la poca calidad de agregados presentes en la carpeta asfáltica.

Recomendaciones

- Para el diseño de cada vía es fundamental que el constructor considere el nivel de tráfico diario y anual por los diferentes ejes y tipos de vehículos a fin que la vía responda a esta demanda fundamental para esto se debe realizar los estudios pertinentes para así verificar y analizar el flujo de vehículos que va a soportar dicha vía.
- Es recomendable que se planifiquen y ejecuten medidas de mantenimiento preventivo y rutinario a fin de minimizar los impactos sobre el pavimento flexible de la vía. Por un lado las medidas de mantenimiento rutinario deben centrarse en la limpieza de cunetas y áreas para desalojo de agua, mientras que las de mantenimiento preventivo deben enfocarse en superar las afectaciones leves presentadas en la vía
- Que el material que se utilice sea de óptima calidad cumpliendo con las normas dictada por el código de construcción y x los estudios realizados, para así obtener los mejores resultados y no volver a sufrir los mismos daños.
- Es importante considerar el diseño de un sistema de canalización de aguas lluvias, que incluya declives en ambos lados de la vía que se direccionen hasta la canalización pluvial. Ya que en temporada invernal es una de las zonas más afectadas por el temporal y además solo así se podrá garantizar la durabilidad y servicialidad de la vía Balzar Colorado desde la abscisa 7+250.00 hasta la 10+250.00.

BIBLIOGRAFÍA

- Canal Construcción. (12 de Enero de 2015). *Canal Construcción*. Obtenido de sitio web de Canal Construcción: <http://canalconstruccion.com/pavimentos-flexibles.html>
- Corredor M., G. (2008). *Diseño de Pavimentos I*. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Tecnología de la Construcción.
- MTOP. (01 de Julio de 2013). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas*. Obtenido de sitio web del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador: http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013_ConcursoPublico_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf
- Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2007). *Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones*. Bogotá: CIENCIA E INGENIERÍA NEOGRANADINA.
- Salazar Millanes, C. R. (1999). *Emulsiones y asfaltos*. Sonora, México: Universidad de Sonora. División de Ingeniería.
- Valenzuela Rodríguez, J. (2002). *Actualización de coeficientes de daño para el diseño de pavimentos flexibles*. Sonora, México: Universidad de Sonora.

ANEXOS

Anexo 1: Parámetros de diseño AASHTO 93 para pavimentos flexibles

El modelo de ecuación de diseño está basado en la pérdida del índice de serviciabilidad (ΔPSI) durante la vida de servicio del pavimento; siendo éste un parámetro que representa las bondades de la superficie de rodadura para circular sobre ella.

PARÁMETROS DE DISEÑO	
ΔPSI	Diferencia entre la Serviciabilidad Inicial (P_o) y Final (P_t).
SN	Número Estructural, indicador de la Capacidad Estructural requerida (materiales y espesores).
W18	Número esperado de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2TON en el periodo de diseño
Zr	Desviación Estándar del error combinado en la predicción del tráfico y comportamiento estructural.
So	Error estándar combinado
Mr	Módulo Resiliente de la Sub-rasante (psi)
ai	Coefficiente Estructural de la capa i
Di	Espesor de la Capa i
mi	Coefficiente de Drenaje de la Capa Granular i

Índice de serviciabilidad.- El pavimento es calificado entre 0 (para pavimentos en pésimas condiciones) y 5 (para pavimentos en perfecto estado). La serviciabilidad inicial (P_o) es función directa del diseño del pavimento y de la calidad que se construye la carretera, la serviciabilidad final o terminal (P_t) va en función de la categoría de la carretera y se basa en el índice más bajo que pueda ser tolerado antes de que sea necesario efectuar una rehabilitación o una reconstrucción, los valores que recomienda la Guía AASHTO son:

Serviciabilidad inicial:

- $P_o = 4,5$ para pavimentos rígidos
- $P_o = 4,2$ para pavimentos flexibles

Serviciabilidad final:

- $P_t = 2,5$ ó más para caminos principales
- $P_t = 2,0$ para caminos de tránsito menor

En cuanto para el índice de servicio inicial se adopta un valor de $P_o = 4,2$. La pérdida de serviciabilidad (ΔPSI) se determina con la siguiente fórmula:

$$PSI = P_t - P_o$$

Valor Soporte de la Sub-rasante (CBR).- El método AASHTO no utiliza este ensayo como un método de medida de la resistencia de la sub-rasante, sino más bien una escala de capacidad de soporte de los suelos, que se ha desarrollado en base a los resultados de múltiples pruebas realizadas en carreteras.

Confiabilidad (R).- La confiabilidad en el diseño (R) puede ser definida como la probabilidad de que la estructura tenga un comportamiento real igual o mejor que el previsto durante la vida de diseño adoptada.

La Guía AASHTO, sugiere los niveles de confiabilidad R, de acuerdo al tipo de carreteras. Cada valor de R está asociado estadísticamente a un valor del coeficiente de (Z_r).

Niveles de confiabilidad

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85 - 99,9	80 - 99,9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Guía para pavimentos, método AASHTO 93

Desviación normal estándar (Z_r).- El tránsito que puede soportar un pavimento a lo largo de un determinado período de diseño sigue una ley de distribución normal con una

desviación típica (S_o), mediante ésta distribución se puede obtener el valor de (Z_r) asociado a un nivel de confiabilidad (R).

Error estándar combinado S_o .- Los valores comprendidos de (S_o) está dentro de los siguientes intervalos:

- Para pavimentos flexibles 0,40 – 0,50
- En construcción nueva 0,35 – 0,40
- En sobre- capas 0,50

El cuadro siguiente muestra los valores de Z_r en función de la confiabilidad:

Valores de Z_r en función de la confiabilidad

CONFIABILIDAD (R %)	DESVIACIÓN NORMAL ESTANDAR (Z_r)
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Fuente: Guía para pavimentos, método AASHTO 93

VARIABLES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.- Existen dos variables que deben tomarse en cuenta:

- **El período de diseño:** es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito. El período de diseño de un pavimento, normalmente es de 10, 20 o más años.
- **La vida útil del pavimento:** es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que alcanza el mínimo de serviciabilidad.

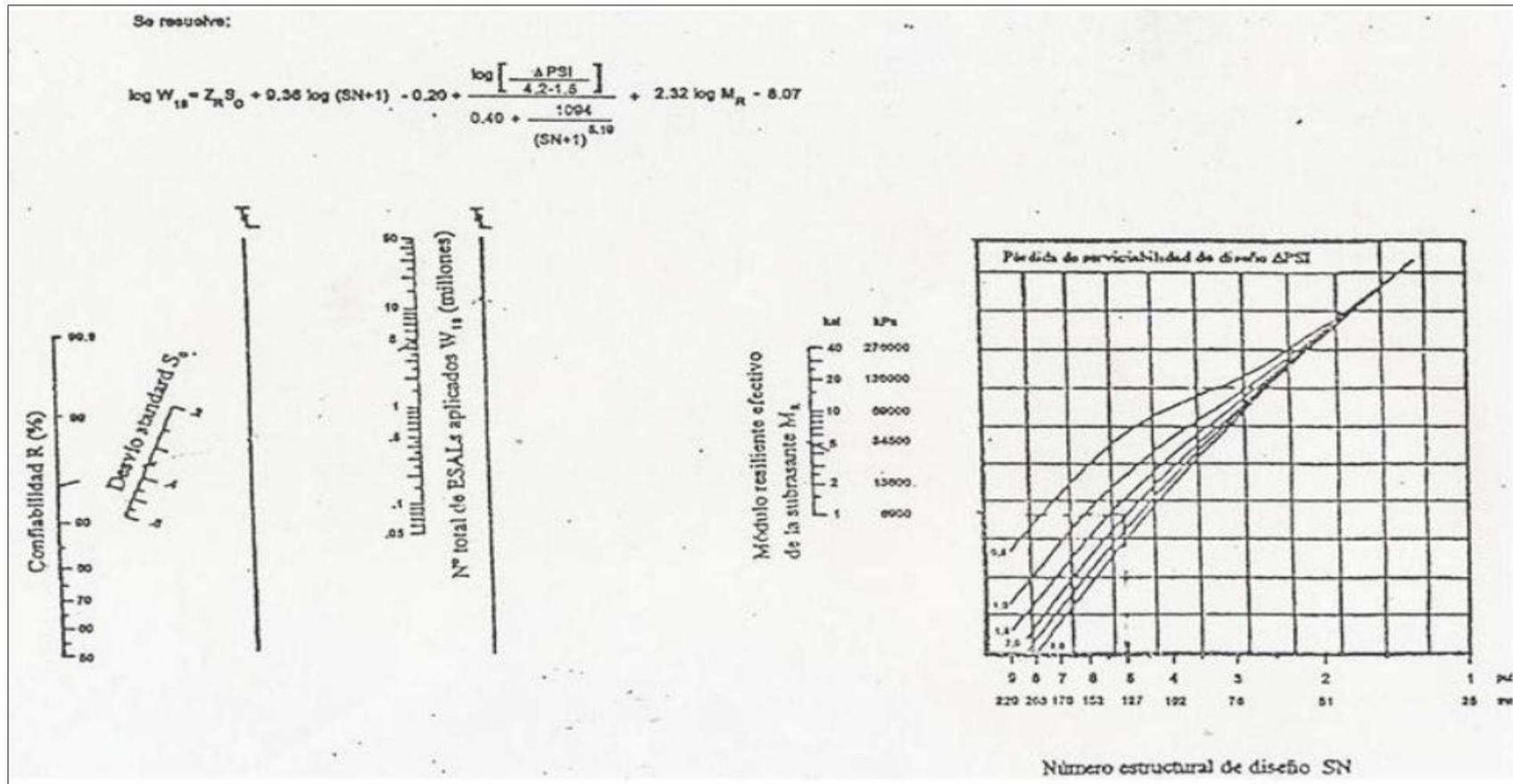
En los casos en que se consideren reconstrucciones o rehabilitaciones a lo largo del tiempo, el período de diseño comprende varios períodos de vida útil que son: el de pavimento original y el de las rehabilitaciones.

Cálculo del número estructural (SN).- El procedimiento de diseño según el método AASHTO, se basa en un número estructural que representa la resistencia estructural de un pavimento con relación a los otros factores como son: valor soporte del suelo (CBR), carga total equivalente a ejes simples de 8018 Kg (W18) e índice de servicio (Po y Pt).

Determinación del número estructural requerido.- En el gráfico que prosigue se presenta el ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles, del cual se obtiene el número estructural (SN), las variables para determinar el número estructural de diseño requerido son las siguientes:

- Cantidad de ejes equivalentes (ESAL's), para el período de diseño.
- La confiabilidad (R) como se indica en el literal (a).
- Error estándar combinando (So) como se indica en el literal (f).
- Módulo de resiliencia de la sub-rasante (Mr).
- La pérdida de serviciabilidad (ΔPS).

Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles



Fuente: Guía para pavimentos, método AASHTO 93