



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Informe: LM –IC–D–0829–2020

# **Evaluación de la Ruta Nacional 18, tramo entre el cruce de Limonal y el puente sobre el Río Tempisque, Guanacaste, Costa Rica**

Informe de Asesoría

Preparado por:

Programa de Infraestructura y Transporte, PITRA

Programa de Ingeniería Geotécnica, PIG

LanammeUCR

San José, Costa Rica  
Setiembre, 2020



<b>1. Informe</b> LM –IC–D–0829–2020		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> Evaluación de la Ruta Nacional 18, tramo entre el cruce de Limonal y el puente sobre el río Tempisque, Guanacaste, Costa Rica		<b>4. Fecha del Informe</b> Setiembre, 2020
<b>5. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>6. Notas complementarias</b>		
<b>7. Resumen</b> El tramo evaluado, que comprende las secciones de control 50850 y 51110 de la Ruta Nacional 18, se ubica entre el cruce con la Carretera Interamericana norte a la altura del poblado de Limonal, y hasta la entrada del puente de La Amistad, sobre el río Tempisque. Presenta una longitud de 28,6 km, de los cuales los primeros 19,35 presentan una estructura y superficie de ruedo de pavimento rígido en concreto hidráulico con una condición estructural, funcional y de deterioro superficial caracterizada por la alta heterogeneidad, mostrando tramos muy deteriorados alternados con tramos en buenas condiciones estructurales, funcionales y de deterioro superficial.		
<b>8. Palabras clave</b> Ruta 18, desempeño, pavimentos, grietas, fallas, deterioros, geotecnia, drenajes, geología, taludes,	<b>9. Nivel de seguridad:</b> Alto - Asesoría Ministro MOPT	<b>10. Núm. de páginas</b> 96
<b>11. Preparado por:</b>		
Ing. José Francisco Garro Mora, M.Sc., PMP®, UGERVN	Ing. Christian Valverde Cordero, M.Sc., PMP®, UGERVN	Ing. Jairo Sanabria Sandino., PMP®, UGERVN, UGERVN
Fecha: / /	Fecha: / /	Fecha: / /
Ing. Paul Vega Salas, M.Sc., PMP®, UGERVN	Ing. Ronald Naranjo Ureña, PMP®, UGERVN	Géol. Pablo Ruiz Cubillo, Ph.D, UGERVN
Fecha: / /	Fecha: / /	Fecha: / /



<p>Ing. Tania Ávila Esquivel, M.Sc. UIIT</p> <hr/> <p>Fecha: / /</p>	<p>Ing. Gustavo Adolfo Badilla Vargas, D.Sc. PIG</p> <hr/> <p>Fecha: / /</p>	
<p><b>12. Revisado por:</b></p>		
<p>Ing. Roy Barrantes Jiménez, M.Sc., PMP®, Coordinador, UGERVN</p> <hr/> <p>Fecha: / /</p>	<p>Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal</p> <hr/> <p>Fecha: / /</p>	
<p><b>13. Revisado y aprobado por:</b></p>		
<p>Ing. Ana Monge Sandí, M.Sc., Coordinadora General PIG</p> <hr/> <p>Fecha: / /</p>	<p>Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, M.Sc., Coordinadora General PITRA</p> <hr/> <p>Fecha: / /</p>	



## CONTENIDO

1. Introducción .....	6
2. Evaluación del pavimento .....	6
2.1. Elementos generales sobre el pavimento evaluado.....	6
2.2. Deterioros superficiales y cálculo del PCI.....	7
2.2.1. Evaluación visual del pavimento rígido .....	9
2.2.2. Evaluación visual del pavimento flexible .....	14
2.3. Evaluación de la condición funcional y estructural, sección de pavimento rígido en concreto .....	16
2.3.1. Condición funcional:.....	16
2.3.2. Condición estructural: .....	16
2.3.3. Tramificación homogénea:.....	17
2.4. Evaluación de la condición funcional y estructural, y cálculo de las notas de calidad, segmento de pavimento flexible .....	20
3. Análisis geotécnico del tramo.....	22
3.1. Importancia de los estudios geológicos y geotécnicos.....	22
3.1.1. Tramo evaluado.....	22
3.1.2. Geología .....	25
3.1.3. Tipos de suelo.....	26
3.1.4. Información climatológica.....	28
3.2. Comentarios generales sobre la humedad en las estructuras del pavimento y aspectos observados en el tramo evaluado.....	29
3.3. Estructuras complementarias, recomendaciones generales de obras para atención de problemas geotécnicos y estudios adicionales .....	39
3.3.1. Importancia de los drenajes subsuperficiales .....	39
3.3.2. Recomendaciones para la prevención de la entrada de agua en la estructura del pavimento .....	40
3.3.3. Recomendaciones para la protección y estabilización de taludes y laderas ....	46
3.3.4. Recomendación de estudios de geotécnicos adicionales para analizar el potencial de licuación.....	47
3.4. Análisis de estabilidad de taludes.....	47
4. Inversión en mantenimiento realizado en la ruta .....	56



5. Conclusiones .....	61
5.1. Conclusiones específicas .....	62
5.1.1. Sobre el tramo en pavimento rígido .....	62
5.1.2. Sobre el tramo en pavimento flexible .....	62
5.1.3. Sobre la inversión realizada .....	62
5.1.4. Sobre los aspectos geotécnicos evaluados.....	63
6. Recomendaciones generales.....	64
7. Referencias.....	65



## Evaluación de la Ruta Nacional 18, tramo entre el Cruce de Limonal y el puente sobre el río Tempisque, Guanacaste, Costa Rica

### 1. Antecedentes

En respuesta a la solicitud del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) por medio del oficio DM-2020-2238, de fecha 10 de junio del 2020, se procede a realizar la evaluación de la Ruta Nacional 18, en el tramo entre el cruce de Limonal y el puente sobre el río Tempisque. Dicha evaluación comprende un análisis integral de la condición superficial de los pavimentos rígido y flexible, así como de aspectos geotécnicos locales y regionales del tramo, para poder generar recomendaciones que contemplen los distintos aspectos que pueden estar influyendo en el estado de la ruta.

Es por ello que, el presente informe muestra un capítulo en que se presentan las evaluaciones al pavimento y un segundo capítulo en que se analizan los aspectos geotécnicos que pueden influir en el comportamiento de las estructuras del pavimento. Adicionalmente, se desarrolla un estudio de las inversiones en mantenimiento en la ruta que se han realizado a lo largo de su vida útil.

### 2. Evaluación del pavimento

#### 2.1. Elementos generales sobre el pavimento evaluado.

El tramo evaluado, que comprende las secciones de control 50850 y 51110 de la Ruta Nacional 18, se ubica entre el cruce con la Carretera Interamericana norte a la altura del poblado de Limonal, y hasta la entrada del puente de La Amistad, sobre el río Tempisque. Presenta una longitud de 28,6 km, de los cuales los primeros 19,35 km presentan una estructura y superficie de ruedo de pavimento rígido en concreto hidráulico (ubicados en su totalidad en la sección 50850), y los restantes en un pavimento flexible de concreto asfáltico (Figura 1). Debido a lo anterior, la evaluación y análisis de resultados se separó para cada tipo de estructura.

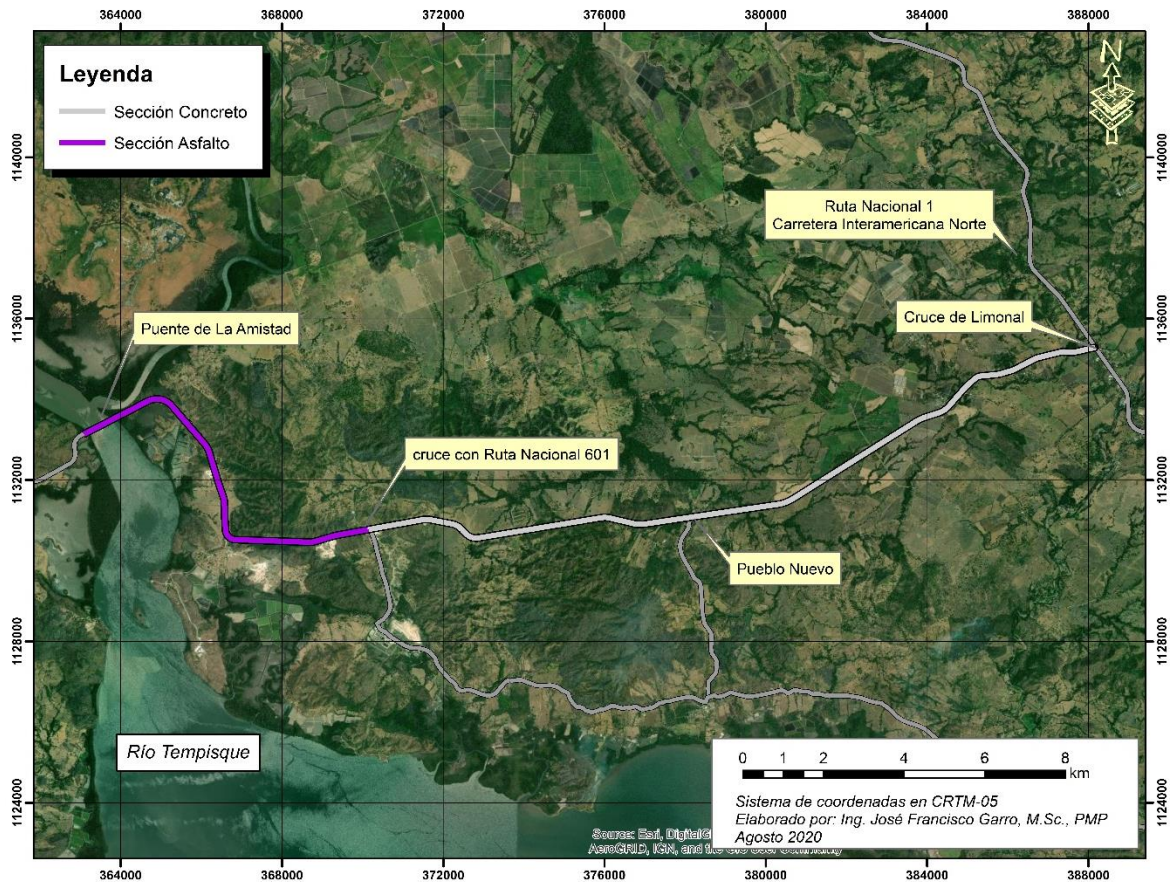


Figura 1: Tramo evaluado

## 2.2. Deterioros superficiales y cálculo del PCI

Para el análisis de deterioros superficiales, se utilizó el procedimiento indicado en el Manual de Auscultación Visual, MAV-2016, tanto para la confección y selección de unidades de muestreo como, para la identificación de deterioros (tipo, severidad) y el cálculo del Índice de Condición del Pavimento, PCI. Este es el primer proyecto donde se utiliza una metodología que combina el uso del equipo de inspección con cámaras del LanammeUCR y una evaluación visual en sitio.

A continuación, se detalla brevemente el procedimiento de evaluación seguido con las cámaras de la marca Imajing. El equipo posee dos cámaras de alta resolución, un GPS para referenciar geográficamente las imágenes tomadas y una Unidad de Medición Inercial (Figura 2), todo lo cual se instala en el vehículo que se lleva a la ruta a evaluar. Es posible realizar mediciones mediante técnicas fotogramétricas en el registro fotográfico así como,



obtener nubes de puntos de alta precisión (dicho registro se puede revisar en cualquier momento en la oficina). Para la evaluación de este tramo, el equipo se configuró para obtener imágenes cada dos metros, a una velocidad constante entre 50 a 60 kph.



Figura 2: Equipo marca Imajing para el levantamiento fotográfico del tramo

Para facilitar el análisis, se creó en el software del equipo que por medio de un formulario permite agregar de manera rápida y concisa, información sobre el deterioro. Este formulario se muestra en la Figura 3.

Tipo objeto	<input type="text" value="Deterioro_Rigido"/>	▼
Tipo	<input type="text"/>	▼
Severidad	<input type="text"/>	▼
Cant_losas	<input type="text"/>	▼
Ruta	<input type="text"/>	▼
Seccion	<input type="text"/>	▼
UM	<input type="text"/>	▼
Est_Inicial	<input type="text"/>	▼
Est_Final	<input type="text"/>	▼
Observaciones	<input type="text"/>	▼

Figura 3: Formulario usado para la evaluación de deterioros

La información contenida en este formulario para la sección de pavimento rígido, se detalla a continuación:





- **Tipo de objeto:** se refiere a la superficie que se está evaluando, y que condiciona la información solicitada para el deterioro. En este caso, las opciones son Pavimento Rígido y Pavimento Flexible.
- **Tipo:** deterioro que se identificó en el proyecto.
- **Severidad:** Alta, Media o Baja.
- **Cantidad de losas:** esta casilla se activa si la casilla de Tipo de Objeto presenta la opción de Pavimento Rígido, e indica la cantidad de losas afectadas por este deterioro.
- **Ruta:** el número de ruta evaluada.
- **Sección:** el número de sección de control evaluada.
- **UM:** el indicador de la unidad de muestreo evaluada.
- **Est. Inicial:** estación inicial de la unidad de muestreo.
- **Est. Final:** estación final de la unidad de muestreo.
- **Observaciones:** de ser necesario, se usa esta casilla para anotar aspectos relevantes con respecto a lo visto en las imágenes.

Finalmente, el procedimiento de evaluación visual con visitas al sitio se desarrolló de acuerdo con el procedimiento establecido en el Manual de Auscultación Visual, MAV 2016.

### *2.2.1. Evaluación visual del pavimento rígido*

Para esta evaluación, se utilizó el vehículo con el equipo de toma de imágenes y se visitó el sitio a finales de junio del presente año, complementado con giras de campo realizadas los días 28, 29 y 30 de Julio. La ruta fue levantada en ambos sentidos, en condiciones de superficie seca y con buena luminosidad.

Con base en la metodología dada en el MAV-2016 y con las dimensiones promedio de las losas de la ruta (4,5 metros de largo por 3,6 metros de ancho), el tramo con estructura de concreto quedó dividido en 427 unidades de muestreo, cada una de 45 metros de largo (para un total de 20 losas por unidad de muestreo considerando ambos sentidos). De éstas, se evaluó un total de 123 unidades, distribuidas a lo largo del segmento.

La [Tabla 1](#), muestra los deterioros observados y su porcentaje de aparición.



Tabla 1: Lista de deterioros observados durante las evaluaciones

Categoría	Deterioro	Unidad Muestra	Porcentaje
Textura superficial	Desprendimiento	123	100
	Pulimiento	123	100
Daño en las juntas	Daño en el sello juntas	119	97
	Fractura de junta	33	27
	Fractura de esquina	9	7
Agrietamientos	Grieta Lineal	107	87
	Grieta Esquina	28	23
	Losa Dividida	40	33
	Grieta por contracción	2	2
Misceláneos	Baches	10	8
	Punzonamiento	11	9
	Escalonamientos	4	3

Con base en lo anterior, se puede apreciar que la textura superficial se encuentra muy deteriorada, dado que el 100% de las Unidades de Muestra presentan desprendimientos de agregados y pulimiento. Además, se observa daño en el sello de juntas en un 97% de los casos, sin embargo, el deterioro observado es de severidad baja.

De acuerdo con la metodología del MAV-2016, los deterioros que castigan en su mayoría la condición del pavimento rígido auscultado, son los agrietamientos. En donde, las grietas lineales y las losas divididas estaban presentes en el 87% y 33% de las unidades levantadas respectivamente, con severidades medias y altas.

Con base en estos resultados, se procedió a calcular el valor de PCI de las Unidades de Muestra auscultadas (Apéndice 1), en donde se obtuvieron los resultados mostrados en las Figuras 4 y 5.



UM	PCI	UM	PCI	UM	PCI	UM	PCI	UM	PCI
3	74	113	76	211	69	316	33	419	46
5	76	115	74	215	55	319	31	423	27
7	77	119	65	219	72	323	37	427	54
11	74	123	53	223	70	327	27		
15	74	127	46	227	74	329	72		
19	76	131	72	229	76	331	74		
23	58	135	73	231	42	335	58		
27	63	139	65	235	76	339	74		
29	74	141	38	239	74	343	77		
31	72	143	49	243	41	347	39		
35	66	144	45	247	73	351	45		
39	74	147	76	251	66	355	27		
43	72	149	41	255	32	359	77		
47	68	151	47	256	23	363	61		
51	75	155	42	259	17	367	22		
55	72	159	47	263	43	371	44		
59	52	161	44	267	45	375	55		
63	66	163	62	271	70	377	57		
67	76	167	63	275	65	379	31		
71	77	171	19	279	71	383	14		
75	76	175	65	283	20	385	19		
79	75	179	49	285	17	387	45		
83	74	183	31	287	57	391	14		
87	77	187	54	291	44	395	28		
91	74	191	45	295	68	399	33		
95	72	195	54	299	68	403	56		
99	76	199	44	303	47	407	58		
103	74	203	40	307	35	409	56		
107	50	207	45	311	71	411	11		
111	76	209	70	315	74	415	69		

■ Serio/Fallado  
■ Muy pobre/Pobre  
■ Malo  
■ Satisfactorio/Bueno

Figura 4: Valores de PCI obtenidos en las Unidades de Muestra auscultadas

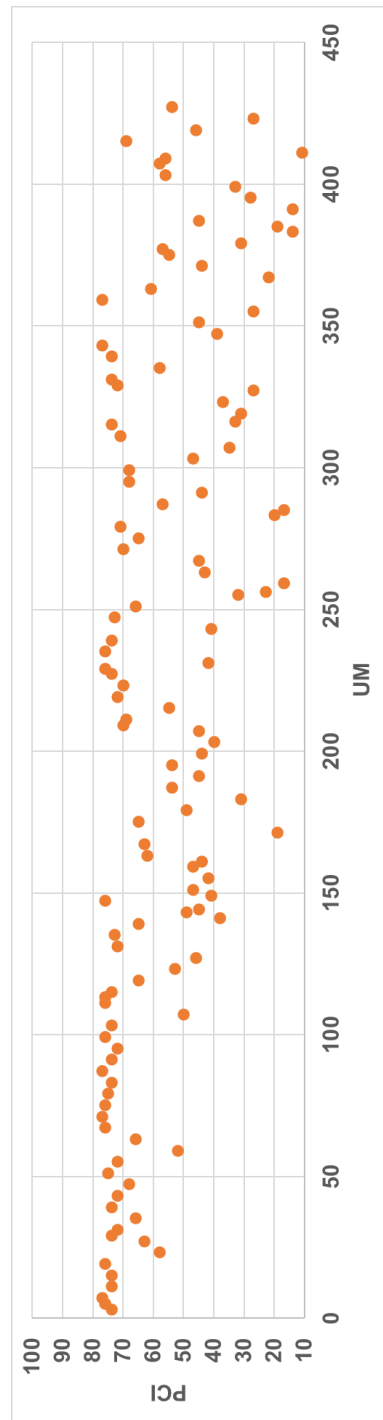


Figura 5: Variación del valor de PCI para las unidades de muestreo evaluadas



El valor de PCI obtenido para toda la ruta es de 56 con una desviación estándar de 18,7, lo que coloca a la ruta, de acuerdo con la escala de la metodología, en una condición *Mala* cerca de caer a *Pobre*.

De acuerdo con lo mostrado en las Figuras 4 y 5, los primeros 5 km del pavimento muestran una condición de PCI que oscila entre 77 y 60 cayendo en una categoría de condición *Satisfactoria* en su mayoría, donde los deterioros más predominantes son los relacionados con la textura superficial y el daño en el sello (Apéndice 1). Sin embargo, a partir de la estación 6+250 m y hasta la 9+360 m la condición del PCI cae a un promedio de 48, obteniendo valores tan pequeños como 19. Así mismo, entre la estación 11+475 m a 13+860 m el PCI tiene un promedio de 45, con algunos valores individuales de 17. Finalmente, entre la estación 16+510 m a la 18+000 m, se obtiene un promedio de PCI de 33, con los valores individuales más pequeños de todo el levantamiento (PCI=14).

Las UM que se encuentran en categoría seria o fallada, presentan la mayor cantidad de agrietamientos severos y losas divididas. En la Figura 6, se muestra un mapa con la variación del PCI obtenido a lo largo del pavimento rígido evaluado.

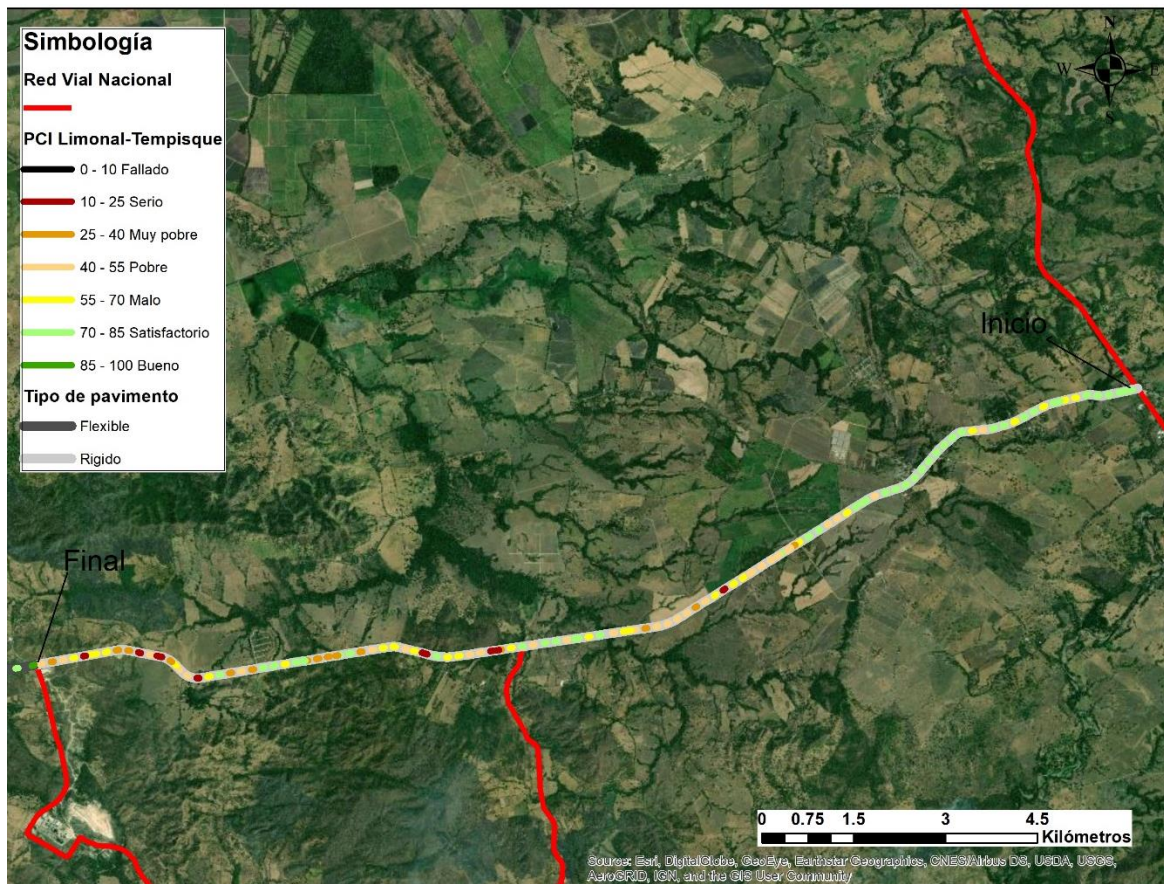


Figura 6: Variación del valor de PCI a lo largo del tramo en concreto



### 2.2.2. Evaluación visual del pavimento flexible

A partir de los datos obtenidos con el equipo de auscultación visual, se realizó un análisis detallado en 33 unidades de muestreo, de las 215 que conforman la sección en mezcla asfáltica. De este análisis, se concluye que los deterioros con mayor presencia son el agrietamiento longitudinal y transversal, así como el cuero de lagarto. Otros deterioros presentes, pero en menor proporción, son el agrietamiento de borde, el desprendimiento de agregados, la exudación y el bacheo (Figuras 7 y 8).

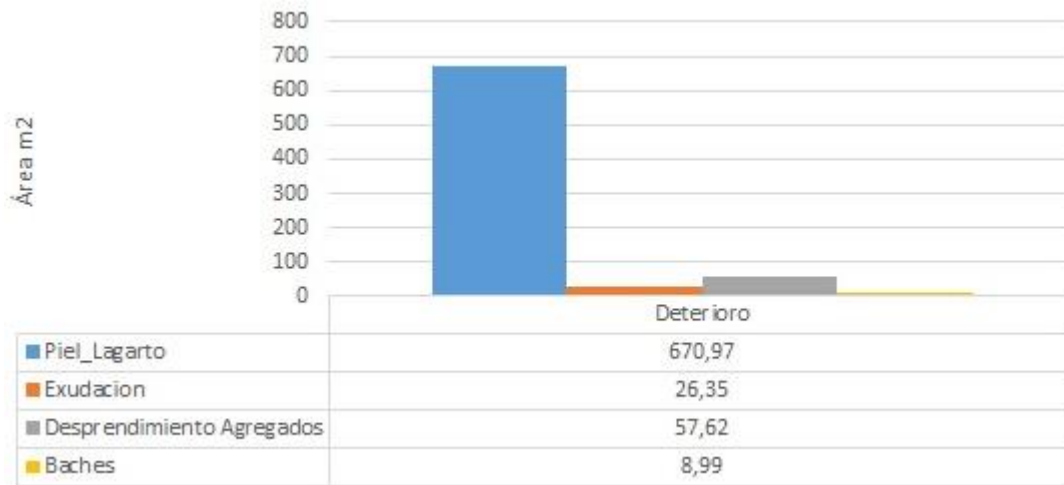


Figura 7: Deterioros por área identificados, sección de pavimento flexible



Figura 8: Deterioros por longitud identificados, sección de pavimento flexible

Con base en estos resultados, y también a partir de la metodología dada en el MAV-2016, se procedió a calcular para todas y cada una de las unidades de muestreo evaluadas, su

valor de PCI. Con base en los resultados obtenidos, las UM presentan valores desde 100 (condición buena) hasta 51 (condición mala) (Figura 9).

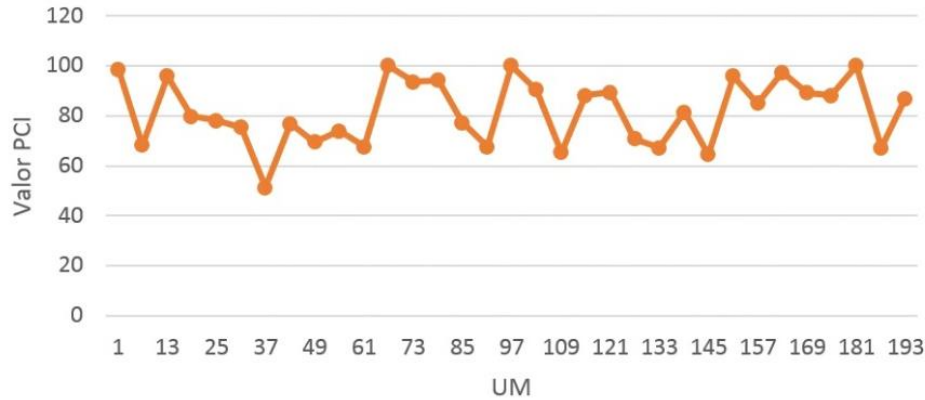


Figura 9: Variación del PCI en las unidades de muestreo, sección de pavimento flexible

Por tanto, la sección de pavimento flexible presenta un valor promedio de 82, lo cual le da una categoría de *Satisfactoria* con base en la escala del MAV-2016. Sin embargo, es importante notar que 8 de las 33 unidades de muestreo evaluadas (24%), presentan un valor PCI en el rango de *Malo a Pobre* (Figura 10).

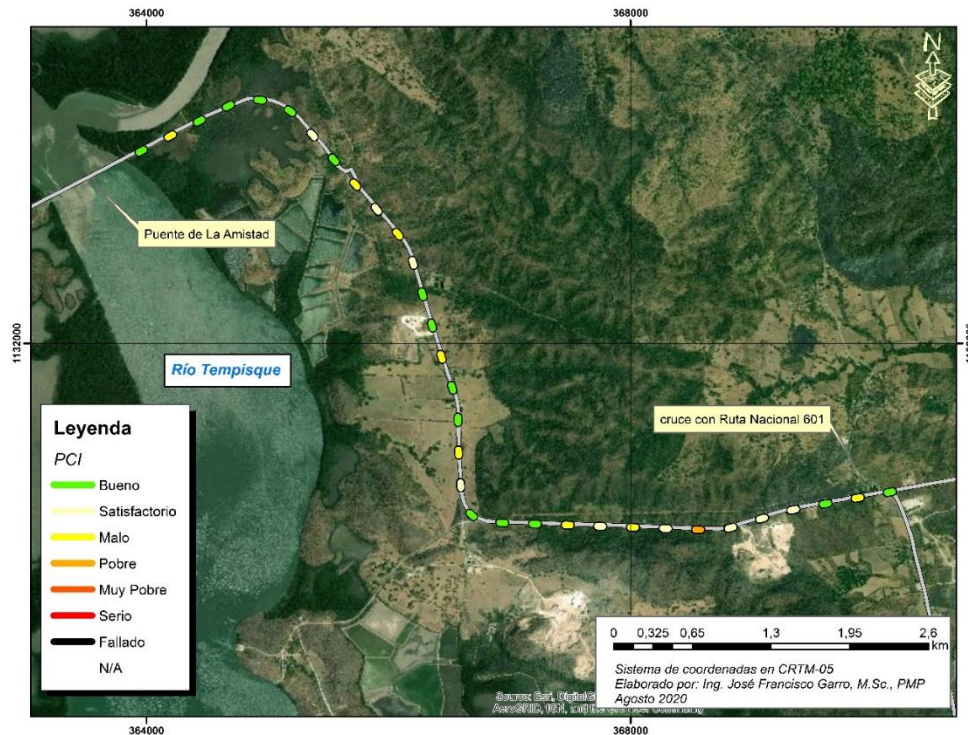


Figura 10: Valores de PCI de las unidades de muestreo, sección de pavimento flexible



### 2.3. Evaluación de la condición funcional y estructural, sección de pavimento rígido en concreto

Adicionalmente al análisis con el equipo de cámaras de alta resolución, se utilizó el Perfilómetro Láser para evaluar 2 indicadores importantes para la ruta, como lo son el perfil superficial IRI y la existencia de escalonamiento de losas (conocido como *faulting*). El primero se relaciona con la condición funcional de la ruta, mientras que el segundo lo es con la condición estructural. Este análisis se realizó para cada sentido de la ruta evaluada.

#### 2.3.1. Condición funcional:

Los resultados obtenidos para cada sentido, se muestran en la [Figura 11](#).

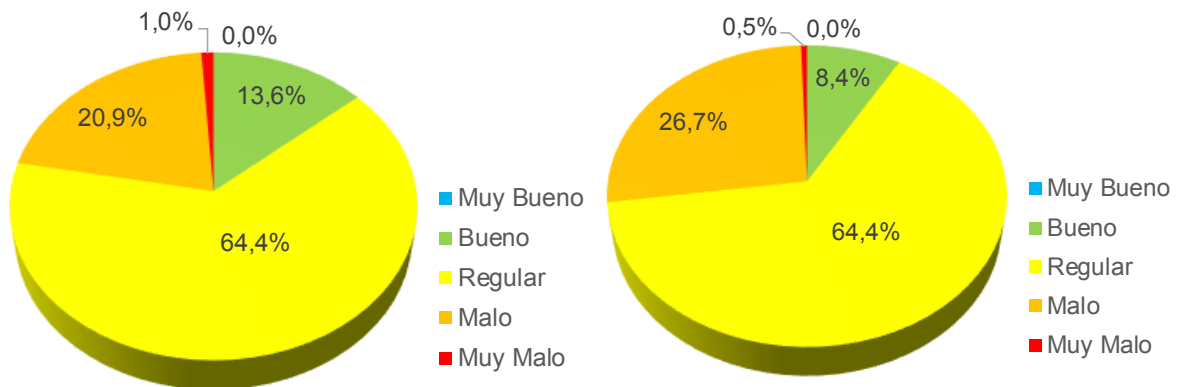


Figura 11: Resultados IRI para el tramo en concreto (izquierda sentido Limal – Tempisque, derecha sentido Tempisque – Limal)

Para ambos sentidos, los resultados son similares. En general, dos terceras partes de la longitud presentan valores de IRI en el rango de regular, mientras que aproximadamente una cuarta parte presentan resultados en los rangos de malo a muy malo. Como se verá más adelante, a partir de los datos de IRI se crearán tramos homogéneos, los cuales se combinarán con aquellos obtenidos por escalonamiento para crear la propuesta final de tramificación homogénea, y su posterior análisis de Notas de Calidad QR.

#### 2.3.2. Condición estructural:

Los resultados obtenidos para cada sentido, se muestran en la [Figura 12](#).



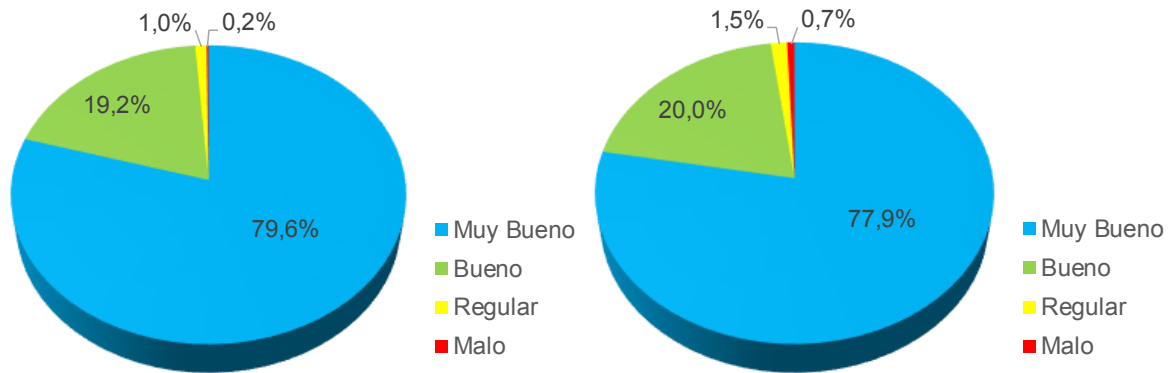


Figura 12: Resultados FLT para el tramo en concreto (izquierda sentido Limonal – Tempisque, derecha sentido Tempisque – Limonal)

De nuevo, se obtienen resultados muy similares para ambos sentidos. Como se observa, la ruta presenta una buena condición en este parámetro, donde aproximadamente 98% de su longitud tiene valores de escalonamiento menores a los 10 mm. Es importante recalcar que estos valores de escalonamiento reportados, son aquellos tanto entre losas como en las grietas: por tanto, aun cuando en el tramo se presentan agrietamientos en las losas (tal y como se vio en el Capítulo 2 de Deterioros), sólo aquellos en sentido transversal pueden ser detectados por este equipo, siempre y cuando exista un desnivel apreciable entre ambas caras. Tal y como se realizó con los datos de IRI, los datos de escalonamiento fueron procesados para obtener tramos homogéneos, los cuales se presentarán a continuación.

### 2.3.3. Tramificación homogénea:

Con los resultados obtenidos tanto de IRI como de escalonamiento, se procedió a generar su respectiva tramificación homogénea, esto con base en la metodología presentada por AASTHO en 1993. Los resultados para cada parámetro se muestran en las Figuras 13 y 14.

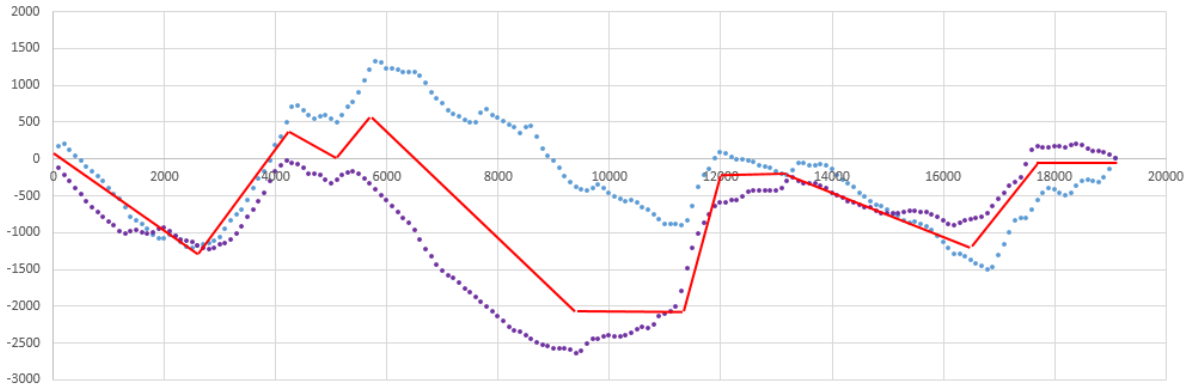


Figura 13: Tramificación homogénea obtenida a partir de los datos de IRI, donde los puntos en color celeste y morado representan los resultados de la metodología para cada sentido evaluado, y la línea en color rojo la propuesta de tramificación.

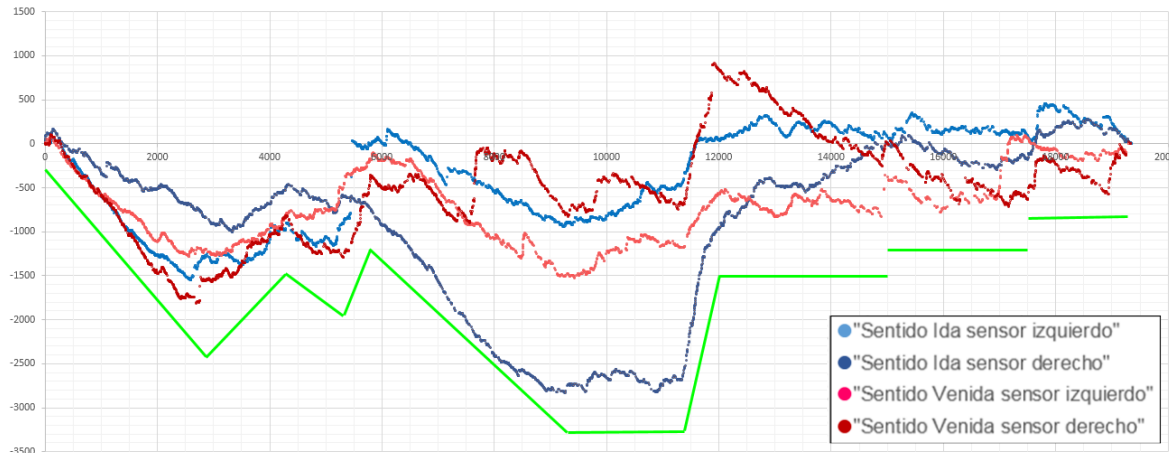


Figura 14: Tramificación homogénea obtenida a partir de los datos de FLT, donde los puntos en colores azulados representan los resultados para los datos en el sentido de ida (Limonal – Tempisque), y los rojizos en el sentido de vuelta (Tempisque – Limonal); por su parte la línea verde es la propuesta de tramificación.

Con base en esto, se puede concluir que aproximadamente hasta la estación 12+000 los datos tanto de IRI como de escalonamiento, presentan tendencias muy similares en su tramificación. A partir de esta estación, se deben tomar en cuenta las diferencias para cada parámetro, y así realizar la propuesta final de tramos homogéneos que se presenta en la [Tabla 2](#).



Tabla 2: *Tramos homogéneos para la ruta evaluada, sección en concreto*

Tramo	Est. Inicio	Est. Final	Distancia (m)
1	0+000	2+900	2.900
2	2+900	4+300	1.400
3	4+300	5+100	800
4	5+100	5+800	700
5	5+800	9+300	3.500
6	9+300	11+300	2.000
7	11+300	12+000	700
8	12+000	13+100	1.100
9	13+100	14+900	1.800
10	14+900	16+500	1.600
11	16+500	17+500	1.000
12	17+500	19+350	1.850

Con base en esta tramificación, es posible entonces asignar a cada uno su estado según sus indicadores funcional y estructural, así como el promedio para el valor de PCI. A partir de esto, se le asigna la Nota de Calidad QR preliminar<sup>1</sup>, la cual será posteriormente corregida con base en su PCI. Esta corrección se da debido a lo visto en la evaluación de deterioros, donde existe un porcentaje importante de agrietamientos que no es posible identificar con el Perfilómetro Láser, especialmente agrietamientos longitudinales y/o en las cercanías de los bordes de la calzada. Los resultados se muestran en la [Tabla 3](#).

Tabla 3: *Indicadores IRI, FLT, PCI y notas de calidad QR para el tramo evaluado*

Tramo	IRI <sub>prom</sub> m/km	Rango	FLT <sub>prom</sub> mm	Rango	Nota QR <sub>prelim</sub>	PCI	Rango	Nota QR
1	2,740	Moderado	1,63	Muy Bueno	QR2	70	Satisfactorio	QR2
2	4,220	Malo	2,35	Muy Bueno	QR3	75	Satisfactorio	QR3
3	2,895	Moderado	1,85	Muy Bueno	QR2	70	Satisfactorio	QR2
4	3,715	Malo	3,00	Bueno	QR3	60	Malo	QR4
5	2,620	Moderado	1,90	Muy Bueno	QR2	51	Pobre	QR4

<sup>1</sup> La metodología del cálculo de las Notas de Calidad QR para rutas en concreto, se detalla en el informe *LM-PI-UGERVN-5-2019*, disponible en el sitio web del LanammeUCR.



Tramo	IRI <sub>prom</sub> m/km	Rango	FLT <sub>prom</sub> mm	Rango	Nota QR <sub>prelim</sub>	PCI	Rango	Nota QR
6	3,145	Moderado	2,10	Muy Bueno	QR2	65	Malo	QR3
7	4,700	Malo	3,73	Bueno	QR3	29	Muy Pobre	QR5
8	3,255	Moderado	2,00	Muy Bueno	QR2	49	Pobre	QR4
9	2,965	Moderado	2,00	Muy Bueno	QR2	53	Pobre	QR4
10	2,900	Moderado	2,00	Muy Bueno	QR2	57	Malo	QR3
11	3,685	Malo	2,50	Muy Bueno	QR3	36	Muy Pobre	QR5
12	3,495	Moderado	2,35	Muy Bueno	QR2	41	Pobre	QR4

Los resultados indican que sólo 2 tramos homogéneos (para un total de 3,7 km, o aproximadamente 19,1% de la longitud del tramo en concreto) presentan una buena nota de calidad QR2, que son candidatos de un mantenimiento preventivo junto con labores de corrección de los deterioros superficiales detectados por el método del PCI. Tres tramos (5,0 km; 25,8% de la longitud) presentan nota QR3, que indican que estos tramos pueden ser sujetos a actividades de rehabilitación menor, sin embargo, se debe tomar en consideración que esta estrategia debe ser complementada con los resultados de la evaluación de deterioros superficiales ya que estos deben ser reparados completamente por medio de intervenciones de profundidad parcial o profundidad total según su tipo, severidad y extensión. Por su parte, cinco tramos presentan notas QR4 (8,95 km; 46,3% de la longitud) y otros 2 con nota QR5 (1,7 km; 8,8%), lo que los hace candidatos a actividades de rehabilitación mayor y reconstrucción, respectivamente. Con base en la auscultación visual realizada con el equipo de imágenes, estas notas y sus respectivas actividades, reflejan muy bien la realidad de la ruta.

En el Anexo I se muestran los resultados de estos indicadores para cada tramo homogéneo, geográficamente ubicados.

#### **2.4. Evaluación de la condición funcional y estructural, y cálculo de las notas de calidad, segmento de pavimento flexible**

La sección de pavimento flexible de la ruta evaluada, se encuentra desde la intersección con la Ruta Nacional 601, hasta la entrada al puente de La Amistad sobre el río Tempisque, y presenta una longitud de 9,25 km. Un segmento pequeño se encuentra en la parte final de la Sección de Control 50850, el resto en su totalidad en la sección 51110. Para evaluar

su condición funcional, se realizó un levantamiento de su perfil superficial usando el Perfilómetro Láser, el cual obtuvo datos para ambos sentidos. Los resultados se muestran en la [Figura 15](#).

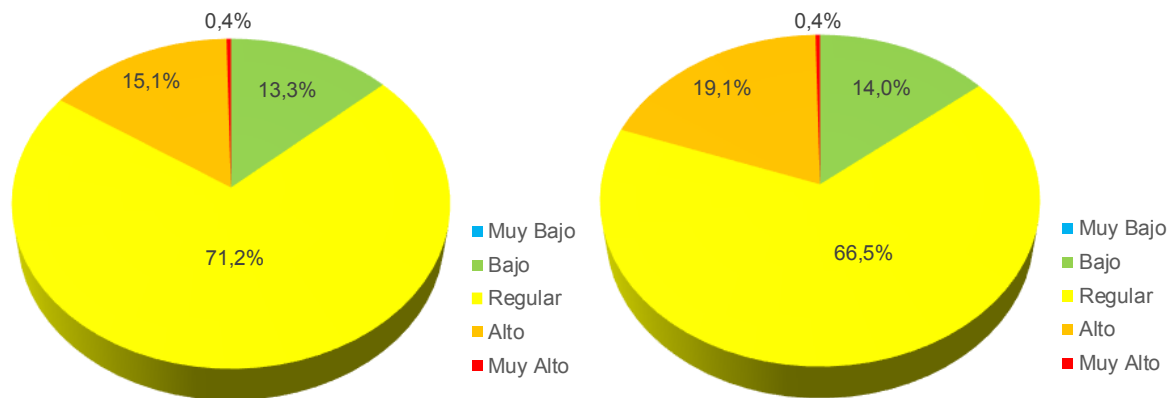


Figura 15: Resultados IRI para el tramo de pavimento flexible (izquierda sentido Limal – Tempisque, derecha sentido Tempisque – Limal)

Al igual que el segmento en concreto, se obtienen resultados similares para ambos sentidos. En general, un 14% de su longitud presenta valores de IRI en el rango Bajo, dos terceras partes rango de Regular y el restante en los rangos Alto y Muy Alto. Estos resultados son muy parecidos a aquellos obtenidos para el segmento en concreto, esto a pesar de los distintos tipos de estructura que compone cada segmento.

Para la condición estructural, se cuentan con datos de las más reciente Campaña de Evaluación de la Red Vial Nacional, años 2018 – 2019. Estos muestran que el valor de deflectometría promedio para la sección de pavimento flexible es de  $1,65 \text{ mm}^{-1}$ , lo cual categoriza al tramo en condición Baja.

Con esta información para el segmento, es posible entonces calcular su respectiva Nota de Calidad Q. Esto se detalla en la [Tabla 4](#).

Tabla 4: Resultados de indicadores de condición y Nota de Calidad Q

Valor $FWD_{prom}$ $\text{mm}^{-1}$	Condición Estructural	Valor $IRI_{prom}$ $\text{m}/\text{km}$	Condición Funcional	Nota Q
1,65	Buena	2,81	Regular	Q2

La nota Q2 obtenida para el segmento de pavimento flexible, denota las buenas condiciones del mismo, y que requiere sólo de Mantenimiento de Preservación como estrategia general de mantenimiento.



### 3. Análisis geotécnico del tramo

#### 3.1. Importancia de los estudios geológicos y geotécnicos

Las vías de comunicación terrestre son de las obras de ingeniería que más necesita de información geológica y geotécnica para su desarrollo, desde su planeación hasta su conservación. Los estudios a este respecto, representa una labor altamente provechosa que permite bajar costos de construcción y de conservación.

Este tipo de estudios deben iniciarse estudiando la topografía y la red hidrográfica de la región. Para esto pueden usarse mapas generales, fotografías existentes, planos geológicos, topográficos, agrológicos y agronómicos de la región en la cual se ubica el proyecto. A partir de los resultados de esta información será posible definir:

- a) Identificación correcta de los suelos y rocas de la región, definiendo las propiedades geotécnicas más importantes de los mismos y señalando las formaciones geológicas a las pertenecen.
- b) Datos sumarios sobre hidrografía, hidrología y vegetación de la región estudiada.
- c) Los datos necesarios y suficientes para que se puedan tomar decisiones sobre la necesidad de cortes y rellenos, subbases, bases, estabilizaciones, drenes y obras de arte.

Teniendo esto en consideración, el presente estudio inicia con la revisión y análisis de la información de datos contenidos en los estudios previos ejecutados y presentados en los informes LM-PI-PV-IN-20C-05 de diciembre 2004 y LM-PI-PV-IN-20D-05 de agosto 2005. Así como, mapas generales de la región del proyecto.

##### 3.1.1. Tramo evaluado

Así pues, la [Figura 16](#) muestra la topografía general de la región y la ubicación de la Ruta 18, el tramo comprendido entre Limonal (intersección con la ruta nacional 1) y el acceso al puente de La Amistad.

El pavimento rígido del proyecto tiene una extensión de 19,2 kilómetros. Inicia en Limonal (0+000), en la intersección con la Ruta 1, y finaliza en la intersección con la entrada a la industria CEMEX Costa Rica, en el estacionamiento 19+200. Fue construido en el año 2000, como un trabajo de rehabilitación que consistía en la escarificación del material de base existente, que en algunos casos era base granular y en otros, base estabilizada. Al material escarificado se le adicionó el material necesario para conformar una base estabilizada BE-25 (3,0 MPa a los 7 días) de 25 cm y una losa de concreto de 23,0 cm, con resistencia a la flexión de 4,8 MPa a los 28 días.

Desde el punto de vista topográfico, el corredor vial recorre zonas de pendiente longitudinal poco pronunciadas.

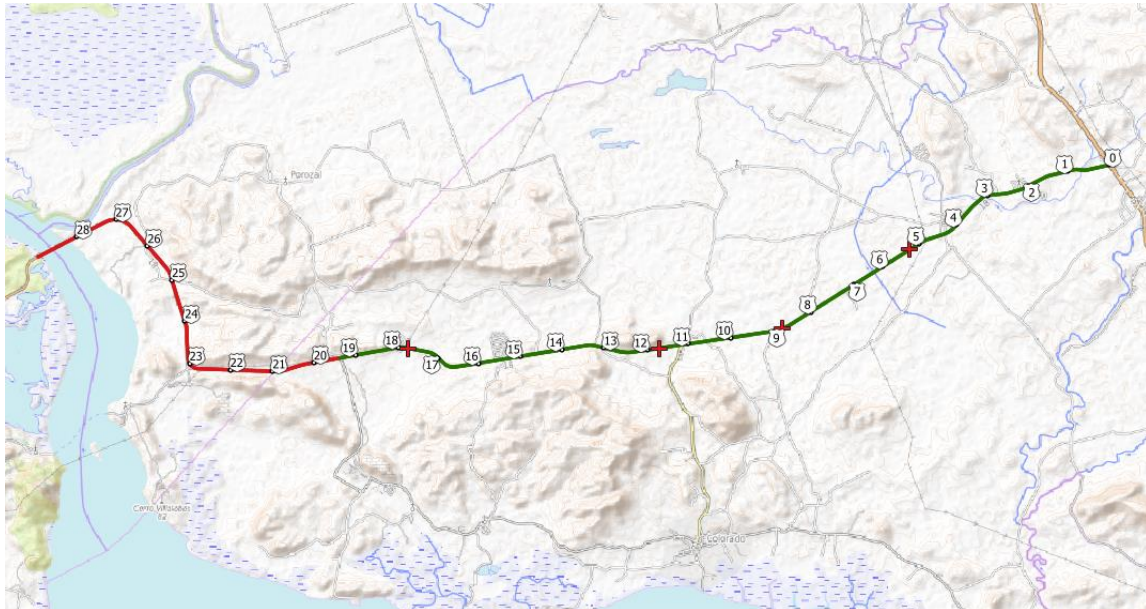
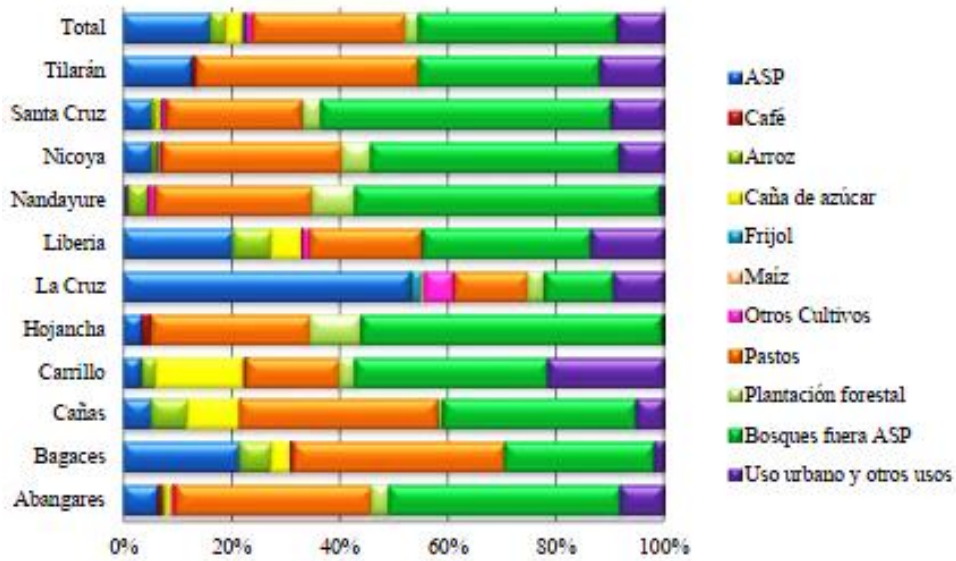


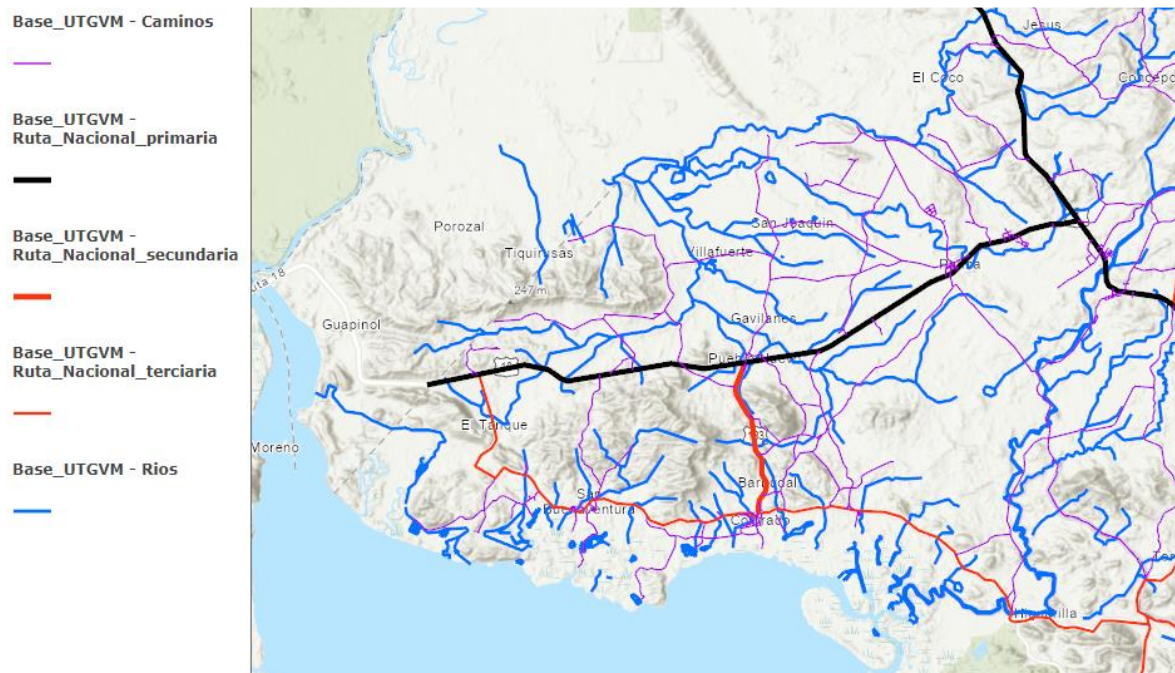
Figura 16: Mapa topográfico general de la región del tramo de análisis.

Adicionalmente, la [Figura 17\(a\)](#) permite determinar de forma general el tipo de uso del suelo, según Esquivel (2012), la provincia de Guanacaste, y en particular, los cantones de Abangares y Cañas, región donde se ubica el proyecto Limonal-Tempisque, presenta una cobertura del total de la superficie que corresponde a un 37,5% relacionada con “Pastos” y, aproximadamente, 40% relacionada con “Bosques fuera de la Áreas Silvestres Protegidas (ASP)”, indicando que la actividad agropecuaria de la ganadería es muy importante en esta región. La cobertura vegetal y la presencia de algunos cursos de agua (ver [Figura 17\(b\)](#)) presentes a lo largo del tramo de análisis, justifican que el corredor vial presenta casi en su totalidad una gran cantidad de zonas boscosas y pastos básicamente dedicadas a actividades agropecuarias.

Históricamente, la cuenca hidrográfica del Tempisque se ha dedicado a distintas actividades agropecuarias que han ido variando conforme a los años. Inicialmente la actividad ganadera tuvo un auge importante durante los siglos XIX y XX, sin embargo, con el desarrollo de rutas de acceso, como el caso de la carretera Interamericana se inicia un cambio hacia las actividades agrícolas. Factores indirectos han hecho esto factible en esta región: contexto ecológico propicio para ganadería, ubicación cercana a regiones ganaderas tradicionales, caída de la capacidad de carga ganadera e incremento del costo de la tierra en la costa del pacífico norte y la disponibilidad de mano de obra rural. Adicionalmente, la disponibilidad de agua para el ganado, en medio de una región considerada seca, propicia esta condición, lo cual ha hecho que los ganaderos del resto de Guanacaste se han estado desplazando hacia esta zona para desarrollar su actividad productiva.



(a) Porcentaje de las coberturas presentes en los cantones de la provincia de Guanacaste (fuente: Esquivel, 2012)



(b) Principales cursos de agua en la región (fuente: UTGVM Municipalidad de Abangares)

Figura 17: Mapa general de uso del suelo de la región del tramo de análisis.



### 3.1.2. Geología

Desde el punto de vista geológico, el mapa geológico de la hoja Abangares, en escala 1:50.000 elaborado por Denyer *et al.* (2018), indica que el corredor vial se encuentra predominantemente en un depósito aluvial que circunda tres formaciones de estratigrafía sedimentaria de la cuenca del Tempisque (ver [Figura 18](#)). Éstas son las formaciones Curú, Barra Honda y Descartes. Las cuales pueden ser descritas como sigue (Denyer y Kussmaul, 2000):

- **Formación Curú:** Es una formación que posee un espesor promedio de 1.500 m y sobreyace a la Formación Sabana Grande. Incluye arenitas, lutitas y en menor proporción brechas y conglomerados, de composición basáltica. Estas rocas provienen de la depositación continua de enormes volúmenes de sedimentos terrígenos, que fueron transportados por flujos de gravedad durante el Maastrichtiano Medio/Superior al Paleoceno Superior basal.
- **Formación Barra Honda:** Es una formación que consiste de unos 300 m de calizas, de edad Paleoceno, pobremente estratificadas, duras y de color blanco amarillento. Es común la presencia de quebradas ciegas, sumideros y cavernas. Sobreyace discontinuamente a la Formación Curú.
- **Formación Descartes:** Es una formación que consiste de unos 1.500 m de alternancias cíclicas de areniscas, conglomerados y brechas, de composición volcániclastica (tobas e ignimbritas) y carbonatada, depositadas durante el Paleoceno Superior-Eoceno Superior/Oligoceno Inferior. Sobreyace gradualmente a la Formación Curú.

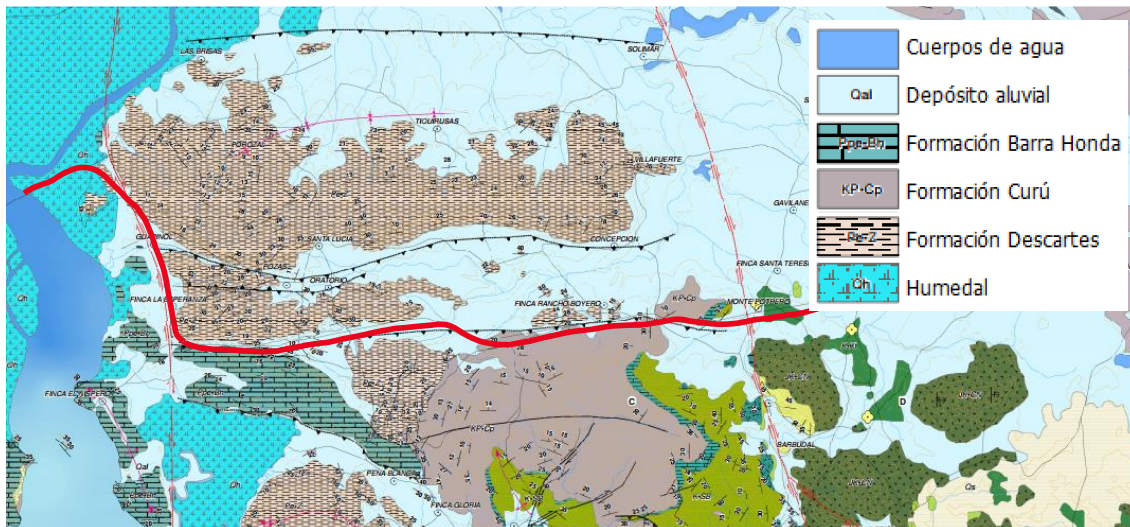


Figura 18: Mapa geológico de la región estudiada (adaptado de Denyer *et al.* 2018)



Los rellenos por aluviones encontrados en esta región corresponden a grandes extensiones de terrenos depositados por varios ríos. En el caso de la llanura aluvial del Río Tempisque, ésta se extiende desde Guardia hasta el golfo de Nicoya. Con pendientes del orden de  $1^\circ$ , de forma plana a ondulada, con presencia de meandros y canales abandonados, lagos en herradura y malecones o diques formados por la acumulación de materiales y la presencia de terrenos pantanosos es frecuente. El patrón de drenaje meándrico es característico. Y pueden encontrarse cauces de ríos de 3 a 25 metros bajo la superficie de la llanura con una gran separación entre ellos.

Los rellenos pueden contener bloques de todo tipo de roca y con granulometrías variables, desde bloques métricos hasta limos, en una matriz limo arenoso o limo arcilloso, así como depósitos de flujos de lodo y lahares. La meteorización del material varía, presentando zonas muy alteradas y roca sana.

### 3.1.3. Tipos de suelo

Desde el punto de vista geotécnico la [Figura 19](#) muestra la ubicación del proyecto en el mapa de zonificación geotécnica de Costa Rica. Como se puede apreciar, el proyecto prácticamente se ubica en tres tipos de suelo:

- **Arc:** En el ámbito ingenieril se les conoce como “zonzocuitles” o “barro de olla”. Superficialmente presenta un estrato de arcilla color negro de muy alto potencial de expansión, de al menos 60 cm de espesor, usualmente subyacente por un estrato de arcilla gris, también con gran capacidad de expandirse. En ambos tipos de arcilla, el contenido de montmorillonita es lo suficientemente elevado como para darle al suelo una consistencia pegajosa cuando está húmedo (alta adherencia), y para agrietarlo cuando se seca durante el verano. Este tipo de suelo sólo puede presentarse en zonas con un clima de estacionalidad bien definida, ya que los ciclos de humedecimiento – secado – agrietamiento son básicos para su desarrollo. Son suelos de topografías muy planas, lo que dificulta su drenaje y a la vez favorece su desarrollo. Son suelos sumamente impermeables, y el potencial de expansión de estas arcillas pueden ocasionar problemas en cualquier obra liviana que se cimiente sobre ellos (pavimentos, bodegas, casas, etc). Sin embargo, una vez eliminada la capa superficial de arcilla, usualmente el material subyacente es de muy buena capacidad soportante y sin características expansivas. En la zona del Tempisque se desarrollan sobre materiales aluviales.
- **Lat:** Son suelos rojizos, mal llamados “lateríticos” en el ámbito ingenieril. Son suelos residuales de gran desarrollo, lo que se traduce en un espesor de la capa de suelo (material con grado de alteración VI) con un espesor superior a los 2 m. Los óxidos de hierro le confieren la coloración, y mineralógicamente predominan los minerales arcillosos caoliníticos, con la presencia de halloisita ocasionalmente. Son arcillas limosas de alta plasticidad (generalmente MH), con límites líquidos superiores al 70%. Usualmente contienen más del 65% de arcilla caolinítica en su granulometría. En general presentan buenas condiciones de cimentación para obras livianas como



casas y carreteras. Su principal problema radica en su susceptibilidad a fenómenos de inestabilidad de taludes como reptación y deslizamientos superficiales. La propensión a la inestabilidad de estos suelos puede explicarse si se considera el perfil típico de un suelo residual, en la cual se observa que existe una superficie preferencial de falla entre los horizontes de suelo residual y roca meteorizada. Su permeabilidad es buena, por su alto contenido de arcilla caolinítica. Son suelos difíciles de compactar, por su alta humedad natural y óptima. Se han encontrado casos en los que su consistencia es muy blanda, principalmente en zonas lluviosas.

- **Am:** Son suelos del orden de los entisoles, tienen un proceso de formación similar al de los suelos rojizos, sin embargo, estos suelos pardo – amarillentos se caracterizan por estar permanentemente húmedos durante todo el año, lo cual les confiere el color pardo amarillento que los caracteriza, en vez del color rojizo de los suelos con ciclos de humedecimiento y secado bien definidos. Estos suelos tienen menos contenido de arcilla que los suelos lateríticos, y pueden ser pedregosos, sobre todo en zonas de relieve ondulado. Mineralógicamente presentan una predominancia de caolinita. Son suelos residuales cuyas características mecánicas tienden a mejorar en profundidad. Su alto contenido de humedad durante todo el año los hace difíciles de compactar, tanto por su consistencia como por la dificultad debido al clima de secarlos al aire para alcanzar la humedad óptima. Son suelos en general blandos, aunque aptos para la cimentación de estructuras livianas. Estructuras pesadas probablemente requerirían de algún mejoramiento o sustitución de las capas más superficiales del suelo. Son suelos con buena permeabilidad, mayor que la de los suelos rojizos.

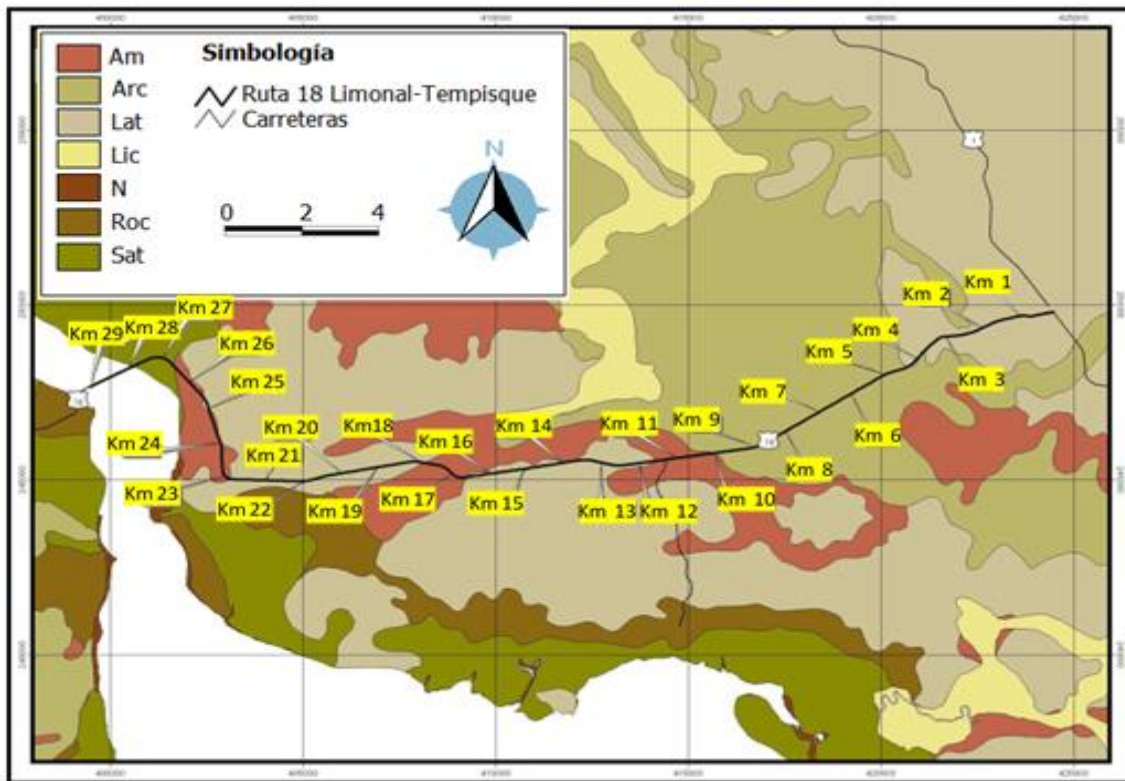


Figura 19: Mapa geotécnico de la región estudiada (fuente: Informe LM-PI-PV-IN-20D-05)

### 3.1.4. Información climatológica

El tramo atraviesa la región Golfo de Nicoya y Llanura Guanacasteca (GNG), está ubicada en el pacífico seco, pero por su situación geográfica y orografía, esta región presenta altos niveles de precipitación. Conforme a la clasificación propuesta por Orozco (2007), la cual se caracteriza por presentar las temperaturas promedio más altas del país. Con zonas muy secas, presenta en contraste las intensidades de lluvia más altas del país, aunque la menor cantidad de días de lluvia y muy altas velocidades de viento en época seca. En cuanto a las variables pluviométricas, esta región presenta una precipitación promedio anual de 1911 milímetros, con más de 5 meses secos durante el año y aproximadamente 108 días de lluvia.

En cuanto a las variables térmicas promedios anuales, la región Golfo de Nicoya y Llanura Guanacasteca (GNG) tiene una temperatura máxima de 33°C, una temperatura promedio de 26°C y una temperatura mínima de 15°C.



De acuerdo con Orozco (2007), la región presenta un alto potencial de inundaciones, puesto que ríos como el Tempisque y el Bebedero, han inundado importantes poblaciones y generados problemas en la infraestructura vial de la zona.

### **3.2. Comentarios generales sobre la humedad en las estructuras del pavimento y aspectos observados en el tramo evaluado**

Teniendo en consideración que el corredor vial comprendido entre Limonal y el puente de La Amistad, consta de poco más de 28 kilómetros de longitud, de los cuales los primeros 19 kilómetros son en pavimento de concreto y los restantes en pavimentos flexibles, se hace necesario conceptualizar la importancia que tiene la humedad y el agua en las estructuras de pavimento y como esta agua puede afectar la estructura del pavimento.

La humedad excesiva en la subrasante y en las capas de la estructura del pavimento pueden provenir de diversas fuentes, tales como: infiltración, capilaridad y movimientos en forma de vapor de agua. Así pues, pueden presentarse infiltraciones de agua a partir de la superficie del pavimento debido a la presencia de juntas, grietas, los bordes de los espaldones y otros tipos de defectos en la superficie que facilitan el ingreso del agua en el interior de la estructura.

Los estudios realizados por Cedergren (1974) con el objetivo de medir la habilidad del agua para infiltrarse en el pavimento, revelaron un aspecto interesante entre los pavimentos de concreto y los pavimentos flexibles. Por un lado, los pavimentos de concreto presentaron una permeabilidad en el orden de los 12,7 mm/h, correspondiente a la infiltración por las juntas y otras áreas de contribución, mientras que la permeabilidad en los pavimentos flexibles fue de 5,1 mm/h, considerando la infiltración en las grietas y otras discontinuidades.

Adicionalmente, estos estudios, constataron que la permeabilidad de cada una de las capas de pavimento, incluyendo la base, subbase y subrasante, influyen en las características de salida y acumulación de agua en el interior de la estructura del pavimento.

Según Suzuki et al. (2013), en los pavimentos de concreto la mayor parte de la infiltración ocurre a través de las juntas longitudinales y transversales, así como también en los agrietamientos presentes en las placas de concreto de cemento hidráulico a lo largo del tiempo. Cuando los espaldones de los pavimentos de concreto están compuestos por revestimiento asfáltico, la junta entre la superficie de ruedo y el espaldón es otra región significativa de infiltración, especialmente si no ha sido tratada adecuadamente.

En los pavimentos flexibles, las juntas de construcción de la capa de revestimiento y las grietas que surgen a lo largo del tiempo en el revestimiento constituyen los puntos críticos de infiltración.

La cantidad de juntas o grietas, así como la cantidad de agua que pueden pasar por ellas, son las principales responsables por el volumen de agua que se infiltra a través de la



superficie del pavimento, lo cual también está relacionado con la intensidad y la duración de las precipitaciones.

En general, las precipitaciones con gran intensidad tienen una corta duración, por lo que gran parte del agua escurre por la superficie del pavimento en lugar de penetrar en la estructura, debido a su relativamente baja permeabilidad. Por el contrario, las precipitaciones de menor intensidad con periodos de larga duración, proveyendo suministros de agua constante por largo periodos de tiempo, favorecen la infiltración, aunque la estructura presente una permeabilidad reducida.

La infiltración del agua por los bordes del pavimento ocurre en función de dos mecanismos diferentes: la variación de la carga hidráulica, que provoca el desplazamiento del agua, y la capilaridad.

Las carreteras más propensas a la infiltración a través de los bordes del pavimento son aquellas que presentan pendientes longitudinales bajas (curvas longitudinales planas o cotas bajas de perfiles longitudinales), en virtud de la mayor dificultad del agua para drenar superficialmente.

Teniendo en consideración los elementos expuestos anteriormente, es posible realizar algunos comentarios de la valoración en campo realizada a la carretera Limonal-Tempisque. En primer lugar, se puede observar en las [Figuras 20](#), que la topografía y el alineamiento vertical de la carretera Limonal-Tempisque, presenta pendientes longitudinales casi planas en los primeros 8 kilómetros del proyecto, lo cual favorece los procesos de infiltración a través de los bordes del pavimento.



(a)



(b)

*Figura 20:* Perfil longitudinal típico visto en el proyecto

Sumado a lo anterior, la falta de espaldones y de revestimiento en los taludes de los terraplenes de relleno de la estructura del pavimento rígido, en combinación con los



agrietamientos superficiales observados durante la evaluación visual realizada, se puede esperar que una cantidad significativa de agua se infiltre en la estructura, reduciendo su capacidad estructural. La vegetación de la región contigua al pavimento sin revestimiento puede formar una barrera al drenaje superficial del agua debido a la acumulación de detritos. En ese caso, el agua tiende a escurrir por la superficie del pavimento, facilitando la infiltración y promoviendo la saturación del suelo contiguo al pavimento. Como se observa en la [Figura 21](#) la estructura del pavimento con los espaldones no revestidos y con la presencia de vegetación. Nótese en la [Figura 21\(b\)](#) la presencia de agrietamientos en la superficie de ruedo, los cuales a lo largo del tiempo constituyen puntos críticos de infiltración.



(a)



(b)

*Figura 21:* Presencia de vegetación en los bordes de la estructura del pavimento

Los espaldones revestidos también pueden propiciar la infiltración en los bordes del pavimento, sin embargo, con menor intensidad en relación con los espaldones no revestidos. Así también, el agua también puede infiltrarse lateralmente por medio de dispositivos de drenaje superficial, como cunetas sin revestimiento impermeable, principalmente en áreas de corte. Las juntas entre los espaldones y las cunetas también son puntos para la infiltración lateral. Como se muestra en la [Figura 22\(a\)](#) se observan juntas laterales con aberturas de más de 5 cm; en las [Figura 22\(b\)](#) y [\(c\)](#) se observa la presencia de vegetación en la junta entre la cuneta y la superficie de revestimiento y, entre la superficie de rodamiento y el espaldón respectivamente. En todos estos casos las condiciones observadas pueden propiciar la infiltración de agua dentro de la estructura del pavimento, resultado eventualmente en una disminución de la capacidad de soporte.



(a)



(b)



(c)

*Figura 22:* Ejemplos de puntos de infiltración de agua en los bordes y juntas de la estructura del pavimento: (a) espaldón del pavimento rígido, (b) junta entre pavimento y cunetas revestidas, (c) espaldón del pavimento flexible

Un aspecto importante que debe ser mencionado, es el hecho de que durante el tiempo en que exista presencia de agua libre dentro de la estructura del pavimento, las cargas de las llantas de los vehículos producen un daño superior al que se produciría en los periodos de tiempo en los cuales la estructura del pavimento se encuentra seca. A pesar de esto, es muy común la idea de que una estructura de pavimento robusta, con materiales estabilizados y poco susceptibles a los efectos de humedad excesiva, es suficiente para absorber los impactos generados por el paso de los vehículos, lo cual no tiene en consideración la sinergia entre las cargas hidráulicas y las debidas al tránsito.

Un aspecto que fue observado, durante la evaluación realizada en campo, está relacionado con la acumulación de agua próximos a los rellenos o terraplenes de la estructura del pavimento. Estas acumulaciones de agua, en combinación con la presencia de vegetación y la falta de espaldones puede contribuir a los movimientos de agua por infiltración y capilaridad dentro de la estructura del pavimento, disminuyendo la capacidad de soporte de la estructura. Como se observa en la [Figura 23\(a\)](#), por ejemplo, desde el estacionamiento 8+775 hasta el estacionamiento 8+940 se presenta una acumulación importante de agua al lado de la carretera. Ya en la [Figura 23\(b\)](#) se nota, una vez más, una importante cantidad



de agua acumulada y la presencia de vegetación donde debería funcionar el sistema de drenaje. Obsérvese el crecimiento de una palmera, en un lugar donde no debería darse la presencia de este tipo de vegetación, reflejando la necesidad de intensificar las actividades de limpieza y mantenimiento.



(a)

(b)

Figura 23: Ejemplos de acumulación de agua próxima a los rellenos de la estructura del pavimento

Otro tipo de falla a la que se le debe poner atención, que no necesariamente está asociada con la resistencia al corte de los suelos, es la producida por agentes erosivos (e.g., lluvia, escurrimiento superficial, viento) sobre los materiales que componen los taludes expuestos al ambiente. La falla por erosión, por lo general, se manifiesta en irregularidades y surcos dejados por la escorrentía en el plano del talud, originalmente regular, condición que si no se atiende a tiempo podría repercutir en la formación de cárcavas, falla de taludes o del mismo terraplén de la estructura del pavimento. En la visita realizada, es posible ver en la [Figura 24\(a\)](#) un proceso de erosión por escurrimiento superficial de agua bastante acentuado y, en el caso de la [Figura 24\(b\)](#), se observa que la estructura del pavimento está en voladizo, situación que puede representar una amenaza para la seguridad de los usuarios de la carretera y para la operatividad de la misma. Por lo que, se recomienda revisar estas situaciones a la mayor brevedad para asegurar la estabilidad y buen funcionamiento de la estructura del pavimento.



(a)

(b)

Figura 24: Presencia de efectos erosivos por escurrimiento superficial de agua: (a) formación de surcos en los taludes del relleno del pavimento (b) pérdida o deslizamiento en el relleno de la estructura del pavimento.



En general, el corredor vial presenta deficiencias, tanto en cantidad como en mantenimiento de los sistemas de drenaje superficial, lo cual beneficia la acumulación de agua en los bordes de la estructura del pavimento (encharcamiento) y saturación de los materiales que componen la estructura del pavimento, disminuyendo la capacidad de soporte, la resistencia al corte y el aumento de la susceptibilidad de falla de los taludes de los rellenos de la estructura del pavimento.

Como se puede observar en la [Figura 25](#), fue identificada la presencia de un vertedero de una contracuneta de un talud ubicado en el estacionamiento 11+700. Sin embargo, este vertedero ya no atiende sus funciones, debido a que la escorrentía superficial en el terreno atrás del vertedero ha generado irregularidades y surcos que no permiten que el agua sea captada por el vertedor para las cunetas y que escurra adecuadamente en los sistemas de drenaje superficial existentes. Esta situación propicia una vez más los procesos de infiltración de agua dentro de la estructura con la consecuente reducción de la capacidad de soporte.



*Figura 23: Socavación del terreno próximo a estructuras del drenaje superficial*

En el tramo que corresponde a la superficie con pavimento flexible, fueron identificados problemas recurrentes en los sitios donde se ubican los drenajes subsuperficiales transversales. Como se observa en la [Figura 26](#), se identificaron deslizamientos en los taludes de los rellenos de la estructura del pavimento que se identificaron por la presencia de agrietamientos longitudinales en la superficie de rueda.



En el caso de la [Figura 27](#) se presentó un deslizamiento importante de la losa de recubrimiento del talud ubicado sobre la alcantarilla. Estas fallas pueden ser asociadas a la saturación y, por ende, la reducción de la resistencia al corte de los materiales del relleno de la estructura del pavimento que componen la estructura del pavimento, lo cual aumenta la susceptibilidad de falla de los taludes.



(a)



(b)



(c)

*Figura 26:* Formación de agrietamientos longitudinales próximos a la ubicación de los drenajes transversales



Figura 27: Evidencia de deslizamiento de losa de recubrimiento del talud de las alcantarillas

En resumen, entre los efectos dañinos del agua libre en la estructura del pavimento que fueron observados en la carretera Limonal-Tempisque se encuentran:

- Reducción de la resistencia de los materiales granulares no estabilizados y del suelo de la subrasante.
- Bombeo de finos en los pavimentos de concreto con la consecuente formación de vacíos en el apoyo de las losas, escalonamientos, agrietamientos y deterioros de los espaldones.
- Bombeo de finos de la base granular de los pavimentos flexibles debido a la pérdida de la capacidad de soporte de la cimentación, resultado de la elevada presión hidrodinámica generada por el movimiento del tránsito.
- Comportamiento y desempeño insatisfactorio de los suelos expansivos debido a la presencia de agua.
- Agrietamiento del revestimiento (asfáltico y concreto hidráulico) en función del contacto directo con el agua.

Durante el recorrido por el tramo de estudio, además de los problemas relacionados con puntos de infiltración de agua en la estructura del pavimento, se pudo constatar la susceptibilidad de movimientos de laderas que pueden poner en riesgo a los usuarios y comprometer la operatividad de la misma ante lluvias intensas. En la [Figura 28\(a\)](#) se observa el deslizamiento de material de un talud en el borde del pavimento, aunque el material no está invadiendo la superficie de rueda, la falta de espaldones y obras de retención de los taludes constituyen eventuales riesgos para los usuarios. Por su parte, en la [Figura 28\(b\)](#) se observa la caída de árboles, cuyo tamaño y posición indican que, cayeron

sobre la superficie de ruedo y que fueron removidos para habilitar la circulación de los vehículos.



Figura 28: Deslizamientos de material y vegetación en taludes ubicados al lado de la superficie de ruedo

En la Figura 29 fueron observados los efectos de la erosión, manifestados por la formación de irregularidades y surcos dejados por la escorrentía en la superficie del talud. En las figuras se observa la acumulación de material suelto al pie del talud, producto del proceso de desmoronamiento o lavado superficial. En el caso de la Figura 29(b) parte del material es sostenido por las raíces de un árbol, que eventual puede caer en el derecho de vía durante lluvias intensas colocando en riesgo a los usuarios y comprometiendo la operatividad.



Figura 29: Presencia de materiales sueltos al pie de los taludes debido a la erosión producida por la escorrentía superficial



Debido a la variabilidad geológica a lo largo del corredor vial, fueron observados taludes rocosos expuestos con un alto grado de meteorización que, junto con la pérdida de confinamiento, erosión del macizo y escurrimiento superficial debido a lluvias intensas, constituyen riesgos de deslizamientos (ver [Figura 30](#)).



*Figura 30:* Superficie expuesta de un macizo rocoso con alto grado de meteorización

De esta forma, debidos a los problemas encontrados relacionados con el agua libre en el interior de la estructura, la cual afecta la resistencia de los materiales, y por lo tanto, su remoción por medio de flujos verticales o laterales con drenajes subsuperficiales se vuelve indispensable e integrante del proceso de diseño del pavimento, para garantizar el aumento de la vida útil de la estructura, serán brindadas algunas recomendaciones en los próximos apartados.

De igual manera, se presentarán algunas recomendaciones adicionales que se podrían implementar para los problemas descritos acerca de la susceptibilidad de movimientos de laderas y taludes que pueden poner en riesgo a los usuarios y comprometer la operatividad durante lluvias intensas.



### **3.3. Estructuras complementarias, recomendaciones generales de obras para atención de problemas geotécnicos y estudios adicionales**

#### **3.3.1. Importancia de los drenajes subsuperficiales**

En los proyectos de pavimentación, el principal objetivo del drenaje subsuperficial es evitar que los materiales constituyentes de sus capas queden saturados o expuestos a elevados niveles de humedad por largos periodos de tiempo. Los tres principales criterios que pueden ser considerados para controlar y minimizar los problemas causados por la saturación son:

- a) Sellar apropiadamente el pavimento y reducir la infiltración del agua en el interior de su estructura, por medio de:
  - Utilización de materiales sellantes y técnicas apropiadas para las juntas y grietas longitudinales y transversales.
  - Diseño de pavimentos usando membranas impermeables.
  - Empleo de estructuras totalmente impermeables en el revestimiento, base y subbase, inclusive en los espaldones.
  - Instalación de drenajes interceptores para evitar la infiltración de agua por el borde de la sección transversal del pavimento.
  - Programa eficiente de manutención y sellado de agrietamientos al largo de la vida útil del pavimento.
- b) Utilizar, en todas las capas, materiales poco susceptibles a la humedad y resistentes al agrietamiento causado por la presencia de agua:
  - Uso de materiales estabilizados en las capas inferiores (cal, cemento y ligantes bituminosos).
  - Selección de materiales granulares con bajos contenidos de finos y baja plasticidad que resistan los efectos de humedad elevadas con respecto a los materiales densamente graduados.
  - Dosificación adecuada de los materiales para obtener mezclas resistentes al agrietamiento a la acción del agua.
  - Prevenir el uso de cimentaciones de pavimentos sobre subrasantes constituidas de suelos expansivos en contacto con excesos de humedad.
- c) Proveer un drenaje interno adecuado para remover efectivamente cualquier agua libre que pueda infiltrarse en el pavimento antes del inicio del proceso de degradación, por medio de las siguientes intervenciones:
  - Diseño de sistemas de drenaje que mantengan permanentemente rebajado el nivel freático y que puedan remover cualquier cantidad de agua que se infiltre en el interior de su estructura.
  - Uso de base y subbases permeables que sean diseñadas como capas estructurales y que también sirvan de capas drenantes. Como resultado, el agua que se infiltra por el pavimento será drenada transversalmente e lanzada a los drenajes longitudinales antes de que alcance o comprometa la subrasante.
  - Colocación de capas drenantes en la interface con la subrasante.



- Colocación de geosintéticos (geomantas, georedes, geotextiles, geodrenos, geocompuestos, o similares)

### 3.3.2. Recomendaciones para la prevención de la entrada de agua en la estructura del pavimento

Para evitar la entrada de agua a la estructura del pavimento es necesario que se tenga en consideración la elevación del nivel freático y el sello de los agrietamientos o juntas de construcción de la superficie del pavimento por medio de técnicas adecuadas de mantenimiento.

En general, se da poca atención a la intervención con sello de agrietamientos en la superficie, permitiendo la infiltración del agua de lluvia. Como consecuencia, una cantidad considerable de agua frecuentemente penetra la estructura del pavimento.

Para minimizar la infiltración del agua por la superficie es necesario que la plataforma del pavimento tenga un buen sistema de drenaje superficial, con pendientes transversales adecuadas a lo largo de toda la vía. Por ejemplo, Suzuki *et al.* (2013) recomienda en la [Tabla 5](#) algunos valores de pendientes transversales.

Tabla 5: Valores de pendientes típicos para diferentes elementos del pavimento

Local	Pendiente (%)
Superficie de ruedo	1,5 – 3,0
Espaldones	3,0 – 7,0
Cunetas	25,0 – 50,0

Si se tiene en consideración la dificultad de prevenir o evitar totalmente la entrada de agua por la superficie, se recomienda la instalación de dispositivos de drenaje subsuperficial para la remoción complementaria de agua acumulada en la estructura, principalmente si se tiene en consideración el elevado tráfico o volumen de vehículos comerciales. Para ello se deberá considerar lo que establece el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010 en su versión vigente.

En el caso que no se establezca instalar un sistema de drenaje subsuperficial, el espesor de la estructura deberá ser diseñado considerando una condición de subrasante saturado, si existe la posibilidad de que el agua puede infiltrarse hasta la subrasante a través de grietas y juntas a lo largo de los bordes del pavimento.

Así pues, si el agua penetra en la estructura del pavimento, ya sea por medio de la infiltración superficial o por la elevación del nivel freático, es necesario removerla rápidamente antes que el proceso de deterioro comience.

En este sentido es importante destacar que las medidas adoptadas para el control de humedad en la estructura del pavimento pueden estar relacionadas con medidas que



mejoran el drenaje (que busca resolver el problema de infiltración) o bien, impermeabilizan (que busca convivir con el problema de infiltración) la estructura del pavimento.

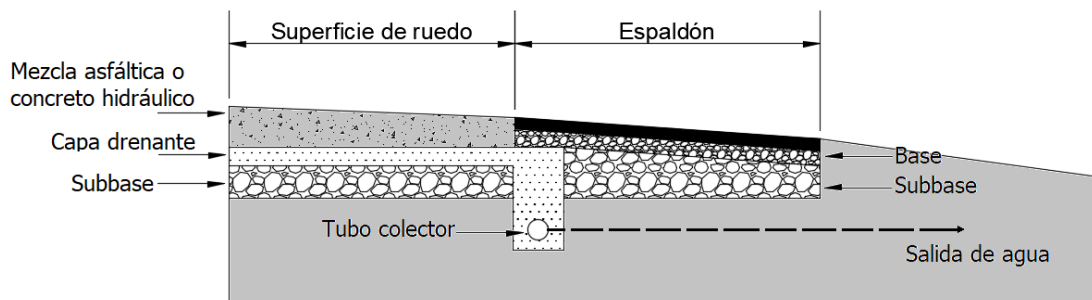
Siendo que, un sistema de impermeabilización siempre debe ser complementado por un sistema de drenaje eficiente, que en general prolonga la vida útil de la impermeabilización.

Entre las funciones que cumple los sistemas de drenaje subsuperficial se tienen:

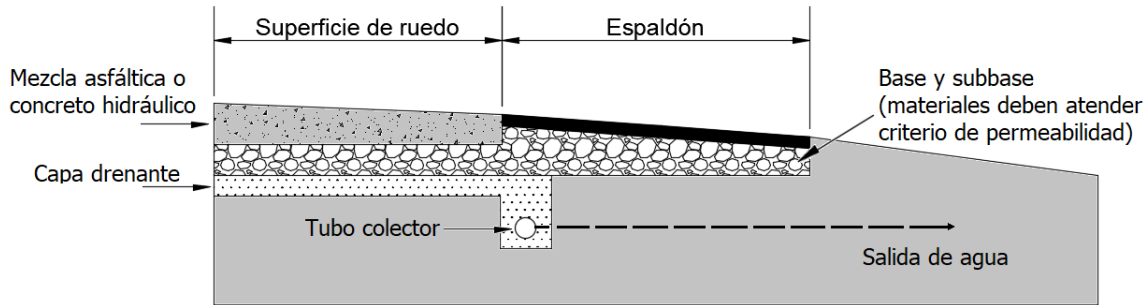
- Interceptar y efectivizar el rebajamiento del nivel freático
- Mantener la humedad en equilibrio, compatible con las condiciones de utilización del suelo
- Garantizar la estabilización de las áreas geotécnicas.

Un sistema eficiente de drenaje subsuperficial debe ser constituido por una capa drenante, un drenaje longitudinal y por drenajes transversales concebidos y dimensionados para garantizar el buen funcionamiento hidráulico a lo largo del periodo del proyecto.

En la [Figura 31](#) se muestra la localización de una capa drenante en la estructura del pavimento. En la [Figura 31\(a\)](#), la base granular puede ser utilizada como capa drenante satisfaciendo las condiciones de estabilidad y de permeabilidad. En el caso de la [Figura 31\(b\)](#), la capa drenante puede ser colocada sobre la subrasante, y puede ser una capa extra, sin aporte en la capacidad estructural, o como parte de la subbase. Es importante resaltar que todas las capas alrededor de la capa drenante cumplen con los criterios de materiales de filtro.



(a) Capa drenante como base

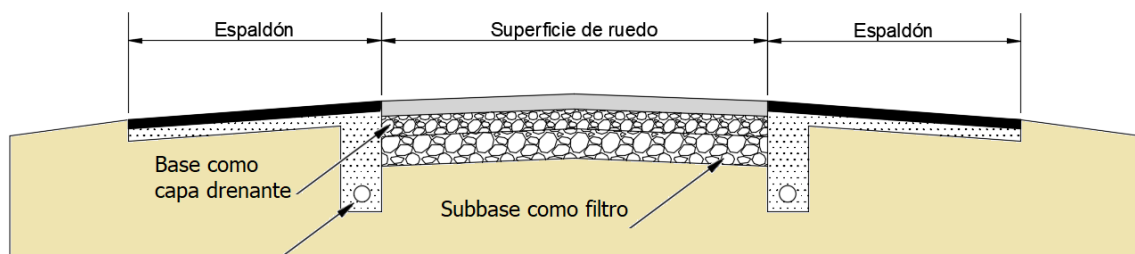


(b) Capa drenante abajo o como parte de la subbase

Figura 31: Recomendaciones de localización de capa drenante para la remoción rápida de agua de la estructura del pavimento

Es preferible que la colocación de la capa drenante sea justo debajo de la capa de revestimiento (mezcla asfáltica o concreto hidráulico), porque el agua puede ser drenada e expulsada más rápidamente de la estructura, eliminando la posibilidad de ocurrencia de cualquier tipo de bombeo.

Independientemente de la posición de la capa drenante, es necesario definir cómo será recolectada el agua que se infiltra dentro de la estructura del pavimento. La Figura 32 muestra esquemas de intercepción del agua infiltrada. En la Figura 32(a) se muestra la capa drenante interligada a un drenaje longitudinal conectado a tubos de salida, por su parte en el Figura 32(b) se muestra que la capa drenante se encuentra extendida hasta la salida del terraplén. Entre las desventajas de la solución mostrada en la Figura 32(b) es la propensión a la contaminación y obstrucción de las salidas laterales en los taludes que pueden ocurrir durante la construcción y operaciones de mantenimiento.



(a)

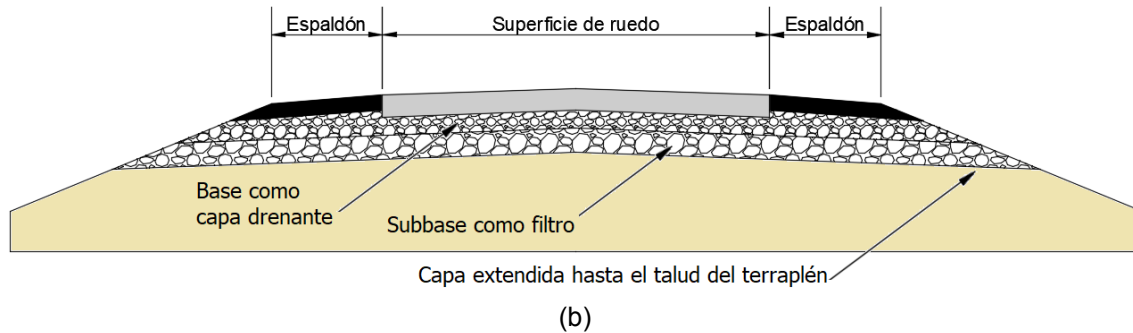


Figura 32: Recomendaciones de localización de capa drenante para la remoción rápida de agua de la estructura del pavimento

El uso de drenajes longitudinales es más confiable y económico que la construcción de capas drenantes que se extienden hasta la cara del talud del terraplén. Los drenajes longitudinales pueden ser contruidos con grava o con tubos perforados, donde estos últimos son los más utilizados por su gran capacidad hidráulica y permiten aumentar el espaciamiento de las salidas de agua.

Teniendo en consideración que el uso de geosintéticos en la construcción de ingeniería vial se ha visto incrementado en las últimas décadas, es posible considerar el uso de estos como herramientas para la remoción rápida de agua de la estructura del pavimento. Lo anterior, se debe a que en obras viales los geosintéticos cumplen las funciones de: refuerzo, separación, filtración y drenaje, pudiendo cumplir una o varias funciones a la vez, lo que los convierte en una alternativa de solución a problemas que comúnmente se presentan en la construcción de estas obras, como suelos de baja capacidad de soporte, niveles freáticos elevados, restricciones del tamaño de la obra, elevados costo de los materiales, etc. Los geosintéticos presentan además ventajas sobre los métodos tradicionales de construcción por su facilidad de colocación, durabilidad, rentabilidad a largo plazo.

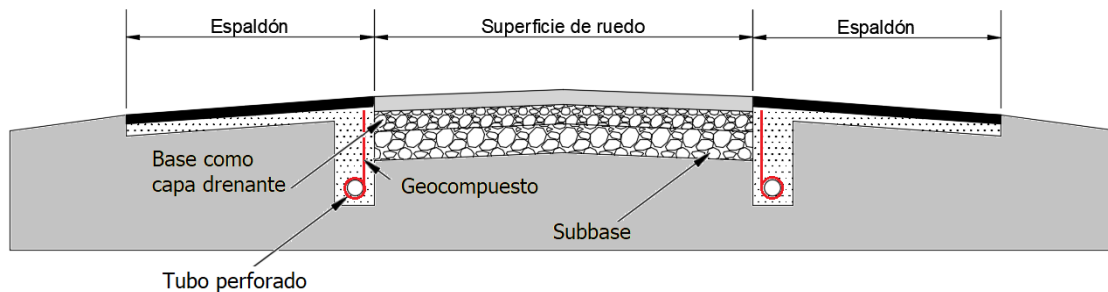
En este sentido, el uso de geosintéticos como dispositivos de drenaje subsuperficial puede hacerse a través de:

- Trincheras drenantes: generalmente usadas en el rebajamiento del nivel freático
- Colchones drenantes: utilizados para el control del drenaje horizontal
- Cortinas drenantes: aplicadas para el control del drenaje vertical

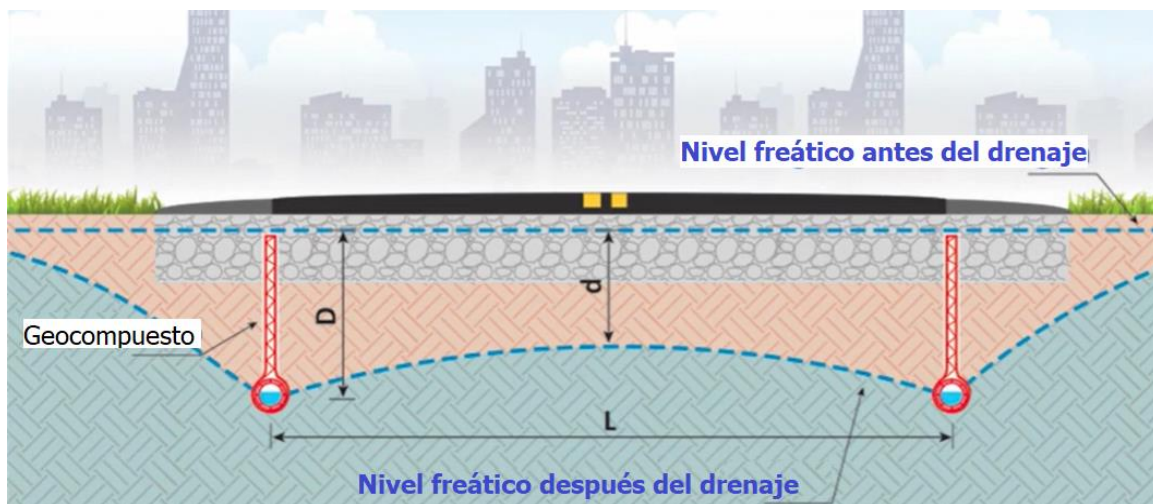
Así pues, de la amplia variedad de materiales geosintéticos disponibles en el mercado, el uso de geocompuestos drenantes permite que sean utilizados como elementos filtrantes, drenantes y conductores del agua dentro de la estructura del pavimento.

En la [Figura 33](#) se muestra la localización de los geocompuestos en una estructura del pavimento con la finalidad de mejorar las condiciones de drenaje y disminuir la presencia

de humedad dentro de la estructura del pavimento. En la [Figura 33\(b\)](#), se observa el funcionamiento de los geocompuestos como trincheras drenantes para el rebajamiento del nivel freático.



(a)



(b)

*Figura 33:* Recomendaciones de localización de geocompuestos y su funcionamiento como trincheras drenantes para rebajamiento del nivel freático

Finalmente, en la [Figura 34](#) se presentan ejemplos de la construcción de capas drenantes verticales para el mejoramiento de los drenajes subsuperficiales longitudinales en estructuras de pavimentos que se encuentran en servicio. En el caso de la [Figura 34\(a\)](#) se tiene parte del proceso constructivo de la colocación de capas drenantes que utilizan arenas y agregados granulares, por su parte en la [Figura 34\(b\)](#) se observa la colocación de un geocompuesto con un tubo perforado. Cada una de las soluciones presentadas tienen cuidados y aspectos constructivos (mano de obra, materiales, costos, etc.) que deben ser considerados en la selección adecuada conforme al proyecto.

Así pues, independientemente de la solución adoptada, se debe considerar que los tubos de salida de agua deben ser instalados con intervalos convenientemente espaciados para asegurar el drenaje. Como regla general, el espaciamiento de las salidas no debe superior



a 100 m, y con ángulos de salida entre 45° y 90° con respecto a la dirección del drenaje longitudinal. Las salidas deben ser libres naturalmente y protegidas contra eventuales obstrucciones, principalmente por causa del crecimiento de vegetación. En algunas ocasiones, se recomienda la colocación de alguna protección adicional para prevenir que animales pequeños o pájaros hagan nidos o depositen restos de ramas o hojas en las inmediaciones de las salidas.



Figura 34: Ejemplos de procesos constructivos para mejoramiento del drenaje subsuperficial

Algunos estudios desarrollados por la FHWA indican la necesidad de sistemas de drenaje subsuperficial. Según Cedergren (1974) la implementación de este tipo debe ser considerada en los casos que: a) la precipitación media anual sea superior a los 254 mm y, b) el número de repeticiones de carga del eje de diseño de 8,2 ton sea superior a 250 por día durante toda la vida útil del pavimento, o bien cuando el número de repeticiones de carga,  $N$ , sea aproximadamente igual a  $10^6$  repeticiones, considerando un periodo de diseño de diez años.

Teniendo en consideración la información climatológica de la ubicación del proyecto en la región Golfo de Nicoya y Llanura Guanacasteca, propuesta por Orozco (2007), donde la precipitación media anual es de 1911 mm y la sección 4 “Cargas de Tránsito” del informe LM-PI-PV-20C-05, donde la estimación del número de repeticiones de carga,  $N$ , para un periodo de diseño de diez años (en el escenario más conservador con un crecimiento anual de 4%), era de  $3,09 \times 10^6$  repeticiones de carga para el año 2013. Es evidente la necesidad



de la colocación de sistema de drenaje subsuperficial para las estructuras del pavimento del corredor vial Limonal-Tempisque.

### 3.3.3. Recomendaciones para la protección y estabilización de taludes y laderas

Según lo establece el Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica la definición y decisión del tipo de protección y estabilización utilizados en un talud o ladera, debe ser el resultado de la evaluación geotécnica de la estabilidad. Para ellos se deberá tomar en cuenta, entre otros factores, las dimensiones del talud, los modos de falla identificados o potenciales, la disponibilidad de materiales para la construcción, la importancia y la vida útil de la obra y los efectos sobre terceros (i.e. vidas humanas, economía, ambiente, infraestructura, etc.)

Entre los sistemas de protección y estabilización que pueden ser utilizados se mencionan seguidamente:

- **Movimientos de tierra:** en los cuales deben ser verificada la estabilidad de los taludes mediante análisis realizados sobre modelos geotécnicos confiables, así como también siguiendo los lineamientos establecidos en la División 200 del Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010).
- **Inclusión de bermas:** la inclusión de bermas tiene como objetivos principales restringir la extensión fallas del talud a una zona específica, reducir la energía cinética de los bloques de roca que puedan caer al desprenderse del talud, servir para colocar en ellas estructuras para el manejo de aguas y para permitir el mantenimiento del talud o sus estructuras.
- **Colocación de rellenos al pie y escolleras:** es una forma simple de mejorar el factor de seguridad de un talud ya construido, que presenta problemas de estabilidad, mediante la colocación de un relleno al pie (puede ser de tipo escollera), que proporcione un empuje pasivo.
- **Drenaje:** casi todos los problemas de inestabilidad de taludes y laderas suele estar presente la intervención del agua, en una u otra forma. Por ello su manejo adecuado es imprescindible, para evitar o resolver este tipo de problemas, de modo que las medidas de drenaje casi siempre complementan las demás acciones e, incluso en ocasiones, pueden ser por sí mismas suficientes para garantizar o recuperar la estabilidad.
- **Muros:** el dimensionamiento de cualquier tipo de muros debe garantizar la estabilidad al volcamiento, deslizamiento y capacidad de carga de la cimentación según lo expuesto en el Código de Cimentaciones de Costa Rica. El mayor riesgo para la estabilidad de un muro de contención es la presencia de presiones de agua en su trasdós o su pie, por ello es imprescindible acompañar cualquier estructura de contención con medidas de drenaje oportunas.
- **Revestimientos de taludes:** el revestimiento contribuye principalmente con el control de la erosión superficial. Para llevar a cabo este proceso se deben seguir los lineamientos estipulados en las divisiones 150 y 600 del CR-2010.



Es común que la solución óptima (en términos económicos y de seguridad) para garantizar el adecuado funcionamiento de un talud, sea la combinación de dos o más técnicas de protección o estabilización, especialmente en lo relativo al drenaje. Para lo cual, además se deberá acatar lo que establece al respecto el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010,

#### *3.3.4. Recomendación de estudios de geotécnicos adicionales para analizar el potencial de licuación*

Teniendo en consideración las recomendaciones del Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCCR) y el mapa geológico de la región donde se encuentra el corredor vial Limonal-Tempisque, el cual se caracteriza por ser un suelo producto de la sedimentación o transporte de materiales por medio de depósitos aluviales, puede existir la posibilidad de procesos que separan las partículas por tamaño y que pueden formar depósitos de tamaño uniforme de partículas de baja densidad, que pueden tener tendencia a compactarse con las vibraciones sísmicas. De esta manera, el análisis de la topografía del sitio y sus condiciones geológicas indican que la región de la cuenca del Tempisque reúne condiciones para que ocurra el fenómeno de licuación, el cual se define como la pérdida temporal de la resistencia y la rigidez de los depósitos de suelo.

Aunque la evaluación realizada en campo y los ensayos de laboratorio no indicaron a primera vista problemas de licuación, se sugiere que la Administración realice una evaluación a mayor profundidad del potencial de licuación, que puede métodos in situ o pruebas de laboratorio en muestras inalteradas. De las pruebas in situ, la prueba de Penetración Estándar (SPT) es la más usada en Costa Rica, la cual debe corregirse para considerar las variaciones en la energía aplicada. En el caso de laboratorio pueden realizarse ensayos triaxiales dinámicos para la evaluación del potencial de licuación.

#### **3.4. Análisis de estabilidad de taludes**

Debido a la preocupación constante de las autoridades encargadas del desarrollo y mantenimiento vial por las constantes interrupciones del tránsito en las principales carreteras del país y por los elevados costos que significa volver a poner en servicio una vía. Así como, las posibles pérdidas de vidas humanas, ocasionadas por los deslizamientos del terreno disparadas ya sea por amenazas (e.g. lluvias y/o sismos intensos) o por factores antrópicos (socavación, alteración de la geometría de la topografía natural, sobrecargas, construcción inadecuada de rellenos y terraplenes, entre otros), se hace necesario la aplicación y uso de los diferentes códigos y recomendaciones establecidos en el país. De esta manera, fueron utilizados:

- Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica (CGTLCR): documento que establece los requisitos y lineamientos mínimos para la evaluación, investigación,



análisis o diseño de taludes y laderas en Costa Rica, para garantizar el desempeño adecuado de los taludes y laderas.

- Código Sísmico de Costa Rica (CSCR): documento que establece los requisitos para el análisis, diseño y construcción sismorresistente de las obras que se construyen en el país.
- Código de Cimentaciones de Costa Rica (CCCR): documento que establece los requisitos mínimos de exploración, análisis, diseño y construcción de obras geotécnicas en el país, así como definir un marco general de los tipos de suelos existentes en el país.

Fueron realizados análisis de estabilidad de talud del terraplén, con el software Slide 6.0 del paquete de programas de RocScience, de las secciones transversales de los estacionamientos 5+400, 11+700, 17+600, correspondientes al tramo de pavimento rígido. También, fue realizado el análisis para el estacionamiento 21+000, del tramo de pavimento flexible. La selección de estos puntos se justifica por tratarse de las zonas del proyecto con mayores agrietamientos, además de la disponibilidad de información recopilada de los resultados de ensayos de SPT, espesores de las capas y caracterización en laboratorio de las propiedades de los materiales de las capas que conforman la estructura del pavimento.

En las modelaciones, las cargas debidas al peso propio de la superficie de rueda (pavimento rígido o pavimento flexible) fueron consideradas como cargas distribuidas sobre la capa de base granular (o base estabilizada) correspondiente a la estructura del pavimento a ser analizado.

Fueron considerados tres escenarios en las modelaciones de cada uno de los estacionamientos: (a) considerando únicamente el peso propio de los materiales constituyentes de la estructura del pavimento (condición estática), (b) considerando la presencia de un nivel freático, justo en la interface de las capas granulares y las capas de suelo, junto a la aplicación de la carga o peso del eje de diseño tándem dual utilizado en el diseño de pavimentos esto es, considerando una presión de contacto de 566 KPa aplicados en un radio de carga de 11 cm con una separación entre ruedas de 32 cm y, (c) considerando la condición pseudoestática, donde para la ubicación del proyecto y el tipo de suelo encontrado, el Código Sísmico de Costa Rica, define que se tiene una Zona III y un tipo de suelo S3.

En la [Tabla 6](#) se presentan los valores utilizados como parámetros geo-mecánicos en las modelaciones realizadas. Cabe destacar que los valores de resistencia de los materiales se obtuvieron a partir de correlaciones con los valores obtenidos de los ensayos de SPT realizadas y los resultados de la caracterización en laboratorio hecha a los materiales muestreados. En el caso de los materiales granulares, por su naturaleza, se consideraron como materiales cuya resistencia está gobernada por el ángulo de fricción ( $\phi$ ), y en el caso





de los materiales finos, como el suelo, limos y arcillas, se ha considerado un análisis en condición no drenada, en la cual la cohesión define la resistencia del material.

Tabla 6: *Valores de resistencia utilizados en las modelaciones*

Estación	Material	Peso unitario (KN/m <sup>3</sup> )	Cohesión (KN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	Espesor de capa (m)
5+400	Base Estabilizada	18	47	-	0,25
	Relleno granular	17	-	41	0,75
	Suelo 1	16	30	-	0,50
	Suelo 2	16	14	-	0,75
	Suelo 3	16	36	-	1,00
	Suelo 4	16	100	-	0,50
11+700	Base	17	-	36	0,24
	Subbase	17	-	36	0,26
	Relleno	16	-	35	0,50
17+600	Base	17	70	-	0,32
	Subbase	17	-	32	0,32
	Relleno	16	-	34	0,20
	Suelo 1	16	33	-	1,00
	Suelo 2	16	50	-	1,00
21+000	Base estabilizada	18	47	-	0,30
	Relleno	16	-	32	0,70
	Suelo	16	28	-	3,00

Las características generales de los materiales utilizados en los modelos geomecánicos utilizados se presentan en la [Tabla 7](#).

Tabla 7: *Descripción de las propiedades geomecánicas de los materiales encontrados*

Estación	Material	Descripción de materiales encontrados
5+400	Base Estabilizada	Resistencia a la compresión de 47 kg/cm <sup>2</sup> .
	Relleno granular	Número de golpes SPT=54
	Suelo 1	Número de golpes SPT=17 Clasificación SUCS ML. Humedad natural 34,1%. LL=40,7; IP=14,8
	Suelo 2	Número de golpes SPT=8 Clasificación SUCS ML. Humedad natural 34,1%. LL=40,7; IP=14,8
	Suelo 3	Número de golpes SPT=21 Clasificación SUCS ML. Humedad natural 34,1%. LL=40,7; IP=14,8
Informe LM -IC-D-0829 -2020		Setiembre, 2020
		Página 49 de 96



Estación	Material	Descripción de materiales encontrados
	Suelo 4	Número de golpes SPT=58 Clasificación SUCS CL. Humedad natural 22,9%. LL=33,8; IP=14,7
11+700	Base	Número de golpes SPT=31 Clasificación AASHTO A-1-a
	Subbase	Número de golpes SPT=33 Clasificación AASHTO A-2-6
	Relleno	Número de golpes SPT=28 Clasificación AASHTO A-2-6
17+600	Base	Resistencia a la compresión de 70 kg/cm <sup>2</sup> . CBR=100%
	Subbase	Número de golpes SPT=9. CBR=74%. Clasificación AASHTO A-2.
	Relleno	Número de golpes SPT=21. CBR 9%. Clasificación AASHTO A-6.
	Suelo 1	Número de golpes SPT=19. CBR 7,2%. Clasificación AASHTO A-7-6. LL= 61,5; IP=37,3
	Suelo 2	Número de golpes SPT=40. CBR 7,2%. Clasificación AASHTO A-7-6. SUCS CH. LL=70,2; IP=58,4
21+000	Base estabilizada	Resistencia a la compresión de 47 kg/cm <sup>2</sup> .
	Relleno	Número de golpes SPT=19. CBR 52%. LL= 27,0; IP=9,9
	Suelo	Número de golpes SPT=16. LL= 50,3; IP=24,9

Desde el punto de vista del Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica (CGTLCR), recomienda algunos valores mínimos del FS, los cuales se presentan en las [Tablas 8 y 9](#). Valores de FS próximos al valor de 1.0, indican una condición próxima a la falla inminente, valores menores a este valor de 1,0 corresponden a la falla de la estructura del pavimento.

Tabla 8: *Factores de seguridad para el diseño de taludes permanentes y análisis de laderas*

Condición de análisis	Riesgo de daños económicos y ambientales	Riesgo de pérdida de vidas		
		Bajo	Medio	Alto
Estática	Bajo	1,20	1,30	1,40
	Medio	1,30	1,40	1,50
	Alto	1,40	1,50	1,50
Seudoestática: Coeficiente Seudoestático según la <a href="#">Tabla 9</a>	Bajo	>1,00	>1,00	1,05
	Medio	>1,00	1,05	1,10
	Alto	1,05	1,10	1,10

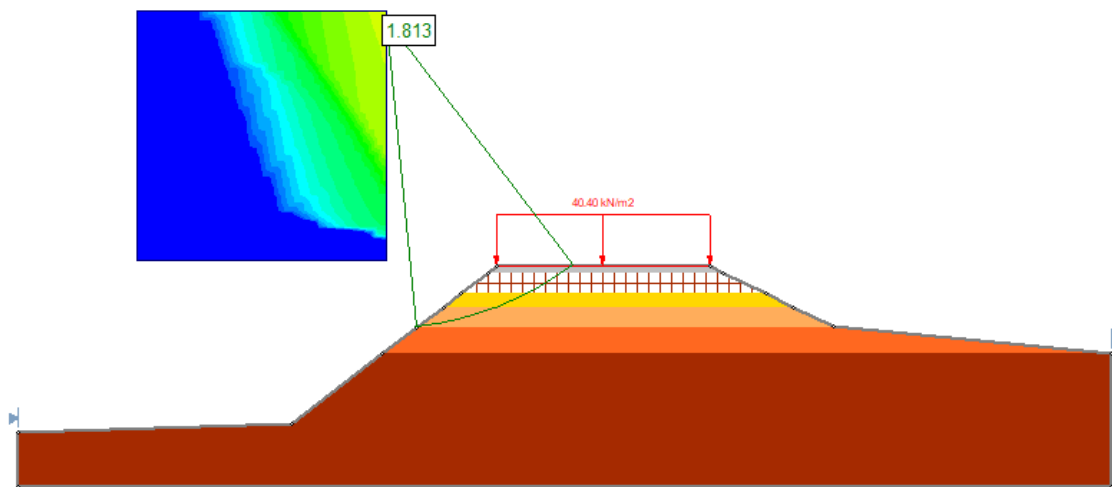
Tabla 9: *Coefficientes pseudoestáticos horizontales con un periodo de retorno de 475 años*

(Laporte, 2005)

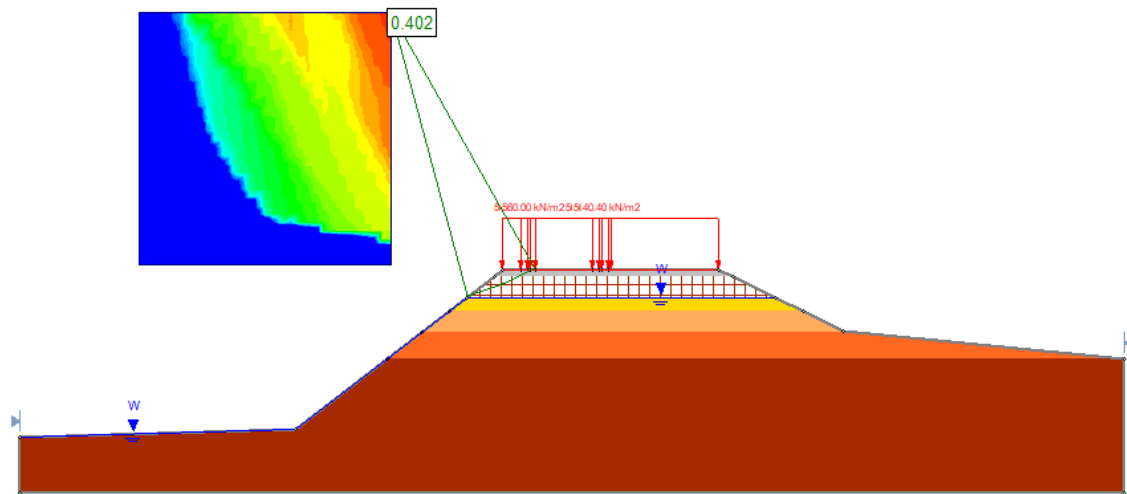
Tipo de sitio	Zona II	Zona III	Zona IV
$S_1$	0,15	0,15	0,20
$S_2$	0,15	0,20	0,20
$S_3$	0,15	0,20	0,25
$S_4$	0,15	0,20	0,25

De esta forma, en un análisis de la condición estática para la consideración de riesgo de pérdida de vida bajo y con un riesgo de daños económicos que se encuentra entre bajo y alto, los factores de seguridad (FS) mínimos aceptables deben estar entre 1,2 – 1,4. En el caso de análisis pseudoestático, para la ubicación del terreno, CGTLCR establece que para taludes permanentes se use coeficiente pseudoestático de 0,20, y por lo tanto los factores de seguridad (FS) mínimos aceptables deben estar entre 1,0 – 1,05.

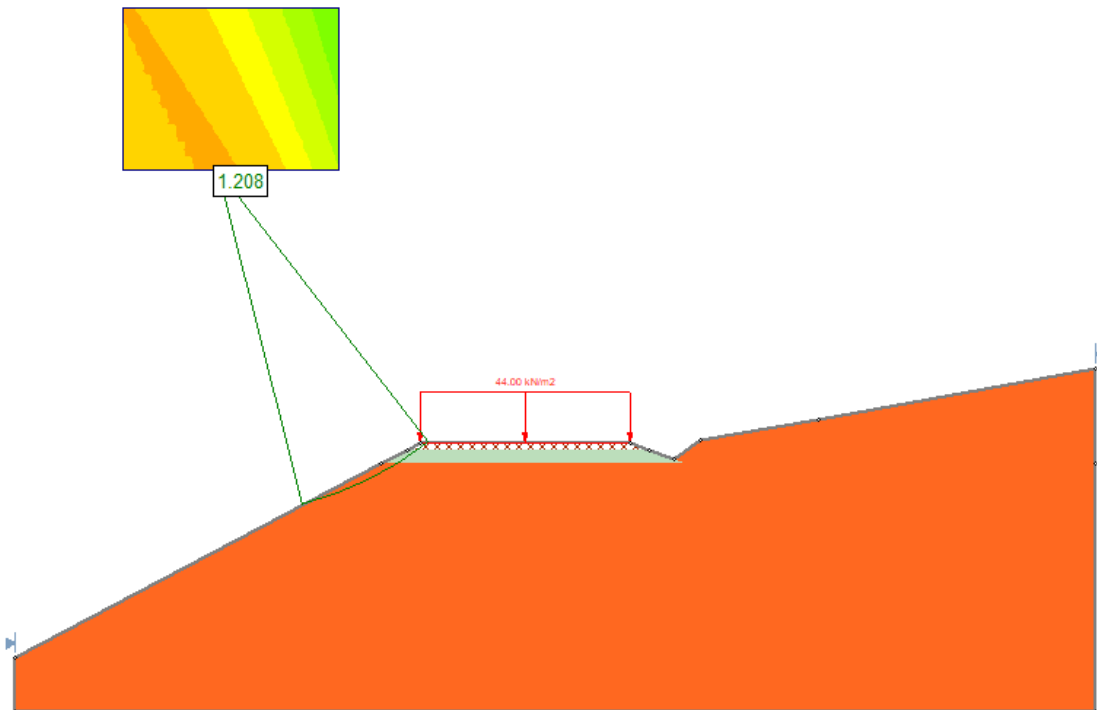
En las Figuras 35, 36, 37 y 38 se presentan los resultados obtenidos del Factor de Seguridad (FS) de las modelaciones y las líneas de falla para los dos primeros escenarios modelados. De esta manera, como se observa en la Figura 36(a), en el estacionamiento 11+700, se presenta el FS más bajo (1,208), valor muy próximo al mínimo recomendado por el CGTLCR para la condición estática, indicando la necesidad de atención en esta sección de la carretera.



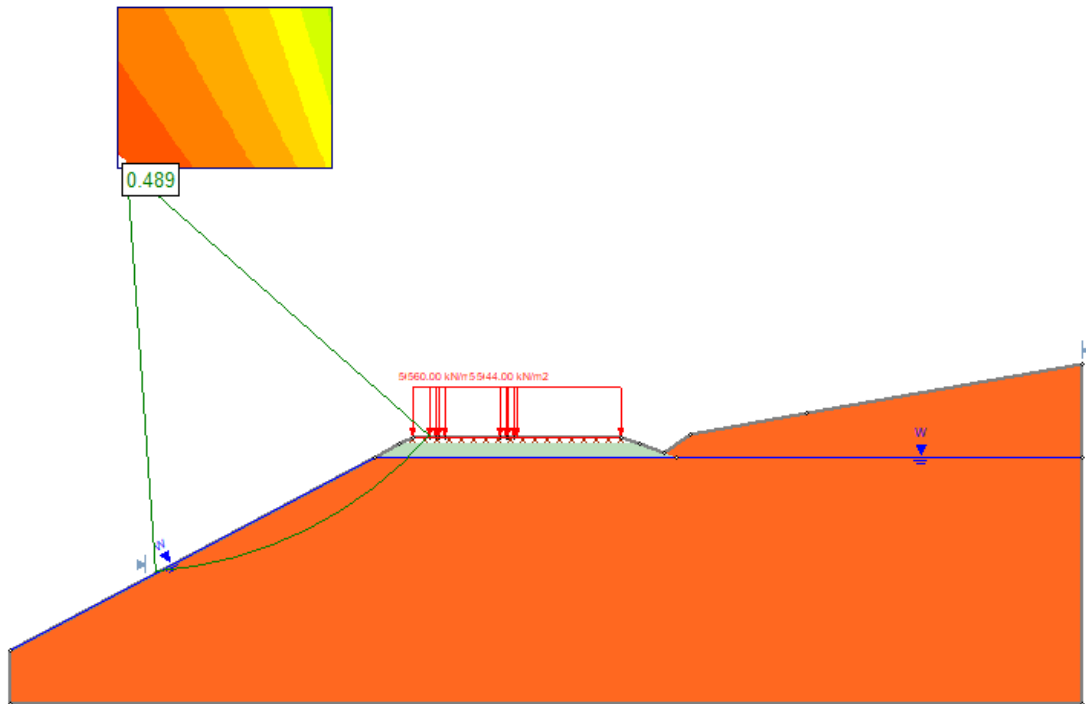
(a) Escenario 1: peso propio de los materiales



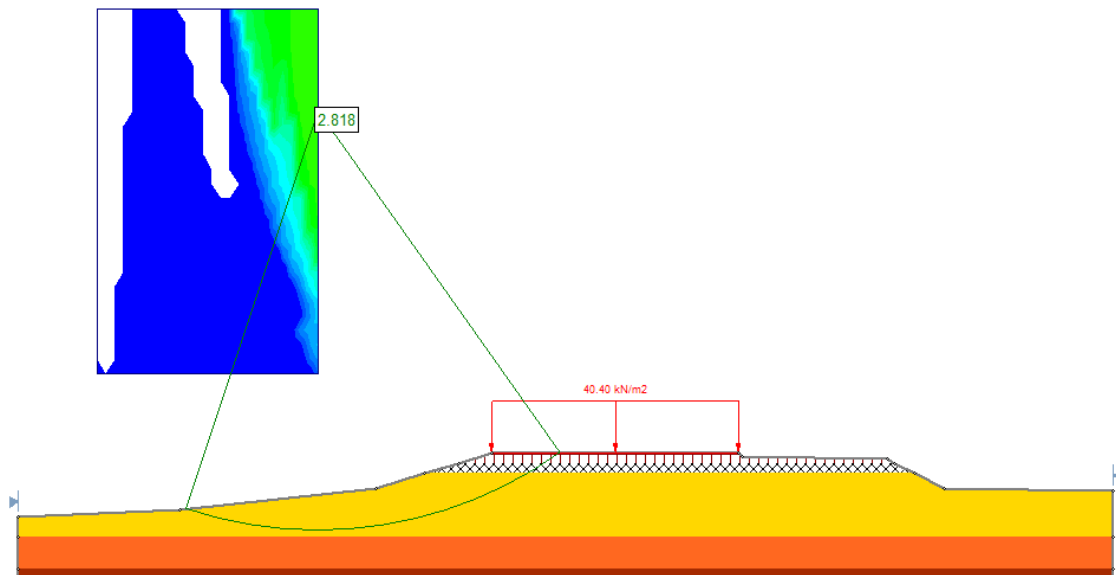
(b) Escenario 2: condición saturada de las capas inferiores y el peso del eje de diseño  
Figura 35: Resultados de las modelaciones realizadas para el estacionamiento 5+400



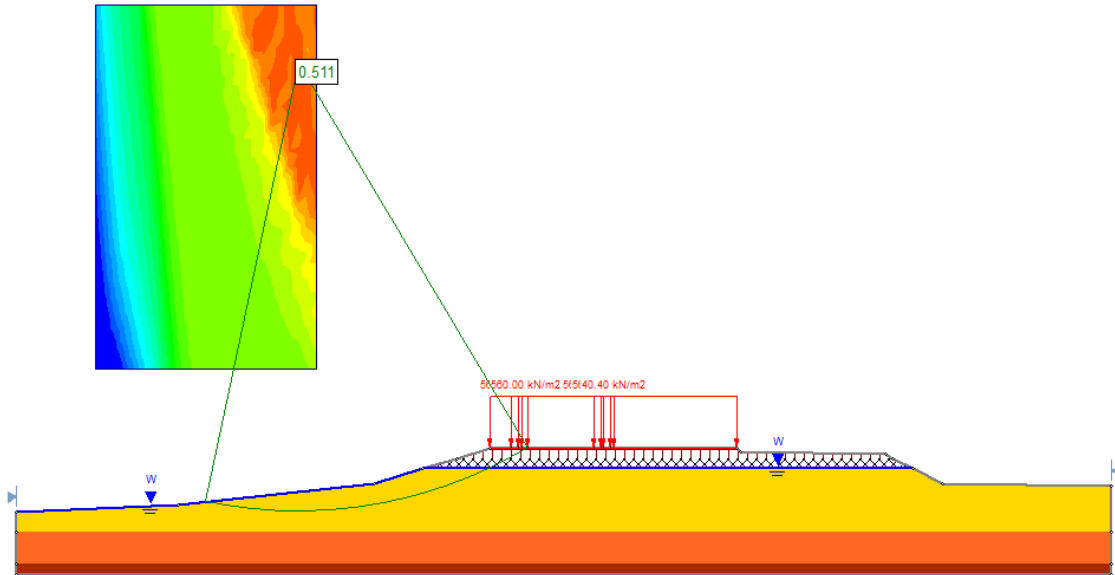
(a) Escenario 1: peso propio de los materiales



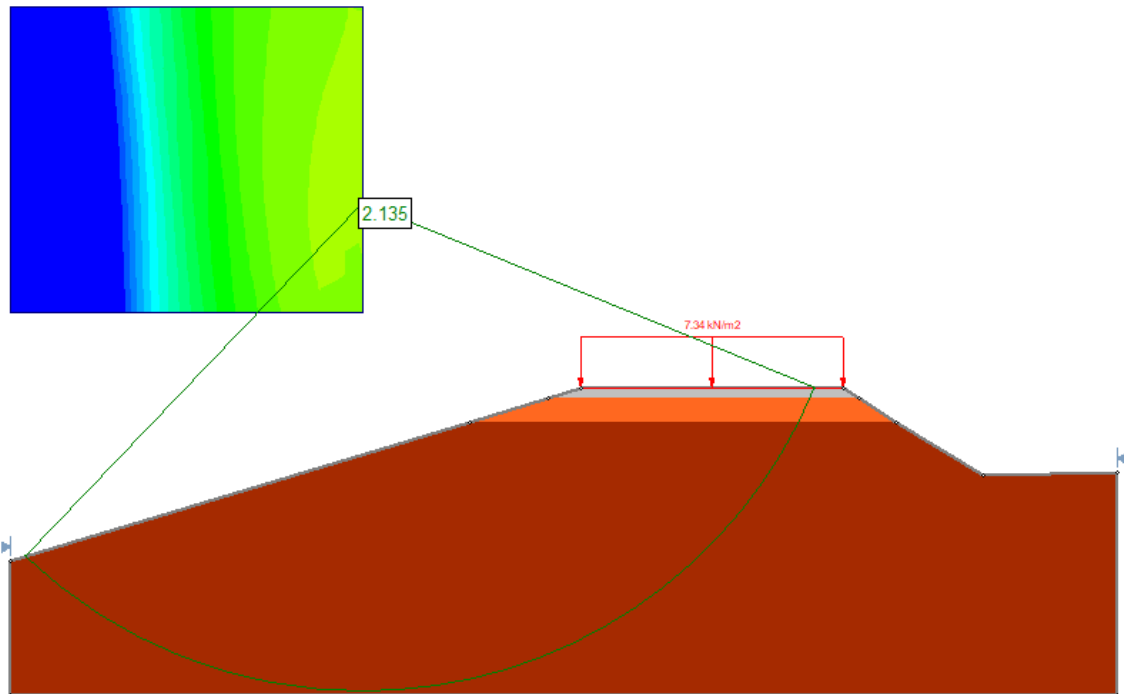
(b) Escenario 2: condición saturada de las capas inferiores y el peso del eje de diseño  
Figura 36: Resultados de las modelaciones realizadas para el estacionamiento 11+700



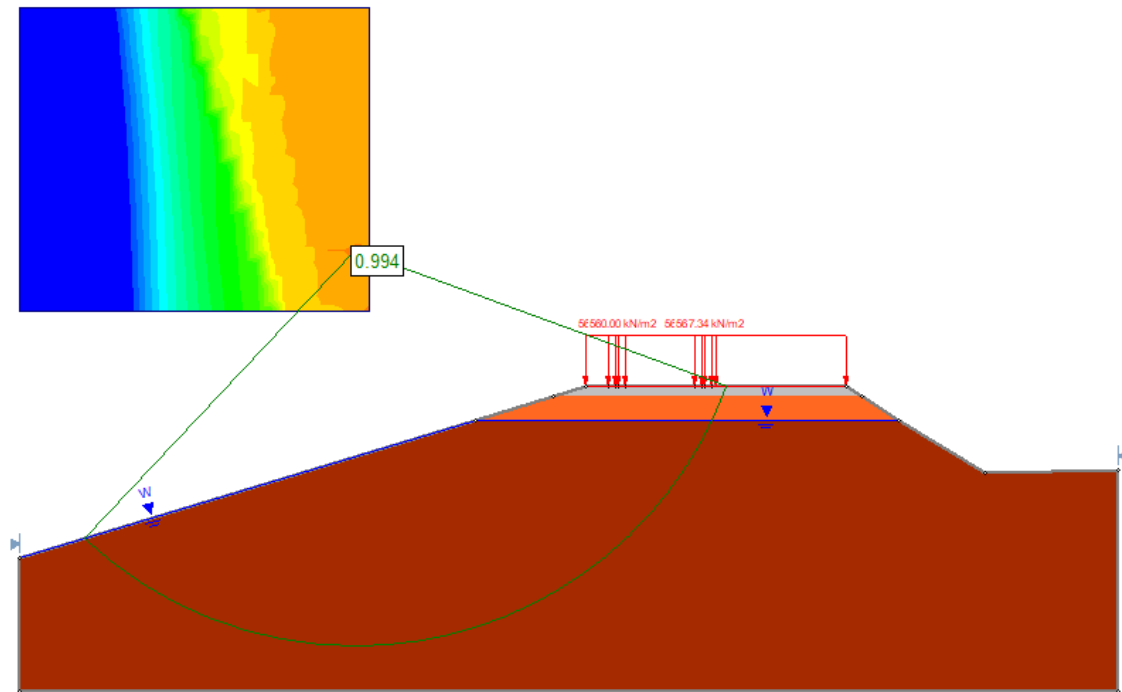
(a) Escenario 1: peso propio de los materiales



(b) Escenario 2: condición saturada de las capas inferiores y el peso del eje de diseño  
Figura 37: Resultados de las modelaciones realizadas para el estacionamiento 17+600



(a) Escenario 1: peso propio de los materiales



(b) Escenario 2: condición saturada de las capas inferiores y el peso del eje de diseño

Figura 38: Resultados de las modelaciones realizadas para el estacionamiento 21+000

En la [Tabla 10](#) se presenta un resumen de los Factores de Seguridad obtenidos para todas las modelaciones realizadas. Como se puede observar, hubo una reducción de los FS entre el escenario 1 (condición estática que considera el peso propio de los materiales), y el escenario 3 (en el cual se considera el coeficiente pseudoestático). En general, para los escenarios 1 y 3, en todos los casos los FS obtenidos cumplen los valores mínimos recomendados por el CGTLCR, a excepción del estacionamiento 11+700 en el cual puede darse una falla de estabilidad del talud

Tabla 10: *Factores de Seguridad obtenidos para diferentes escenarios*

Estacionamiento	Factor de Seguridad (FS)		
	Cond. estática (peso propio materiales)	Cond. saturada y el eje de diseño	Cond. pseudoestática
5+700	1,813	0,402	1,526
11+700	1,208	0,489	0,875
17+600	2,818	0,511	1,868
21+000	2,135	0,994	1,200



Como se puede observar en la [Tabla 10](#) y en las figuras, cuando se modela el segundo escenario, o sea, cuando se considera la condición saturada de las capas inferiores y el peso del eje de diseño de los vehículos, se produce la falla de la estructura del pavimento ( $FS < 1,0$ ) y en general, esta línea de falla coincide con la ubicación de las grietas en las losas evaluadas en campo. Esto indica que es necesario tomar medidas para mejorar la estabilidad de los taludes de los terraplenes de la estructura del pavimento, con la finalidad de garantizar la capacidad de soporte ante las condiciones de humedad y cargas impuestas por los vehículos.

#### 4. Inversión en mantenimiento realizado en la ruta

Con base en el Sistema Integral de Gestión de Proyectos (*SIGEPRO*), fue posible obtener por año y ruta, el total de inversión en actividades de mantenimiento y/o puntuales que la Administración realizó para un tramo de ruta en específico. A partir de esta información en la *UGERVN* del LanammeUCR, se procesaron la totalidad de dichos datos, para obtener información sobre las actividades realizadas en un periodo específico y contrastarlo con las necesidades actuales de una ruta, esto según la Nota de Calidad obtenida, a partir de los resultados de distintos indicadores técnicos de evaluación.

Desde el año 2011, el total de inversión en actividades de mantenimiento para la totalidad del tramo Limonal – Tempisque, es de aproximadamente 1.554 millones de colones. El desglose por año, se muestra en la [Tabla 11](#) y [Figura 39](#).

Tabla 11: *Total de inversión en mantenimiento, por año*

Año	Inversión (millones de colones)		
	Sección concreto	Sección asfalto	Total
2011	₡72,9	₡3,6	₡76,5
2012	₡16,9	₡36,7	₡53,6
2013	₡42,8	₡28,9	₡71,6
2014	₡368,2	₡261,9	₡630,2
2015	₡125,8	₡133,4	₡259,2
2016	₡273,0	₡48,9	₡322,0
2017	₡56,4	₡13,7	₡70,1
2018	₡29,1	₡13,5	₡42,6
2019	₡23,5	₡4,7	₡28,2
<b>Totales</b>	<b>₡1.008,6</b>	<b>₡545,3</b>	<b>₡1.553,9</b>



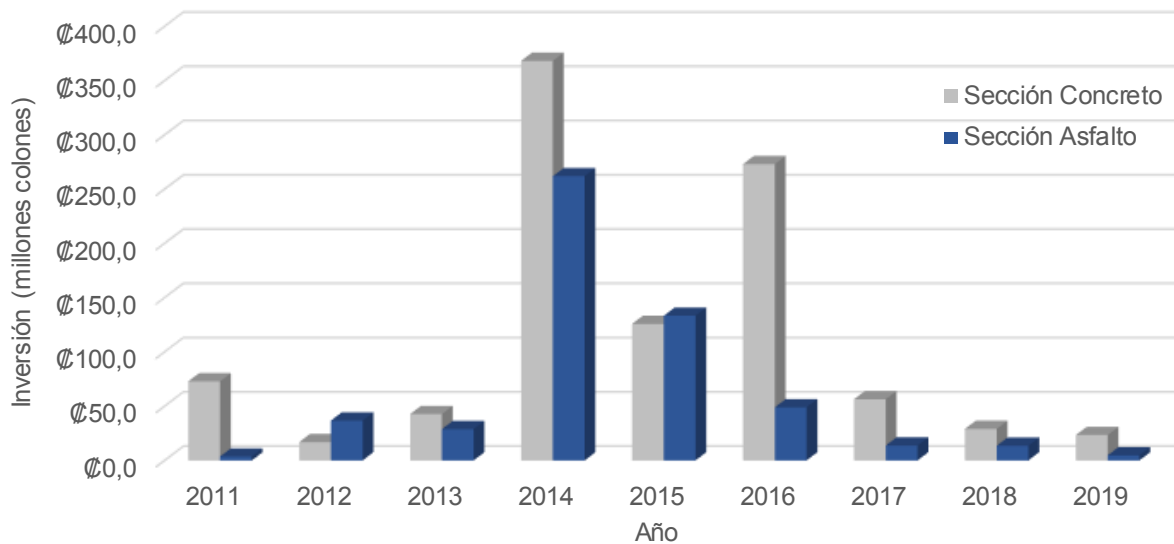


Figura 39: Desglose de la inversión realizada, según la superficie de la ruta.

El año 2014 destaca como el año donde se realizó la mayor inversión, tanto para el segmento en concreto (con 368 millones de colones) como para la sección de pavimento asfáltico (262 millones de colones). Tanto en los primeros 3 años de este registro, como en los últimos 3, la inversión ha sido menor, con un promedio de menos de 60 millones de colones anual. En general, se puede observar también que la inversión en mantenimiento de la sección en concreto, prácticamente duplica la realizada a la sección de pavimento asfáltico (como dato adicional, la longitud en concreto es poco más del doble de la longitud asfaltada).

Sin importar el tipo de superficie de la calzada, cada ruta presenta una serie de actividades de mantenimiento comunes, tales como la chapea del derecho de vía, la reposición de elementos de seguridad vial, la limpieza de sus distintos componentes, etc. A su vez, según el tipo de superficie, existen actividades específicas de mantenimiento, tales como la limpieza y sellado de juntas entre losas para calzadas en concreto, actividad que no se realiza en aquellas conformadas por mezcla asfáltica.

Para el segmento en concreto, el desglose de actividades se muestra tanto en la [Tabla 12](#) y [Figura 40](#).



Tabla 12: *Desglose de actividades de mantenimiento, segmento en concreto, para el periodo evaluado (2011 – 2019)*

Actividad	Inversión (millones)
Pavimento bituminoso en caliente	€134,5
Ruteo y sellado de grietas	€105,6
Cemento hidráulico	€102,1
Material de préstamo	€96,5
Suministro y colocación de concreto de MR 45 kg/cm <sup>2</sup>	€91,4
Suministro, colocación compactación base agregado Graduación B	€86,4
Chapea derecho de vía	€85,2
Sellado de juntas y grietas	€41,4
Reacondicionamiento de la calzada	€37,9
Suministro, colocación compactación sub-base granular, Graduación B	€32,2
Concreto estructural clase x de 180 kg/cm <sup>2</sup>	€30,6
Demolición de losas	€22,2
Perfilado de pavimentos	€16,5
Limpieza de canales	€15,7
Excavación para estructuras	€15,7
Descuaje de árboles por hora	€12,0
Emulsión asfáltica para imprimación	€12,0
Suministro y colocación de acero para dovelas y barras de sujeción	€9,8
Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	€9,1
Cuneta de concreto de cemento hidráulico	€8,6
Conformación de cunetas y espaldones	€6,9
Bacheo con mezcla asfáltica en caliente	€6,7
Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	€5,8
Recolección de basura	€5,3
Material de secado	€4,8
Suministro de roca de río	€3,3
Excavación común	€2,0
Bacheo de urgencia	€2,0
Brigada de limpieza de puentes	€1,8
Sellado de juntas para losas reconstruidas	€1,8
Acero estructural grado 40	€1,3
Remoción de derrumbes	€1,2
Trabajo a costo más porcentaje	€0,2
<b>Total general</b>	<b>€1.008,6</b>

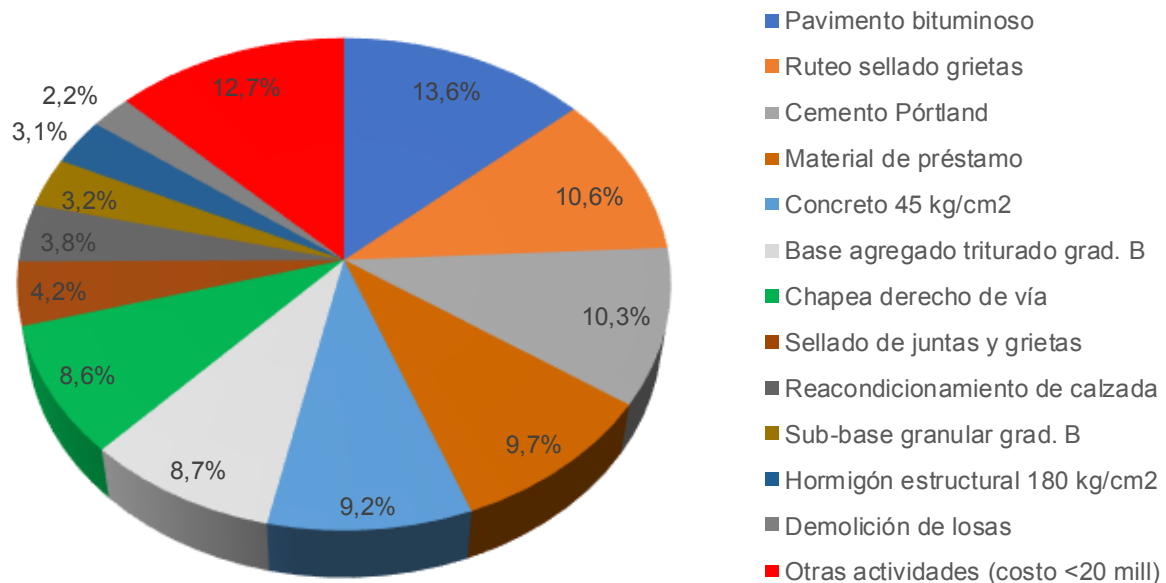


Figura 40: Desglose de la inversión realizada, por actividades, para el segmento en concreto, periodo 2011 – 2019.

Para el segmento en concreto, 70% de la inversión se concentra en 7 actividades (colocación de pavimento bituminoso, ruteo y sellado de grietas, colocación de cemento hidráulico, colocación de material de préstamo, colocación de concreto de 45 kg/cm<sup>2</sup>, colocación de base de agregado triturado y chapea del derecho de vía). Destaca el hecho que, siendo una estructura en concreto, el ítem que presenta la mayor inversión relativa sea la colocación de pavimento bituminoso. Además, a pesar de que en varios sitios de este segmento existen losas candidatas a sustitución total debido al nivel de deterioros que presentan, el ítem de “demolición de losas” representa apenas un 2,2% de la inversión total.

Para el segmento en asfalto, el desglose de actividades se muestra a su vez en la [Tabla 13](#) y [Figura 41](#).

Tabla 13: *Desglose de actividades de mantenimiento, segmento en asfalto, para el periodo evaluado (2011 – 2019)*

Actividad	Inversión (millones)
Pavimento bituminoso en caliente	∅203,4
Concreto estructural clase x de 180 kg/cm <sup>2</sup>	∅66,5
Suministro, colocación compactación base agregado Graduación B	∅55,4
Ruteo y sellado de grietas	∅45,7
Bacheo con mezcla asfáltica en caliente	∅42,9
Chapea derecho de vía	∅28,2
Concreto estructural clase A de 225 kg/cm <sup>2</sup>	∅19,4
Informe LM –IC–D–0829 –2020	Setiembre, 2020
Página 59 de 96	



Actividad	Inversión (millones)
Material de préstamo	€13,6
Brigada de limpieza de puentes	€12,0
Captaluces 2 Caras Amarillas	€10,4
Limpieza de canales	€6,3
Excavación para estructuras	€5,6
Línea borde izquierda (continua)	€5,3
Línea doble continua	€5,2
Línea borde derecha (continua)	€5,1
Descueaje de árboles por hora	€3,5
Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	€3,3
Recolección de basura	€3,2
Captaluces 2 Caras Roja	€2,7
Línea simple continua	€1,6
Línea simple discontinua	€1,5
Isla de Canalización Amarilla	€0,8
Letreros de Velocidad de KPH	€0,8
Flechas	€0,7
Sellado de juntas para losas reconstruidas	€0,7
Bacheo de urgencia	€0,5
Isla de Canalización Blanca	€0,3
Reparación de baranda de concreto	€0,2
Limpieza de cunetas revestidas de manera manual	€0,2
Letreros de Ceda	€0,1
Línea de carril derecha (blanca discontinua)	€0,1
Letreros de Alto	€0,1
Línea de carril izquierda (blanca discontinua)	€0,1
<b>Total general</b>	<b>€545,3</b>

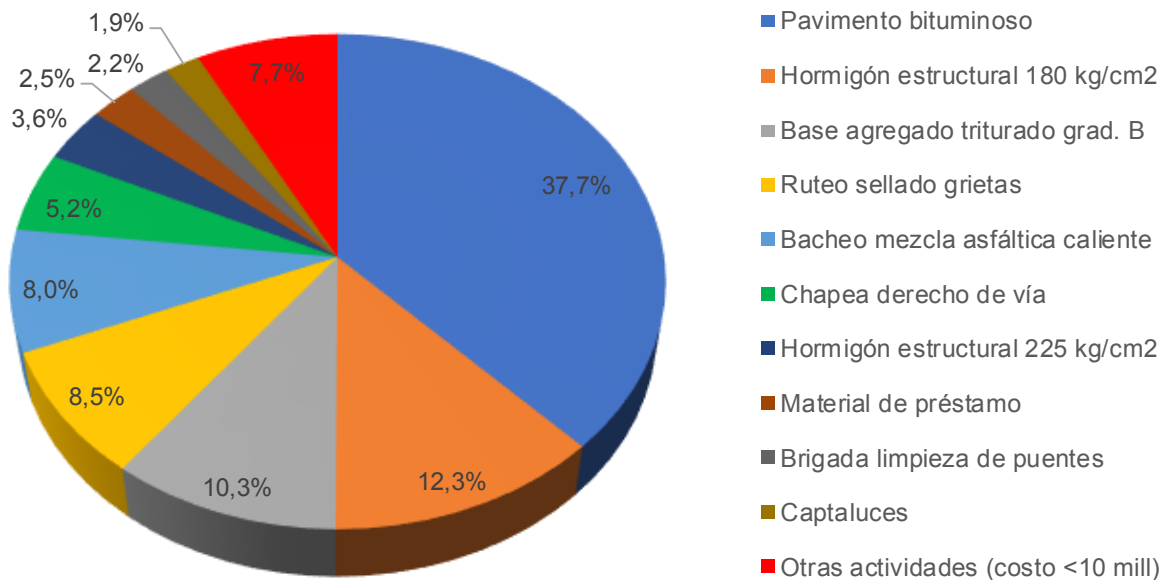




Figura 41: Desglose de la inversión realizada, por actividades, para el segmento en asfalto, periodo 2011 – 2019.

Para este segmento, tres cuartas partes de la inversión se concentran en 5 actividades (colocación de pavimento bituminoso, colocación de concreto estructural de 17,65 MPa (180 kg/cm<sup>2</sup>), colocación de base de agregado triturado, ruteo y sellado de grietas y bacheo). De nuevo, la colocación de pavimento bituminoso es la actividad con la mayor inversión relativa.

## 5. Conclusiones

En términos generales el corredor denominado Limonal-Tempisque presenta una configuración de pavimento de tipo "mixta", es decir, se encuentra compuesta tanto por una sección de pavimento rígido como por una sección de pavimento flexible. Dada esta circunstancia, luego de la vida de servicio del corredor, los estándares, el análisis de condición superficial, la capacidad remanente y las respuestas estructurales y funcionales deben analizarse y ponderarse de forma separada. Así mismo, para cualquier decisión de intervención incluyendo la que está considerando el MOPT, que según indica el oficio DM-2020-2238, es "diseño+construcción+ mantenimiento por 5 años", debe considerar tanto la complejidad inherente al proyecto, por tratarse de dos tipos distintos de pavimento, como los resultados obtenidos en este informe.

El proyecto como un todo se caracteriza por mostrar heterogeneidad en cuanto a su condición, mostrando sectores con buenas condiciones funcionales, estructurales y de deterioro superficial y otros en una condición que le cataloga como sujeto a intervenciones mayores de tipo reconstrucción o rehabilitación, lo cual podría implicar un reto técnico desde la perspectiva de un modelo de reconstrucción y mantenimiento por estándares y desde la necesidad de optimizar los recursos.

Otro aspecto importante a considerar es el entorno del proyecto donde se detectan importantes zonas propensas a inundación y graves patologías geotécnicas que, junto con las deficiencias constructivas detectadas, generan vulnerabilidades importantes en la estructura del pavimento. La falta de adecuados sistemas de drenaje, protecciones laterales, falta de confinamiento de las estructuras del pavimento han contribuido a acelerar e incrementar los deterioros, por lo que es sumamente recomendado corregir estas deficiencias en futuros proyectos para no reconstruir las vulnerabilidades detectadas, así mismo, las respuestas de la estructura del pavimento rígido a los factores externos presentes en este corredor ha sido muy distinta a las de un pavimento flexible condición que también debe ser tomada en cuenta en futuros contratos.



## 5.1. Conclusiones específicas

### 5.1.1. Sobre el tramo en pavimento rígido

Los parámetros evaluados en este tramo del corredor (19,3 km) muestran la gran heterogeneidad mencionada. Se realizaron análisis de respuesta estructural, condición funcional y se complementaron con análisis de condición superficial. Aunque el pavimento rígido de esta sección no muestra gran presencia de Faulting si es muy evidente una condición funcional deficiente con valores de IRI muy altos en casi todo el tramo, así mismo, la presencia de agrietamientos, losas divididas y desprendimientos de agregados denotan condiciones superficiales de un pavimento que ya ha cumplido su vida útil en muchos de sus tramos, concentrándose la peor condición entre los estacionamientos 11+000 a 12+000, y 17+000 a 18+000, así como en muchos otros sectores a lo del todo el tramo.

### 5.1.2. Sobre el tramo en pavimento flexible

El tramo de pavimento flexible (9,3 km) los análisis estructurales, funcionales y de condición superficial muestra un pavimento en buenas condiciones, con una capacidad de servicio aún significativa, candidato en varios sectores a intervenciones de bajo costo tipo "tratamiento de preservación". Sin embargo, la presencia de agrietamientos longitudinales en otros sectores del tramo es una clara evidencia de problemas de pérdida de estabilidad en los rellenos o capas subyacentes del pavimento, por lo que se requeriría de corrección de defectos constructivos, así como labores de estabilización del relleno, mejora o construcción de sistemas de drenaje y actividades tendientes a mejorar al confinamiento de la estructura del pavimento.

### 5.1.3. Sobre la inversión realizada

Analizando los datos de las inversiones realizadas desde el año 2011, tanto para el tramo de pavimento rígido como para el tramo de pavimento flexible predominan actividades de mantenimiento periódico y rutinario. Estas intervenciones tienen una mayor efectividad y se consideran inversiones eficientes en pavimentos que muestran características estructurales, funcionales y de deterioro superficial dentro de la ventana de operación denominada mantenimiento. Dados los resultados obtenidos y la heterogeneidad encontrada en los pavimentos estas actividades tendrían una razonabilidad técnica en los sectores que se mantengan dentro de la ventana de operación mencionada, sin embargo, existen muchas secciones, claramente identificadas que han superado esta ventana de operación por lo que continuar con intervenciones de este tipo se consideran inversiones ineficientes que ponen en riesgo la inversión y no lograrán recuperar el valor patrimonial del



pavimento, a menos que una estrategia de gestión de largo plazo las justifique. Ejemplo de ello es la gran cantidad de mezcla asfáltica colocada años atrás, para dar “mantenimiento al pavimento rígido”, siendo esta práctica inviable al ser pavimentos de respuesta diferentes desde la manera de distribuir los esfuerzos de cargas de tránsito que reciben hasta la diferencia de rigideces de ambos materiales, concreto hidráulico en relación con mezcla asfáltica.

Si bien es cierto, las inversiones realizadas en la sección de pavimento flexible si han demostrado algún grado de efectividad, los deterioros encontrados producto de la pérdida de estabilidad lateral y falta de confinamiento no podrán ser corregidas de forma efectiva con actividades de mantenimiento como las utilizadas, adicionalmente se podría valorar la incorporación de tratamientos de preservación dentro de las posibilidades ya que constituyen actividades de bajo costo muy eficientes para pavimentos en buena condición estructural y que al mismo tiempo logran mejorar la condición funcional en aquellos tramos que si lo requieren.

#### 5.1.4. Sobre los aspectos geotécnicos evaluados

Durante la evaluación realizada, fue posible constatar la presencia de mucha vegetación en los bordes de la estructura del pavimento que pueden formar barreras al drenaje superficial del agua que facilitan la infiltración de ésta dentro de la estructura del pavimento por las grietas y/o juntas de la superficie de ruedo.

Adicionalmente, fue posible observar que la sección transversal del pavimento carece de espaldones recubiertos, lo que facilita la infiltración lateral del agua dentro de la estructura, lo que puede generar una disminución de la capacidad de soporte de las capas granulares y suelos del pavimento.

Se observaron deficiencias o la falta de actividades de limpieza, mantenimiento y conservación de las estructuras de drenaje superficial y subsuperficial de la estructura del pavimento, lo cual puede atentar con el buen funcionamiento y operatividad de las condiciones de ruedo de estructura del pavimento evaluado.

Fue posible constatar que el agua libre en el interior de la estructura afecta la resistencia de los materiales, y que por lo tanto su remoción por medio de flujos verticales o lateral con drenajes subsuperficiales debe ser parte integrante del proceso de diseño del pavimento para garantizar el aumento de la vida útil de la estructura del pavimento.

Fue posible identificar fallas producidas por agentes erosivos (e.g. lluvia, escurrimiento superficial, viento) sobre los materiales que componen los taludes, las cuales se manifiestan en irregularidades y surcos dejados por la escorrentía en la superficie de los taludes, condición que si no es atendida a tiempo puede repercutir en la formación de cárcavas o la falla del talud.

Se pudo constatar la susceptibilidad de deslizamiento en algunos taludes de la carretera, situación que pone en riesgo la seguridad de los usuarios de la carretera y compromete la operatividad de la misma ante eventos naturales como lo son las lluvias intensas.



## 6. Recomendaciones generales

A continuación, son dadas algunas recomendaciones generales que la Administración puede considerar para reducir el impacto de los aspectos geotécnicos observados en este proyecto. Sin embargo, cabe a la Administración decidir cuáles son las recomendaciones más adecuadas, conforme a un análisis geológico-geotécnico que sustente de forma técnica la solución final.

1. Considerar la construcción de espaldones revestidos junto a la superficie de ruedo del pavimento, con la finalidad de mejorar la seguridad de los usuarios de la carretera y, especialmente, para construir una barrera impermeable que evite o disminuya la infiltración lateral del agua dentro de la estructura del pavimento.
2. Evaluar las pendientes a utilizarse en los taludes y terraplenes, bajo condiciones estáticas, dinámicas, secas y saturadas, considerando la condición crítica que puedan presentarse en los materiales durante la vida útil, a fin de determinar las inclinaciones que sean, como máximo, la correspondiente al ángulo de fricción interno del material que lo compone.
3. Mejorar los sistemas de captación y control de agua de aguas subterráneas y superficiales, para evitar la saturación de los suelos de taludes y terraplenes; condición que corresponde a bajas capacidades de soporte y baja resistencia al corte. Estos sistemas deben ser complementados con sistemas de evacuación de agua adecuados que no pongan en riesgo la estabilidad de otras estructuras que componen la estructura del pavimento, como pueden ser los taludes en relleno-
4. Determinar los lugares donde se deben construir contracunetas, las cuales deben estar debidamente revestidas para evitar la saturación de los taludes o terraplenes. Las contracunetas deben contar con una pendiente adecuada que permitan el drenaje eficiente y eficaz del agua.
5. Implantar un sistema de mantenimiento de limpieza y mantenimiento de los sistemas de drenaje que incluya: las cunetas, contracunetas, subdrenaje o drenaje subsuperficial, drenaje superficial, entre otros.
6. Considerar el uso de sistemas de protección y estabilización para los taludes, entre las cuales se pueden mencionar: movimientos de tierra, inclusión de bermas, colocación de rellenos al pie y escolleras, colocación de muro de contención, drenajes y revestimientos a partir de una evaluación geotécnica minuciosa.





## 7. Referencias

- Asociación Costarricense de Geotecnia. (2009). Código de Cimentaciones de Costa Rica. Comisión Código de Cimentaciones de Costa Rica. Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago. Costa Rica.
- Asociación Costarricense de Geotecnia. (2016). Código Geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica. Comité Técnico del Código de Cimentaciones de Costa Rica. Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago. Costa Rica.
- Bogantes, R.; Laporte, G.; Quesada, C.; Vásquez, A. (2002). Zonificación geotécnica general de Costa Rica considerando elementos edáficos y climáticos. San José, Costa Rica.
- Cedergren, H.R. (1974). Drainage of highway and arifield pavements. John Wiley & Sons. New York. Estados Unidos.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (2011). Código Sísmico de Costa Rica 2010. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago. Costa Rica.
- Denyer, P.; Kussmaul, S. (2000). Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago. Costa Rica.
- Denyer, P.; Aguilar, T.; Montero, W. (2018). Mapa geológico de la Hoja Abangares (3146-I). Ministerio de Ambiente y Energía. Dirección de Geología y Minas. Universidad de Costa Rica. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas. San Jose, Costa Rica.
- Esquivel, A.C. (2012). Uso del suelo, actividades productivas agropecuarias a nivel cantonal y el potencial de conectividad ecológica entre Áreas Protegidas de Costa Rica. Tesis para obtener el grado de Magister Scientiae en Socioeconomía Ambiental. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- Orozco, E. (2007). Zonifiacación climática de Costa Rica para la Gestión de Infraestructura Vial. Informe de Proyecto de Graduación para obtener el grado de Licenciado en Ingeniería Civil. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Sierra, R.; Cambronero, A.; Vega, E. (2016). Patrones y factores de cambio de la cobertura forestal natural de Costa Rica, 1987-2013. Preparado para el Gobierno de Costa Rica bajo el Fondo Cooperativo para el Carbono de lo Bosques (FCPF).
- Suzuki, C.Y.; Azevedo, A.M.; Júnior, F.I.K. (2013). Drenagem subsuperficial de pavimentos. Oficina de Textos. São Paulo – SP. Brasil.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## Apéndice I: Cálculo PCI



## PAVIMENTO RÍGIDO

UNIDAD DE MUESTREO		1									
UNIDAD REAL		3									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G.Lineal	B	4	20	10	15						
Daño en el sello	B	-	-	2	10						
Fracturas de junta	B	1	5	2	10	8,8061224	q	3	39	25	<b>74</b>
Pulimiento	-	20	100	10	2			2	31	26	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						

UNIDAD DE MUESTREO		2									
UNIDAD REAL		7									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
Daño en el sello	B	-	-	2	15			2	27	23	
Pulimiento		20	100	10	10	8,8061224	q	1	19	19	<b>77</b>
Desprendimiento		20	100	15	2						

UNIDAD DE MUESTREO		3									
UNIDAD REAL		11									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	4	20	10	15			4	46	26	
G. Lineal	M	2	10	9	10			3	39	25	
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,8061224	q	2	31	26	<b>74</b>
Pulimiento	-	20	100	10	9			1	23	23	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						

UNIDAD DE MUESTREO		4									
UNIDAD REAL		15									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	1	5	3	15			4	35	20	
G. Lineal	M	1	5	5	10			3	34	22	
Daño en el sello	B	-	-	2	5	8,8061224	q	2	31	26	<b>74</b>
Pulimiento	-	20	100	10	3			1	23	23	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						

UNIDAD DE MUESTREO		5									
UNIDAD REAL		19									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	1	5	3	15			3	30	20	
Daño en el sello	B	-	-	2	10			2	29	24	
Pulimiento	-	20	100	10	3	8,8061224	q	1	21	21	<b>76</b>
Desprendimiento	-	20	100	15	2						



UNIDAD DE MUESTREO		6									
UNIDAD REAL		23									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	2	10	4	25		5	74	40		
G. Lineal	M	5	25	18	18		4	72	42		
G. Lineal	A	3	15	25	15		3	64	42		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	7,8877551	q	2	51	40	<b>58</b>
Pulimiento	-	18	90	10	4		1	35	35		
Desprendimiento	-	18	90	15	2						

UNIDAD DE MUESTREO		7									
UNIDAD REAL		27									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	M	3	15	12	25		4	64	37		
G. Lineal	A	3	15	25	15		3	56	36		
Daño en el sello	B	-	-	2	12	7,8877551	q	2	46	36	<b>63</b>
Pulimiento	-	20	100	10	10		1	33	33		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						

UNIDAD DE MUESTREO		8									
UNIDAD REAL		31									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	3	15	8	15		4	47	27		
G. Lineal	M	3	15	12	12		3	41	26		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,8061224	q	2	33	28	<b>72</b>
Pulimiento	-	20	100	10	8		1	23	23		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						

UNIDAD DE MUESTREO		9									
UNIDAD REAL		35									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	3	15	8	15		4	59	34		
G. Lineal	M	4	20	15	15		3	53	34		
Daño en el sello	B	-	-	2	19	8,8061224	q	2	36	30	<b>66</b>
Pulimiento	-	20	100	10	8		1	23	23		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						

UNIDAD DE MUESTREO		10									
UNIDAD REAL		39									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	1	5	3	15		4	40	23		
G. Lineal	A	1	5	10	10		3	39	25		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,8061224	q	2	31	26	<b>74</b>
Pulimiento	-	20	100	10	3		1	23	23		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						



UNIDAD DE MUESTREO											
UNIDAD REAL											
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	3	15	8	15			47	27		
G. Lineal	M	3	15	12	12			41	26		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,8061224	q	33	28		<b>72</b>
Pulimiento	-	20	100	10	8			23	23		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO											
UNIDAD REAL											
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	8	40	18	18			50	29		
G. Lineal	M	1	5	5	15			47	30		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,5306122	q	39	32		<b>68</b>
Pulimiento	-	20	100	10	5			26	26		
Desprendimiento	-	18	90	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO											
UNIDAD REAL											
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	5	25	11	15			38	24		
Daño en el sello	B	-	-	2	11	8,8061224	q	30	25		<b>75</b>
Pulimiento	-	20	100	10	10			21	21		
Desprendimiento	-	17	85	15	2						

UNIDAD DE MUESTREO											
UNIDAD REAL											
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	6	30	14	15			41	26		
Daño en el sello	B	-	-	2	14			33	28		
Pulimiento	-	20	100	10	10	8,8061224	q	21	21		<b>72</b>
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO											
UNIDAD REAL											
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	6	30	14	30			91	48		
G. Lineal	M	6	30	20	20			83	47		
G. Lineal	A	4	20	30	15			71	45		
Daño en el sello	B	-	-	2	14	7,4285714	q	58	44		<b>52</b>
Pulimiento	-	20	100	10	10			40	40		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								



UNIDAD DE MUESTREO												16
UNIDAD REAL												63
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección	
G. Lineal	B	5	25	11	15			63	34			
G. Lineal	M	4	20	15	15			55	32			
G. Lineal	A	1	5	10	11			47	30			
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,8061224	q	38	32		<b>66</b>	
Pulimiento	-	20	100	10	10			25	25			
Desprendimiento	-	20	100	15	2							
			0									

UNIDAD DE MUESTREO												17
UNIDAD REAL												67
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección	
Pulimiento	-	20	100	10	15			37	24			
Desprendimiento	-	20	100	15	10			29	24			
Fracturas de junta	M	1	5	2	10	8,8061224	q	21	21		<b>76</b>	
Fracturas de junta	A	1	5	10	2							
			0									

UNIDAD DE MUESTREO												18
UNIDAD REAL												71
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección	
Pulimiento	-	20	100	10	15			27	23			
Desprendimiento	-	20	100	15	10			19	19			
Daño en el sello	B	-	-	2	2	8,8061224	q				<b>77</b>	
			0									

UNIDAD DE MUESTREO												19
UNIDAD REAL												75
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección	
Pulimiento	-	20	100	10	15			29	24			
Desprendimiento	-	20	100	15	10			21	21			
Fracturas de junta	M	1	5	2	2	8,8061224	q				<b>76</b>	
Daño en el sello	B	-	-	2	2							
			0									

UNIDAD DE MUESTREO												20
UNIDAD REAL												79
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	len De:	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección	
G. Lineal	B	3	15	8	15			35	25			
Daño en el sello	B	-	-	2	10			29	24			
Pulimiento	-	20	100	10	8	8,8061224	q	21	21		<b>75</b>	
Desprendimiento	-	20	100	15	2							
			0									



UNIDAD DE MUESTREO		21									
UNIDAD REAL		83									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G.Lineal	M	2	10	9	15			46	26		
G.Lineal	A	1	5	10	10			39	25		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,8061224	q	31	26	<b>74</b>	
Pulimientto	-	20	100	10	9			23	23		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		22									
UNIDAD REAL		87									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
Daño en el sello	B	-	-	2	15			27	23		
Pulimientto	-	20	100	10	10	8,8061224	q	19	19	<b>77</b>	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		23									
UNIDAD REAL		91									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G.Esquina	M	1	5	8	15			40	23		
G.Lineal	M	1	5	5	10			37	24		
Daño en el sello	B	-	-	2	8	8,8061224	q	31	26	<b>74</b>	
Pulimientto	-	20	100	10	5			23	23		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		24									
UNIDAD REAL		95									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G.Lineal	B	3	15	8	15			50	27		
G.Lineal	M	1	5	5	10			47	27		
G.Lineal	A	1	5	10	10			41	26		
Daño en el sello	B	-	-	2	8	8,8061224	q	33	28	<b>72</b>	
Pulimientto	-	20	100	10	5			25	25		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		25									
UNIDAD REAL		99									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
Daño en el sello	B	-	-	2	15			27	24		
Pulimientto	-	20	100	10	10	8,8061224	q	19	19	<b>76</b>	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								



UNIDAD DE MUESTREO		26									
UNIDAD REAL		103									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G.Lineal	B	1	5	3	15			34	20		
Daño en el sello	B	-	-	2	10			33	21		
Pulimiento	-	20	100	10	4	8,8061224		31	26		
Desprendimiento	-	20	100	15	3		q	23	23	74	
Bache mayor	M	1	5	4	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		27									
UNIDAD REAL		107									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G.Esquina	B	1	5	4	38			83,38	44		
G.Lineal	B	4	20	10	15			82	45		
G.Lineal	M	1	5	5	10			79	45		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	6,6938776		71	45		
Pulimiento	-	20	100	10	5		q	63	47	50	
Desprendimiento	-	20	100	15	4			50	50		
Punzonamiento	M	4	20	38	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		28									
UNIDAD REAL		111									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
Daño en el sello	B	-	-	2	15			27	24		
Pulimiento	-	20	100	10	10	8,8061224		19	19	76	
Desprendimiento	-	20	100	15	2		q				
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		29									
UNIDAD REAL		115									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G.Lineal	B	3	15	8	15			45	26		
G.Lineal	A	1	5	10	10			39	25		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,8061224		31	26		
Pulimiento	-	20	100	10	8		q	23	23	74	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		30									
UNIDAD REAL		119									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G.Esquina	B	1	5	4	20			63	34		
G.Lineal	B	11	55	20	15			61	35		
G.Lineal	M	3	15	12	12			53	34		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,3469388		43	35		
Pulimiento	-	20	100	10	4		q	30	30	65	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
Fractura esquina	B	1	5	0	0						
			0								





UNIDAD DE MUESTREO		31								
UNIDAD REAL		123								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G.Lineal	B	7	35	15	20		7	90,7	44	
G.Lineal	M	1	5	5	20		6	91	46	
G.Lineal	A	2	10	20	15		5	88	47	
Daño en el sello	B	-	-	2	15		4	80	46	
Pulimiento	-	20	100	10	10	8,3469388	q	3	67	43
Desprendimiento	-	20	100	15	5		2	54	42	53
Fractura junta	B	2	10	3	3		1	36	36	
Fractura junta	M	1	5	2	2					
Fractura junta	A	3	15	20	2					
				0						

UNIDAD DE MUESTREO		32								
UNIDAD REAL		127								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G.Lineal	B	6	30	14	32		7	114,48	54	
G.Lineal	M	5	25	18	18		6	108	54	
G.Lineal	A	5	25	32	15		5	100	54	
Daño en el sello	B	-	-	2	15		4	88	49	
Pulimiento	-	18	90	10	14	7,244898	q	3	75	47
Desprendimiento	-	18	90	15	10		2	62	46	46
Losa dividida	B	2	10	10	10		1	46	46	
Fractura esquina	M	1	5	1	2					
Punzonamiento	A	1	5	15	2					
Bache menor	M	2	10	2	1					

UNIDAD DE MUESTREO		33								
UNIDAD REAL		131								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
Daño en el sello	B	-	-	2	15		4	40	23	
Fractura esquina	B	3	15	1	10		3	37	24	
Fractura esquina	M	4	20	6	6		2	33	28	
Fractura junta	B	5	25	6	6	8,8061224	q	1	25	25
Pulimiento	-	20	100	10	2					
Desprendimiento	-	20	100	15	1					72
				0						

UNIDAD DE MUESTREO		34								
UNIDAD REAL		135								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
Fractura esquina	B	1	5	0	15		4	42	24	
Fractura junta	B	3	15	4	13		3	40	25	
Punzonamiento	M	1	5	13	10	8,8061224	q	2	32	27
Pulimiento	-	20	100	10	4		1	21	21	73
Desprendimiento	-	20	100	15	0					
				0						

UNIDAD DE MUESTREO		35								
UNIDAD REAL		139								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	B	6	30	14	15		7	73,62	35	
G. Lineal	M	2	10	9	14		6	70	35	
G. Esquina	M	1	5	8	10		5	64	34	
Daño en el sello	B	-	-	2	10		4	57	32	
Fractura junta	B	3	15	4	9	8,8061224	q	3	49	31
Fractura junta	M	1	5	2	8		2	41	33	65
Fractura junta	A	1	5	10	4		1	29	29	
Pulimiento	-	20	100	10	2					
Desprendimiento	-	20	100	15	2					
				0						



UNIDAD DE MUESTREO		36									
UNIDAD REAL		143									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	7	35	15	20		8	104,7	48		
G. Lineal	M	3	15	12	16		7	104	51		
G. Lineal	A	2	10	20	15		6	96	49		
Daño en el sello	B	-	-	2	15		5	86	45		
Fractura esquina	B	1	5	0	12	8,3469388	4	76	40	49	
Fractura esquina	M	1	5	1	12		3	63	41		
Fractura esquina	A	4	20	12	10		2	50	39		
Fractura junta	B	3	15	4	4		1	36	36		
Fractura junta	A	2	10	16	2						
Pulimiento	-	20	100	10	1						

UNIDAD DE MUESTREO		37									
UNIDAD REAL		147									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
Daño en el sello	B	-	-	2	15		2	27	24		
Pulimiento	-	20	100	10	10	8,8061224	1	19	19	76	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		38									
UNIDAD REAL		151									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	5	25	11	25		8	110,56	51		
G. Lineal	M	2	10	9	25		7	109	53		
G. Lineal	A	3	15	25	15		6	102	53		
G. Esquina	B	1	5	4	12		5	94	49		
G. Esquina	A	1	5	12	11	7,8877551	4	85	47	47	
Losa Dividida	A	1	5	25	10		3	75	47		
Daño en el sello	B	-	-	2	9		2	62	46		
Pulimiento	-	19	95	10	4		1	39	39		
Desprendimiento	-	19	95	15	2						
Bache mayor	B	1	5	2	2						

UNIDAD DE MUESTREO		39									
UNIDAD REAL		155									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	12	60	21	29		7	116,04	56		
G. Lineal	M	1	5	5	25		6	114	58		
G. Lineal	A	3	15	25	21		5	106	57		
Losa Dividida	M	3	15	29	15		4	98	55		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	7,5204082	3	85	54	42	
Pulimiento	-	17	85	10	10		2	66	49		
Desprendimiento	-	17	85	15	5		1	43	43		
Fractura junta	A	1	5	10	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		40									
UNIDAD REAL		159									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	7	35	15	25		6	102	53		
G. Lineal	M	4	20	15	20		5	94	49		
G. Lineal	A	2	10	20	15		4	81	46		
Losa Dividida	A	1	5	25	15	7,8877551	3	68	44	47	
Daño en el sello	B	-	-	2	15		2	55	43		
Pulimiento	-	19	95	10	10		1	37	37		
Desprendimiento	-	19	95	15	2						
			0								



UNIDAD DE MUESTREO		41									
UNIDAD REAL		163									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	8	40	18	20		5	70	37	62	
G. Lineal	M	1	5	5	18		4	67	38		
G. Lineal	A	2	10	20	15		3	59	38		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,3469388	q	2	46		36
Pulimiento	-	20	100	10	5		1	30	30		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
0											

UNIDAD DE MUESTREO		42									
UNIDAD REAL		167									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	13	65	22	22		4	64	37	63	
G. Lineal	M	4	20	15	15		3	56	36		
Daño en el sello	B	-	-	2	15	8,1632653	q	2	43		35
Pulimiento	-	20	100	10	10		1	30	30		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
0											

UNIDAD DE MUESTREO		43									
UNIDAD REAL		171									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	5	25	11	50		6	161,49	79	19	
G. Lineal	M	5	25	18	40		5	157	81		
G. Lineal	A	5	25	32	32		4	144	78		
Daño en el sello	B	-	-	2	18		3	128	78		
Pulimiento	-	16	80	10	15	5,5918367	q	2	98		67
Desprendimiento	-	16	80	15	11		1	60	60		
Losa Dividida	A	4	20	50	10						
Punzonamiento	A	3	15	40	2						
0											

UNIDAD DE MUESTREO		44									
UNIDAD REAL		175									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	3	15	8	20		6	71	35	65	
G. Lineal	M	6	30	20	15		5	65	35		
G. Esquina	M	1	5	8	10		4	59	34		
Daño en el sello	B	-	-	2	8	8,3469388	q	3	53		34
Pulimiento	-	20	100	10	8		2	45	35		
Desprendimiento	-	20	100	15	8		1	32	32		
Punzonamiento	B	1	5	8	2						
0											

UNIDAD DE MUESTREO		45									
UNIDAD REAL		179									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	7	35	15	22		6	99	51	49	
G. Lineal	M	7	35	22	20		5	91	48		
G. Lineal	A	2	10	20	15		4	78	45		
Daño en el sello	B	-	-	2	15	8,1632653	q	3	65		43
Pulimiento	-	20	100	10	15		2	52	41		
Desprendimiento	-	20	100	15	10		1	34	34		
Punzonamiento	A	1	5	15	2						
0											



UNIDAD DE MUESTREO		46									
UNIDAD REAL		183									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	5	25	11	30		8	146,44	67		
G. Lineal	M	6	30	20	30		7	145	69		
G. Lineal	A	4	20	30	29		6	138	69		
G. Esquina	M	1	5	8	20		5	129	68		
Daño en el sello	B	-	-	2	14	7,4285714	4	117	66	<b>31</b>	
Pulimiento	-	15	75	9	11		3	99	63		
Desprendimiento	-	15	75	14	9		2	72	53		
Losa Dividida	M	3	15	29	8		1	44	44		
Losa Dividida	A	2	10	30	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		47									
UNIDAD REAL		187									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	7	35	15	22		5	84	46		
G. Lineal	M	7	35	22	20		4	76	44		
G. Lineal	A	2	10	20	15		3	63	41		
Daño en el sello	B	-	-	2	15	8,1632653	2	50	40	<b>54</b>	
Pulimiento	-	20	100	10	10		1	32	32		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		48									
UNIDAD REAL		191									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	6	30	14	30		7	116,86	55		
G. Lineal	M	3	15	12	20		6	110	55		
G. Lineal	A	2	10	20	15		5	100	54		
Daño en el sello	B	-	-	2	15	7,4285714	4	88	49	<b>45</b>	
Pulimiento	-	18	90	10	14		3	75	47		
Desprendimiento	-	18	90	15	12		2	62	46		
Punzonamiento	M	1	5	15	10		1	44	44		
Losa Dividida	A	2	10	30	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		49									
UNIDAD REAL		195									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	6	30	14	25		5	86	46		
G. Lineal	M	6	30	20	20		4	78	45		
Daño en el sello	B	-	-	2	15	7,8877551	3	66	42	<b>54</b>	
Pulimiento	-	19	95	10	14		2	53	41		
Desprendimiento	-	19	95	15	10		1	35	35		
Losa Dividida	A	1	5	25	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		50									
UNIDAD REAL		199									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	12	60	21	25		8	114,45	53		
G. Lineal	A	2	10	20	21		7	112	53		
G. Esquina	B	1	5	4	20		6	106	56		
Losa Dividida	B	1	5	5	15		5	98	53		
Losa Dividida	M	1	5	11	11	7,8877551	4	89	50	<b>44</b>	
Losa Dividida	A	1	5	25	10		3	76	48		
Daño en el sello	A	-	-	8	8		2	58	44		
Pulimiento	-	17	85	10	5		1	39	39		
Desprendimiento	-	17	85	15	4						
Bache mayor	B	2	10	2	2						
			0								



UNIDAD DE MUESTREO		51								
UNIDAD REAL		203								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	A	12	60	50	50		5	112,8	60	
Losa Dividida	M	1	5	11	25		4	105	58	
Losa Dividida	A	1	5	25	15		3	96	60	
Daño en el sello	B	-	-	2	11		2	83	60	
Fractura junta	B	2	10	3	10	5,5918367	q	1	60	60
Escalonamiento C-f	B	1	5	1	3					
Pulimiento	-	18	90	10	2					
Desprendimiento	-	18	90	15	1					
			0							

UNIDAD DE MUESTREO		52								
UNIDAD REAL		207								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	B	4	20	10	43		5	102	55	
G. Lineal	M	7	35	22	22		4	94	53	
G. Lineal	A	9	45	43	15		3	86	54	
Daño en el sello	B	-	-	2	10	6,2346939	q	2	73	53
Pulimiento	-	20	100	10	10		1	53	53	
Desprendimiento	-	20	100	15	2					
			0							

UNIDAD DE MUESTREO		53								
UNIDAD REAL		211								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	B	3	15	8	15		5	57	31	
G. Lineal	M	2	10	9	11		4	51	30	
Daño en el sello	B	-	-	2	10		3	44	29	
Pulimiento	-	19	95	10	9	8,8061224	q	2	36	30
Desprendimiento	-	19	95	15	8		1	27	27	
Losa Dividida	M	1	5	11	2					
Fractura junta	B	1	5	2	2					
			0							

UNIDAD DE MUESTREO		54								
UNIDAD REAL		215								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	B	2	10	4	20		7	86,7	43	
G. Lineal	M	4	20	15	15		6	86	45	
G. Lineal	A	2	10	20	15		5	80	43	
Daño en el sello	B	-	-	2	12		4	72	42	
Pulimiento	-	20	100	10	10	8,3469388	q	3	62	41
Desprendimiento	-	20	100	15	8		2	49	38	
Fractura junta	M	1	5	2	4		1	36	36	
G. Esquina	M	1	5	8	2					
G. Esquina	A	1	5	12	2					
			0							

UNIDAD DE MUESTREO		55								
UNIDAD REAL		219								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	B	4	20	10	15		4	49	28	
G. Lineal	M	3	15	12	12		3	41	23	
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,8061224	q	2	33	28
Pulimiento	-	20	100	10	10		1	23	23	
Desprendimiento	-	20	100	15	2					
			0							



UNIDAD DE MUESTREO		56									
UNIDAD REAL		223									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	7	35	15	15			50	29		
G. Esquina	M	1	5	8	15			44	27		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,8061224	q	36	30	<b>70</b>	
Pulimientto	-	20	100	10	8			23	23		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
				0							

UNIDAD DE MUESTREO		57									
UNIDAD REAL		227									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Esquina	M	1	5	8	15			45	26		
Daño en el sello	B	-	-	2	10			39	25		
Pulimientto	-	20	100	10	10	8,8061224	q	31	26	<b>74</b>	
Desprendimiento	-	20	100	15	8			23	23		
Fractura junta	B	9	45	10	2						
				0							

UNIDAD DE MUESTREO		58									
UNIDAD REAL		231									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	3	15	8	40			118,08	57		
G. Lineal	M	9	45	26	26			116	58		
G. Esquina	A	1	5	12	15			108	58		
Daño en el sello	B	-	-	2	12			99	55	<b>42</b>	
Pulimientto	-	19	95	10	11	6,5102041	q	89	55		
Desprendimiento	-	19	95	15	10			76	55		
Losa Dividida	M	1	5	11	8			52	52		
Punzonamiento	A	3	15	40	2						
				0							

UNIDAD DE MUESTREO		59									
UNIDAD REAL		235									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	4	20	10	15			37	24		
Daño en el sello	B	-	-	2	10			29	24		
Fractura esquina	B	1	5	0	10	8,8061224	q	21	21	<b>76</b>	
Pulimientto	-	20	100	10	2						
Desprendimiento	-	20	100	15	0						
				0							

UNIDAD DE MUESTREO		60									
UNIDAD REAL		239									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	1	5	3	15			34	20		
Daño en el sello	M	-	-	4	10			33	21		
Fractura junta	B	1	5	2	4	8,8061224	q	31	26	<b>74</b>	
Pulimientto	-	20	100	10	3			23	23		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
				0							



UNIDAD DE MUESTREO		61									
UNIDAD REAL		243									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	2	10	4	43		7	119,3	54		
G. Lineal	M	3	15	12	25		6	119	59		
G. Lineal	A	9	45	43	15		5	111	59		
G. Esquina	A	1	5	12	12		4	101	58		
Losa Dividida	A	1	5	25	12	6,2346939	3	91	57	41	
Daño en el sello	B	-	-	2	10		2	78	56		
Pulimiento	-	19	95	10	10		1	55	55		
Desprendimiento	-	19	95	15	4						
Bache mayor	M	1	5	4	4						
Bache mayor	A	1	5	10	2						

UNIDAD DE MUESTREO		62									
UNIDAD REAL		247									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	5	25	11	15		5	49	27		
G. Lineal	M	2	10	9	11		4	47	27		
Daño en el sello	M	-	-	4	10	8,8061224	3	40	26	73	
Pulimiento	-	20	100	10	9		2	32	27		
Desprendimiento	-	20	100	15	4		1	23	23		
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		63									
UNIDAD REAL		251									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	4	20	10	15		6	65	32		
G. Lineal	M	4	20	15	15		5	63	34		
G. Esquina	B	2	10	9	10		4	56	33		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,8061224	3	48	30	66	
Fractura junta	B	3	15	4	9		2	40	33		
Pulimiento	-	20	100	10	4		1	27	27		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		64									
UNIDAD REAL		255									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	M	1	5	5	55		5	127,04	66		
G. Lineal	A	14	70	55	34		4	120	68		
G. Esquina	M	1	5	8	15		3	110	68		
G. Esquina	A	1	5	12	12		2	97	67		
Losa Dividida	M	4	20	34	10	5,1326531	1	65	65	32	
Daño en el sello	B	-	-	2	8						
Pulimiento	-	16	80	10	5						
Desprendimiento	-	16	80	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		65									
UNIDAD REAL		259									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	1	5	3	71		4	155,2	83		
G. Lineal	A	5	25	32	39		3	144	82		
G. Esquina	B	1	5	4	32		2	114	77		
G. Esquina	A	1	5	12	20		1	77	77		
Losa Dividida	M	5	25	39	12	3,6632653				17	
Losa Dividida	A	9	45	71	6						
Daño en el sello	B	-	-	2	6						
Factura de junta	M	1	5	2	4						
Factura de junta	A	3	15	20	3						
Pulimiento	-	6	30	6	2						



UNIDAD DE MUESTREO		66									
UNIDAD REAL		263									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	4	20	10	30		6	113	57		
G. Lineal	M	9	45	26	26		5	105	56		
G. Lineal	A	2	10	20	20		4	97	54		
Daño en el sello	B	-	-	2	15	7,4285714	q	3	84	53	
Pulimiento	-	20	100	10	10		2	66	49	43	
Desprendimiento	-	20	100	15	10		1	42	42		
Punzonamiento	A	2	10	30	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		67									
UNIDAD REAL		267									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	4	20	10	25		7	113,78	54		
G. Lineal	M	5	25	18	25		6	107	55		
G. Lineal	A	3	15	25	18		5	99	54		
G. Esquina	B	2	10	9	15		4	91	52		
Losa Dividida	A	1	5	25	10	7,8877551	q	3	78	49	
Daño en el sello	B	-	-	2	10		2	62	46	45	
Pulimiento	-	19	95	10	9		1	39	39		
Desprendimiento	-	19	95	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		68									
UNIDAD REAL		271									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	3	15	8	15		5	56	30		
G. Lineal	M	2	10	9	12		4	50	29		
Daño en el sello	B	-	-	2	10		3	43	28		
Fractura junta	B	13	65	12	9	8,8061224	q	2	35	29	
Pulimiento	-	20	100	10	8		1	25	25	70	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		69									
UNIDAD REAL		275									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	5	25	11	22		4	60	35		
G. Lineal	M	7	35	22	15		3	52	33		
Daño en el sello	B	-	-	2	11		2	43	35		
Pulimiento	-	20	100	10	10	8,1632653	q	1	30	30	
Desprendimiento	-	20	100	15	2					65	
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		70									
UNIDAD REAL		279									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	1	5	3	15		5	51	28		
G. Lineal	M	2	10	9	12		4	50	29		
G. Esquina	A	1	5	12	10		3	43	28		
Daño en el sello	B	-	-	2	9	8,8061224	q	2	35	29	
Pulimiento	-	20	100	10	3		1	25	25	71	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								





UNIDAD DE MUESTREO		71									
UNIDAD REAL		283									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	A	17	85	60	60		5	154,7	80		
Losa Dividida	A	3	15	41	41		4	150	80		
Daño en el sello	B	-	-	2	32		3	137	79		
Fractura junta	A	6	30	32	15	4,6734694	q	2	107	73	
Pulimiento	-	17	85	10	10		1	68	68	20	
Desprendimiento	-	17	85	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		72									
UNIDAD REAL		287									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	11	55	20	26		4	73	43		
G. Lineal	M	9	45	26	20		3	65	43		
Daño en el sello	B	-	-	2	15	7,7959184	q	2	52	41	
Pulimiento	-	20	100	10	10		1	34	34	57	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		73									
UNIDAD REAL		291									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	4	20	10	46		5	103	55		
G. Lineal	M	6	30	20	20		4	95	54		
G. Lineal	A	10	50	46	15		3	87	55		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	5,9591837	q	2	74	54	
Pulimiento	-	20	100	10	10		1	56	56	44	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		74									
UNIDAD REAL		295									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	9	45	19	19		3	46	29		
Daño en el sello	B	-	-	2	15		2	38	32		
Pulimiento	-	20	100	10	10	8,4387755	q	1	25	25	
Desprendimiento	-	20	100	15	2					68	
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		75									
UNIDAD REAL		299									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	7	35	15	15		5	59	32		
G. Lineal	M	2	10	9	15		4	53	31		
Daño en el sello	B	-	-	2	10		3	46	29		
Pulimiento	-	20	100	10	9	8,8061224	q	2	38	32	
Desprendimiento	-	20	100	15	8		1	25	25	68	
G. Esquina	M	1	5	8	2						
			0								



UNIDAD DE MUESTREO		76								
UNIDAD REAL		303								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	B	4	20	10	33			112	53	
G. Lineal	M	14	70	33	20			104	53	
G. Lineal	A	2	10	20	15			96	52	
Daño en el sello	B	-	-	2	12			88	49	
Pulimiento	-	20	100	10	10	7,1530612	q	78	48	<b>47</b>
Desprendimiento	-	20	100	15	10			65	48	
Fractura junta	A	1	5	10	10			47	47	
G. Esquina	A	1	5	12	2					
			0							

UNIDAD DE MUESTREO		77								
UNIDAD REAL		307								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	B	3	15	8	37			132,32	64	
G. Lineal	M	9	45	26	26			128	65	
G. Lineal	A	6	30	37	25			120	64	
Losa Dividida	A	1	5	25	15			109	62	
Daño en el sello	B	-	-	2	13	6,7857143	q	96	60	<b>35</b>
Pulimiento	-	19	95	10	10			73	53	
Desprendimiento	-	19	95	15	8			49	49	
Punzonamiento	M	1	5	13	2					
			0							

UNIDAD DE MUESTREO		78								
UNIDAD REAL		311								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	B	5	25	11	15			45	25	
Fractura junta	B	4	20	5	11			42	27	
Fractura junta	M	1	5	2	10			34	29	
Daño en el sello	B	-	-	2	5	8,8061224	q	25	25	<b>71</b>
Pulimiento	-	20	100	10	2					
Desprendimiento	-	20	100	15	2					
			0							

UNIDAD DE MUESTREO		79								
UNIDAD REAL		315								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	M	1	5	5	15			42	24	
G. Lineal	A	1	5	10	10			39	25	
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,8061224	q	31	26	<b>74</b>
Pulimiento	-	20	100	10	5			23	23	
Desprendimiento	-	20	100	15	2					
			0							

UNIDAD DE MUESTREO		80								
UNIDAD REAL		319								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	B	1	5	3	57			131,5	68	
G. Lineal	M	2	10	9	25			124	69	
G. Lineal	A	15	75	57	25			111	68	
Losa Dividida	A	1	5	25	15			88	63	
Fractura junta	M	1	5	2	10	4,9489796	q	65	65	<b>31</b>
Fractura junta	A	4	20	25	9					
Daño en el sello	B	-	-	2	3					
Pulimiento	-	19	95	10	2					
Desprendimiento	-	19	95	15	2					
			0							



UNIDAD DE MUESTREO		81									
UNIDAD REAL		323									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	3	15	8	32		6	121	62		
G. Lineal	M	11	55	29	29		5	115	63		
G. Lineal	A	5	25	32	25		4	107	60		
Losa Dividida	A	1	5	25	15	7,244898	3	94	59		
Daño en el sello	B	-	-	2	10		2	71	55		37
Pulimiento	-	19	95	10	8		1	44	44		
Desprendimiento	-	19	95	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		82									
UNIDAD REAL		327									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	2	10	4	65		5	113,31	61		
G. Lineal	M	5	25	18	18		4	113	64		
G. Lineal	A	1	5	10	16		3	103	64		
Losa Dividida	M	1	5	11	12		2	105	70		
Losa Dividida	A	7	35	65	11	4,2142857	1	73	73		27
Fractura Junta	B	1	5	2	10		q				
Fractura Junta	M	1	5	2	9						
Fractura Junta	A	2	10	16	4						
Daño en el sello	B	-	-	2	2						
Pulimiento	-	12	60	9	2						

UNIDAD DE MUESTREO		83									
UNIDAD REAL		331									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	3	15	8	15		3	37	24		
Daño en el sello	B	-	-	2	10		2	31	26		
Fractura junta	M	1	-	2	8	8,8061224	1	23	23		74
Pulimiento	-	20	100	10	2		q				
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		84									
UNIDAD REAL		335									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	9	45	19	26		4	72	42		
G. Lineal	M	9	45	26	19		3	64	42		
Daño en el sello	B	-	-	2	15	7,7959184	2	51	40		58
Pulimiento	-	20	100	10	10		q	34	34		
Desprendimiento	-	20	100	15	2		1				
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		85									
UNIDAD REAL		339									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI	Sección
G. Lineal	B	4	20	10	15		4	42	24		
G. Lineal	M	1	5	5	10		3	39	25		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,8061224	2	31	26		74
Pulimiento	-	20	100	10	5		q	23	23		
Desprendimiento	-	20	100	15	2		1				
			0								



UNIDAD DE MUESTREO											86
UNIDAD REAL											343
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
Daño en el sello	B	-	-	2	15			27	23		
Pulimiento	-	20	100	10	10	8,8061224		19	19		
Desprendimiento	-	20	100	15	2		q	1		77	
			0								

UNIDAD DE MUESTREO											87
UNIDAD REAL											347
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	10	50	20	30			120	61		
G. Lineal	M	5	25	18	25			112	60		
G. Lineal	A	4	20	30	20			99	55		
Daño en el sello	B	-	-	2	18	7,4285714		83	52		
Pulimiento	-	19	95	10	15		q	65	48		
Desprendimiento	-	19	95	15	10			42	42	39	
Losa Dividida	A	1	5	25	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO											88
UNIDAD REAL											351
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	8	40	18	37			102	55		
G. Lineal	M	6	30	20	20			94	51		
G. Lineal	A	6	30	37	18			81	50		
Daño en el sello	B	-	-	2	15	6,7857143		65	49		
Pulimiento	-	20	100	10	10		q	47	47	45	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO											89
UNIDAD REAL											355
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	2	10	4	50			134,72	67		
G. Lineal	M	3	15	12	50			132	71		
G. Lineal	A	1	5	10	12			126	70		
G. Esquina	B	1	5	4	10			118	71		
Losa Dividida	M	8	40	50	8	5,5918367		108	73		
Losa Dividida	A	4	20	50	8		q	60	60	27	
Daño en el sello	B	-	-	2	4						
Pulimiento	-	8	40	8	4						
Desprendimiento	-	8	40	8	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO											90
UNIDAD REAL											359
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
Daño en el sello	B	-	-	2	15			27	23		
Pulimiento	-	20	100	10	10	8,8061224		19	19		
Desprendimiento	-	20	100	15	2		q	1		77	
			0								



UNIDAD DE MUESTREO		91									
UNIDAD REAL		363									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	2	10	4	28		5	69	36		
G. Lineal	M	10	50	28	15		4	67	39		
G. Lineal	A	1	5	10	10		3	59	39		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	7,6122449	q	2	51	39	
Pulimiento	-	20	100	10	4		1	38	38	<b>61</b>	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		92									
UNIDAD REAL		367									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	M	1	5	5	71		4	131,6	72		
G. Lineal	A	9	45	43	43		3	127	77		
Losa Dividida	M	1	5	11	11		2	118	78		
Losa Dividida	A	9	45	71	10		1	77	77		
Fractura junta	B	2	10	3	10						
Fractura junta	A	1	5	10	8	3,6632653	q			<b>22</b>	
Daño en el sello	B	-	-	2	5						
Pulimiento	-	10	50	8	3						
Desprendimiento	-	10	50	10	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		93									
UNIDAD REAL		371									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	4	20	10	41		6	111,68	56		
G. Lineal	M	8	40	24	24		5	104	56		
G. Lineal	A	8	40	41	15		4	96	54		
G. Esquina	B	1	5	4	10		3	88	55		
Fractura junta	M	1	5	2	10		2	75	54		
Fractura junta	A	1	5	10	10	6,4183673	q	1	53	53	
Daño en el sello	B	-	-	2	4						
Pulimiento	-	20	100	10	2						
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		94									
UNIDAD REAL		375									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	4	20	10	24		7	90	44		
G. Lineal	M	8	40	24	15		6	84	45		
G. Lineal	A	1	5	10	11		5	76	42		
Losa Dividida	M	1	5	11	10		4	68	40		
Punzonamiento	B	1	5	8	10		3	60	40		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	7,9795918	q	2	51	40	
Pulimiento	-	19	95	10	8		1	38	38	<b>55</b>	
Desprendimiento	-	19	95	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		95									
UNIDAD REAL		379									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	6	30	14	61		5	126,54	66		
G. Lineal	M	4	20	15	30		4	121	69		
G. Lineal	A	4	20	30	14		3	109	67		
Losa Dividida	A	6	30	61	14		2	97	66		
G. Esquina	M	1	5	8	13		1	69	69		
G. Esquina	A	1	5	12	12	4,5816327	q			<b>31</b>	
Daño en el sello	B	-	-	2	9						
Pulimiento	-	14	70	9	8						
Desprendimiento	-	14	70	13	2						
			0								



UNIDAD DE MUESTREO		96								
UNIDAD REAL		383								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	B	2	10	4	82		3	120	74	
G. Lineal	M	1	5	5	25		2	109	75	
G. Esquina	B	1	5	4	20		1	86	86	
Losa Dividida	M	2	10	20	10					
Losa Dividida	A	14	70	82	5	2,6530612	q			14
Fractura junta	A	4	20	25	4					
Bache mayor	A	1	5	10	4					
Daño en el sello	B	-	-	2	4					
Pulimiento	-	4	20	4	4					
Desprendimiento	-	4	20	4	2					

UNIDAD DE MUESTREO		97								
UNIDAD REAL		387								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	B	1	5	3	37		6	102	54	
G. Lineal	M	11	55	29	29		5	101	54	
G. Lineal	A	6	30	37	15		4	97	54	
Daño en el sello	B	-	-	2	10	6,7857143	q	3	89	55
Pulimiento	-	20	100	10	6		2	76	55	45
Desprendimiento	-	20	100	15	3		1	49	49	
Bache mayor	M	2	10	6	2					
			0							

UNIDAD DE MUESTREO		98								
UNIDAD REAL		391								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	M	4	20	15	61		4	161,74	86	
G. Lineal	A	10	50	46	46		3	149	85	
Daño en el sello	B	-	-	2	38		2	113	76	
Pulimiento	-	2	10	3	15	4,5816327	q	1	69	69
Desprendimiento	-	2	10	2	3					14
Losa Dividida	A	6	30	61	2					
Bache mayor	M	12	60	38	2					
			0							

UNIDAD DE MUESTREO		99								
UNIDAD REAL		395								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	B	1	5	3	50		6	139,72	70	
G. Lineal	M	5	25	18	32		5	137	72	
G. Lineal	A	5	25	32	25		4	129	72	
Daño en el sello	B	-	-	2	18		3	113	70	
Pulimiento	-	11	55	8	10	5,5918367	q	2	90	65
Desprendimiento	-	11	55	10	8		1	60	60	28
Losa Dividida	M	8	40	50	3					
Losa Dividida	A	1	5	25	2					
			0							

UNIDAD DE MUESTREO		100								
UNIDAD REAL		399								
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección
G. Lineal	B	1	5	3	41		6	131,26	67	
G. Lineal	M	11	55	29	30		5	129	67	
G. Lineal	A	4	20	30	29		4	121	65	
Daño en el sello	B	-	-	2	15		3	108	61	
Pulimiento	-	16	80	10	10	6,4183673	q	2	81	59
Desprendimiento	-	16	80	15	5		1	53	53	33
Losa Dividida	B	1	5	5	3					
Losa Dividida	A	3	15	41	2					
			0							



UNIDAD DE MUESTREO		101									
UNIDAD REAL		403									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	7	35	15	29		5	81	44	56	
G. Lineal	M	11	55	29	15		4	73	43		
G. Lineal	A	1	5	10	15		3	65	43		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	7,5204082	2	52	41		
Pulimiento	-	20	100	10	10		1	39	39		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
G. Contracción	-	1	5	0	0						
				0							

UNIDAD DE MUESTREO		102									
UNIDAD REAL		407									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	12	60	21	24		4	72	42	58	
G. Lineal	M	8	40	24	21		3	64	42		
Daño en el sello	B	-	-	2	15	7,9795918	2	51	40		
Pulimiento	-	20	100	10	10		1	32	32		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
				0							

UNIDAD DE MUESTREO		103									
UNIDAD REAL		411									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	1	5	3	85		2	115,11	77	11	
Losa Dividida	M	3	15	29	29		1	89	89		
Losa Dividida	A	16	80	85	3	2,377551					
Daño en el sello	B	-	-	2	2						
				0							

UNIDAD DE MUESTREO		104									
UNIDAD REAL		415									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	17	85	23	23		3	39	25	69	
G. Lineal	M	3	15	12	12		2	37	31		
G. Contracción	-	14	70	4	4	8,0714286	1	27	27		
				0							

UNIDAD DE MUESTREO		105									
UNIDAD REAL		419									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	10	50	20	30		6	103	54	46	
G. Lineal	M	4	20	15	20		5	95	52		
G. Lineal	A	4	20	30	15		4	86	47		
Losa Dividida	M	1	5	11	15		3	73	46		
Daño en el sello	B	-	-	2	11	7,4285714	2	60	45		
Pulimiento	-	19	95	10	10		1	42	42		
Desprendimiento	-	19	95	15	2						
				0							



UNIDAD DE MUESTREO		106									
UNIDAD REAL		423									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	2	10	4	65		4	114,89	66		
G. Lineal	M	2	10	9	25		3	106	66		
G. Lineal	A	3	15	25	12		2	96	66		
G. Esquina	B	1	5	4	11		1	73	73		
Losa Dividida	M	1	5	11	9	4,2142857	q			27	
Losa Dividida	A	7	35	65	9						
Daño en el sello	B	-	-	2	4						
Pulimiento	-	12	60	9	4						
Desprendimiento	-	12	60	12	2						
0											

UNIDAD DE MUESTREO		107									
UNIDAD REAL		427									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	4	20	10	32		5	87	46		
G. Lineal	M	5	25	18	18		4	79	45		
G. Lineal	A	5	25	32	15		3	71	45		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	7,244898	q	2	58	44	
Pulimiento	-	20	100	10	10		1	42	42	54	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
0											

UNIDAD DE MUESTREO		108									
UNIDAD REAL		5									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	2	10	4	15		3	31	19		
Daño en el sello	B	-	-	2	10		2	29	24		
Pulimiento	-	20	100	10	4	8,8061224	q	1	21	21	
Desprendimiento	-	20	100	15	2					76	
0											

UNIDAD DE MUESTREO		109									
UNIDAD REAL		29									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	2	10	4	15		4	40	23		
G. Lineal	M	2	10	9	10		3	38	24		
Daño en el sello	B	-	-	2	9		2	31	26		
Pulimiento	-	20	100	10	4	8,8061224	q	1	23	23	
Desprendimiento	-	20	100	15	2					74	
0											

UNIDAD DE MUESTREO		110									
UNIDAD REAL		113									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
Daño en el sello	B	-	-	2	15		2	29	24		
Pulimiento	-	20	100	10	10		1	21	21		
Desprendimiento	-	20	100	15	2	8,8061224	q			76	
Fractura junta	B	1	5	2	2						
0											





UNIDAD DE MUESTREO		111									
UNIDAD REAL		141									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
Losa Dividida	A	4	20	50	50		5	116,36	62		
G. Lineal	B	2	10	4	30		4	109	61		
G. Lineal	M	2	10	9	15		3	101	62		
G. Lineal	A	4	20	30	10		2	88	62		
Fractura esquina	B	1	5	0	9	5,5918367	q	1	60	60	
Daño en el sello	B	-	-	2	4					38	
Pulimiento	-	17	85	10	2						
Desprendimiento	-	17	85	15	0						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		112									
UNIDAD REAL		144									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	6	30	14	29		8	113,64	52		
G. Lineal	M	1	5	5	22		7	112	52		
G. Esquina	B	1	5	4	15		6	105	55		
Fractura esquina	M	2	10	2	14		5	97	52		
Fractura esquina	A	2	10	7	11	7,5204082	q	4	88	49	
Fractura junta	M	4	20	9	10		3	76	48	45	
Fractura junta	A	5	25	29	9		2	63	47		
Escalonamiento C-J	A	3	15	22	7		1	43	43		
Escalonamiento C-E	M	5	25	11	5						
Daño en el sello	B	-	-	2	4						

UNIDAD DE MUESTREO		113									
UNIDAD REAL		149									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	M	1	5	3	39		6	111	55		
G. Lineal	A	7	35	39	30		5	110	59		
G. Esquina	A	1	5	12	15		4	102	58		
Losa Dividida	A	2	10	30	12		3	92	57		
Fractura junta	B	1	5	2	10	6,6020408	q	2	79	57	
Escalonamiento C-J	B	1	5	2	3		1	51	51	41	
Daño en el sello	B	-	-	2	2						
Pulimiento	-	18	90	10	2						
Desprendimiento	-	18	90	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		114									
UNIDAD REAL		161									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	8	40	18	30		6	109	56		
G. Lineal	M	2	10	9	25		5	102	55		
G. Lineal	A	3	15	25	18		4	79	45		
Losa Dividida	A	2	10	30	15	7,4285714	q	3	81	51	
Daño en el sello	B	-	-	2	10		2	65	49	44	
Pulimiento	-	18	90	10	9		1	42	42		
Desprendimiento	-	18	90	15	2						
			0								

UNIDAD DE MUESTREO		115									
UNIDAD REAL		209									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	2	10	4	15		4	46	26		
G. Lineal	M	4	20	15	15		3	44	29		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	8,8061224	q	2	36	30	
Pulimiento	-	20	100	10	4		1	23	23	70	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
			0								



UNIDAD DE MUESTREO		116									
UNIDAD REAL		229									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
Fractura junta	B	6	30	8	15		3	35	23		
Daño en el sello	B	-	-	2	10		2	29	24		
Pulimiento	-	20	100	10	8	8,8061224	q	1	21	21	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
0											

**76**

UNIDAD DE MUESTREO		117									
UNIDAD REAL		256									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
Losa Dividida	M	17	85	72	72		2	115	77		
Losa Dividida	A	3	15	41	41		1	76	76		
Daño en el sello	B	-	-	2	2	3,5714286	q				
0											

**23**

UNIDAD DE MUESTREO		118									
UNIDAD REAL		285									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	M	1	5	3	65		4	155,47	83		
G. Lineal	A	4	20	30	43		3	142	80		
Losa Dividida	M	6	30	43	30		2	114	76		
Losa Dividida	A	7	35	65	16		1	73	73		
Fractura junta	A	2	10	16	7	4,2142857	q				
Daño en el sello	B	-	-	2	7						
Pulimiento	-	7	35	7	3						
Desprendimiento	-	7	35	7	2						
0											

**17**

UNIDAD DE MUESTREO		119									
UNIDAD REAL		316									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	2	10	4	41		6	129,68	67		
G. Lineal	M	3	15	12	30		5	122	65		
G. Lineal	A	8	40	41	20		4	112	64		
Losa Dividida	M	2	10	20	15		3	99	63		
Losa Dividida	A	2	10	30	12	6,4183673	q	2	81	58	
Daño en el sello	B	-	-	2	10		1	53	53		
Pulimiento	-	16	80	10	4						
Desprendimiento	-	16	80	15	2						
0											

**33**

UNIDAD DE MUESTREO		120									
UNIDAD REAL		329									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	2	10	4	15		5	48	26		
G. Lineal	M	2	10	9	10		4	46	26		
Daño en el sello	B	-	-	2	9		3	40	26		
Fractura junta	B	6	30	8	8	8,8061224	q	2	33	28	
Pulimiento	-	20	100	10	4		1	25	25		
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
0											

**72**



UNIDAD DE MUESTREO		121									
UNIDAD REAL		377									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	10	50	20	26		5	77	42		
G. Lineal	M	9	45	26	20		4	75	43		
G. Esquina	B	1	5	4	15		3	67	43		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	7,7959184	q	2	54	42	
Pulimiento	-	20	100	10	4		1	36	36	57	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
0											

UNIDAD DE MUESTREO		122									
UNIDAD REAL		385									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	2	10	4	74		4	152,8	80		
G. Lineal	A	3	15	25	46		3	147	79		
Losa Dividida	M	1	5	11	25		2	124	81		
Losa Dividida	A	10	50	74	20	3,3877551	q	1	80	80	
Fractura junta	A	3	15	20	11						
Bache mayor	A	8	40	46	4					19	
0											

UNIDAD DE MUESTREO		123									
UNIDAD REAL		409									
Deterioro	Severidad	Medida	Densidad	VD	Orden Desc.	m	Iteraciones	Suma VD	VDC	PCI Sección	
G. Lineal	B	4	20	10	34		5	81	44		
G. Lineal	M	15	75	34	15		4	73	43		
G. Lineal	A	1	5	10	10		3	65	41		
Daño en el sello	B	-	-	2	10	7,0612245	q	2	57	43	
Pulimiento	-	20	100	10	10		1	44	44	56	
Desprendimiento	-	20	100	15	2						
0											



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## Apéndice II: Figuras

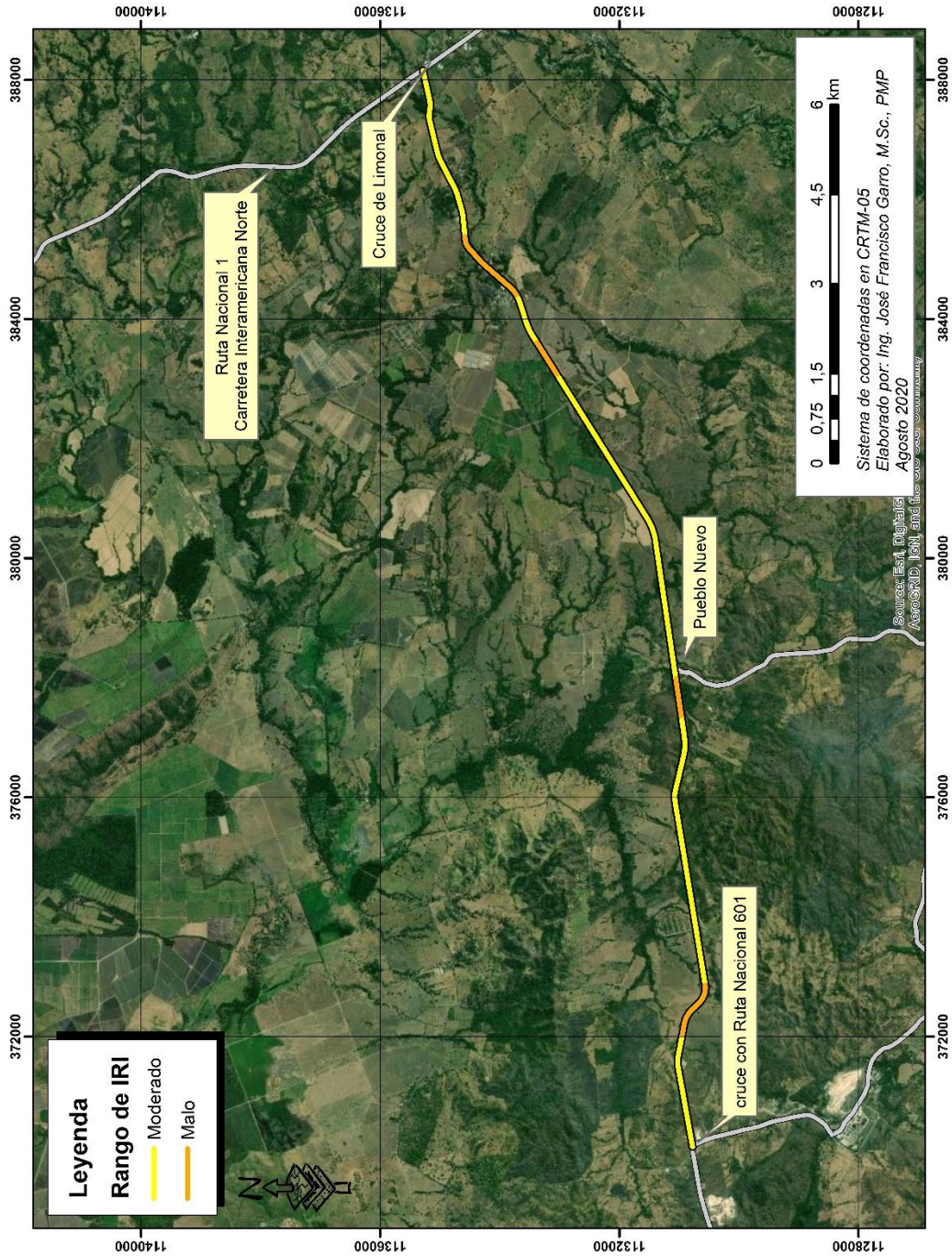


Figura A1: IRI de la sección en PCC

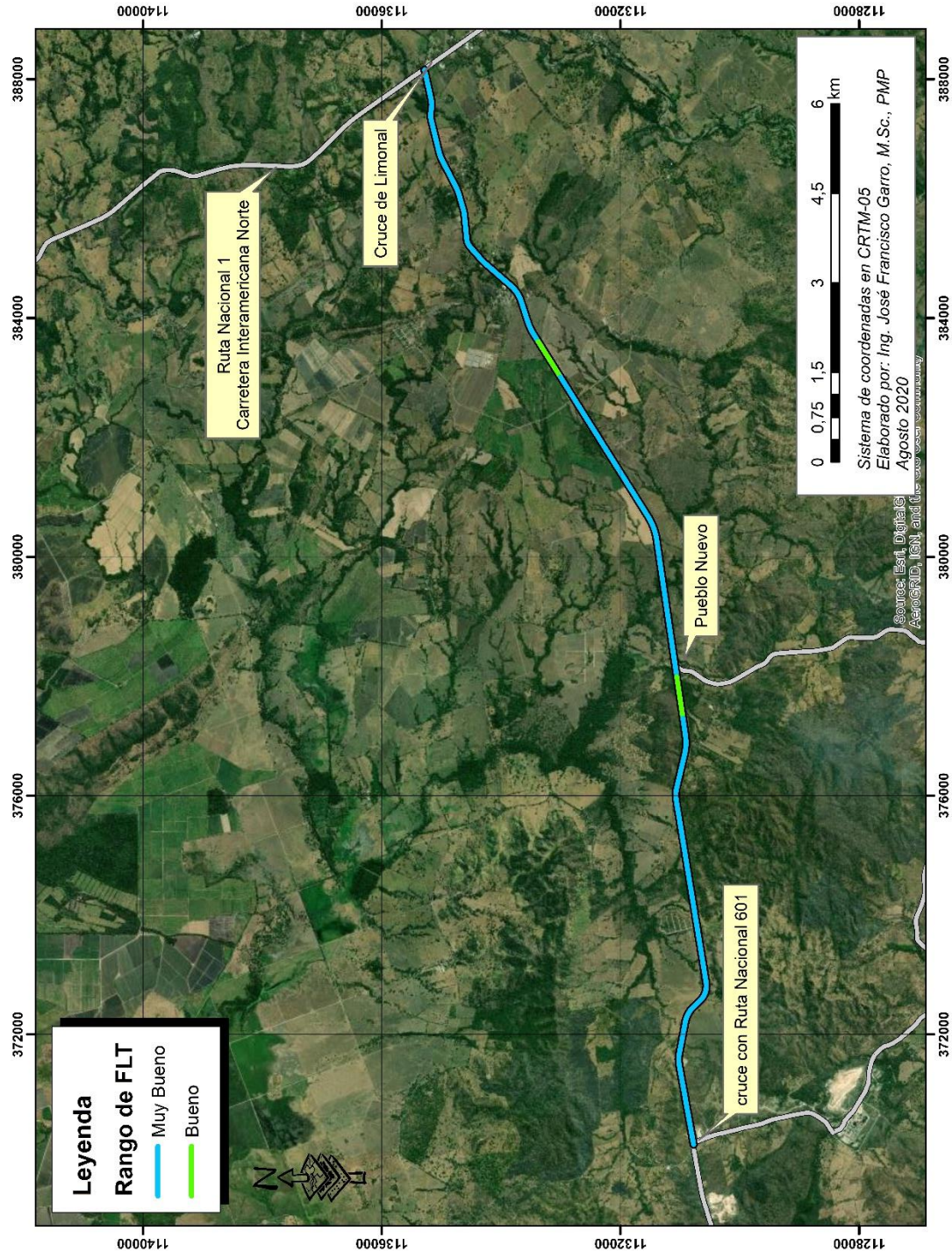


Figura A2: FLT de la sección en PCC

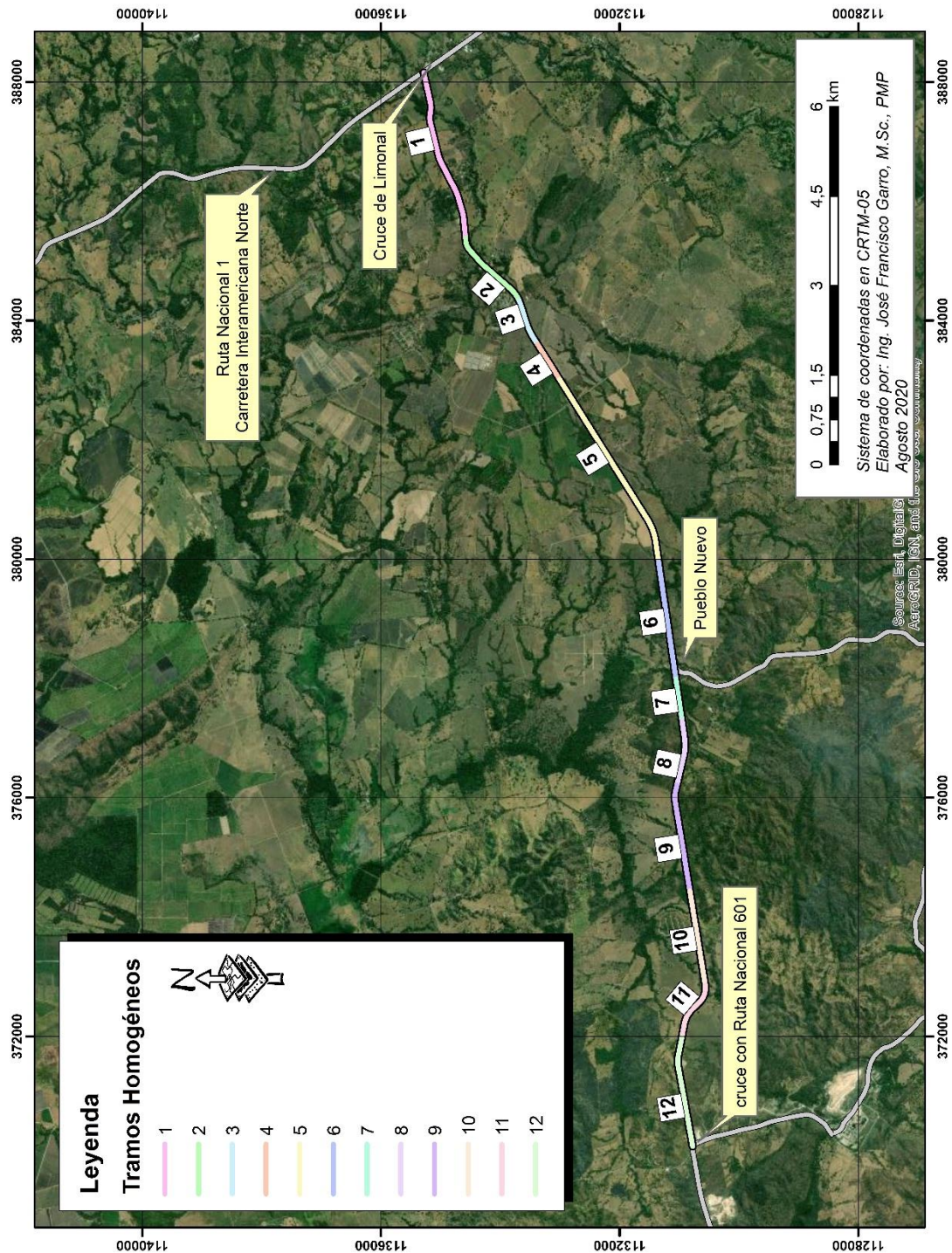


Figura A3: Tramos homogéneos de la sección en PCC

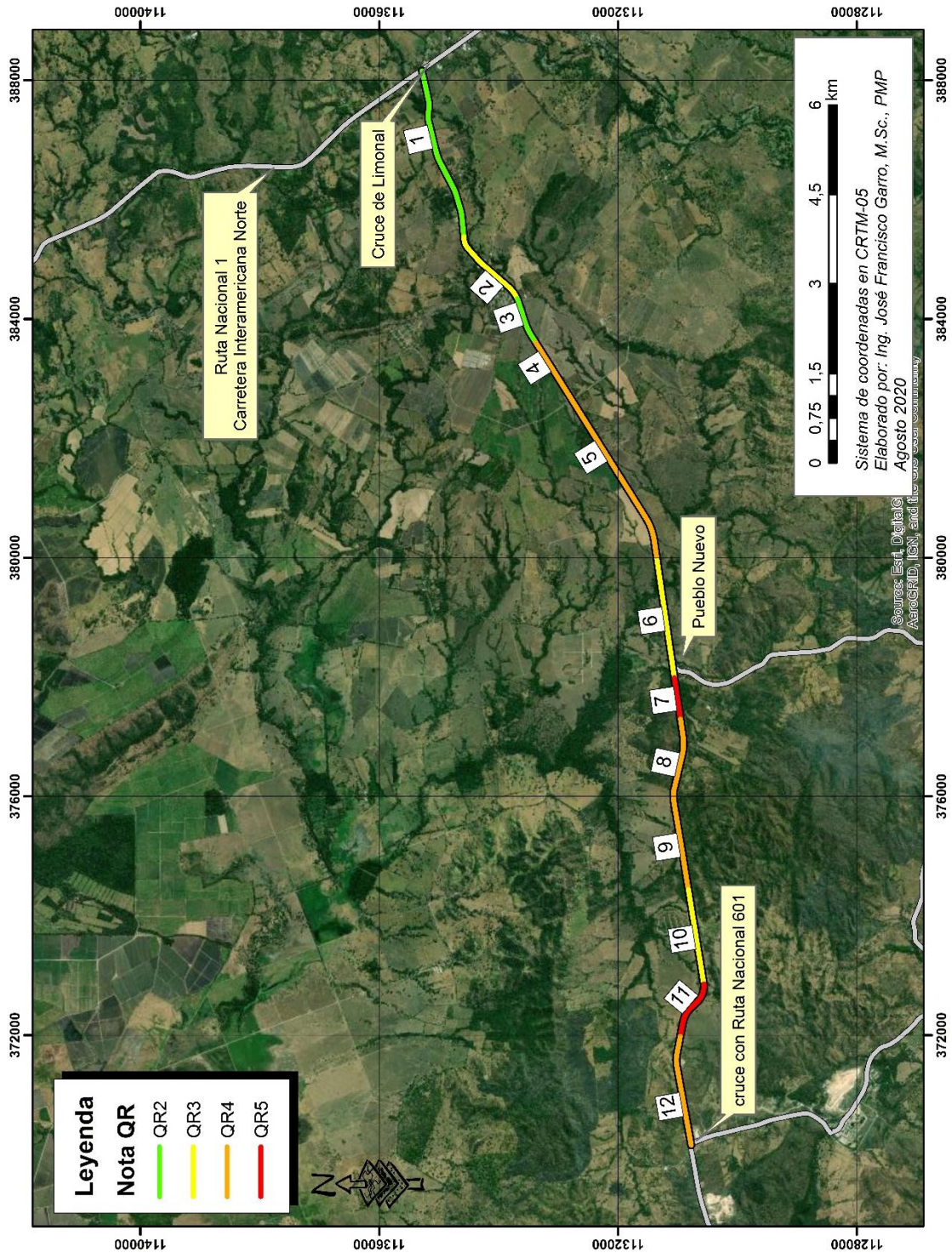


Figura A4: Notas QR para los tramos homogéneos de la sección en PCC