



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

# Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

## INFORME DE EVALUACIÓN

LM-PI-UE-007-2015

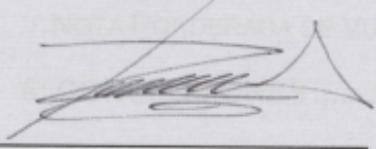
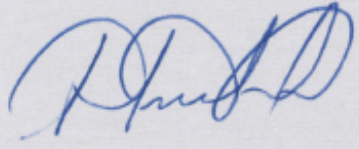
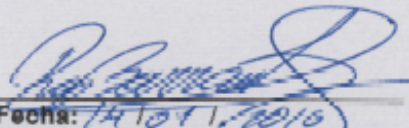
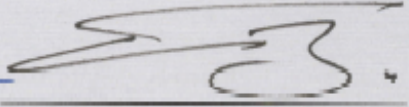
### VULNERABILIDAD DE DRENAJES RUTA NACIONAL No. 39 SECTOR PARQUE DE LA PAZ

Preparado por:

Unidad de Evaluación de la Red Vial Nacional

San José, Costa Rica

Enero, 2016

1. Informe LM-PI-UE-007-15		2. Copia No. 1
3. Título INFORME DE EVALUACIÓN VULNERABILIDAD DE DRENAJES RUTA NACIONAL No. 39 SECTOR PARQUE DE LA PAZ		4. Fecha Enero, 2016
7. Organización y dirección 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		
8. Notas complementarias		
9. Resumen <i>Como parte de las funciones de evaluación de la Red Vial Nacional asignadas al LanammeUCR, el Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) evaluó la condición que presentan los drenajes laterales en un tramo de la carretera de Circunvalación (R39), ubicado frente al Parque de la Paz.</i> <i>El trabajo incluyó el levantamiento de información en campo y el análisis posterior mediante la metodología de evaluación de vulnerabilidad desarrollada por la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional del PITRA.</i> <i>Las condiciones del sitio y las condiciones estructurales de los sistemas evaluados derivan en una vulnerabilidad ALTA, lo cual implica que los elementos que conforman la alcantarilla no están en condiciones de brindar un funcionamiento adecuado ante eventos extremos, o incluso ante eventos normales de operación.</i> <i>Partiendo de los resultados del análisis, se realizaron una serie de recomendaciones, tendientes a mejorar las condiciones de servicio de la carretera y principalmente la seguridad de los usuarios.</i>		
10. Palabras clave Circunvalación, seguridad vial, drenajes, escorrentía, deterioro, mantenimiento, alcantarillas	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 25
13. Preparado por: Ing. Ronald Naranjo U. UGERVN 		
Fecha: 14 / 01 / 2016	Fecha: / /	Fecha: / /
14. Revisado por: Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal 		
Fecha: / /	15. Aprobado por: Ing. Roy Barrantes J. Coordinador UGERVN 	
	Fecha: 14 / 01 / 2016	Ing. Guillermo Loria S, Ph. D. Coordinador General PITRA 
		Fecha: / /



## TABLA DE CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>4</b>
<b>1. POTESTADES .....</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. METODOLOGÍA .....</b>	<b>5</b>
<b>4. OBSERVACIONES DE CAMPO.....</b>	<b>6</b>
<b>5. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD.....</b>	<b>15</b>
CONDICIONES DEL SITIO .....	16
CONDICIONES ESTRUCTURALES.....	17
NOTA PONDERADA DE VULNERABILIDAD.....	17
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>19</b>
<b>8. REFERENCIAS.....</b>	<b>20</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>21</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura No.1</b>	Ubicación de los drenajes evaluados en la Ruta No.39 .....	7
<b>Figura No.2</b>	Tragante y alcantarilla 1 .....	8
<b>Figura No.3</b>	Tragante y alcantarilla 2 .....	8
<b>Figura No.4</b>	Tragante y alcantarilla 3 .....	9
<b>Figura No.5</b>	Tragante y alcantarilla 4 .....	9
<b>Figura No.6</b>	Tubería del tragante 12 .....	10
<b>Figura No.7</b>	Tragante y alcantarilla 13. ....	10
<b>Figura No.8</b>	Tragante y alcantarilla 8 .....	11
<b>Figura No.9</b>	Pozo de inspección 8 .....	11
<b>Figura No.10</b>	Tragante y alcantarilla 9 .....	12
<b>Figura No.11</b>	Tragante y alcantarilla 10 .....	12
<b>Figura No.12</b>	Tragante y alcantarilla 11 .....	13
<b>Figura No.13</b>	Tragante y alcantarilla 14. ....	13
<b>Figura No.14</b>	Pozo de registro 5 .....	14
<b>Figura No.15</b>	Pozo de registro 6 .....	14

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla No. 1</b>	Vulnerabilidad por condiciones del sitio.....	16
<b>Tabla No. 2</b>	Vulnerabilidad por condiciones estructurales. ....	17
<b>Tabla No. 3</b>	Vulnerabilidad ponderada. ....	17



## 1. POTESTADES

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, es una dependencia de la Universidad de Costa Rica especializada en la Ingeniería Civil. La ley N°8114 en sus artículos 5 y 6, encomienda al LanammeUCR una serie de funciones en materia de evaluación, fiscalización, asesoría y capacitación, entre otras, para garantizar la máxima eficiencia de la inversión pública en la reconstrucción y conservación de la Red Vial costarricense.

Considerando la importancia de la Ruta Nacional No.39 en la infraestructura vial del Área Metropolitana, la evaluación de los sistemas de drenaje del sector del Parque de la Paz, y los aportes técnicos derivados del presente informe se enmarcan dentro de las funciones que la citada ley le confiere al LanammeUCR.

## 2. OBJETIVO

El objetivo de la evaluación es aportar a la Administración activa del Estado costarricense elementos a considerar en la toma de decisiones y en la ejecución de trabajos en los sistemas de drenaje de la Ruta Nacional No.39, sector Parque de la Paz. Se presentan recomendaciones tendientes a mejorar el nivel de servicio de dichos sistemas y la seguridad de los usuarios.

## 3. METODOLOGÍA

Para la realización de este informe de evaluación, funcionarios del Programa de Infraestructura del Transporte del LanammeUCR primeramente realizaron una revisión de las condiciones que determinan el flujo del agua de escorrentía en este sector de la carretera.



Posteriormente se realizó una gira de campo para registrar la condición estructural de los sistemas de drenaje en este tramo de la Ruta Nacional No.39.

Para evaluar el nivel de vulnerabilidad que presentan estos sistemas se empleó la metodología desarrollada en la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR.

En esta metodología la condición observada en el campo es relacionada con una puntuación y posteriormente se le asigna una vulnerabilidad, considerando además la importancia de cada elemento que compone la alcantarilla. La suma de estas puntuaciones permite determinar el nivel de vulnerabilidad del drenaje según las condiciones que presenta en la actualidad.

Producto del análisis de los resultados se realizaron una serie de recomendaciones, tendientes a mejorar el nivel de servicio general de la carretera, así como las condiciones de seguridad de los usuarios que utilizan esta Ruta Nacional.

#### **4. OBSERVACIONES DE CAMPO**

La Ruta Nacional No.39 es un anillo periférico (inconcluso) que facilita la distribución del flujo vehicular alrededor del casco central de San José. La condición de los drenajes fue evaluada en el tramo de esta ruta localizado en el sector de los lagos del Parque de la Paz (ver figura 1), el cual tiene un Tránsito Promedio Diario (TPD) superior a 72 mil vehículos según indica el Anuario de Información de Tránsito de la Dirección de Planificación Sectorial (MOPT, 2013).

Este tramo consiste de 3 carriles por sentido con una isla medianera de 5,1 m de ancho. Cada sentido de circulación tiene un ancho de calzada de 10,7 m en promedio, sin que exista espaldón o sobre anchos.



Los drenajes evaluados son sistemas de captación o “tragantes” localizados en ambos costados de la carretera, los cuales captan el agua y la conducen a una alcantarilla de tubería circular en su interior.

En la zona central de la carretera se localiza la isla medianera con zona verde, en la cual se identificaron varias estructuras que funcionan como registros que permiten conectar las tuberías de las alcantarillas que transportan el agua desde otros puntos de la carretera.

En la siguiente figura se presenta la ubicación de los sistemas de drenaje evaluados en este tramo de carretera.



**Figura No. 1** Ubicación de los drenajes evaluados en la Ruta No.39, sector Parque de la Paz.

Seguidamente se presentan las principales observaciones realizadas el día viernes 31 de julio del 2015 en los drenajes de la Ruta Nacional No.39, sector Parque de la Paz. La numeración empleada es la que se muestra en la Figura 1.



**Tragante 1.** Rejilla de entrada en cordón completamente obstruida, abertura para registro de 50x50 cm, en el interior posee un tubo de concreto con un diámetro aprox. de 80 cm, se encuentra obstruida en más de 2/3 de su área transversal con agua y basura.



**Figura No.2** Tragante y alcantarilla 1. Obstrucciones y basura impiden flujo libre del agua.

**Tragante 2.** Esta obra corresponde con una alcantarilla que se encuentra obstruida, con abertura para registro de 40x40 cm. Estación 9+435 marcada en la acera. Ubicada al lado derecho de la carretera, sentido Paso Ancho – Y Griega.



**Figura No.3** Tragante de alcantarilla obstruida. Lado derecho sentido Paso Ancho – Y Griega.



**Tragante 3.** Parte de la estructura superior se ha perdido, en su interior se observa una alcantarilla circular con diámetro de aprox. 60 cm, completamente obstruida con sedimentos y basura, al lado derecho de la carretera. Estación 9+423 marcada en la acera. Representa un peligro para los peatones y los vehículos que utilizan la vía.



**Figura No.4** Tragante No.3 con alcantarilla obstruida por basura y sedimentos.

**Tragante 4.** Falta la parte superior del cajón. Entrada a alcantarilla inundada, presencia de basura y sedimentos. Se localiza al lado derecho de la carretera en el sentido Paso Ancho – Y Griega. Estación 9+390 marcada en la acera. La abertura superior representa un peligro para los peatones y los conductores de los vehículos que utilizan la vía.



**Figura No.5** Tragante 4, falta la estructura superior, alcantarilla inundada y parcialmente obstruida.



**Tragante 12.** Tragante con alcantarilla circular de concreto, ubicado al lado derecho de la carretera, se encuentra obstruido con sedimentos y basura. Estación 9+606 marcada en la acera.



**Figura No.6** Tubería de la alcantarilla obstruida en estación 9+606.

**Tragante 13.** Tragante con alcantarilla circular de concreto, ubicado al lado derecho de la carretera, se encuentra obstruida con sedimentos y basura, rejilla deteriorada. Estación 9+532 marcada en la acera.



**Figura No.7** Rejilla tragante y detalle del interior del cajón, tubería obstruida.



**Tragante 7.** Tragante de entrada a alcantarilla, obstruida con sedimentos, elementos de concreto quebrados y faltantes. Ubicada al lado derecho de la carretera en el sentido Y Griega – Paso Ancho.



**Figura No.8** Tragante 7, se observan elementos quebrados y acumulación de sedimentos y basura.

**Pozo 8.** Pozo de registro con un diámetro de 60 cm, completamente lleno de sedimentos, se desconoce si forma parte del sistema de evacuación pluvial. Localizado sobre la acera al lado derecho de la carretera.



**Figura No.9** Pozo de inspección lleno de sedimentos.



**Tragante 9.** Tragante de entrada a alcantarilla, abertura en la parte superior con dimensiones de 60x60 cm, rejilla del lado del caño se encuentra obstruida con sedimentos.



**Figura No.10** Entrada a tragante 9, obstruido parcialmente por sedimentos.

**Tragante 10.** Tragante, ubicado al lado derecho de la carretera, con longitud de 150 cm, se encuentra parcialmente obstruido. No se tuvo acceso a la alcantarilla.



**Figura No.11** Vista del Tragante 10, lado derecho en sentido Y Griega – Paso Ancho.



**Tragante 11.** Tragante con longitud de 150 cm, se encuentra parcialmente obstruido con basura, la tubería en la parte interna también presenta obstrucción con sedimentos.



**Figura No.12** Tragante 11 de entrada a alcantarilla, presenta sedimentos en la tubería de concreto.

**Tragante 14.** Tragante con longitud de 110 cm con una tubería de un diámetro aprox. de 90 cm, con sedimentos y basuras que obstaculizan menos de un tercio del área de entrada a la tubería.



**Figura No.13** Vista exterior y detalle de la parte interna del Tragante 14.

**Registro 5.** Poso de registro en la medianera de la carretera, convergen varias tuberías de drenaje pluvial. Abertura superior con dimensiones de 90x110 cm, inundada y obstruida con basura. Estación 9+349 según marca sobre la estructura.



**Figura No.14** Vista superior del pozo de registro 5, localizado en la medianera de la carretera.

**Registro 6.** Caja de registro con dimensiones de 100x120 cm, con tres alcantarillas, de la cuales un posee un diámetro de 90 cm y las otras dos uno de 60 cm. Se encuentran inundadas y obstruidas por maleza y basura.



**Figura No.15** Vista superior del pozo de registro 6, localizado en la medianera de la carretera. Se observa la convergencia de varias tuberías en este punto.



## 5. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Para evaluar el nivel de vulnerabilidad que presentan estas estructuras se empleó la metodología desarrollada en la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional, del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR.

En esta metodología se consideran las condiciones propias del sitio y las condiciones estructurales que presentan las obras de drenaje, dos importantes componentes que afectan la vulnerabilidad de estos sistemas.

En las condiciones propias del sitio se consideran: El historial de inundaciones, el área de la cuenca, el ángulo de entrada del flujo, los suelos o rocas que conforman los taludes del cauce y el terreno en el cual está construida la alcantarilla, las obstrucciones presentes en la entrada y la salida de la alcantarilla y el tránsito promedio diario de la carretera.

Los elementos estructurales considerados para determinar la condición de vulnerabilidad son: Muro del cabezal, aletones y delantales, así como la condición del relleno sobre el muro del cabezal, en caso de existir este componente.

La condición de cada uno de estos elementos es evaluada mediante la observación directa en campo, según el catálogo de deterioros previamente establecido. La condición observada en cada caso es relacionada con una puntuación y una vulnerabilidad, según la importancia de cada elemento. La suma de estas puntuaciones permite determinar en una escala de 0 a 100 el nivel de vulnerabilidad de la alcantarilla según las condiciones que presenta en la actualidad.

Los criterios y la escala de valoración empleada para cuantificar el estado de cada uno de los elementos evaluados se presenta en la sección de Anexos, al final de este documento.

En el caso de los drenajes evaluados en la Ruta No.39, todos presentan la particularidad de tener tragantes o rejillas en la entrada, son drenajes menores que captan el agua de la superficie de ruedo, no presentan talud sobre el cabezal y la función de los aletones y los delantales es asumida por cajones rectangulares de concreto.



Tomando en cuenta esta condición y la similitud en la condición estructural que presentan, los drenajes considerados en este informe se agrupan en una sola categoría y la nota de vulnerabilidad obtenida aplica para todas las estructuras evaluadas.

### Condiciones del sitio

En el siguiente cuadro se presenta la puntuación asignada para cada elemento, debida a la condición propia del sitio en el cual se encuentran las alcantarillas.

**Tabla No. 1** Vulnerabilidad por condiciones del sitio.

Condiciones del Sitio							Vulnerabilidad por condiciones del sitio
TPD	Historial de inundaciones	Tipo de suelo	Ángulo de entrada	Obstrucciones en el cauce	Taludes del cauce	Área de la cuenca	
30	20	5	10	10	0	0	75

En este sector se tienen registrados al menos dos eventos catalogados como desbordamiento o inundación del agua de lluvia sobre la carretera, ambos reportados por medios de comunicación nacionales. Estos ocurrieron el 18 de junio del 2011 y el 5 de setiembre del año 2014 (La Nación, 2014).

Tal como se observa en el cuadro No.1, en lo concerniente a las condiciones del sitio, las componentes de vulnerabilidad que tienen mayor peso en este caso son el elevado TPD (>70000 vehículos), el hecho de presentar inundaciones de forma recurrente, y las obstrucciones producto de la acumulación de sedimentos, maleza y basura en la entrada de las alcantarillas.





### Condiciones estructurales

Luego de aplicar los criterios para evaluar la condición de los elementos estructurales (Ver Anexo A), se obtuvieron las puntuaciones y la calificación que se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla No. 2** Vulnerabilidad por condiciones estructurales.

Condiciones Estructurales				Vulnerabilidad por condiciones estructurales
Talud sobre cabezal	Muro del cabezal	Aletones	Delantales	
0	15	15	15	45

En este caso los elementos que cumplen las funciones de captación del flujo y protección de la alcantarilla presentan deterioro en el concreto. Se observaron grietas de varios centímetros que afectan el desempeño estructural de estos elementos. Estos deterioros derivan en una condición deficiente, a la cual se la asocia una vulnerabilidad Alta.

### Nota Ponderada de Vulnerabilidad

La metodología empleada permite ponderar las notas de vulnerabilidad por condiciones del sitio y por condiciones estructurales antes indicadas.

Producto de esta ponderación se obtuvo la siguiente calificación y nivel de vulnerabilidad para las alcantarillas evaluadas en la Ruta Nacional No.39:

**Tabla No. 3** Vulnerabilidad ponderada.

Nota ponderada de vulnerabilidad	Vulnerabilidad
63	ALTA



La vulnerabilidad Alta implica una condición de los elementos que conforman la alcantarilla que no permiten un funcionamiento adecuado ante eventos extremos e incluso ante eventos normales de operación. En este caso resulta evidente que las alcantarillas evaluadas no tienen capacidad de captar, conducir y evacuar las aguas pluviales en la zona en la cual se localizan, hecho que ha sido constatado por los usuarios de esta vía en múltiples ocasiones.

## 6. CONCLUSIONES

Producto de evaluar la condición de las obras de drenaje y de la aplicación de la metodología para determinar el nivel de vulnerabilidad, se generan las siguientes conclusiones:

- Las obras menores de drenaje en el tramo evaluado de la Ruta Nacional No.39 se localizan en un punto bajo del perfil de elevación de la carretera. Esta condición genera una mayor acumulación de sedimentos, detritos y basura en los sistemas de drenaje.
- La vulnerabilidad derivada de las condiciones del sitio en el cual se localizan las alcantarillas es Alta. Esta condición se debe principalmente al elevado tránsito vehicular al que deben brindar servicio estas estructuras, a las inundaciones que de forma recurrente han presentado y a la falta de mantenimiento, lo que ha derivado en una importante acumulación de sedimentos, que en algunos casos tapan por completo la tubería de la alcantarilla.
- La vulnerabilidad de estos drenajes debido a la condición que presentan sus elementos estructurales es moderada. Los principales deterioros observados son grietas en el concreto, elementos faltantes, la unión del cabezal con la tubería presenta fisuras y en algunos puntos el refuerzo estructural se encuentra expuesto.



- Las notas unificadas de vulnerabilidad por condiciones del sitio y por condiciones estructurales resultan en una nota de vulnerabilidad ponderada ALTA. La vulnerabilidad Alta implica que los elementos que conforman la alcantarilla que no están en condiciones de brindar un funcionamiento adecuado ante eventos extremos e incluso ante eventos normales de operación.
- Las alcantarillas evaluadas no tienen capacidad de captar, conducir y evacuar las aguas pluviales en la zona en la cual se localizan, hecho que ha sido constatado por los usuarios de esta vía en múltiples ocasiones.
- En las condiciones actuales, estas alcantarillas representan un peligro para la seguridad de los usuarios que circulan en vehículo, así como para los peatones.

## 7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Administración del Estado costarricense realizar en el corto plazo labores de mantenimiento en los sistemas de drenaje del sector evaluado de la Ruta Nacional No.39.
- Recomendamos que las labores de mantenimiento incluyan la remoción de sedimentos, detritos y basura, acumulados en las cajas de registro, rejillas de tragantes y las tuberías de las alcantarillas.
- Se recomienda diseñar y construir los elementos de concreto faltantes en las obras de drenaje evaluadas. Se recomienda reparar o sustituir los elementos que actualmente presentan fisuras, desplazamiento o deterioro superficial que afectan su desempeño.



- Se recomienda verificar mediante análisis específicos las condiciones hidráulicas presentes en este tramo de carretera, con el fin de determinar las condiciones existentes (topográficas y de capacidad) para la evacuación de las aguas pluviales. En caso de no existir condiciones adecuadas para el manejo del agua de lluvia se recomienda diseñar y construir las obras requeridas para tal fin.

## 8. REFERENCIAS

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES. “*Anuario de Información de Tránsito 2013*”. Dirección de Planificación Sectorial, Unidad de Estudios de Tráfico e Investigación. San José Costa Rica (2013),156 pp.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

## ANEXO A

### DESCRIPCIÓN DE CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SITIO Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES



## Condición del Sitio

Tabla A-1 Elementos considerados en la evaluación de la Condición del Sitio.

Elemento	Condición	Descripción	Vulnerabilidad	Puntuación
TPD	Bajo	Tránsito promedio diario menor a 50 000 vehículos	Baja	0
	Mediano	Tránsito promedio diario de 50 001 a 70 000 vehículos	Moderada	15
	Alto	Tránsito promedio diario mayor a 70 000 vehículos	Alta	30
Historial de inundaciones	No registrado	No se cuenta con registro de inundaciones, ni el testimonio de vecinos del lugar o evidencia en el sitio sobre eventos hidrológicos extremos que impactaran de manera significativa la operación de la alcantarilla o el tránsito vehicular	Baja	5
	Evento aislado	Se cuenta al menos con un registro de inundaciones o el testimonio de vecinos del lugar sobre eventos hidrológicos extremos que impactaran de manera significativa la operación de la alcantarilla o el tránsito vehicular	Moderada	10
	Recurrente	Se cuenta con más de un registro de inundaciones o el testimonio de vecinos del lugar sobre eventos hidrológicos extremos que impactaran de manera significativa la operación de la alcantarilla o el tránsito vehicular	Alta	20
Área de la cuenca	Tipo I	El área de la cuenca hidráulica es menor a 1 km <sup>2</sup>	Baja	0
	Tipo II	El área de la cuenca hidráulica es > 1,1 km <sup>2</sup> y < 10 km <sup>2</sup>	Moderada	5
	Tipo III	El área de la cuenca hidráulica es mayor a 10,1 km <sup>2</sup>	Alta	10
Ángulo de entrada	Alineado	El ángulo medido entre el eje longitudinal de la alcantarilla y el cauce original del río o quebrada es menor a 30°	Baja	0
	Intermedio	El ángulo medido entre el eje longitudinal de la alcantarilla y el cauce original del río o quebrada es mayor a 31° y menor a 60°	Moderada	5
	Forzado	El ángulo medido entre el eje longitudinal de la alcantarilla y el cauce original del río o quebrada es mayor a 61°	Alta	10
Suelos del cauce	Favorable	El material sobre el cual está cimentada la alcantarilla corresponde con afloramientos de roca extremadamente dura (al golpearla con martillo solo saltan esquirlas) a moderadamente dura (no puede tallarse con una navaja y puede fracturarse con un golpe fuerte de martillo). Es además masiva, regular y sin discontinuidades, con superficies sin alteración o ligeramente alteradas (presenta pátinas de oxidación), con alta resistencia a la erosión y la socavación	Baja	0
	Regular	El material sobre el cual está cimentada la alcantarilla corresponde con depósitos de material de origen volcánico, arrastrados por una corriente de agua y que presentan algún grado de cementación. Son materiales heterogéneos, la matriz arcillosa presenta una dureza que va desde arcilla dura (se puede marcar con una uña) a arcilla firme (se necesita una pequeña presión para introducir el dedo) con una resistencia media a la erosión y la socavación	Moderada	5
	Deficiente	El material sobre el cual está cimentada la alcantarilla corresponde con cenizas, rellenos, limos, arcillas o una combinación de las anteriores. Son materiales heterogéneos, poco o nada cementados, con presencia de algunos bloques aislados, dureza débil a muy blanda (el puño penetra fácilmente varios centímetros) Con una resistencia muy baja a la erosión y la socavación	Alta	10



**Tabla A-1** Elementos considerados en la evaluación de la Condición del Sitio. (Cont.)

Elemento	Condición	Descripción	Vulnerabilidad	Puntuación
Obstrucciones	Libre	El cauce en la entrada de la alcantarilla no presenta sedimentación, vegetación, basura o detritos que obstaculicen el paso libre del agua	Baja	0
	Parcial	El cauce en la entrada de la alcantarilla presenta sedimentación, vegetación, basura o detritos que obstaculizan el paso libre del agua en menos de 1/3 del ancho del cauce	Moderada	5
	Bloqueado	El cauce en la entrada de la alcantarilla presenta sedimentación, vegetación, basura o detritos que obstaculizan el paso libre del agua en más de 1/3 del ancho del cauce	Alta	10
Taludes del cauce	Favorable	El material de los taludes del cauce cercanos a la alcantarilla corresponden con afloramientos de roca extremadamente dura (al golpearla con martillo solo saltan esquirlas) a moderadamente dura (no puede tallarse con una navaja y puede fracturarse con un golpe fuerte de martillo). Es además masivo, regular y sin discontinuidades, con superficies sin alteración o ligeramente alteradas (presenta pátinas de oxidación), con alta resistencia a la erosión y la socavación	Baja	0
	Regular	El material de los taludes del cauce cercanos la alcantarilla corresponde con depósitos de material de origen volcánico, arrastrados por una corriente de agua y que presentan algún grado de cementación. Es un material heterogéneo, la matriz arcillosa presenta una dureza que va desde arcilla dura (se puede marcar con una uña) a arcilla firme (se necesita una pequeña presión para intruducir el dedo), con una resistencia media a la erosión y la socavación	Moderada	5
	Deficiente	El material de los taludes del cauce cercanos a la alcantarilla corresponde con cenizas, rellenos, limos, arcillas o una combinación de las anteriores. Es un material heterogéneo, poco o nada cementado, con presencia de algunos bloques aislados, dureza débil a muy blanda (el puño penetra fácilmente varios centímetros), con una resistencia muy baja a la erosión y la socavación	Alta	10



## Condición Estructural

Tabla A-2 Elementos considerados en la evaluación de la Condición Estructural.

Elemento	Condición	Descripción	Vulnerabilidad	Puntuación
Talud sobre el cabezal	No aplica	El talud es inferior a 1 metro, la vulnerabilidad no se asocia a la presencia del talud, tiene impacto poco o nulo	Muy Baja	0
	Muy favorable	Los taludes con revestimiento de concreto o un material equivalente no presentan fisuras ni desprendimiento del revestimiento. Los taludes con vegetación no presentan evidencia de deslizamientos o erosión superficial y la pendiente es favorable para la estabilidad del talud según el tipo de suelo. La vegetación crece de manera permanente y cubre toda el área de la superficie. La distancia horizontal entre el cabezal de entrada y la calzada de la carretera es mayor de 5 m	Baja	10
	Favorable	Los taludes con revestimiento de concreto o un material equivalente presentan fisuras de menos de 1 m de longitud y menos de 3 mm de ancho, se presenta desprendimiento del revestimiento en un área menor a 1/3 de la superficie. Los taludes con vegetación no presentan evidencia de deslizamientos o erosión superficial y la pendiente es favorable para la estabilidad del talud según el tipo de suelo. La vegetación crece de manera permanente y los espacios sin vegetación abarcan menos de 1/3 del total de la superficie. La distancia horizontal entre el cabezal de entrada y la calzada de la carretera es mayor de 3 m	Moderada	20
	Regular	Los taludes con revestimiento de concreto o un material equivalente presentan fisuras de más de 1 m de longitud y más de 3 mm de ancho, se presenta desprendimiento del revestimiento en un área mayor a 1/3 de la superficie. Los taludes con vegetación presentan deslizamientos o erosión superficial en un área mayor a 1/3 de la superficie, la pendiente no favorece la estabilidad del talud y es muy elevada para el tipo de suelo. La distancia horizontal entre el cabezal de entrada y la calzada de la carretera es menor de 3 m	Alta	30
	Deficiente	El talud se encuentra deteriorado superficial y estructuralmente, no cuenta con protección superficial y hay evidencia de deslizamientos y erosión en más de 2/3 de la superficie, con alta probabilidad de afectar la estabilidad del pavimento en la carretera	Muy Alta	40
Muro del cabezal	Aceptable	No presenta grietas ni desplazamiento, unión con la tubería sin fisuras, refuerzo estructural no se encuentra expuesto	Baja	0
	Regular	El deterioro superficial abarca menos de 1/3 del área del muro, presenta agrietamientos de menos de 1 m de longitud y menos de 3 mm de ancho, unión con la tubería sin fisuras, refuerzo estructural no se encuentra expuesto	Moderada	10
	Deficiente	El deterioro superficial abarca más de 1/3 del área del muro, presenta agrietamientos de más de 1 m de longitud y más de 3 mm de ancho, unión con la tubería presenta fisuras, el refuerzo estructural se encuentra expuesto	Alta	15
	Inexistente	No existe muro de cabezal o el existente está deteriorado en más de 2/3 del área y ya no cumple su función	Muy Alta	20





**Tabla A-2** Elementos considerados en la evaluación de la Condición Estructural. (Cont.)

Elemento	Condición	Descripción	Vulnerabilidad	Puntuación
Aletones	Aceptable	No presenta grietas ni desplazamiento, unión con el muro del cabezal sin fisuras, refuerzo estructural no se encuentra expuesto, orientación con respecto al cause es adecuada	Baja	0
	Regular	El deterioro superficial abarca menos de 1/3 del área del aletón, presenta agrietamientos de menos de 1 m de longitud y menos de 3 mm de ancho, orientación con respecto al cause es adecuada, refuerzo estructural no se encuentra expuesto	Moderada	10
	Deficiente	El deterioro superficial abarca más de 1/3 del área del aletón, presenta agrietamientos de más de 1 m de longitud y más de 3 mm de ancho, orientación con respecto al cause es inadecuada, refuerzo estructural se encuentra expuesto. La cimentación de los aletones está expuesta por socavación	Alta	15
	Inexistente	No existen aletones o los existentes están deteriorados en más de 2/3 del área y ya no cumplen su función. La cimentación de los aletones está expuesta por socavación	Muy Alta	20
Delantales	Aceptable	No presenta grietas ni desplazamiento, unión con el muro del cabezal y los aletones no presenta fisuras, refuerzo estructural no se encuentra expuesto, dimensiones con respecto a los aletones es adecuada	Baja	0
	Regular	El deterioro superficial abarca menos de 1/3 del área del delantal, presenta agrietamientos de menos de 1 m de longitud y de menos de 3 mm de ancho, dimensiones con respecto a los aletones es adecuada, refuerzo estructural no se encuentra expuesto	Moderada	10
	Deficiente	El deterioro superficial abarca más de 1/3 del área del delantal presenta agrietamientos de más de 1 m de longitud y más de 3 mm de ancho, dimensiones con respecto a los aletones es insuficiente, refuerzo estructural se encuentra expuesto. La cimentación del delantal está expuesta por socavación	Alta	15
	Inexistente	No existen delantales o los existentes están deteriorados en más de 2/3 del área y ya no cumplen su función. La cimentación del delantal está expuesta por socavación	Muy Alta	20