

**Universidad de Costa Rica**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería Civil**

**Metodología para la evaluación y priorización de pasos de agua tipo  
alcantarilla**

**Proyecto de Graduación**

Que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

**David Jiménez González**

Director del Proyecto de Graduación:

**Ing. Alberto Serrano Pacheco, PhD**

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Costa Rica

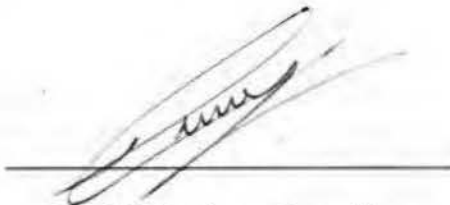
Agosto, 2015

## HOJA DE APROBACIÓN



**Ing. Alberto Serrano Pacheco, PhD.**

Director del Proyecto de Graduación



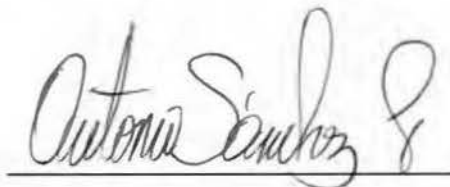
**David Jiménez González**

Autor del Proyecto de Graduación



**Ing. Rafael Murillo Muñoz, PhD.**

Asesor del Proyecto de Graduación



**Ing. Antonio Sánchez Fernández**

Asesor del Proyecto de Graduación



20 de julio de 2015  
IC-476-2015

Estudiante  
**David Jiménez González**  
Carné A93209

Estimado estudiante:

Según el artículo 39 del reglamento de Trabajos Finales de Graduación, la Escuela de Ingeniería Civil se complace en otorgarle la aprobación con distinción de su Trabajo Final de Graduación denominado "*Metodología para la evaluación y priorización de pasos de agua tipo alcantarilla.*"

Por este motivo le manifestamos nuestras más sinceras felicitaciones por su dedicación y empeño.

Se despide atentamente,

Ing. Antonio Sánchez Fernández  
**Director**  
Escuela Ingeniería Civil

Cc: archivo  
GAA

Universidad de Costa Rica  
ingeniería  
CIVIL  
Facultad de Ingeniería

## RECONOCIMIENTOS

A mi parecer es arcaico que la consecución de una empresa sea ligada a un nombre más que a un grupo de ellos; lo cierto es que nada vale el quehacer del individuo sino es en su sociedad con otros.

Se reconoce a:

- Ing. Alberto Serrano Pacheco, PhD. por su paciente, informada y oportuna guía en todo el proceso de elaboración del proyecto.
- Miguel Angel Jiménez Mercadal, PhD. por su imprescindible colaboración con el trabajo de campo.
- Ing. Mauricio Sojo Quesada, Ing. Luís Villalobos Pacheco, Ing. Gonzalo Fonseca, Ing. Lizeth Calderón Brenes e Ing. Juan José Moya Argüello por su por su ayuda en la obtención de información específica sobre las alcantarillas de la Ruta 39.
- Ing. Jonathan Agüero Valverde, PhD., Ing. John Víctor Coto Fernández, Ing. Junior Araya Villalobos e Ing. Gravin Mayorga Jiménez, MSc. por su disposición para atender consultas afines a sus respectiva áreas de especialización.
- Angela González Grau, MSc. por su disposición para atender consultas relacionadas con la metodología de investigación.

## AGRADECIMIENTOS

Muchas personas me han hecho quién soy; *ergo*, muchas personas han participado al menos indirectamente de este trabajo. Gracias a: mi madre y padre, mi pareja, mi familia de sangre y de vida, amigos, compañeros, contrarios, profesores, maestros y todos aquellos seres, vivos o muertos, que tocaron de alguna forma mi camino.



## TABLA DE CONTENIDO

Índice de Figuras.....	iv
Índice de cuadros.....	vii
Resumen .....	ix
1 Introducción.....	1
1.1 Objetivos.....	1
1.1.1 Objetivo general .....	1
1.1.2 Objetivos Específicos.....	1
1.2 Justificación .....	1
1.2.1 Descripción general del problema.....	1
1.2.2 Importancia .....	2
1.2.3 Antecedentes .....	2
1.3 Marco Teórico Conceptual.....	4
1.3.1 Definición de alcantarilla.....	4
1.3.2 Definición de evaluación de alcantarillas .....	5
1.4 Metodología.....	6
1.4.1 Generación de Metodología .....	7
1.4.2 Aplicación de la metodología.....	7
1.4.3 Generación de la herramienta informática.....	10
1.5 Alcances.....	10
1.6 Limitaciones.....	10
1.6.1 Generales de la investigación.....	10
1.6.2 De la metodología generada .....	11
1.6.3 De las giras.....	11
1.6.4 De la herramienta informática.....	12
2 Metodología de inspección e inventariado de alcantarillas.....	13

2.1	Literatura sobre inspección, inventario y toma de decisiones.....	13
2.2	Inventario de alcantarillas.....	17
2.2.1	Datos Generales.....	17
2.2.2	Registros fotográficos.....	23
2.2.3	Elementos adicionales.....	24
2.2.4	Proceso y frecuencia de inventariado e inspección.....	25
2.2.5	Equipo necesario para efectuar un inventario o inspección.....	26
2.2.6	Formulario para inventario.....	27
2.3	Simbología de diagramas de flujo.....	30
2.4	Inspección de alcantarillas.....	30
2.4.1	Inspección del estado de la alcantarilla.....	32
2.4.2	Inspección del desempeño de la alcantarilla.....	42
2.4.3	Formulario de campo para inspecciones.....	45
2.6	Metodología complementaria para a la toma de decisiones.....	48
2.6.1	Acciones tipo I y tipo II.....	58
3	Priorización de acciones en múltiples alcantarillas.....	62
3.1	Importancia de una alcantarillas.....	62
3.2	Estado y desempeño de la alcantarilla.....	66
3.3	Concatenación de criterios.....	72
3.4	Áreas de oportunidad.....	72
4	Estudios de caso.....	75
4.1	Resultados generales obtenidos en las giras.....	76
4.2	Priorización.....	80
5	Conclusiones y recomendaciones.....	87
5.1	Conclusiones.....	87
5.2	Recomendaciones.....	87

6	Bibliografía .....	89
6.1	Referencias bibliográficas web y libros .....	89
6.2	Entrevistas.....	92
6.3	Noticias .....	92
7	Anexos.....	i
7.1	Torres Oeste.....	i
7.1.1	Inventario .....	i
7.1.2	Inspección .....	v
7.2	María Aguilar Este .....	x
7.2.1	Inventario .....	x
7.2.2	Inspección .....	xiv
7.3	Ocloro .....	xix
7.3.1	Inventario .....	xix
7.3.2	Inspección .....	xxiii
7.4	Negritos .....	xxvii
7.4.1	Inventario .....	xxvii
7.4.2	Inspección .....	xxxi
7.5	Torres Este .....	xxxvi
7.5.1	Inventario .....	xxxvi
7.5.2	Inspección .....	xli
7.6	Cangrejos.....	xlv
7.6.1	Inventario .....	xlv
7.6.2	Inspección .....	xlix
7.7	María Aguilar Oeste .....	liii
7.7.1	Rutas Alternas.....	liii

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Diagrama de flujo de la metodología de investigación.....	6
Figura 2-1. Clasificación de alcantarillas según forma. ....	21
Figura 2-2. Diferentes tipos comunes de estructuras de salidas y entradas de alcantarillas. .	21
Figura 2-3. Tipos comunes de disipadores de energía.....	22
Figura 2-4. Sitios de registro de inclinación.....	22
Figura 2-5. Registro de diferencias angulares en la alcantarilla. ....	23
Figura 2-6. Croquis de la ubicación de los sitios estándar de registro fotográfico.....	24
Figura 2-7. Proceso de inventario e inspecciones. ....	26
Figura 2-8. Formulario para la realización de inventario, página 1.....	28
Figura 2-9. Formulario para la realización de inventario, página2.....	29
Figura 2-10. Diagrama de acceso seguro al sitio de inspección.....	31
Figura 2-11. Formulario de campo para inspecciones página 1. ....	46
Figura 2-12. Formulario de campo para inspecciones página 2. ....	47
Figura 2-13. Esquema general de la metodología complementaria a la toma de decisiones. .	48
Figura 2-14. Diagrama de entrada del análisis posterior a la inspección. ....	51
Figura 2-15. Diagrama de reparación (continuado) para concreto y tubos de concreto. ....	52
Figura 2-16. Diagrama de reparación (continuado) para tubos de metal corrugado.....	53
Figura 2-17. Diagrama de reparación (continuado) para tubos de plástico.....	54
Figura 2-18. Diagrama de reparación (continuado) para alcantarillas de mampostería.....	55
Figura 2-19. Diagrama de reparación o reemplazo ESP.....	56
Figura 2-20. Diagrama para decidir método de reemplazo de alcantarillas.....	57
Figura. 2-21. Diagrama de acciones tipo I. ....	60
Figura 3-1. Aproximación de la probabilidad de falla como función del porcentaje de daños para varios casos de problemas de desempeño en el caso de la ecuación 3-9.....	71
Figura 3-2. Aproximación de la probabilidad de falla como función del porcentaje de daños para varios casos de problemas de desempeño en el caso de la ecuación3-10.....	71
Figura 4-1. Localización de los pasos de agua analizados.....	75
Figura 4-2. Porcentaje de cada área de la ingeniería civil relacionado con el riesgo (APF tipo I) de colapso aproximado. ....	77
Figura 4-3. Distancia adicional recorrida en cada alcantarilla como función del área de la cuenca que drena. ....	81

Figura 4-4. Factor de costo vial según alcantarilla. ....	83
Figura 4-5. Estado de cada paso de agua .....	85
Figura 4-6. Prioridad, Factor de Costo Vial y Factor de Estado expresados como razón del valor máximo del grupo. ....	85
Figura 7-1. Inventario Torres Oeste página1.....	ii
Figura 7-2. Inventario Torres Oeste página 2.....	iii
Figura 7-3. Plano de la alcantarilla Torres Oeste.....	iv
Figura 7-4. Amenazas potenciales en la alcantarilla Torres Oeste.....	iv
Figura 7-5. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla Torres Oeste. ....	v
Figura 7-6. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla Torres Oeste. ....	v
Figura 7-7. Inspección de Torres Oeste página 1.....	vi
Figura 7-8 Inspección de Torres Oeste página 2.....	vii
Figura 7-9. Problemas encontrados en Torres Oeste.....	viii
Figura 7-10 Problemas encontrados en Torres Oeste (cont.). ....	ix
Figura 7-11. Inventario María Aguilar Este página1.....	xi
Figura 7-12. Inventario María Aguilar Este página 2.....	xii
Figura 7-13. Plano de la alcantarilla María Aguilar Este. ....	xiii
Figura 7-14. Amenazas potenciales en la alcantarilla María Aguilar Este. ....	xiii
Figura 7-15. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla María Aguilar Este. ....	xiv
Figura 7-16. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla María Aguilar Este. ....	xiv
Figura 7-17. Inspección de María Aguilar Este página 1. ....	xv
Figura 7-18 Inspección de María Aguilar Este página 2. ....	xvi
Figura 7-19. Problemas encontrados en María Aguilar Este.....	xvii
Figura 7-20. Problemas de daño a márgenes encontrados en María Aguilar Este. ....	xviii
Figura 7-21. Inventario Ocloro página1. ....	xx
Figura 7-22. Inventario Ocloro página 2. ....	xxi
Figura 7-23. Plano de la alcantarilla Ocloro. ....	xxii
Figura 7-24. Amenazas potenciales en la alcantarilla Ocloro. ....	xxii
Figura 7-25. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla Ocloro.....	xxiii
Figura 7-26. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla Ocloro.....	xxiii
Figura 7-27. Inspección de Ocloro página 1. ....	xxiv
Figura 7-28 Inspección de Ocloro página 2. ....	xxv

Figura 7-29. Problema del árbol encontrados en Ocloro.....	xxvi
Figura 7-30. Inventario Negritos página1. ....	xxviii
Figura 7-31. Inventario Negritos página 2. ....	xxix
Figura 7-32. Plano de la alcantarilla Negritos. ....	xxx
Figura 7-33. Amenazas potenciales en la alcantarilla Negritos, Torres Oeste y Cangrejos....	xxx
Figura 7-34. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla Negritos.....	xxxi
Figura 7-35. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla Negritos.....	xxxi
Figura 7-36. Inspección de Negritos página 1. ....	xxxii
Figura 7-37 Inspección de Negritos página 2. ....	xxxiii
Figura 7-38. Problemas encontrados en Negritos. ....	xxxiv
Figura 7-39. Problemas hidráulicos encontrados en Negritos. ....	xxxv
Figura 7-40. Inventario Torres Este página1. ....	xxxvii
Figura 7-41. Inventario Torres Este página 2. ....	xxxviii
Figura 7-42. Plano de la alcantarilla Torres Este.....	xxxix
Figura 7-43. Amenazas potenciales en la alcantarilla Negritos, Torres Este y Cangrejos. ...	xxxix
Figura 7-44. Evidencia de inundaciones en Centeno Güel en el año 86.....	xl
Figura 7-45. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla Torres Este. ....	xli
Figura 7-46. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla Torres Este. ....	xli
Figura 7-47. Inspección de Torres página 1. ....	xlii
Figura 7-48 Inspección de Torres Oeste página 2.....	xliii
Figura 7-49. Problemas encontrados en Torres Este.....	xliv
Figura 7-50. Inventario Cangrejos página1. ....	xlvi
Figura 7-51. Inventario Cangrejos página 2. ....	xlvii
Figura 7-52. Plano de la alcantarilla Cangrejos.....	xlviii
Figura 7-53. Amenazas potenciales en la alcantarilla Negritos, Torres Oeste y Cangrejos..	xlviii
Figura 7-54. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla Cangrejos. ....	xlix
Figura 7-55. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla Cangrejos. ....	xlix
Figura 7-56. Inspección de Cangrejos página 1.....	l
Figura 7-57 Inspección de Cangrejos página 2.....	li
Figura 7-58. Falta de acceso a Cangrejos .....	lii
Figura 7-59. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla Ma. Aguilar Oeste. ....	liii
Figura 7-60. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla Ma. Aguilar Oeste. ....	liii

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1-1. Materiales empleados para el proceso de aplicación del inventario e inspección.	9
Cuadro 2-1. Comparación de metodologías de evaluación de alcantarillas. ....	14
Cuadro 2-2. Comparación de las metodologías del FHWA (2010) y el NTA (2013) en términos de ventajas y desventajas. ....	16
Cuadro 2-3. Datos generales obtenidos en campo. ....	17
Cuadro 2-4. Datos dimensionales obtenidos en campo. ....	18
Cuadro 2-5. Datos generales obtenidos en escritorio. ....	19
Cuadro 2-6. Equipo básico para efectuar la inspección o inventario. ....	26
Cuadro 2-7. Simbología básica de los diagramas de flujo de los apartados 2.4 y 2.6. ....	30
Cuadro 2-8. Puntajes para el análisis de estado de la alcantarilla. ....	32
Cuadro 2-9. Datos básicos para una inspección. ....	33
Cuadro 2-10. Estado del terraplén y de la carretera en la zona de la alcantarilla. ....	35
Cuadro 2-11 Explicación detallada de la calificación de la condición de las obras de entrada y salida. ....	36
Cuadro 2-12. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de concreto reforzado. ....	37
Cuadro 2-13. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de acero corrugado. ....	39
Cuadro 2-14. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de plástico. ....	40
Cuadro 2-15. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de mampostería. ....	41
Cuadro 2-16. Problemas de desempeño relacionados con acciones de nivel I. ....	43
Cuadro 2-17. Problemas de desempeño relacionados con acciones de nivel II. ....	44
Cuadro 2-18. Investigaciones y recursos para problemas de nivel 2 con sus indicadores de campo. ....	61
Cuadro 3-1. Peso asignado a cada variable en el caso base donde se tienen todos los elementos de las estructuras de entrada y salida. ....	69
Cuadro 4-1. Localización de las alcantarillas analizadas. ....	75
Cuadro 4-2. Resultados de la metodología complementaria de toma de decisiones. ....	76
Cuadro 4-3. Rutas para los diferentes pasos de agua de la zona de estudio. ....	80

Cuadro 4-4. Diferencias de distancia entre rutas alternas y ruta base. ....	80
Cuadro 4-5. TPD para cada uno de los pasos de agua .....	82
Cuadro 4-6. Obtención del Factor de costo Vial.....	82
Cuadro 4-7. Aproximación de la probabilidad de falla en las alcantarillas analizadas. ....	84
Cuadro 4-8. Aproximación de la probabilidad de falla en las alcantarillas analizadas (cont.) .	84
Cuadro 4-9. Obtención el valor de prioridad para cada alcantarilla.....	85



Jiménez González, David

Metodología para la evaluación y priorización de pasos de agua tipo alcantarilla

Proyecto de Graduación - Ingeniería Civil - San José, C.R.:

D, Jiménez G., 2015

xvi, 94, [53]h; ils. col. - 46 refs.

## RESUMEN

La realización de este proyecto se justifica principalmente en el colapso de dos alcantarillas: una en la Ruta 01 y la otra en la Ruta 39, ambas rutas nacionales. Se establece, a partir de dichas fallas, la necesidad de una metodología objetiva y congruente para la evaluación de este tipo de pasos que pueda ser empleada por los entes encargados de su mantenimiento.

En este documento se propone una metodología que pretende rellenar dicho vacío. Ésta se fundamenta en revisión bibliográfica, consulta a expertos y experiencia en campo. Se presentan sistematizados los procesos de inventario, inspección, toma de decisiones y priorización de recursos.

Para comprobar su practicidad y congruencia se aplicó dicha metodología en las seis principales alcantarillas de la Ruta 39 (Circunvalación). A partir de dicho proceso se probó que la alcantarilla con mayor nivel de prioridad es la que cruza al río Torres en la sección oeste de la ruta 39 y que aquella con peor estado y desempeño es la alcantarilla que cruza la quebrada Negritos.

Para facilitar la ejecución de la metodología se incluye una herramienta informática que facilita la toma de decisiones y la sistematización de la información relacionada a la inspección. D.J.G.

EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS; INSPECCIÓN; VÍAS

Ing. Alberto Serrano Pacheco, PhD.

Escuela de Ingeniería Civil.



# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una metodología para la evaluación de pasos de agua tipo alcantarilla.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1 Generar una metodología de inspección, inventario y priorización de alcantarillas.
- 2 Aplicar dicha metodología a las principales alcantarillas de la ruta 39.
- 3 Encontrar cuál debe ser el orden de prioridad para las acciones en las alcantarillas de la ruta 39.
- 4 Generar una herramienta informática que facilite la aplicación de la metodología de toma de decisiones.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

### 1.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROBLEMA

Desde mediados del año 2012 ha salido a la luz pública la vulnerabilidad de los pasos de agua en las carreteras de Costa Rica. El colapso de la autopista General Cañas (Ruta Nacional No.1) el día 26 de junio de 2012 mostró una debilidad en el sistema hidráulico de una de las rutas más importantes del país. El 25 de agosto de 2013 un hundimiento en la autopista de Circunvalación (Ruta Nacional No.39) hace más evidente la criticidad de la situación.

Gharaibeh, Chiu y Gurian (2006) explican cómo, por su poca visibilidad y relativamente poca inversión necesaria, las alcantarillas tienden al riesgo; es decir, tienen a no ser la prioridad de los tomadores de decisión en cuanto a inversión de recursos se refiere. Como bien lo resaltan los autores este es un problema que deben de ser tomado en consideración ya que a pesar de ser la práctica habitual o la opinión de los tomadores de decisión, no necesariamente es la mejor práctica para mantener el sistema de transporte funcionando de forma adecuada.

### 1.2.2 IMPORTANCIA

Los incidentes de falla de alcantarillas han generado congestionamientos vehiculares y junto con ello inseguridad en el público respecto al uso de la infraestructura vial. El transporte eficiente es una de las áreas más importantes para el desarrollo adecuado de un país como lo indica claramente la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico u OCDE (2013) por sus siglas en inglés.

Las alcantarillas son una parte fundamental del sistema de transportes ya que permiten el paso sobre pequeños y medianos cuerpos de agua. Un fallo de un paso importante podría desencadenar costos significativos en términos de demoras para todo el sistema de transporte de una ciudad o región como ejemplifica Levinson y Xie (2011). Esto es particularmente cierto cuando no existe mucha redundancia en el sistema de transporte ya que la situación puede empeorar aún más de darse un colapso.

Adicionalmente, se tiene que el primer decreto ejecutivo de la presidencia (La Gaceta, 09 de mayo de 2014) del actual mandato fue el de actuar en los pasos considerados críticos por Lanamme (2013); esto implica que el tema de alcantarillas no sólo un tema de importancia general a la ingeniería sino también es un tema que forma parte de la agenda del Poder Ejecutivo.

### 1.2.3 ANTECEDENTES

Algunos países como Estados Unidos de América (EEUU) han realizado manuales estandarizados de prácticas respecto a las alcantarillas. La Administración Federal de Carreteras (FHWA) de EEUU ha tenido un gran desarrollo respecto a esta área. El documento de dicha agencia para la evaluación y procesos de toma de decisiones acerca de Alcantarillas, FHWA (2010), determina cómo hacer las inspecciones en campo y luego cómo determinar cuáles son los derroteros que se deben seguir respecto a dichas evaluaciones.

Australia también presenta un gran desarrollo en términos del diseño de alcantarillas y la evaluación y prevención de riegos. En el documento de MainRoads(2010) se esclarece cómo hacer una inspección visual de estas estructuras. Por otro lado, en RTA (2010) se explica también como determinar y manejar los riesgos involucrados con las alcantarillas en las carreteras.

Algunos autores como Tatari, et al (2013) y Gharaibeh, Chiu y Gurian (2006) inclusive, van más allá de la inspección y el inventario de alcantarillas y se enfocan al uso eficiente de los recursos mediante procesos objetivos de destinación de fondos.

En Costa Rica el ente encargado de la estandarización de los manuales de diseño para tales estructuras ha sido históricamente el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) Dicho organismo posee un Manual de Inspección de Puentes: MOPT (2007). Este manual se enfoca principalmente en los puentes y su superestructura por lo que no hace muchas referencias a estructuras como las alcantarillas y su funcionamiento hidráulico.

Particularmente el Consejo Nacional de Vialidad (Conavi) que es el ente encargado de velar por el buen funcionamiento de la infraestructura vial del país, a la fecha no tiene una metodología definida para hacer una inspección a una alcantarilla ni tampoco para establecer niveles de prioridad en ellas. Adicionalmente si tiene un inventario de alcantarillas, este no incluye todos los puntos recomendados por las principales metodologías internacionales citadas anteriormente. Lo anterior se corrobora a partir de una entrevista con el ingeniero encargado del mantenimiento de la ruta 39, Mauricio Sojo (Sojo (2015))

En términos de la evaluación de las alcantarillas Cordero, Garro y Vargas (2010) desarrollaron un documento acerca de Metodologías de Evaluación de la Vulnerabilidad de la Infraestructura Vial Nacional en Costa Rica. Esta se fundamenta en cálculos aproximados hidráulicos, el estado de los terraplenes y las condiciones geológicas y geomorfológicas de la zona que puedan generar flujos de lodo.

Esta metodología fue aplicada a una serie de alcantarillas que cumplieran con características consideradas de interés, dentro de ellas están la mayoría de las alcantarillas mayores de la ruta 39. En dicho estudio (Lanamme ,2013), si bien fue realizado en corto tiempo, tiene algunas fortalezas como por ejemplo el uso de criterios geológicos e hidráulicos propios de la metodología de Cordero, Garro y Vargas (2010); sin embargo, no se tomaron en cuenta elementos de suma importancia en una alcantarilla tales como el estado del tubo.

Lanamme (2013), es un insumo importante ya que indica el estado de las alcantarillas de la ruta 39 previo a las reparaciones realizadas por el Conavi en el año 2014 y posteriormente en el año 2015.

En términos regionales se puede decir que la falencia en la gestión de alcantarillas no es exclusiva de Costa Rica como bien se esclarece en el Manual Centroamericano de Gestión de Control de Riesgos (2010):

*“En muchos casos no han sido tomadas en cuenta las medidas preventivas adecuadas En el diseño de la infraestructura y en el desarrollo de la producción de bienes y servicios, así como en su ubicación y en el control de la calidad de la construcción y en su mantenimiento”* (Manual Centroamericano de Gestión de Control de Riesgos, 2010)

Además, en otros continentes también han dado situaciones de colapso como las vistas en la carretera de Circunvalación y General Cañas. Este hecho se puede observar en la noticias de Reino Unido, BBC(2008); Colorado CDOT(2013), Sudáfrica SAWDI(2010) y Maui StarBulletin(2004). Prácticamente en todos los continentes se pueden observar fallos similares a los observados en Costa Rica. Esta situación no es un atenuante de lo ocurrido, por el contrario, ésta indica que se debió hacer un mayor esfuerzo de evaluación y de reparación de las alcantarillas ya que se conocía la posibilidad de que estas fallaran como lo hicieron en dichos países.

### 1.3 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

#### 1.3.1 DEFINICIÓN DE ALCANTARILLA

Como describe Facundo (2005) en la construcción de carreteras existe la necesidad de sortear pasos de agua que por su tamaño y configuración usualmente son resueltos mediante alcantarillas. Las alcantarillas son estructuras que permiten el paso de agua perpendicular a las carreteras según el Manual de Inspección de Alcantarillas del año 1986 de la FHWA.

En algunos casos, en especial en alcantarillas cuadradas, es necesario hacer una diferenciación de las alcantarillas de otros pasos de agua. Según FHWA (2012) los puentes usualmente no está diseñado para aprovechar las condiciones de ahogamiento en la entrada mientras que usualmente las alcantarillas si lo están, además, el puente depende de su superestructura para soportar las cargas vehiculares mientras que la alcantarilla la mayoría de las veces depende del terraplén para soportar dicha carga.

Existen variadas formas de alcantarillas que se ajustan a las necesidades de diseño que se tengan. Los materiales más usados para la construcción de las alcantarillas son según FHWA

(2012) el concreto reforzado y sin reforzar, el metal corrugado de aluminio o acero y el plástico de poliuretano de alta densidad o de PVC. Otros materiales como la madera, mampostería y la arcilla pueden ser observados en especial en estructuras de mayor edad.

Los componentes más usuales de las alcantarillas son: el terraplén; la conducción o tubo, la estructura de entrada con su respectivas protecciones y transiciones; la estructura de salida con su respectivas protecciones y transiciones; y en algunos casos también se pueden observar disipadores de energía a la salida y muros corta flujo intermedias para evitar el paso de agua subterránea paralelo a la tubería.

Existen una gran variedad de entradas y salidas de las alcantarillas algunas con bordes redondeados y con una transición para aumentar la eficiencia hidráulica. Gran parte del comportamiento hidráulico de las alcantarillas depende de dichas entradas ya que son las que producen pérdidas energéticas más significativas. La capacidad hidráulica de las alcantarillas con un control a la entrada depende mayormente de la configuración geométrica de la entrada por lo que dichos elementos tienen una importancia considerable.

### 1.3.2 DEFINICIÓN DE EVALUACIÓN DE ALCANTARILLAS

La definición de evaluación de alcantarillas es difícil de atribuir a algún autor en particular; sin embargo la manera en que abordan este problema las metodologías de FHWA (2010) y RTA (2010) es la base en que se fundamentan tanto este trabajo como dicha definición.

Sucintamente puede decirse que la evaluación de una alcantarilla se refiere al proceso que lleva a determinar: A. La configuración: geométrica, estructural y circunstancial de una alcantarilla; B. El estado estructural y el desempeño de esta; C. Qué grupo de acciones deben de ejecutarse con base en su estado, desempeño y configuración.

Cada uno de los puntos anotados implica un proceso: A. implica realizar un inventario, B. implica realizar una inspección y C. implica un proceso de toma de decisiones que puede ser o no asistido por un proceso sistemático. En este trabajo se plantean para cada de dichos puntos una metodología específica.

Generalmente las evaluaciones de alcantarillas no se hacen de forma aislada, por el contrario, se realizan dentro de un marco de proyecto de mantenimiento de la red vial de una zona o región en particular. El carácter de proyecto de este proceso lleva a pensar que en la

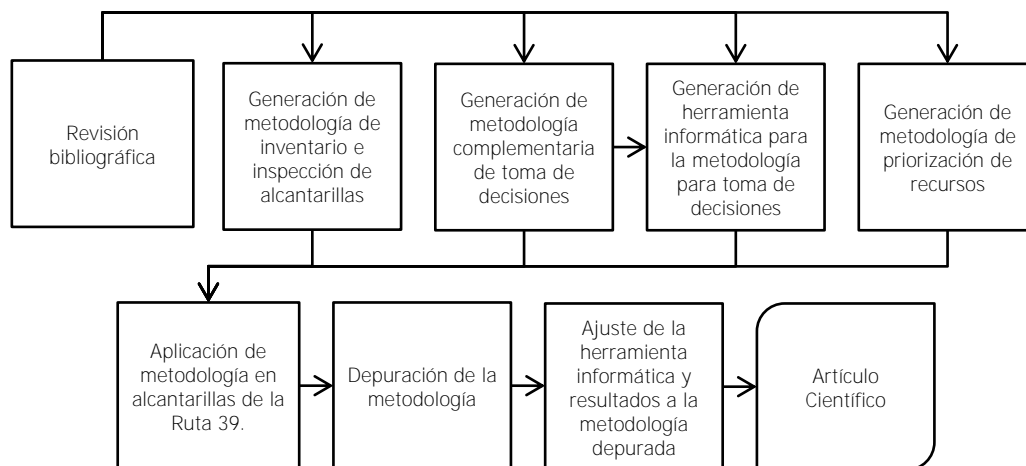
administración deben de tomarse decisiones respecto a la destinación de fondos para su mantenimiento, reparación y rehabilitación.

Trabajos como los de Tatari, et al (2013) y Gharaibeh, Chiu y Gurian (2006) explican la importancia de emplear métodos objetivos para determinar cómo distribuir los fondos de forma eficiente ya que, como describe Krugman, Wells y Olney (2011) en todo proceso humano se aplica el problema económico de que la cantidad de recursos disponibles es limitados mientras que la demanda para su uso es infinita, en otras palabras, siempre se pueden intentar mejorar el estado y el desempeño de las alcantarillas; sin embargo, no siempre se tendrán los recursos para lograrlo.

Empleando este concepto económico se llega a la conclusión de que debe dentro de una metodología de evaluación de alcantarillas incluirse algún criterio para determinar a qué alcantarilla deben de asignársele primero los fondos. Un corolario de lo anterior expuesto es que dicha priorización deben estar fundamentada al menos en parte en algún criterio económico de eficiencia.

Por tanto, una evaluación de alcantarillas es el resultado de un proceso de inventario, inspección, toma de decisiones y priorización de recursos.

#### 1.4 METODOLOGÍA



**Figura 1-1. Diagrama de flujo de la metodología de investigación.**



Este proyecto puede ser dividido en dos etapas principales: primeramente la etapa de obtención de información específica sobre las metodologías de evaluación de alcantarillas y su posterior uso en un caso específico con su consecuente depuración.

#### 1.4.1 GENERACIÓN DE METODOLOGÍA

Las herramientas metodológicas que se emplean en la primera de dichas partes es la contrastación. En este sentido, lo que se buscó es contrastar las diferentes maneras de abordar la inspección e inventario por parte de ODOT (2013), NYDOT (2006), MainRoads(2010), RTA (2010) y FHWA (2010) y cuáles fueron los resultados a los que llegaron. De esta manera se determinó un esquema general de lo que debe ser una evaluación de alcantarillas y sus partes. Posteriormente observar cuál de dichos autores ponía más énfasis en cada uno de dichas partes, para así emplear dicho criterio en la metodología final.

Una vez obtenido un primer esquema específico del inventario, inspección y de un mecanismo complementario a la toma de decisiones, se verifica que en cada una de las etapas se sea congruente con la siguiente y la anterior de existir. Este es uno de los procesos más complejos ya que algunas de las metodologías consultadas presentaban inclusive, problemas internos de congruencia.

A partir de los resultados de esta metodología inicial y con la ayuda de fuentes adicionales de información mayormente primaria, como entrevistas con especialistas en el ramo de la ingeniería vial, se propuso un proceso para obtener un nivel de importancia vial para cada alcantarilla.

Luego, se buscaron trabajos donde se hubiera generado una metodología que permitiera establecer de alguna forma un nivel de riesgo de colapso de una alcantarilla dadas las condiciones previamente investigadas en campo y que al mismo tiempo no implicara una cantidad de trabajo adicional significativamente mayor al ya realizado en la inspección y el inventario. Al no encontrarse metodologías que cumplieran con dichos requisitos se procedió a proponer una metodología aproximada que sí lo hiciera.

#### 1.4.2 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Finalmente se empleó la metodología de inspección, inventario, toma de decisiones y priorización en las principales seis alcantarillas de la ruta nacional 39. El primer procedimiento

para la revisión de la condición de los pasos de agua mayores en la ruta N° 39, es la identificación de dichos pasos. Se excluyeron del estudio aquellos pasos o tuberías cuyo diámetro fuera menor a 1,20 m ya que estos requieren de equipo especializado para su inspección, tampoco se tomaron en consideración aquellos tubos considerados desagües pluviales donde no se presenta una estructura de entrada y salida a un cuerpo de agua natural ya que estos no se incluyen en los alcances de este trabajo.

En una primera instancia para la identificación de los pasos se emplearon fotografías satelitales accesibles desde DigitalGlobe® en el 2015. En dicho proceso se encontraron 5 pasos de agua que cumplieran con los requisitos del trabajo: Paso del río Torres en el tramo de Circunvalación Oeste (de ahora en adelante Torres oeste), paso del río María Aguilar en Circunvalación Este (de ahora en adelante Ma. Aguilar Este), paso del río Ocloro en (de ahora en adelante Ocloro), paso de la quebrada Negritos (de ahora en adelante Negritos) y el paso del río Torres en Circunvalación Este (de ahora en adelante Torres Este). Estas alcantarillas fueron unas de las escogidas por Lanamme para hacer el análisis de campo

El río María Aguilar previamente tenía un paso de agua de tipo alcantarilla en la sección oeste de Circunvalación; sin embargo, dicha alcantarilla falló y como se ha comentado previamente dicho fallo constituye una de las principales justificaciones de la realización este trabajo. Dicho paso no será analizado debido a que actualmente tiene un puente, por lo que escapa de los alcances de la metodología empleada para el análisis de alcantarillas.

Se procedió entonces a la búsqueda de información en las diferentes instituciones sobre las alcantarillas identificadas. Primeramente se acudió al MOPT donde mediante la ayuda del Ing. Gonzalo Fonseca se encontraron parte de los planos originales de las alcantarillas de circunvalación. En estos planos se muestran detalles generales de la configuración de las alcantarillas lo cual fue de utilidad a la hora de realizar el inventario. En estos planos se corroboró que los pasos identificados anteriormente en efectos eran los principales de circunvalación y además se identificó el paso sobre la quebrada Cangrejos como un paso adicional a tomar en consideración.

A partir de dicha información se realizaron las inspecciones e inventarios de las alcantarillas identificadas. Dichas inspecciones se realizaron en dos días consecutivos 21 y 22 de marzo. El medio de transporte que se empleó fue el propio y se tuvo la ayuda de Miguel Angel Jiménez Mercadal asesor de seguridad y asistente de campo.

Se emplearon para la ejecución del proceso de inspección la mayoría de las herramientas recomendadas por la metodología, sin embargo no se dispuso de medidor de oxígeno ni tampoco botiquín de primeros auxilios.

***Cuadro 1-1. Materiales empleados para el proceso de aplicación del inventario e inspección.***

<b>Nombre</b>
Cuerda de seguridad de 10 m
Mapa
Guía de entrada
Guía de evaluación
Formulario de inspección y de inventario
Martillo
Cinta medidora de 7 m
Cámara
Linterna
Varilla de metal con mango
Equipo de seguridad personal
Teléfono celular
Regla
Clinómetro
Dispositivo de posicionamiento global por sus siglas en inglés (GPS) <sup>1</sup>
Cinta medidora de 50 m <sup>1</sup>
Traje impermeable <sup>1</sup>

*Nota:* Equipo suministrado por el Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible (CIEDES)

Posteriormente a la realización de las giras se buscó información general que no pudo ser registrada en campo. El historial de reparaciones, fecha de construcción, fecha de última inspección y fecha de último inventario fueron obtenidos del encargado de mantenimiento de dicha sección de carretera de Conavi, Ing. Mauricio Sojo. El TPA, %Pesados, velocidad máxima fueron obtenidos del MOPT por medio de Lizeth Calderón y Juan José Moya. Y el historial de inundaciones se obtuvo principalmente del trabajo de CNE (2006) y Solano (2002).

Paso siguiente se procedió a determinar la variable restante para lograr la priorización que y es la distancia de las rutas alternas. Estas últimas se lograron mediante el uso de GoogleMaps® para determinar las rutas posibles (tomando en consideración las posibilidades de los accesos y sentidos permitidos) y mediante ArcGIS® se hizo la medición de las opciones y se realizó su representación gráfica.

Finalmente se empleó la experiencia obtenida en campo para mejorar las metodologías. Este proceso tomó en consideración el orden probable de una inspección y también llevó a

separar el proceso de inspecciones del proceso de inventario como se explicará en el capítulo siguiente.

### 1.4.3 GENERACIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA

Sobre la creación de la herramienta informática se resumir en: revisión bibliográfica y generación de código de programación congruente con las necesidades de la metodología complementaria de toma de decisiones. Dos fuentes de información destacables en este apartado son: Oracle (2015) y Stack Overflow (2015)

## 1.5 ALCANCES

Este trabajo presenta una metodología sistemática y congruente que permite, para la mayoría de configuraciones y situaciones usualmente encontradas en una alcantarilla, realizar un inventario, una inspección y una toma de decisiones respecto a las acciones que es necesario realizar en ella.

Se presenta adicionalmente una metodología para la priorización de inversión de recursos en una serie de alcantarillas donde se haya hecho un proceso de inspección e inventario tales como los recomendados en este estudio.

Se ejemplifica con seis estudios de caso que corresponden a las principales alcantarillas de la ruta 39 la aplicación de dichas metodologías.

Se genera una herramienta informática que permite simplificar el proceso de escritorio de la metodología complementaria a la toma de decisiones y el almacenamiento de la información preguntada en la inspección; es decir, reproduce lo descrito en la sección 2.6.

## 1.6 LIMITACIONES

### 1.6.1 GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

Se realiza esta investigación limitándose a aquellas fuentes de información que se encuentren escritas en el idioma español o inglés.

No se pudo contactar directamente con los autores de los trabajos FHWA(2010) y RTA(2010) e pesar de hacer varios intentos mediante correos electrónicos para preguntarles sobre la información estadística empleada en sus trabajos.

### 1.6.2 DE LA METODOLOGÍA GENERADA

Se establecen criterios de inspección, inventario, toma de decisiones y priorización sólo para los elementos encontrados comúnmente en alcantarillas.

La depuración de la metodología se fundamenta mayormente en la experiencia obtenida a partir de las inspecciones de las seis principales alcantarillas de la ruta 39.

La metodología de priorización se limita a emplear un análisis básico de rutas alternas y las variables previamente obtenidas en el inventario y en la inspección.

### 1.6.3 DE LAS GIRAS

En algunos casos fue imposible tomar fotografías en algunas locaciones debido a que no se tenía el acceso a dicho sitio.

En las alcantarillas María Aguilar Este y Torres Oeste no se pudo hacer el ingreso a todos los tubos debido a la fuerza de arrastre del agua y la carencia de una cuerda suficientemente larga como para atravesarlas.

Las mediciones debido al doblar de la cinta métrica tienen un error asociado que no se calculó ni se tomó en consideración en los cálculos.

En el caso de María Aguilar Este, Torres Este y negritos fue imposible medir con precisión la profundidad de la piscina de erosión por lo que se estimó conservadoramente mediante la profundidad justo después del delantal.

Las mediciones de ángulos de las márgenes pueden tener altos niveles de incertidumbre debido a lo irregular del terreno, se puede tomar dichas mediciones como un aproximado de la pendiente a lo largo del tramo visible del río desde la alcantarilla.

Fue imposible determinar la pendiente de las alcantarillas ya que esta se encuentra por debajo del nivel de precisión del clinómetro empleado en las visitas a campo.

La precisión del GPS mostró ser menor a la precisión de las fotografías satelitales por lo que se emplearon éstas últimas para la ubicación final reportada.

#### 1.6.4 DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA

Debido a una limitación en el conocimiento previo en la ingeniería de software, no se empleó ningún estándar para la generación del código del programa ni para la interfaz de usuario. El trabajo se fundamentó esencialmente en el sentido común.

## 2 METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN E INVENTARIADO DE ALCANTARILLAS

Sino todas, la mayoría de las construcciones requieren de algún tipo de mantenimiento o revisión para funcionar adecuadamente. El caso de las alcantarillas no es distinto; se requiere un constante seguimiento que prevenga una situación potencialmente onerosa o peligrosa para los usuarios de la vía pública y para los dueños de los terrenos colindantes.

Este seguimiento está asociado principalmente tres procesos una vez construida la alcantarilla: el inventariado, la inspección y las acciones correctivas. Para cualquier órgano regulador de la infraestructura es necesario primero saber qué tiene y eso que tiene en qué consiste.

### 2.1 LITERATURA SOBRE INSPECCIÓN, INVENTARIO Y TOMA DE DECISIONES

Como se mencionó previamente en la sección 1.2.3, en la revisión de diferentes fuentes respecto a la inspección de alcantarillas se encontró una enorme variedad de información en Estados Unidos de América (EEUU) donde adicionalmente a una norma Federal, FHWA (2010), existen normas particulares de cada estado. Dos metodologías que se consultaron en particular son las de los estados de New York y de Oregon, NYDOT (2006) y ODOT (2013) respectivamente.

Australia es otro país de donde se encontraron los documentos relacionados con la inspección en alcantarillas. Main Roads Western Australia (MRWA) (2012) y Roads and Traffic Authority (RTA) (2010) indican la metodología para realizar una inspección visual, y, en el caso del último cómo determinar el nivel de riesgo asociado a dicha alcantarilla usando la información recabada en la inspección.

Lo que la mayoría de las metodologías relacionadas a alcantarillas tienen en común es la manera de hacer la inspección en campo. Esta consta principalmente de una primera sección de identificación y documentación del sitio de análisis, seguida por una inspección de los elementos estructurales y funcionales de la alcantarilla. La mayoría siguen un orden similar de inspección: el terraplén, la carretera, el canal (natural o artificial) aguas arriba y aguas abajo, la entrada y la salida de la alcantarilla, sus estructuras de entrada y salida y finalmente el conducto de la alcantarilla.

En la inspección de campo se le da a cada uno de los elementos antes mencionados una calificación o puntaje en función de su nivel de deterioro o de pérdida de funcionalidad. Dicha calificación se logra a partir de una rúbrica en la que la mayoría de las metodologías se parecen. Usualmente existen de cuatro a cinco categorías o calificaciones posibles: en estado bueno, regular, malo o crítico. Esta calificación en algunos casos tanto se aplica al canal y a las condiciones hidráulicas de él como a la alcantarilla en sí, mientras que en otros solamente se aplica a la alcantarilla.

En el Cuadro 2-1 se puede observar algunos de los elementos compartidos de las diferentes metodologías y elementos particulares de cada una de ellas.

**Cuadro 2-1. Comparación de metodologías de evaluación de alcantarillas.**

<b>Rubro</b>	<b>FHWA</b>	<b>ODOT</b>	<b>NYDOT</b>	<b>MRWA</b>	<b>RTA</b>
<u>Año de publicación</u>	2010	2013	2006	2012	2010
<u>General</u>					
• Reglas para demarcación e inventario		<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>x</b>
• Reglas para acceso seguro	<b>x</b>	x			x
• Equipo Básico	<b>x</b>	x			
• Requerimientos de fotografías	<b>x</b>	<b>x</b>		x	x
• Perfil de la alcantarilla		x			x
• Formulario	<b>x</b>			x	x
<u>Inspección</u>					
• Carretera		<b>x</b>	x		x
• Terraplén		<b>x</b>	<b>x</b>		x
• Conducto					
o Deterioro del fondo	x	x			x
o Juntas	<b>x</b>	x			x
o Deformación de sección transversal	<b>x</b>	<b>x</b>	x	x	x
o Agrietamiento y deterioro general	<b>x</b>	x			x
o Corrosión	<b>x</b>	x			x
• Obras de entrada y salida					
o Salidas ajustadas, proyectadas o secciones abocinadas	<b>x</b>				
o Muro del cabezal	<b>x</b>		x	x	
o Muros tipo ala	<b>x</b>	x	x	x	
o Delantal	<b>x</b>		x	x	x
o Protección contra erosión	<b>x</b>	x			
• Funcionamiento					



<b>Rubro</b>	<b>FHWA</b>	<b>ODOT</b>	<b>NYDOT</b>	<b>MRWA</b>	<b>RTA</b>
o Bloqueo por escombros		X			
o Bloqueo por vegetación	<b>X</b>	X	X	X	
o Bloqueo por sedimentos	<b>X</b>	X			
o Flotabilidad en el conducto	<b>X</b>				
o Alineamiento inadecuado	<b>X</b>	X	X		
o Frecuente rebosamiento	<b>X</b>				
o Tubificación	<b>X</b>	<b>X</b>	X		X
o Erosión local	<b>X</b>	<b>X</b>			
o Subestructura expuesta	<b>X</b>	X		X	
o Degradación general del canal	<b>X</b>		X		X
o Abrasión o corrosión agresiva	<b>X</b>				
• Estructuras adyacentes potencialmente afectadas					<b>X</b>
Calificación integral del riesgo asociado a la alcantarilla					X
Instrumento para la toma de decisiones posterior a la inspección	<b>X</b>				

*Nota:* Cuando un una celda no está marcada es necesariamente porque la metodología no contiene un apartado específico destinado al ítem de la fila respectiva. Si varias celdas están unidas es porque en la metodología se refiere a dichos ítems de forma general en un solo apartado. Cuando una x tiene doble grosor (negrita) es debido a que se tomó en cuenta para realizar el formato final de inspección.

La mayor diferencia que se encontró en las metodologías fue respecto al análisis posterior a la inspección. En el caso de FHWA (2010) y RTA (2010) se encontró un procedimiento de análisis de los resultados obtenidos en campo. En el caso de FHWA (2010) dicho procedimiento logra, mediante diagramas de decisión, una conclusión final para cada inspección que lleva a 3 posibles opciones desde el punto de vista operativo: Mantenimiento, Reparación y Cambio de los elementos de la alcantarilla. Adicionalmente, se indica si se tienen problemas particulares que se salen de la competencia usual de la construcción y mantenimiento de vías, a qué especialista recurrir.

El enfoque de RTA (2010) en el trabajo luego de la inspección se enfoca a hacer una evaluación del riesgo. Esta evaluación contrapone la probabilidad de que algún mecanismo de falla actúe contra la probabilidad de que esta falla genere algún daño a la propiedad o a la persona. Mediante una serie de algoritmos se llega una calificación del riesgo involucrado en la condición de dicha alcantarilla. Una comparación de ambas metodologías se establece en el Cuadro 2-2.

**Cuadro 2-2. Comparación de las metodologías del FHWA (2010) y el NTA (2013) en términos de ventajas y desventajas.**

<b>Metodología</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
FHWA(2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es fácil de emplear</li> <li>• Requiere relativamente pocos datos</li> <li>• No requiere de tanto criterio</li> <li>• Se llega a una decisión al final del análisis posterior a la inspección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No toma en cuenta el factor probabilístico de la falla</li> <li>• No toma en cuenta la complejidad de los mecanismos de falla</li> <li>• No logra una calificación integral final de la condición de la alcantarilla</li> </ul>
NTA (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma en cuenta el factor probabilístico de la falla</li> <li>• Su análisis se fundamenta en un arreglo lógico de mecanismos de falla por lo que logra una calificación final integral de la condición hidráulica de la alcantarilla</li> <li>• El análisis es más detallado y se recaba más información en situ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere más entrenamiento previo para la ejecución del análisis posterior y para la inspección</li> <li>• El análisis requiere de más datos</li> <li>• No se establecen consecuencias operativas a partir del resultado del análisis</li> </ul>

Es de gran utilidad tener una continuación de la metodología de inspección e inventario que permita tomar decisiones de forma congruente a lo largo de toda la red vial. Es por esa razón que para obtener una metodología de evaluación de alcantarillas que permita dicho análisis adicional se optó por emplear principalmente las metodologías del FHWA (2010) y del NTA (2010) con apoyo de las demás metodologías en los apartados de inspección e inventario.

Tomando en consideración las fortalezas y debilidades de cada método se decidió emplear primeramente el sistema del FHWA (2010) para llegar a una decisión operativa como se observa en la sección 2.6. Luego, usando la información recabada en campo y la importancia vial de la alcantarilla se establece un nivel de prioridad para cada alcantarilla como se detalla en la sección 3.

## 2.2 INVENTARIO DE ALCANTARILLAS

Como se explicó en los apartados anteriores es de interés del responsable del sistema de alcantarillas de carretera tener una base de datos actualizada que permita determinar la condición en que se encuentran las alcantarillas y qué acciones requieren estas.

Es recomendable tener en dicha base de datos las principales características de las alcantarillas así como un historial de las inspecciones, construcciones y reparaciones de cada una de ellas. Según NYDOT (2006) con esta información la administración del sistema puede hacerse más eficaz por múltiples razones dentro de las que se pueden mencionar: la identificación de problemas históricos; el conocimiento del estado e importancia económica de cada alcantarilla; el registro histórico de problemas (facilitando así la búsqueda de soluciones); y la priorización del accionar de recursos en la red.

Estas facilidades permiten la mejora continua de las herramientas de inspección, inventario y priorización y favorecen tomar decisiones mejor informadas.

### 2.2.1 DATOS GENERALES

Algunos de los elementos de interés en el inventario deben de ser obtenidos en campo mientras que otros pueden ser obtenidos mediante revisión bibliográfica de registros de dicha alcantarilla y la zona donde se encuentra como se puede ver en el Cuadro 2-5.

Los datos obtenidos en campo pueden a su vez subdividirse en aquellos que son mediciones (Cuadro 2-4) y aquellos que no lo son (Cuadro 2-3). En el caso de que se encuentren los planos finales corregidos de las alcantarillas esto puede ayudar enormemente a la adquisición de la información de medidas.

#### ***Cuadro 2-3. Datos generales obtenidos en campo.***

<b>Elemento</b>	<b>Significado</b>
Elementos potencialmente afectados <sup>1</sup>	Se identifica tanto en campo como en escritorio elementos que podrían estar potencialmente afectados por el colapso de la alcantarilla como: Edificaciones, Vías, Ductos, Torres de Telecomunicaciones. Se identifica la probabilidad de ocupación (posiblemente ocupado, Posiblemente desocupado) .
Tipo de protección del terraplén aguas arriba y aguas abajo <sup>2</sup>	Se reporta el tipo de protección que tiene el terraplén por ejemplo: gaviones, concreto, mallas, empedrados, etc. En el caso de no tener especificar su ausencia como "ninguno".
Material del tubo <sup>1,2,3 y 4</sup>	Se identifica el material de cada una de las aperturas encontradas en la alcantarilla. Los materiales más usuales en las alcantarillas incluyen: metal corrugado, concreto, plástico y mampostería.

<b>Elemento</b>	<b>Significado</b>
Forma <sup>1,2,3 y 4</sup>	Se identifica la forma de cada una de las aperturas encontrados en la alcantarilla usando el criterio de la Figura 2-1 **
Tipo de estructura de salida y entrada <sup>1,2,3 y 4</sup>	Se selecciona el tipo de accesorio empleado en la sección de entrada y en la sección de salida usando el criterio de la Figura 2-2. Sólo se puede escoger una opción.
Existencia de delantal	Se reporta si está o no presente un delantal en la estructura de salida y entrada de la alcantarilla. Es necesario aquí esclarecer que el tipo de estructura de entrada o salida tipo cabezal debe de tener delantal.
Existencia de muros tipo ala	Se reporta si está o no presente el tipo de estructuras de muro tipo ala en la estructura de entrada o salida. Nótese que este tipo de muro debe de estar presente en estructuras tipo cabezal.
Número de aperturas <sup>1,2,3 y 4</sup>	Se reporta el número de aperturas existentes en la alcantarilla.
Control de socavación a la entrada o la salida <sup>2</sup>	Se Identifica si existen obras de control de erosión en el canal tales como rocas, gaviones, concreto lanzado, concreto, etc.
Existencia de un dissipador de energía.	Se especifica si existe o no alguna obra de disipación de energía. Ejemplos de este tipo de estructura pueden ser encontrados en la Figura 2-3
Tipo de material de fondo del río aguas arriba y aguas abajo <sup>6</sup>	Se identifica el tipo de material que existe mayormente en el fondo del río. Rocas (30 cm-∞), grava (0,5-30 cm), Arena (granos visibles-0.5 cm) o Arcilla o Limo. También el fondo puede estar hecho de lajas de piedra o bien de concreto en el caso de ser un canal. Se debe de escoger la opción que describe mejor el tipo preponderante de fondo.
Tipo de aguas que se observan <sup>5</sup>	Se identifica si existen indicios de descargas de aguas grises o negras al río también basura o escombros. Se puede escoger más de una opción si aplica.

*Nota:* En el caso de haber diferencias en el material o forma entre aperturas en la misma alcantarilla se detallan cada una de las aperturas por aparte. <sup>6</sup>Puede requerirse para hacer esta medición mejores instrumentos o entrenamiento que los necesarios en una inspección regular.

*Fuentes:* <sup>1</sup>NTA, 2010; <sup>2</sup> FHWA, 2010; <sup>3</sup> ODOT, 2013; <sup>4</sup> NYDOT, 2006, <sup>5</sup> Jiménez, 2015 y <sup>6</sup> Jiménez, 2015 y ASTM, 2006.

#### **Cuadro 2-4. Datos dimensionales obtenidos en campo.**

<b>Elemento</b>	<b>Explicación</b>
Largo <sup>1,2,3 y 4</sup>	Distancia medida desde la corona de entrada hasta la corona de salida a lo largo de la línea de centro de la apertura.
Ancho <sup>1,2,3 y 4</sup>	Distancia horizontal mayor de cada una de las aperturas
Separación <sup>1,2,3 y 4</sup>	Ancho promedio entre las aperturas medido horizontalmente.
Cobertura <sup>1,2,3 y 4</sup>	Distancia desde la corona hasta la superficie de rodamiento aguas arriba y aguas abajo.
Altura <sup>1,2,3 y 4</sup>	Altura o dimensión máxima vertical de las aperturas
Pendiente de la alcantarilla <sup>1 y 6</sup>	Se identifica la pendiente de la alcantarilla.
Pendiente terraplén <sup>1</sup>	Se identifica la pendiente de los taludes del terraplén aguas arriba y aguas abajo. Si hubiera terrazas debe de estar detallado en el dibujo de la sección transversal de la alcantarilla. Véase la Figura 2-4.
Pendientes de márgenes <sup>5 y 6</sup>	Se identifica la pendiente aproximada de los taludes de las dos márgenes aguas arriba y aguas abajo. Véase la Figura 2-4.

<b>Elemento</b>	<b>Explicación</b>
Ángulo río alcantarilla aguas arriba y aguas abajo <sup>1,2,3 y 4</sup>	Se mide el ángulo que existe entre la dirección de entrada de la alcantarilla y el río. También se mide dicho ángulo en la salida. Véase la Figura 2-5.
Ángulo de la alcantarilla con la carretera <sup>3</sup>	Se identifica si existe un ángulo entre la dirección de la línea media de la carretera y la dirección de la alcantarilla. Véase la Figura 2-5.
Nivel de crecientes visto en campo aguas arriba y aguas abajo. <sup>5y6</sup>	En el caso de presentarse basura en el sitio se identifica de ser posible la altura máxima a la que la basura se encuentra. En el caso de no existir basura se identifica el punto donde comienza a existir vegetación no acostada. También se puede preguntar a los vecinos de la zona hasta donde aproximadamente llega el río.

*Nota:* <sup>6</sup>Puede requerirse para hacer esta medición mejores instrumentos o entrenamiento que los necesarios en una inspección regular.

*Fuentes:* <sup>1</sup>NTA, 2010; <sup>2</sup> FHWA, 2010; <sup>3</sup> ODOT, 2013; <sup>4</sup>NYDOT, 2006 y <sup>5</sup>Jiménez, 2015.

### **Cuadro 2-5. Datos generales obtenidos en escritorio.**

<b>Elemento</b>	<b>Explicación</b>
Fecha de construcción <sup>2y4</sup>	Se reporta la fecha en que fue construida la alcantarilla (Año)
Fecha de última reparación <sup>2y4</sup>	Se reporta la fecha en que fue reparada la alcantarilla. (Mes/ Año)
Fecha de último mantenimiento <sup>2y4</sup>	Se reporta la fecha en que se le dio el último mantenimiento preventivo a la alcantarilla. Un ejemplo de ello es la remoción de escombros. (Mes/ Año)
Fecha de última evaluación <sup>4</sup>	Se reporta la fecha en que se dio la última evaluación de la alcantarilla y el método de evaluación. (Mes/ Año)
Ubicación geográfica <sup>1,2,3y4</sup>	Se reportan las coordenadas Norte y Este del punto en el espaldón de la carretera en la línea de centro de la alcantarilla en la ladera aguas arriba. Se usa la proyección CRTM 05 en el reporte final de la ubicación geográfica.
Ubicación política <sup>3y4</sup>	Se reportan distrito, cantón y provincia en la que está ubicada la alcantarilla o bien, de cuáles distritos, cantones o provincias es divisoria.
Ruta <sup>1,3y4</sup>	Se reporta el número de ruta nacional a la que pertenece la alcantarilla.
Número de carriles <sup>1,3y4</sup>	Se reporta el número de carriles presentes de la carretera en el punto de paso de la alcantarilla.
Velocidad Permitida en la vía <sup>1</sup>	Se identifica la velocidad máxima permitida en el tramo de la alcantarilla en km/h
Tránsito promedio diario <sup>1</sup>	Se identifica el tránsito promedio diario anual
Distancia de recorrido en rutas alternas <sup>5</sup>	Se anota cuál es la distancia de recorrido de las rutas alternas escogidas mediante el criterio explicado en la sección 3.1.
Tipo de zona <sup>5</sup>	Se identifica tanto en campo como en escritorio el tipo e zona en la que se encuentra la alcantarilla: residencial, industrial-comercial, mixta o despoblada.
Historia de inundaciones <sup>1,2,3y4</sup>	Se identifica si existe historia de inundaciones cerca de la zona de la alcantarilla o desbordamientos de esta a partir de los registros de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), del meteorológico nacional o de testimonios a vecinos.

*Fuentes:* <sup>1</sup>NTA, 2010; <sup>2</sup> FHWA, 2010; <sup>3</sup> ODOT, 2013; <sup>4</sup>NYDOT, 2006 y <sup>5</sup>Jiménez, 2015.

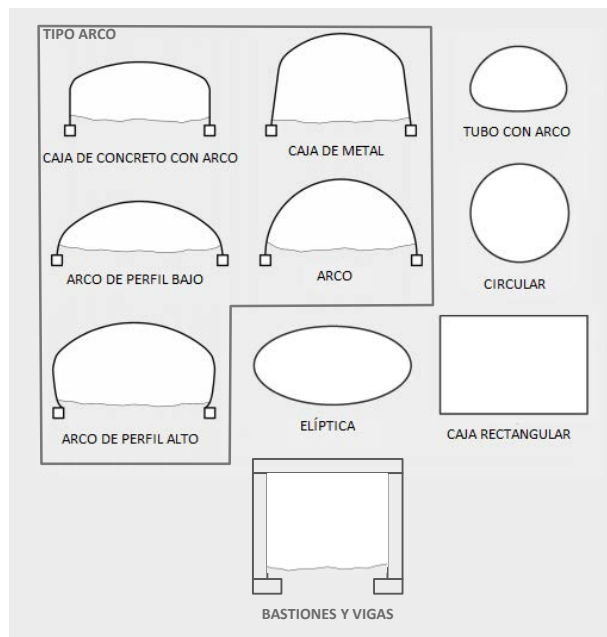
Dentro de los elementos adicionados a los propuestos por las metodologías se encuentran: el tipo de material del fondo del río, el tipo de aguas que se observan y el tipo de zona. El material de fondo del río así como el tipo de aguas que se observan pueden establecer una idea de qué tipo de problemas se podría encontrar la alcantarilla en el tiempo; por ejemplo degradación del canal (usual en casos de fondos móviles), abrasión en el caso de material grueso en el fondo, etc.

De encontrarse aguas residuales lleva a los inspectores a llevar equipo de protección personal adecuado para una situación de posible contagio con enfermedades transmisibles por medio del agua.

El tipo de zona es un parámetro que podría eventualmente ser útil para realizar una priorización ya que podría mostrarse (una vez teniendo una base de datos de las principales alcantarillas del país) que dicha variable modifica la importancia de cada alcantarilla como recomendó Coto (2014). En la sección 3.1 se emplea este criterio para determinar el tipo de factor de costo de pesados respecto a livianos que se emplea para determinar la importancia vial. El parámetro de distancia de recorrido en rutas alternas es otro de los parámetros que se emplea en dicha sección.

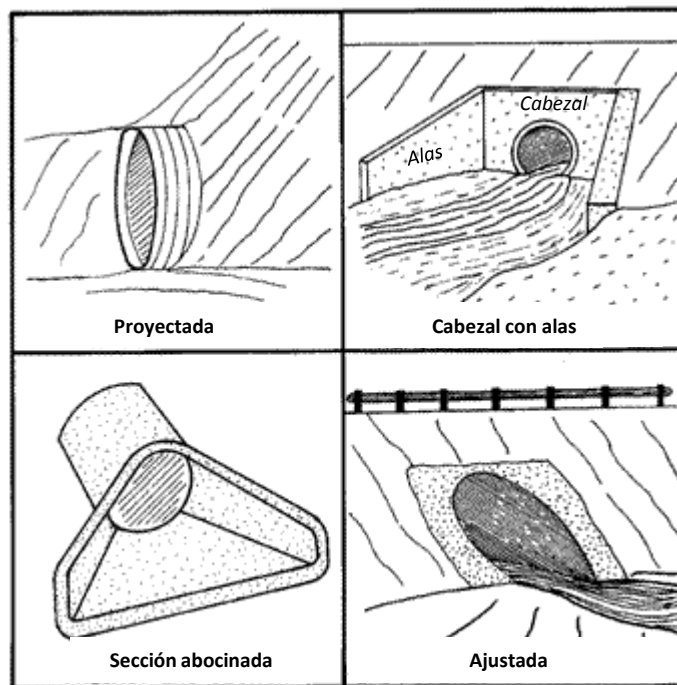
Las pendientes de las márgenes puede ser empleadas para para establecer situaciones peligrosas tanto para los terrenos vecinos como para la alcantarilla. Adicionalmente pueden dar una idea más precisa del volumen total del relleno del terraplén dato que es empleado en la sección 3 para mejorar la priorización de acciones.

Por último el nivel de crecientes visto en campo es una ayuda que permite tanto determinar posibles problemas de rebosamiento como para dar una idea de la altura del agua en el caso de hacerse un cálculo hidrológico e hidráulico para algún período de retorno de interés.



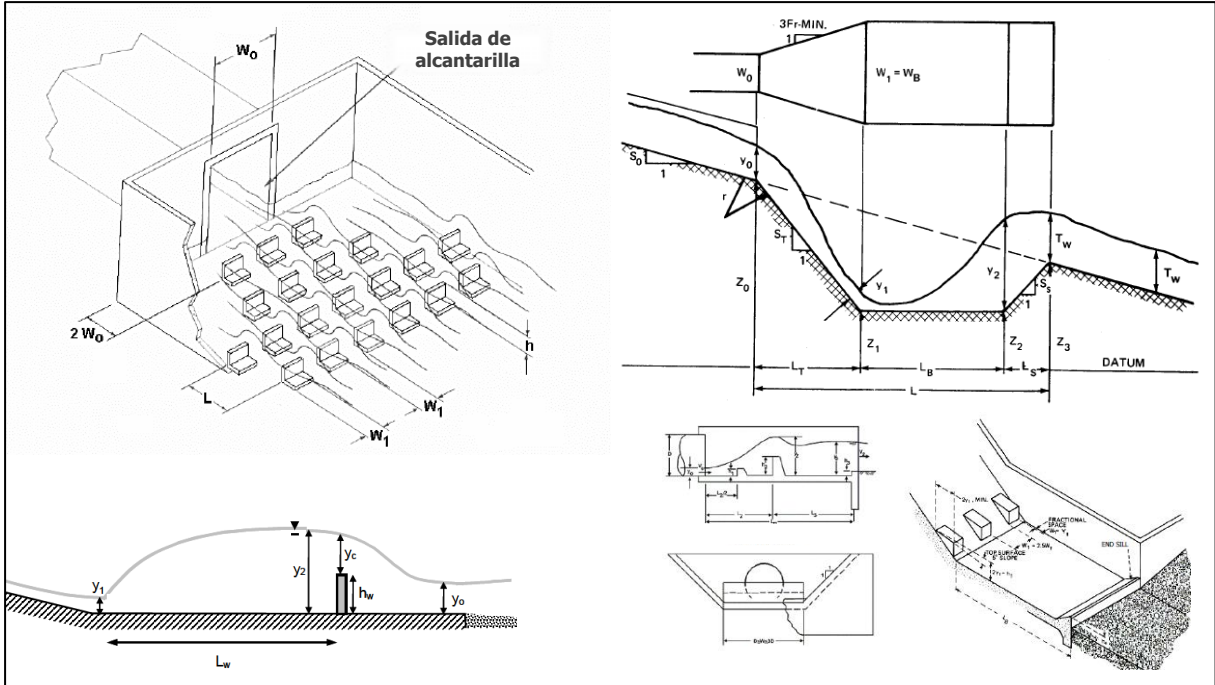
**Figura 2-1. Clasificación de alcantarillas según forma.**

Fuente: FHWA, 2012, modificado por Jiménez, 2014



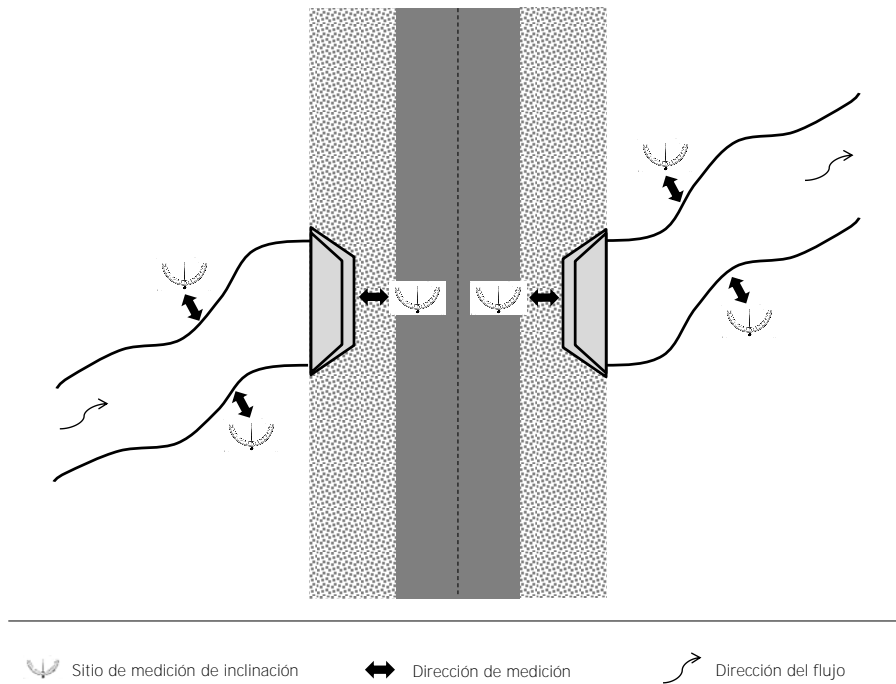
**Figura 2-2. Diferentes tipos comunes de estructuras de salidas y entradas de alcantarillas.**

Fuente: FHWA, 2012, modificado por Jiménez, 2014



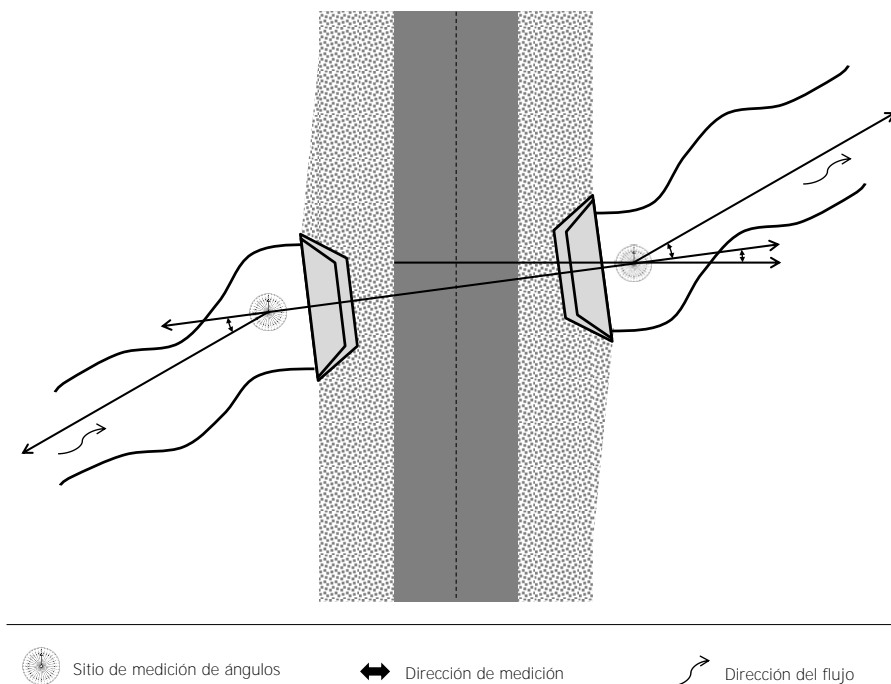
**Figura 2-3. Tipos comunes de disipadores de energía.**

Fuente: FHWA, 2012, modificado por Jiménez, 2014



**Figura 2-4. Sitios de registro de inclinación**





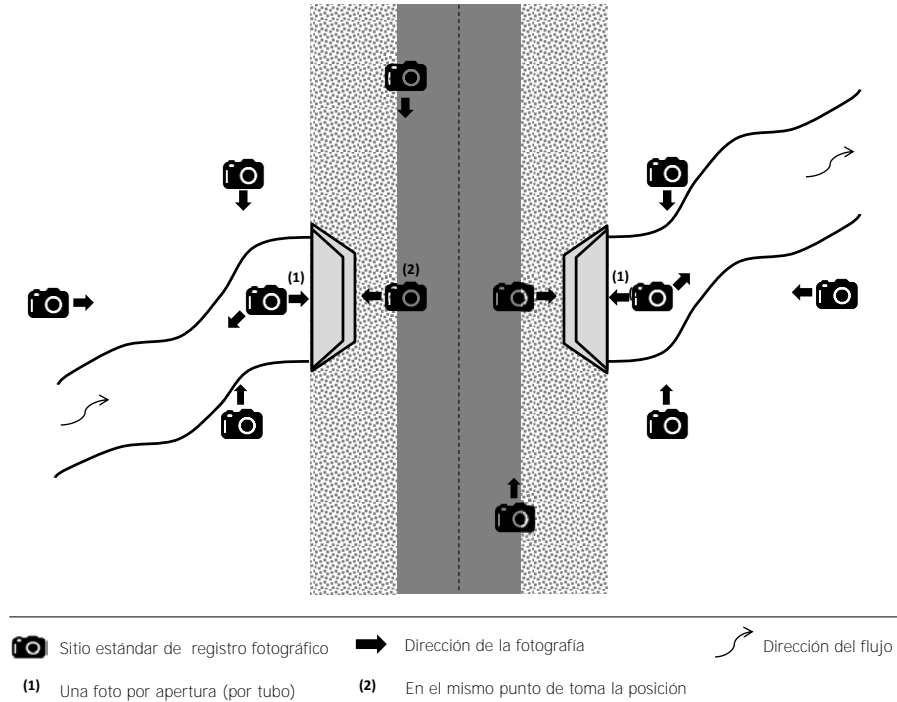
**Figura 2-5. Registro de diferencias angulares en la alcantarilla.**

### 2.2.2 REGISTROS FOTOGRÁFICOS

Todas las metodologías encontradas coinciden con la necesidad de emplear fotografías para registrar situaciones de riesgo que se encuentren en la alcantarilla así como para poder observar procesos históricos que ha sufrido la alcantarilla.

Idealmente para obtener un registro fotográfico comparativo en el tiempo se deben de seleccionar en cada alcantarilla hitos desde donde tomar las fotografías estándar identificadas en la Figura 2-6. De esta manera, la comparación entre fotografías no está distorsionada por la ubicación. En algunos casos lograr establecer estos hitos podría resultar poco práctico, en dicho caso se podrían emplear fotografías georreferenciadas o sencillamente intentar repetir el encuadre de la fotografía pasada.

Nótese que las fotografías estándar difieren de las fotografías específicas que se hacen en una inspección regular ya que las primeras no se enfocan en problemas específicos sino en características generales de la alcantarilla y de su vecindad. Una fotografía específica de cada problema encontrado en la alcantarilla es esperada de una inspección regular.



**Figura 2-6. Croquis de la ubicación de los sitios estándar de registro fotográfico.**

Fuentes: ODOT, 2013; Jiménez, 2015.

### 2.2.3 ELEMENTOS ADICIONALES

Adicionalmente según FHWA (2010) es de ayuda generar un croquis en elevación y otro transversal de la alcantarilla. En planta se puede detallar edificios vecinos, ubicación de carriles y otras estructuras de la carretera, la ubicación de los problemas encontrados a través del tiempo, la dirección del flujo y otros detalles que sean apreciables desde esta perspectiva. En el corte transversal en la alcantarilla para identificar locaciones de problemas, la pendiente de los taludes y algunas mediciones que son necesarias para llegar a algunos de los datos generales de dimensión como la cobertura.

Otro elemento que es importante agregar en una etapa de análisis de priorización como se explica en la sección 3.1 es el cálculo de la distancia de las rutas alternas en el caso de colapsar la alcantarilla. Este tipo de información debe ser agregada preferiblemente en forma **de mapa digital, como por ejemplo en formato “.shp” o bien “.kmz” y adicionalmente en términos de distancia como número en el formulario y base de datos.** Las características de las rutas alternas y como determinarlas puede ser encontrado también en la sección 3.1.

#### 2.2.4 PROCESO Y FRECUENCIA DE INVENTARIADO E INSPECCIÓN

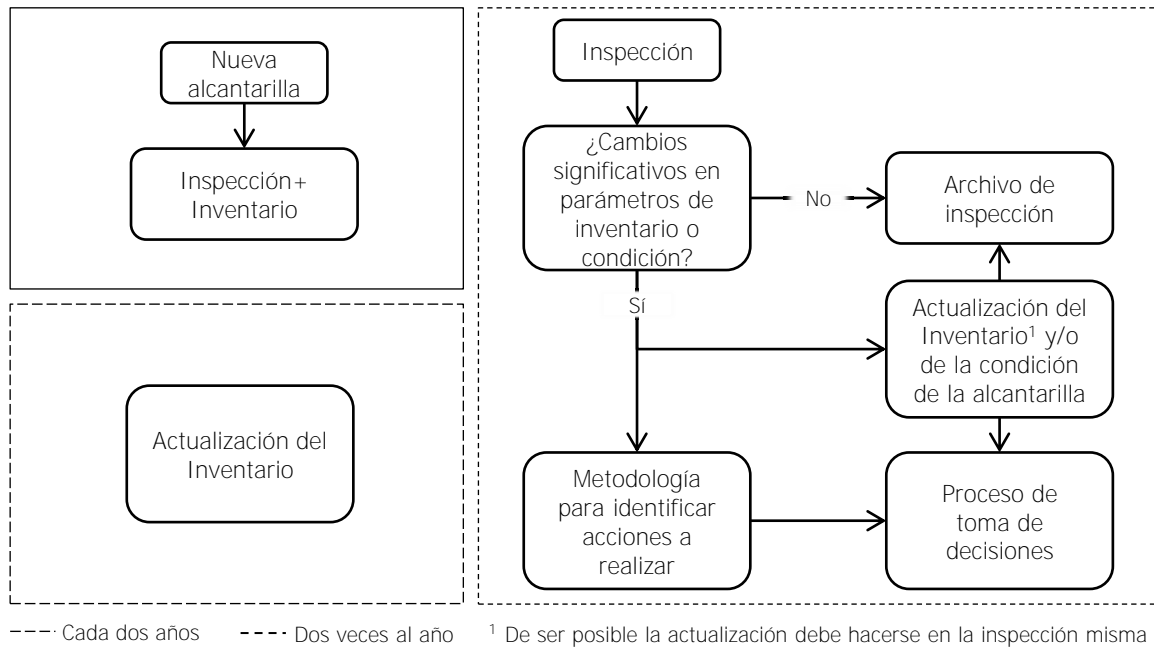
La separación del inventario de la inspección regular tiene como objetivo un aumento de eficiencia, este es un avance con respecto a muchas de las metodologías consultadas. Dicha escogencia se fundamenta en RTA (2010) que explica que la labor del inspector de la condición de una alcantarilla no es la de levantar un inventario cada vez que hace una inspección, más bien el inventario sirve al inspector para notar cambios en las características del sitio y de la alcantarilla.

Usando esta premisa lo que se recomienda es que el inventario se haga la primera vez que se ingresa una alcantarilla al sistema, sea esta nueva o vieja. Luego, si se observan en la inspección regular cambios significativos en los valores del inventario entonces dichos valores pueden ser corregidos inmediatamente por parte del inspector o bien puede ser recomendado un seguimiento de dicha alcantarilla.

La actualización del inventario se vuelve más crítica conforme la condición de la alcantarilla es peor ya que es más probable que la información suministrada por el inventario sea empleada por la organización para tomar decisiones informadas.

Se propone en este sentido que se hagan inspecciones (no inventarios) regulares al menos dos veces al año, una en la época seca y otra aproximadamente a mitad de la época lluviosa. Esto ya que en la época seca es más probable poder hacer una inspección completa de la alcantarilla (entrando a ella) que en la época lluviosa. Por otro lado, al hacer inspecciones a mitad de la época lluviosa se pueden identificar problemáticas cuya solución debe de hacerse antes de darse mayores eventos de precipitación. Además de los procesos regulares anteriormente mencionado, se recomienda una inspección luego de eventos extremos.

El inventario se recomienda que se lleve a cabo al menos de forma completa una vez cada dos años de forma regular o cuando alguna inspección identifique cambios significativos en la condición de la alcantarilla y en los parámetros del inventario. Dicho valor puede ser prolongado si existe evidencia convincente de que la alcantarilla no ha sufrido ningún cambio en ninguna de las variables del inventario.



**Figura 2-7. Proceso de inventario e inspecciones.**

#### 2.2.5 EQUIPO NECESARIO PARA EFECTUAR UN INVENTARIO O INSPECCIÓN

En la mayoría de las metodologías consultadas se encontraron recomendaciones sobre el equipo necesario para efectuar la inspección. Uno de los listados más extensivos se presenta en FHWA (2010); lo presentado en dicho documento con algunos ajustes enfocados a lo encontrado en campo se presenta el Cuadro 2-6.

**Cuadro 2-6. Equipo básico para efectuar la inspección o inventario.**

Herramientas para mantener en el carro	Herramientas para llegar a lo largo de toda la inspección
Dispositivo de posicionamiento global por sus siglas en Inglés (GPS)	Formulario de inspección y de inventario
Pala, pata de chanco y machete	Martillo de geología
Extra baterías, bombillos y tarjetas de memoria	Cinta medidora de 7 m
Conos o triángulos de seguridad	Cámara
Primeros auxilios	Linterna
Salvavidas	Varilla de metal con mango
Medidores de oxígeno	Equipo de seguridad personal
Cuerda de seguridad de 30 m	Teléfono celular
Mapa	Regla
Guía de entrada	Clinómetro
Guía de evaluación	Cinta medidora de 30 m

Fuente: FHWA, 2010.

### 2.2.6 FORMULARIO PARA INVENTARIO

Con el fin de facilitar el trabajo del inspector en términos de anotaciones y de guía se provee un formulario para emplearse en campo. A pesar de que podría parecer un asunto trivial, el formulario previene olvidos y favorece un trabajo más ágil, ordenado y objetivo. En la Figura 2-8 y Figura 2-9 se presentan tanto el frente como el dorso del formulario de inventario propuesto.

Debe de entenderse que para el acceso a la alcantarilla tanto en una inspección como en un inventario es necesario tomar en consideración que el acceso a la alcantarilla sea seguro. En la Figura 2-10 en la sección 2.4 se esclarecen cuál es el criterio recomendado por FHWA (2010) para el acceso seguro a una alcantarilla.

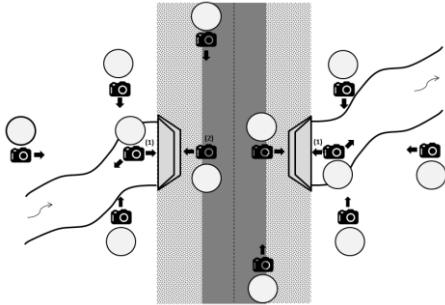
<b>INVENTARIO ALCANTARILLAS</b>		Nombre: _____		Código: _____	
Encargados: 1. _____		2. _____		Fecha: _____	
<b>Datos generales obtenidos previamente</b> <sup>1</sup> Puede ser corroborado en sitio					
<i>Datos de Fechas</i>			<i>Datos de Ubicación</i>		
Año de construcción _____		Coordenada Norte <sup>1</sup> _____			
Fecha de última reparación _____		Coordenada Este <sup>1</sup> _____			
Fecha de último mantenimiento _____		Provincia _____			
Fecha de último inventario _____		Cantón _____			
Fecha de última inspección _____		Distrito _____			
<i>Datos viales</i>			N° Ruta:		Sentido A:      Sentido B:
Velocidad máxima (km h <sup>-1</sup> )	A. _____	B. _____	TPM	A. _____	B. _____
N° de Carriles <sup>1</sup>	A. _____	B. _____	%Pesados	A. _____	B. _____
Longitud de rutas alternas (km) Sentido A	Base _____	1° _____	2° _____	3° _____	
Longitud de rutas alternas (km) Sentido B	Base _____	1° _____	2° _____	3° _____	
<i>Datos de la vecindad</i>					
Tipo de zona <sup>1</sup>		<input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Rural <input type="checkbox"/> Mixta			
Edificaciones cercanas <sup>1</sup>		<input type="checkbox"/> Edificios <input type="checkbox"/> Vías <input type="checkbox"/> Ductos <input type="checkbox"/> Telecomunicaciones <input type="checkbox"/> Otro _____			
Hay historial de inundaciones en la zona		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No			
Nombre del cuerpo de agua que cruza		_____			
<b>Datos generales obtenidos en sitio</b>					
Material de tubo(s)		<input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Mampostería			
Forma de tubo(s)		<input type="checkbox"/> Circular <input type="checkbox"/> Elíptico <input type="checkbox"/> Arco <input type="checkbox"/> Tubo con arco <input type="checkbox"/> Cajón <input type="checkbox"/> Bastiones y vigas			
Tipo de estructura de entrada		<input type="checkbox"/> Tubo Proyectado <input type="checkbox"/> Tubo Ajustado <input type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición Abocinada			
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Tipo de estructura de salida		<input type="checkbox"/> Tubo Proyectado <input type="checkbox"/> Tubo Ajustado <input type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición Abocinada			
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
Tipo de protección contra erosión (canal)		<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input type="checkbox"/> Ninguno			
¿Existe dissipador de energía?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No			
Tipo de protección del terraplén entrada		<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input type="checkbox"/> Ninguno			
Tipo de protección del terraplén salida		<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input type="checkbox"/> Ninguno			
Tipo de material fondo de río entrada		<input type="checkbox"/> Piedras grandes <input type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Concreto			
Tipo de material fondo de río salida		<input type="checkbox"/> Piedras grandes <input type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Concreto			
Tipo de aguas		<input type="checkbox"/> Clara <input type="checkbox"/> Jabonosa <input type="checkbox"/> Fétida <input type="checkbox"/> Basura/Escombros			
<b>Mediciones obtenidas en sitio</b> <sup>2</sup> Identificar el lugar en comentarios					
<i>Aguas arriba</i>			<i>Aguas abajo</i>		
Cobertura (m)		Cobertura (m) _____			
Pendiente talud (°)		Pendiente talud (°) _____			
Pendiente talud margen derecha (°)		Pendiente talud margen derecha (°) _____			
Pendiente talud margen izquierda (°)		Pendiente talud margen izquierda (°) _____			
Ángulo río tubo(s) (°)		Ángulo río tubo(s) (°) _____			
Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m)		Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m) _____			
<i>Tubo (s)</i>					
N° de tubos		¿Tubos similares?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A	
Largo del tubo(s) (m)		Ángulo tubo(s)-carretera (°) _____			
Ancho del tubo(s) (m)		Pendiente de tubo(s) (°) _____			
Alto del tubo(s) (m)		Separación entre tubos (m) _____			

**Figura 2-8. Formulario para la realización de inventario, página 1.**

**INVENTARIO ALCANTARILLAS**

Nombre: \_\_\_\_\_ Código: \_\_\_\_\_

*Comentarios Generales*



Empty rectangular box for general comments.

*Vista en elevación*

Large empty rectangular box for the elevation view.

*Otros diagramas y señalamientos*





Large empty rectangular box for other diagrams and markings.

**Figura 2-9. Formulario para la realización de inventario, página 2.**

### 2.3 SIMBOLOGÍA DE DIAGRAMAS DE FLUJO

En las secciones 2.4 y 2.6 se emplea una simbología propia que debe de ser clarificada para favorecer la lectura de los diagramas de flujo presentes en dichos apartados. En el Cuadro 2-1 se explica el significado de dicha simbología.

**Cuadro 2-7. Simbología básica de los diagramas de flujo de los apartados 2.4 y 2.6.**

Símbolo	Significado
	Inicio de un diagrama o evento.
	Pregunta dicotómica (sí o no)
	Acción recomendada
	Conexión a otro diagrama

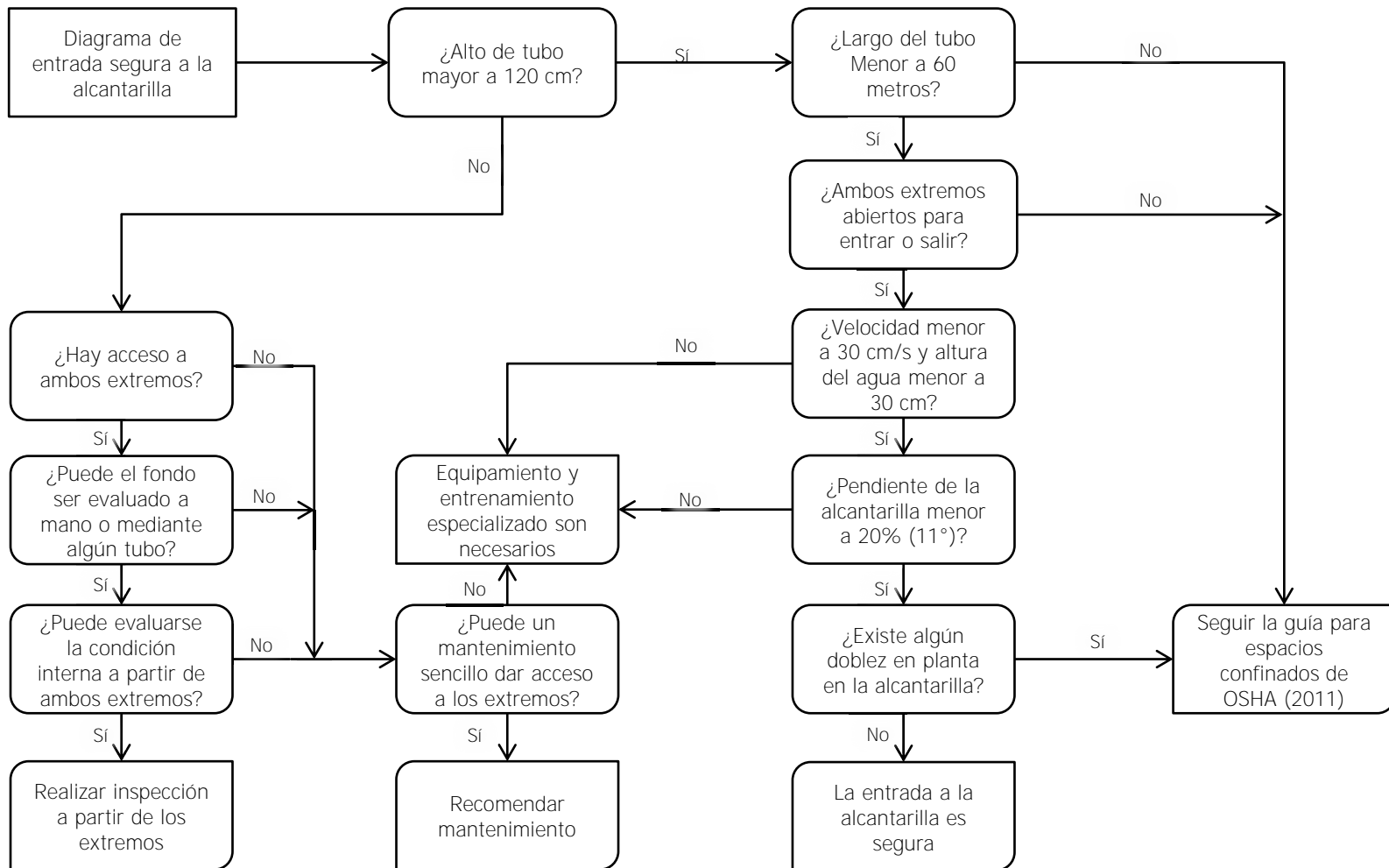
### 2.4 INSPECCIÓN DE ALCANTARILLAS

El objetivo de la inspección de una alcantarilla como se entiende en este trabajo es similar a lo expuesto en NTA (2010), donde se explica que el principal trabajo de hacer una inspección es identificar situaciones riesgosas que puedan llevar a el colapso parcial o total de la estructura o la afectación de la vecindad de la alcantarilla.

Como se detalló en la sección 2.1, gran parte de las metodologías tienen en común un sistema de clasificación o calificación de la condición estructural de la alcantarilla con base en diferentes tipos de deterioro generalizado o bien localizado. Adicionalmente se establecen criterios para las condiciones geotécnicas e hidráulicas del sitio donde se construye la alcantarilla.

Una de los puntos principales que destacan las principales metodologías es la importancia del acceso seguro al sitio ya que la inspección se debe dar en zonas que no fueron diseñadas específicamente para el tránsito de personas y por tanto en ellas pueden darse situaciones peligrosas. En la Figura 2-10 obtenida de FHWA (2010) se puede observar un procedimiento de evaluación de las condiciones básicas para una entrada segura al sitio de estudio.





**Figura 2-10. Diagrama de acceso seguro al sitio de inspección**

Fuente: FHWA, 2010; modificado por Jiménez, 2015.

### 2.4.1 INSPECCIÓN DEL ESTADO DE LA ALCANTARILLA

Para determinar la severidad del daño estructural de la alcantarilla analizada en la visita de campo es posible según FHWA (2010) clasificar su estado en función de algunos síntomas cuya determinación puede darse a simple vista. Una vez hecha la clasificación es posible recomendar una serie de acciones para su reparación o su cambio.

La metodología de FHWA (2010) establece cinco posibles estados presentes en la alcantarilla. En el Cuadro 2-8 se presenta una síntesis de la clasificación.

**Cuadro 2-8. Puntajes para el análisis de estado de la alcantarilla**

<b>Calificación</b>	<b>Condiciones a la que responde</b>
Bueno	Como nuevo o poco deteriorado, estructural y funcionalmente adecuada
Regular	Con algún deterioro pero estructural y funcionalmente adecuada
Malo	Con deterioro significativo e/o inadecuada funcionalmente. Reparación Recomendada.
Crítico	En muy pobres condiciones tales que podrían atentar contra la salud y seguridad de los usuarios. Reparación inmediata requerida.
n/a	No aplica, dicho elemento no existe o dicho rubro no puede ser evaluado.

Fuente: FHWA, 2010; modificado por Jiménez, 2015.

Adicionalmente a dichos estados FHWA (2010) explica la posibilidad de que exista un estado desconocido donde no se pueda realizar la inspección o no se pueda dar una calificación. Como dicha calificación podría llegar a ser ambigua se eliminó de cada uno de los elementos y se cambió por una pregunta inicial de si el estado del terraplén o el tubo es desconocido. Si algunos de ellos es desconocido se procede a terminar la inspección. Luego en la metodología complementaria a la toma de decisiones se esclarece cuáles acciones son pertinentes si dicha condición se da.

Otros datos básicos que deben de corroborarse en sitio o bien anotar en cualquier inspección. El nombre de los inspectores y la fecha de inspección son necesarios principalmente para cuestiones de registro. Dichos aspectos generales son detallados en el Cuadro 2-9.

**Cuadro 2-9. Datos básicos para una inspección.**

<b>Elemento</b>	<b>Explicación</b>
Nombre de los Inspectores	Nombre de las dos personas encargadas de la inspección. Nótese que deben de haber al menos dos personas realizando dicha labor para salvaguardar la seguridad.
Fecha de realización de la inspección	Se reporta la fecha de la inspección en formato Mes/ Año
Es el estado del terraplén o el tubo desconocido	Se indica si existe alguna dificultad de acceso que impide o dificulta la ejecución de la evaluación y por tanto previene de establecer una calificación al terraplén o el tubo.
Se puede mediante un mantenimiento sencillo dar acceso para la inspección	Se indica, si existe una condición que previene el acceso, si esta condición puede ser removida a partir de un mantenimiento regular. En caso contrario se debe buscar especialistas que puedan evaluar la condición de dicha alcantarilla.
Existe acceso a maquinaria <sup>1</sup>	Este elemento busca responder si maquinaria pesada puede ser llevada hasta el nivel del tubo sin problemas mayores, especialmente relacionados a la topografía del sitio o bien a la vención.

Nota: <sup>1</sup> Esta variable es de interés tanto para planificar el mantenimiento, reparación y construcción de la alcantarilla como para determinar si se pueden emplear metodologías de reemplazo sin trinchera y reparación con forro (MRF).

Fuente: FHWA, 2010.

Primeramente al hacer una inspección se efectúa una evaluación del terraplén y de la carretera ya que si estos se encuentran dañados específicamente en la zona de la alcantarilla y no en zonas aledañas entonces podría ser un buen indicador de que existe un problema crítico con la alcantarilla. En el Cuadro 2-10 se establecen los criterios para clasificar la condición de dichos elementos.

Una vez realizada la inspección del terraplén y la carretera se procede a analizar las estructuras de entrada y salida de la alcantarilla mediante Cuadro 2-11. Luego, se emplea el cuadro de evaluación específico para el tipo de material (del Cuadro 2-12 al Cuadro 2-15) según corresponda, como guía para determinar el estado del tubo.

Los cuadros han de leerse de derecha a izquierda de forma tal que para que la alcantarilla cumpla con la **clasificación de la columna "j" en rubro de la fila "i" es necesario la condición igual o más favorable (menos crítica) que cada uno de los aspectos descritos en la celda "ij"**.

En el caso de que las condiciones de la alcantarilla sean más favorables que todos los puntos descritos en dicha celda entonces se evalúa una calificación menos crítica y se repite el proceso hasta llegar a una condición equivalente a la encontrada en campo en el rubro **denotado por "i"**.

**Cuadro 2-10. Estado del terraplén y de la carretera en la zona de la alcantarilla.**

Rubro	Bueno	Regular	Malo	Crítico
Indicadores en el terraplén <sup>1</sup>	Ninguna seña de problemas.	Se pueden observar algunas grietas leves perpendiculares a la pendiente Se puede observar la baranda ligeramente inclinadas hacia afuera.	Se observan grietas considerables indicando una falla por cortante. La cuña de la falla no llega hasta la carretera. Se observa una inclinación severa en la baranda hacia afuera Se pueden observar huecos o cavidades en el terraplén cerca del espaldón pero no son profundos ni extensos. <sup>2</sup>	Hay una pérdida significativa del terraplén o de la baranda.
Indicadores en la carretera <sup>2</sup>	No se ven defectos, grietas o parches de mantenimiento en el pavimento. Sin alguna diferencia perceptible de elevación entre el pavimento de la zona de la alcantarilla y el anterior y posterior en sentido del flujo vehicular.	Áreas aisladas con grietas y descascarados. Diferencia menor apenas perceptible en el pavimento en la zona de la alcantarilla	Agrietamiento, descascarado, cavidades o parches de mantenimiento no aislados afectando hasta 20% de un carril o un espaldón en la zona de la alcantarilla. Diferencia significativa en el pavimento en la zona de la alcantarilla. Los vehículos rebotan al pasar	Agrietamiento, descascarado, cavidades o parches de mantenimiento afectando a más de 20% de un carril o un espaldón en la zona de la alcantarilla. La diferencia en elevación genera un impacto en la estructura cuando los vehículos pasan. Existe un obstáculo mayor al tránsito o existe una situación peligrosa debido a ello.
Arreglos en superficie de la vía	Se identifica si es necesario hacer arreglos del terraplén en la superficie de rodamiento, es decir, si es necesario cerrar al menos un carril para efectuar los arreglos en el terraplén.			
Comparación <sup>3</sup>	Reporte si las condiciones observadas en la zona de la alcantarilla son significativamente más críticas que las observadas previa o posteriormente al paso.			

Fuente: <sup>1</sup>NYDOT, 2006; <sup>2</sup>ODOT, 2013; <sup>3</sup>Jiménez, 2015.

**Cuadro 2-11 Explicación detallada de la calificación de la condición de las obras de entrada y salida.**

<b>Rubro</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>	<b>Crítico</b>
Cabezal y alas entrada o salida	Ninguna o pocas grietas. Muy ligero descascarado del concreto o corrosión del acero. No hay exposición de la fundación. No hay desplazamiento.	Pequeñas grietas y escarificación del concreto. Poca rotación o desplazamiento con una brecha pequeña respecto al borde del tubo. Poca exposición de la fundación.	Área afectada por el agrietamiento y la escarificación es mayor al 50% o se da exposición del acero de refuerzo. Rotación o desplazamiento significativo con un distancia mayor a 10 cm respecto al borde del tubo. Exposición de la fundación y socavación.	Colapso parcial o total de la estructura con afectación del desempeño de la alcantarilla o con daño del terraplén o de la carretera.
Delantales de entrada o salida	Sin agrietamiento, socavación o tubificación.	Agrietamiento significativo. Sin tubificación o socavación visibles.	Agrietamiento en más del 50% del delantal Socavación o tubificación visibles	Colapso parcial o total de la estructura con afectación del desempeño de la alcantarilla o con daño del terraplén o de la carretera.
Sección abocinada, sección proyectada del tubo o sección ajustada del tubo.	Poco o ningún Agrietamiento, deterioro y deformación no visible. No hay socavación.	Agrietamiento, deterioro y deformación no significativa. Hay poca socavación.	Grietas, socavación o tubificación afectan a más del 50% del accesorio. Cabezal aplastado o separado del tubo	Deterioro significativo con afectación del desempeño de la alcantarilla o con daño del terraplén o de la carretera.
Protección contra erosión.	Poco o ningún desplazamiento o socavación del empedrado o de las unidades de protección. Unión firme con la estructura de la alcantarilla	Desplazamiento, socavación o deterioro localizado del empedrado o de las unidades de protección. Pequeña separación de la estructura de la alcantarilla	Desplazamiento, socavación o deterioro significativo afectando el desempeño de la medida preventiva y de la alcantarilla.	Colapso parcial o total de la estructura con afectación del desempeño de la alcantarilla o con daño del terraplén o de la carretera.

Fuente: FHWA, 2010.

**Cuadro 2-12. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de concreto reforzado.**

<b>Rubro</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>	<b>Crítico</b>
Deterioro del fondo de la alcantarilla	Poca o ninguna abrasión. Poco concreto descascarado y poco agregado expuesto.	Moderada abrasión y concreto descascarado. Pérdida de agregado sin llegar a exponer el acero de refuerzo.	Considerable abrasión, concreto descascarado y pérdida de agregado. El acero de refuerzo se encuentra expuesto.	Pérdida de secciones completas. Huecos debajo de las secciones dañadas. Daños en la carretera o en el terraplén
Uniones	La unión es firme y lisa. Pocas o ninguna rugosidad o grieta.	La unión está desplazada o rotada. Poca infiltración o expulsión de agua o suelo.	La unión está desplazada o rotada. Significativa infiltración o expulsión de agua o suelo. Se pueden observar huecos en la zona de las uniones.	Quebraduras o separaciones de más de 100 mm. Huecos extensos en las zonas de unión. Daños en la vía o en el terraplén.
Deformación en la sección transversal	Ninguna observada.	Distorsiones menores o difíciles de distinguir resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto. Distorsiones se encuentran entre 1% y 5% del tamaño del conducto original <sup>1</sup>	Distorsiones significativas resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto. Distorsiones se encuentran entre 5% y 10% del tamaño del conducto original. <sup>1</sup>	Distorsiones muy significativas resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto. Distorsiones se son mayores al 10% del tamaño del conducto original. <sup>1</sup> La estructura está parcialmente colapsada. Hay daño en el terraplén o en la carretera.

<b>Rubro</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>	<b>Crítico</b>
Agrietamiento en cajones	<p><u>Cajones y Arcos</u>: Grietas delgadas o por contracción encontrado localmente y no en la corona o en la línea de media altura de la alcantarilla. Grietas en menos del 25 % de cobertura de la sección transversal. Grietas menores a 3 mm.</p> <p><u>Tubo de concreto reforzado</u>: Ninguna grieta.</p>	<p><u>Cajones y Arcos</u>: Grietas pequeñas (menores a 6 mm) con desprendimientos menores de concreto y poca entrada o salida de suelo en la corona o en las esquinas a lo largo de menos que el 50% de la sección transversal.</p> <p><u>Tubo de concreto reforzado</u>: Algunas grietas delgadas (del orden de 0.1 mm), pero no ubicadas ni en la corona ni en las esquinas.</p>	<p><u>Cajones y Arcos</u>: Grietas de más de 6,5 mm con una entrada o salida significativa de suelo. Oquedades o grietas en más del 50% de la sección transversal</p> <p><u>Tubo de concreto reforzado</u>: grietas de más de 3 mm de ancho o cualquiera a lo largo de la corona o las esquinas. O bien grietas en más del 25% de la sección transversal.</p>	<p>Las grietas han permitido la entrada de suelo de forma extensiva. La alcantarilla ha fallado estructuralmente. Existen daños en el terraplén y/o en la carretera.</p>
Corrosión	<p><u>Cajones y Arcos</u>: Eflorescencia presente.</p> <p><u>Tubo de concreto reforzado</u>: Ninguna eflorescencia</p>	<p><u>Cajones y Arcos</u>: Marcas de corrosión en las grietas y en las zonas de desprendimiento de concreto sin que el acero de refuerzo esté expuesto.</p> <p><u>Tubo de concreto reforzado</u>: Ninguna mancha de óxido</p>	<p><u>Cajones y Arcos</u>: El acero de refuerzo está expuesto.</p> <p><u>Tubo de concreto reforzado</u>: Mancha de óxido o acero de refuerzo expuesto.</p>	<p>Pérdida significativa de acero que causa deformaciones en la alcantarilla. Huecos en la alcantarilla o daño en la carretera o en el terraplén.</p>

Fuente: FHWA, 2010; <sup>1</sup> ODOT, 2013.



**Cuadro 2-13. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de acero corrugado.**

<b>Rubro</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>	<b>Crítico</b>
Deterioro del fondo de la alcantarilla	Poca o ninguna pérdida de la cubierta protectora. Poca superficie con óxido. No hay pérdida de sección.	Corrosión generalizada con pérdida de material o pequeños huecos. Pérdida de la cubierta protectora pero con una cantidad significativa de la sección todavía presente.	Perforaciones visibles o fácilmente reproducibles con un martillo.	Huecos y pérdida de secciones completas con huecos debajo estos. Daños en la carretera o en el terraplén
Uniones	Daño menor. No existe separación entre piezas.	La unión está desplazada o rotada. Hay poca infiltración o expulsión de agua o suelo	La unión está desplazada o rotada. Significativa infiltración o expulsión de agua o suelo. Se pueden observar vacíos en la zona de las uniones.	La unión desplazada o rotada. Significativa infiltración o expulsión de agua o suelo. Se pueden observar huecos en la zona de las uniones acompañados por daños en el terraplén o en la carretera.
Deformación en la sección transversal.	Ninguna	Algún aplanamiento del fondo y la corona resultado en una disminución de un 5% a un 15% del tamaño original del conducto. <sup>1</sup> Algunas secciones tienen una pequeña asimetría.	Distorsión significativa con aplanamiento del fondo y la corona resultado en una disminución de un 15% a un 20% del tamaño original del conducto. <sup>1</sup>	Distorsiones muy significativas resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto que son mayores al 20% del tamaño del conducto original. <sup>1</sup> La estructura está parcialmente colapsada. Hay daño en el terraplén o en la carretera.
Corrosión por arriba de la línea de flujo	Poca o ninguna corrosión de la superficie o bien poca o ninguna pérdida de la cubierta protectora.	Moderada corrosión y limitada cantidad de huecos pequeños debido a ella. Corrosión de los elementos de conexión pero intactos en su funcionamiento.	Perforaciones visibles y fácilmente generables con un martillo. Los elementos de conexión han fallado.	Pérdidas de sección significativas. Extensiva infiltración de suelo. Existen huecos. Hay daños en el terraplén y/o en la carretera.

Fuente: FHWA, 2010; <sup>1</sup> ODOT, 2013.

**Cuadro 2-14. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de plástico.**

<b>Rubro</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>	<b>Crítico</b>
Deterioro del fondo de la alcantarilla	Ninguno observado.	Superficie con abrasión o desgaste menor.	Abrasión y desgaste significativos con perforaciones en el fondo.	Pérdida significativa de sección en el fondo de la alcantarilla con. Pérdida de suelo en el fondo o huecos. Daños en la carretera o en el terraplén.
Uniones	Daño menor en las uniones sin separación alguna.	Con separación o rotación no significativa. Poca o ninguna entrada o salida de agua o suelo.	Con separación o rotación significativa. Hay entrada o salida significativa de agua o suelo. Se pueden observar vacíos en la zona de las uniones.	Con separación o rotación significativa. Hay entrada o salida significativa de agua o suelo. Hay asentamientos o huecos en el terraplén o en la carretera.
Deformación en la sección transversal	No hay distorsiones visibles.	Algún aplanamiento del fondo y la corona resultado en una disminución de un 5% a un 10% del tamaño original del conducto. <sup>1</sup> Algunas secciones tienen una pequeña asimetría.	Distorsión significativa con aplanamiento del fondo y la corona resultado en una disminución de un 10% a un 15% del tamaño original del conducto. <sup>1</sup>	Distorsiones Severas resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto Distorsiones se son mayores al 15% del tamaño del conducto original. <sup>1</sup> Le estructura está parcialmente colapsada. Hay daño en el terraplén o en la carretera.
Pared con corrugaciones o tubo	Superficie lisa sin signos de torceduras o desgarros, grietas o abultamientos localizados.	Pocas torceduras o pandeo local.  Desgarros o grietas de menos de 15 cm de largo presentes en pocas locaciones.	Torceduras y pandeo local significativos.  Desgarros o grietas de mayores a 15 cm de largo presentes de forma general.	Torceduras y pandeo local, desgarros o grietas excesivos.  Entrada o salida de suelo del terraplén. Huecos o tubificación con daños en el terraplén o en la carretera.

Fuente: FHWA, 2010; <sup>1</sup> ODOT, 2013.

**Cuadro 2-15. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de mampostería.**

<b>Rubro</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>	<b>Crítico</b>
Deterioro del fondo de la alcantarilla	Descascarado de mortero o unidades en la zona del fondo.	Descascarado significativo. Mortero o bloques sueltos.	Mortero o bloques desplazados. Huecos en el fondo.	Huecos grandes con pérdidas completas de sección en el fondo. Huecos o daños en el terraplén o en la carretera.
Deformación en la sección transversal	Ninguna observada.	Agrietamiento menor observado. La deformación no es perceptible.	Deformación perceptible y grietas longitudinales en la corona, en el fondo de la alcantarilla o en la línea de media altura.	Entrada extensiva de suelo. Se observan huecos en el terraplén o daños a la carretera.
Mortero y Mampostería	Deterioro menor y aislado del mortero.  Todos los bloques están en su lugar y de forma estable  No hay entrada ni salida de suelo	Bloques o mortero quebrados, o sueltos.  Poca entrada de suelo.	Boques perdidos o desplazados  Entrada de suelo y huecos en el terraplén.	Presencia generalizada de huecos. Entrada extensiva de suelo generando huecos en el terraplén. Daños en el terraplén observables desde arriba o daños en a carretera.

Fuente: FHWA, 2010.

Es importante notar que en el caso de la protección contra erosión, se evalúa la zona existente de dicha protección si existe. Esto quiere decir que se evalúa el tramo en peor estado de los existentes en la alcantarilla. Si es necesario construir en una zona como en el terraplén, márgenes o el canal, una protección adicional, ese resultado se obtendrá del complemento para la toma de decisiones descrito en la sección 2.6 o bien mediante la experiencia del inspector.

Es importante notar que la protección contra erosión se entiende principalmente como la protección contra erosión en el canal mismo del río, sin embargo las protecciones de las márgenes y en el terraplén que se encuentren hasta la altura de la corona de la alcantarilla también deben de ser tomados en consideración en este análisis ya que estos pueden ser vistos como una unidad.

#### 2.4.2 INSPECCIÓN DEL DESEMPEÑO DE LA ALCANTARILLA

La siguiente etapa de la inspección es la del análisis del desempeño de la alcantarilla. Estos parámetros permiten determinar si el funcionamiento de la alcantarilla es adecuado o si existen problemas que se salen del alcance de una inspección visual. Cabe resaltar que algunos de los problemas de estado están determinados por un mal desempeño hidráulico, así como es posible que parte del mal desempeño hidráulico se deba a algún daño en el estado. En el Cuadro 2-16 se indican problemas que llevan inmediatamente a una acción de mantenimiento, reparación, reemplazo en algunos de los elementos de la alcantarilla o bien contacto con un experto.

Respecto a los problemas de desempeño de nivel I se realizaron tres principales cambios. El primer cambio que se dio es la adición de un límite superior al problema de escombros en la alcantarillas. En el caso de darse más de 75% de escombros en la alcantarilla y dicho fenómeno ha pasado en menos de seis meses entonces se recomiendan medidas adicionales a la limpieza de la misma tales como la construcción de un deflector de escombros, el cambio en la alcantarilla o bien la consulta a expertos cualquiera se establezca el más adecuado.

Un segundo cambio es la adición de la medición de un criterio numérico para determinar si hay un problema de erosión local que debe de atenderse. Dicho criterio se tomó de ODOT (2013) notando que cuando el hueco supera el 20% debe de atenderse debido a su estado pobre (malo).

Un tercer cambio fue el tomar en cuenta no sólo un alineamiento pobre del ataque de la alcantarilla respecto al río en la entrada sino también un alineamiento pobre de la salida respecto a la dirección del río ya que esto usualmente genera problemas en las márgenes a la salida como pudo ser corroborado en campo. Si bien esta situación no necesariamente genera un problema a la alcantarilla puede generar problemas a los vecinos de ella por lo que debe de atenderse.

**Cuadro 2-16. Problemas de desempeño relacionados con acciones de nivel I**

<b>Problema</b>	<b>Indicador de Campo</b>
Bloqueo por escombros o vegetación	Bloqueo de más de <b>33%</b> de la apertura del tubo de la alcantarilla en la entrada o dentro de ella.
Bloqueo de escombros frecuente y crítico.	Más de 75% de la alcantarilla es bloqueada por escombros y la alcantarilla ha tenido mantenimiento y limpiezas frecuentemente (en menos de 6 meses).
Bloqueo menor de sedimentos en la entrada o en la salida	Bloqueo desde $\frac{1}{3}$ (33%) hasta $\frac{3}{4}$ (75%) de la altura del tubo de la alcantarilla en la entrada o en la salida únicamente (no más de unos metros adentro del tubo).
Falla de entrada <sup>1</sup>	La entrada se encuentra por arriba del nivel de fondo del río y el material de construcción puede ser considerado liviano. La alcantarilla está colapsada hacia adentro. Adicionalmente no hay cabezal.
Alineamiento inadecuado respecto al canal	Tubo de la alcantarilla rotado más de 45° respecto al canal de aguas arriba con problemas en el terraplén, márgenes o la entrada de la alcantarilla. Rotación de más de 45° respecto al canal aguas abajo con erosión en las márgenes o en terraplén. <sup>3</sup>
Evidencia de rebosamiento	Erosión en la estructura de protección vehicular, erosión aguas abajo en el terraplén, pérdida de pavimento e historial de inundaciones.
Erosión local en la salida	Se presenta socavación en la alcantarilla, sus obras de salida y entrada o en el terraplén. Se puede observar una piscina de erosión con una profundidad de erosión mayor a 20% de la altura de la alcantarilla. <sup>2</sup>

*Nota:* <sup>1</sup> El problema de fallo de entrada donde ésta colapsa hacia adentro se agrega aquí debido que no se entraría en el diagrama de acciones tipo I a menos que sea tomado en cuenta en el cuadro. Fuente: FHWA, 2010; <sup>2</sup>ODOT, 2013. <sup>3</sup>Jiménez, 2015.

Cuando el problema de desempeño tiene implicaciones ambientales, geotécnicas o hidráulicas que se salen de los alcances de la inspección visual entonces se recomienda un análisis detallado por parte del especialista respectivo. En el Cuadro 2-17 se especifica cada uno de dichos problemas y los indicadores de campo relacionados.

En este sentido las acciones de nivel II no solamente tienen una implicación para el adecuado funcionamiento y estado de la alcantarilla sino también en algunos casos tienen una implicación para todo el canal del río o quebrada que sorteaba la alcantarilla. Es necesario identificar que los problemas aquí mencionados involucran un nivel de incertidumbre superior al mostrado en cualquier otro rubro de la metodología, por ende construcción o reparación deben de estar pendientes del resultado de las diferentes investigaciones relacionadas a ellos.

**Cuadro 2-17. Problemas desempeño relacionados con acciones de nivel II**

<b>Problema</b>	<b>Indicador de Campo</b>
Bloqueo de sedimentos crítico	Todo el tubo lleno más de $\frac{1}{3}$ (33%) de su altura en toda su longitud y no está diseñado para POA (paso de organismos acuáticos). Bloqueo de más de $\frac{3}{4}$ (75%) de la altura de la alcantarilla en la entrada o en la salida únicamente
Degradación del canal	Entrada o salida colgando con las paredes del canal verticales o inestables. No se observa final del fenómeno de degradación. Se observan fundaciones expuestas de estructuras en las márgenes (Ámbito urbano).
Inestabilidad en el terraplén	Falla del terraplén aguas arriba sin un pobre alineamiento. Falla en el terraplén aguas abajo sin un problema de erosión local.
Tubificación en el terraplén	Asentamientos o huecos en la carretera sin problemas mayores de juntas encontrados en la alcantarilla. Parte del agua pasa por debajo o a los lados de la alcantarilla (no dentro de ella).
No hay acceso	Cuando no se puede determinar la condición de la estructura por medio de revisión en los extremos o cuando la alcantarilla no puede ser revisada debido a una condición que no puede ser solucionada por medio de mantenimiento.
Degradación o corrosión agresiva	Condición crítica relacionada a la degradación o la corrosión encontrada en menos de 5 años.
Subestructura expuesta	Cualquier fundación que se vea expuesta en las alcantarillas con el fondo libre.
Para alcantarillas de fondo libre	Cualquier condición calificada como pobre o crítica.

Fuente: FHWA, 2010; ODOT, 2013.

Uno de los cambios que se dio en este apartado fue la unión del criterio de erosión continuada aguas abajo ("**headcut**") con el de degradación del canal debido a que es difícil determinar en campo diferencias representativas entre ambos fenómenos.

Cabe resaltar que estos problemas no son corroborados en sitio, sino se encuentran evidencias que indican la probabilidad de que dicho fenómeno esté ocurriendo; en otras palabras, solo se supone que se da el fenómeno y por ende se llama a un experto para que lo corrobore y de una solución al respecto de estar dándose.

#### 2.4.3 FORMULARIO DE CAMPO PARA INSPECCIONES

Con el fin de facilitar el trabajo del inspector en términos de anotaciones y de guía todas las metodologías estudiadas en el Cuadro 2-1 recomiendan y proveen un formulario para emplearse en campo. A pesar de que podría parecer un asunto trivial, el formulario previene olvidos y al igual que en el caso del formulario del inventario favorece un trabajo más ágil, ordenado y objetivo.

En el formulario vienen preguntas adicionales sobre la condición de los elementos de la alcantarilla que son necesarios para completar la metodología complementaria de toma de decisiones que se explica en la sección 2.6. Adicionalmente se incluyen elementos que son necesarios para la priorización de acciones en múltiples alcantarillas como se menciona en la sección 3. Algunos tipos de pregunta adicional son por ejemplo si el daño malo o crítico cubre más del 50% de la alcantarilla y si dicho daño es debido a agrietamiento en el caso de las obras de entrada o salida. Se espera que este tipo de preguntas se expliquen por si solas y no requieran de detalles adicionales para su respuesta.

<b>INSPECCIÓN ALCANTARILLAS</b>		Nombre: _____	Código: _____
Encargados: 1. _____ 2. _____		Fecha: _____	
Estado Gen. Alcantarilla <input type="checkbox"/> Bueno(B) <input type="checkbox"/> Regular(R) <input type="checkbox"/> Malo(M) <input type="checkbox"/> Crítico(C) <input type="checkbox"/> Desconocido(D)			
¿Es probable que la alcantarilla colapse en menos de un año?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Es el estado del tubo y el terraplén conocido?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <sup>1</sup>	
Si existe algún estado desconocido, ¿Puede un mantenimiento sencillo generar acceso?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A	
¿Existe acceso a maquinaria pesada?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <sup>1</sup>	
<sup>1</sup> Explique la situación que evita el conocimiento del elemento o el acceso al sitio en la zona de comentarios.			
<b>Evaluación del estado de la alcantarilla</b>			
<i>Terraplén y carretera</i>		<i>Estructura de entrada</i>	
<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	
Carretera	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Terraplén	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Es necesaria una reparación del terraplén que invade la vía?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	¿Accesorio rotado?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Son las condiciones diferentes a las presentes antes y después?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<i>Tubo</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Fondo	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	Delantal	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A
Deformación	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Uniones	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Agrietamiento	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Corrosión	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	<i>Estructura de Salida</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Pared de corrugaciones	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Mampostería y mortero	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	¿Accesorio rotado?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<i>Protección contra erosión</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Pérdida de suelo en el terraplén, canal o márgenes por falla en protección?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Delantal	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A
		¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
		¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
		¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<b>Evaluación del desempeño de la alcantarilla</b>			
<i>Problemas de desempeño tipo I</i>		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Bloqueo de escombros o vegetación de 33% del tubo?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Bloqueo de escombros de más de 75% del tubo y ha habido mantenimiento reciente?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Bloqueo de sedimentos de 33% a 75% sólo en la entrada o salida de alcantarilla?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Falla de entrada por aplastamiento, doblada hacia adentro?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Falla de entrada por flotabilidad, doblada hacia arriba?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Daños en terrapén, márgenes o accesorios por alineamiento inadecuado (Ángulo río-tubo > 45°)?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Señales de rebosamiento en la alcantarilla?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Erosión local a la salida de profundidad de más de 20% de la altura de la alcantarilla?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
<i>Problemas de desempeño tipo II</i>		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Bloqueo de sedimento de más de 33% de la altura del tubo en toda su longitud?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Bloqueo de sedimento más de 75% en la entrada o salida?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Degradación del canal?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Inestabilidad de taludes del terraplén sin problemas de alineamiento, erosión o rebosamiento?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Tubificación en el terraplén?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
<i>Otros problemas tipo II</i>		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
<input type="checkbox"/> Abrasión agresiva <input type="checkbox"/> Corrosión agresiva		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Fundaciones expuestas o cualquier estado malo o crítico en una alcantarilla con fondo móvil?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Algún deterioro aparentemente generado por problemas de carga?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	

**Figura 2-11. Formulario de campo para inspecciones página 1.**



**INSPECCIÓN ALCANTARILLAS**

Nombre: \_\_\_\_\_

Código: \_\_\_\_\_

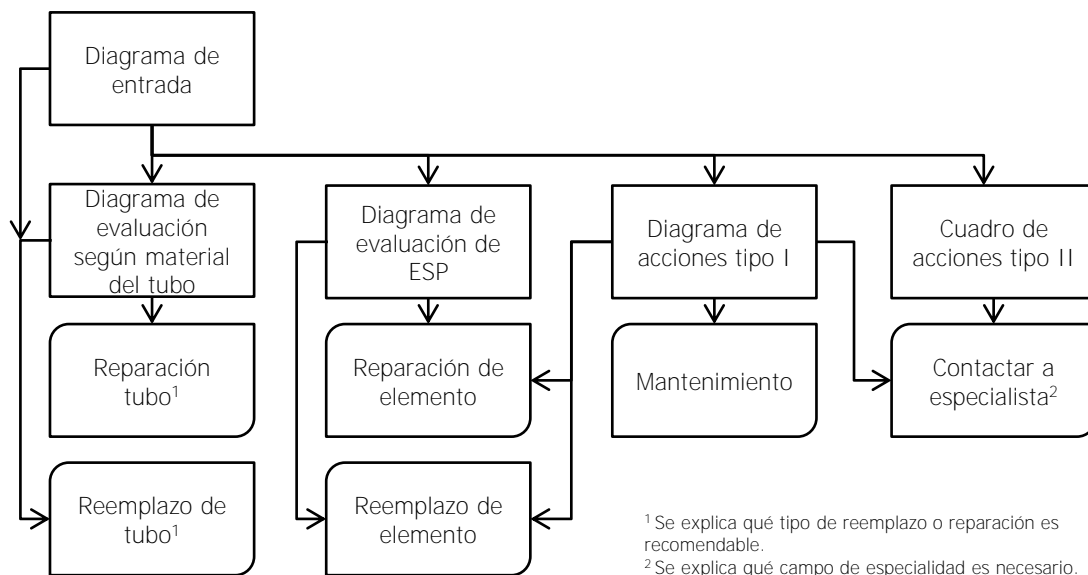
**Comentarios**

**Diagramas y señalamientos**

***Figura 2-12. Formulario de campo para inspecciones página 2.***

## 2.6 METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA PARA A LA TOMA DE DECISIONES

La finalidad de la inspección además de tener una base de datos de las características y el estado de las alcantarillas es el de tener información para poder decidir qué acciones son necesarias en la alcantarilla. En el caso de FHWA (2010) se establece una secuencia de diagramas de flujo para obtener una acción específica recomendada para cada alcantarilla. Dichos diagramas de flujo se presentan en la Figura 2-14, Figura 2-15, Figura 2-16, Figura 2-19 , Figura 2-20 y Figura 2-20. En la Figura 2-13 se describe es esquema general que sigue la lógica de dicha metodologías así como los posibles resultados a los que se llega luego del efectuar todo el proceso.



**Figura 2-13. Esquema general de la metodología complementaria a la toma de decisiones.**

*Nota:* ESP (Obras de Entrada, Salida y Protección en la alcantarilla)

El modelo empleado para la toma de decisiones en este caso es meramente determinístico ya que siempre se llega a la misma respuesta una vez se tiene el valor de las variables involucradas. Esto implica que se puede adaptar fácilmente para lograr resultados que reflejan decisiones más eficaces, sin embargo, también implica que de no ser revisado podría sistemáticamente llevar a resultados erróneos sin indicar el nivel de incertidumbre que se tiene al tomar dicha dedición.

Según lo descrito en FHWA (2010) dichos diagramas se generaron tomando en consideración la experiencia de los departamentos de transporte de diferentes estados para de esta manera

ofrecer una recomendación que lleve a resultados seguros para los usuarios de la red y económicamente eficientes.

La secuencia general que siguen los diagramas puede ser observada en la Figura 2-13. Donde se explica que en función del primer diagrama o bien "Diagrama de entrada" se deben de cruzar o no los diagramas de estado relacionados a cada material, el diagrama de obras de entrada y salida, el diagrama de acciones tipo I o el cuadro de acciones tipo II. Cada uno de ellos conlleva a acciones específicas que son detalladas en dicha figura.

Es importante destacar que dentro de las posibilidades de arreglo del tubo de la alcantarilla se encuentra la metodología de reparación por medio de forro (MRF). Esta metodología permite reparar el tubo sin la necesidad del acceso de personal y adicionalmente permite reparar efectivamente extensiones considerables de daños en él. A pesar de que esta metodología podría no ser aplicable en la actualidad en la mayoría de los casos, este podría no ser el caso en el futuro.

Adicionalmente a los diagramas es de especial importancia notar que:

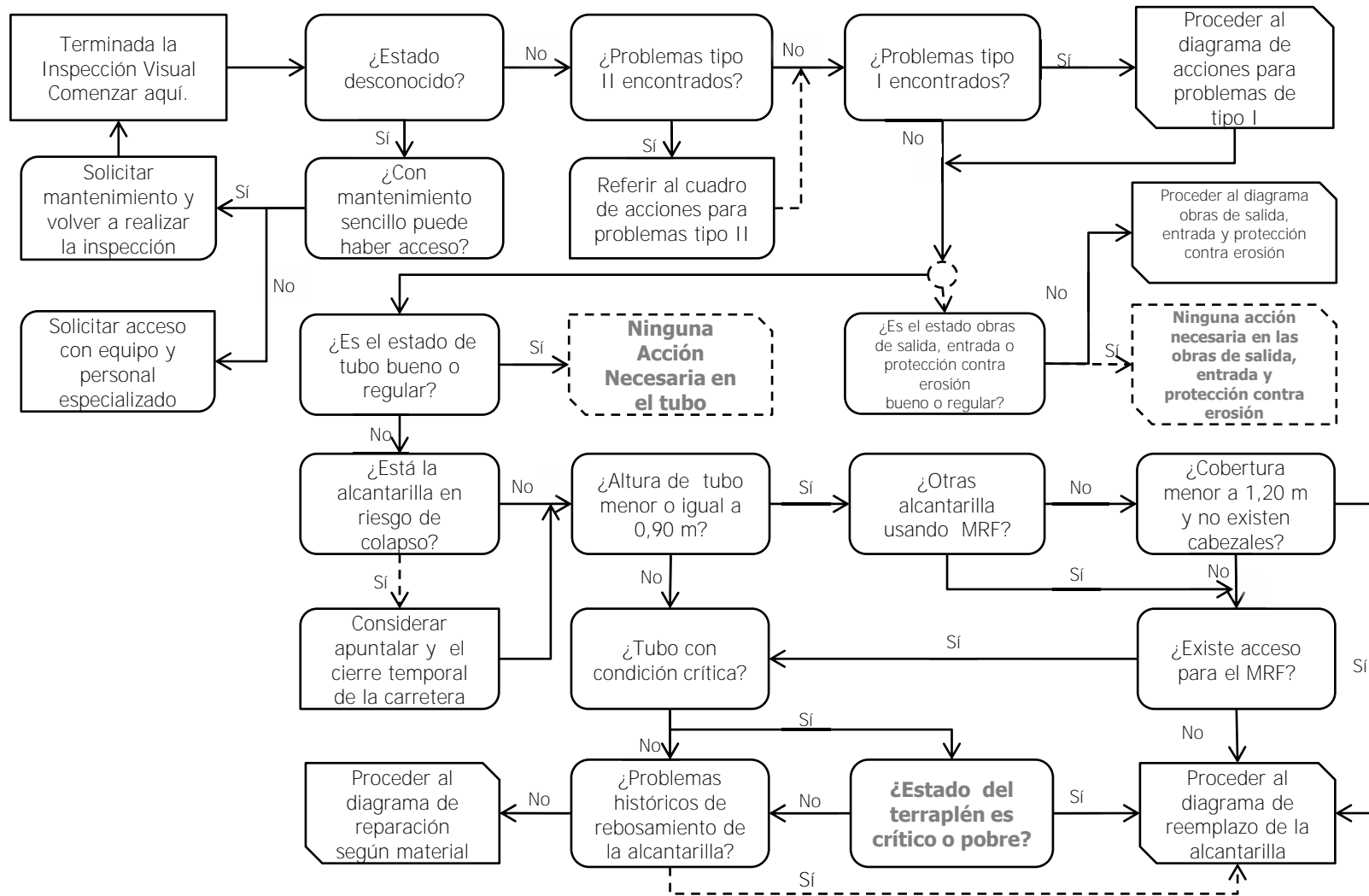
- Toda reparación con operarios debe incluir la reintegración del acero de refuerzo perdido y el rellenado de los huecos de la alcantarilla.
- Es necesario hacer un seguimiento en un periodo menor a un año de la alcantarilla si se decide reparar o reemplazar un accesorio o el tubo al menos hasta que se realice la reparación o reemplazo.
- Para alcantarillas de menos de 90 cm con cobertura menor a 120 cm es usual en EEUU realizar un proceso de tapado y construcción de un dren superficial.
- Para alcantarillas con terraplenes relativamente altos (> 6m) es usual en EEUU un proceso de tapado con la construcción de una alcantarilla debajo de la anterior.

Apuntados con líneas discontinuas y con letras en negrita de color gris se detallan los elementos que se cambiaron o transformaron respecto a los diagramas originales provistos en FHWA (2010). Una gran mayoría de estos cambios se fundamentan en comentarios que yacen en el texto de FHWA (2010) pero que no se colocan de forma explícita en los diagramas. Otros cambios llaman al hecho de que algunos procesos de los diagramas no eran necesarios para llegar al resultado porque según la secuencia lógica del diagrama ya habían sido abarcados; es decir eran reiteraciones de alguna pregunta que ya había sido hecha o revisada.

Existen principalmente dos grandes cambios que se hacen en la lógica del diagrama que no se pueden atribuir a las anteriores razones. El primero es que a pesar de llegar a un terminador de acciones tipo II, se continúa con el diagrama de decisiones (esto en el diagrama de entrada en la Figura 2-14). Este cambio se hace para continuar con la toma de decisiones y determinar si según la inspección la alcantarilla y las obras de entrada y salida han de ser cambiados y qué métodos supuestamente escogido para lograr dicho cometido.

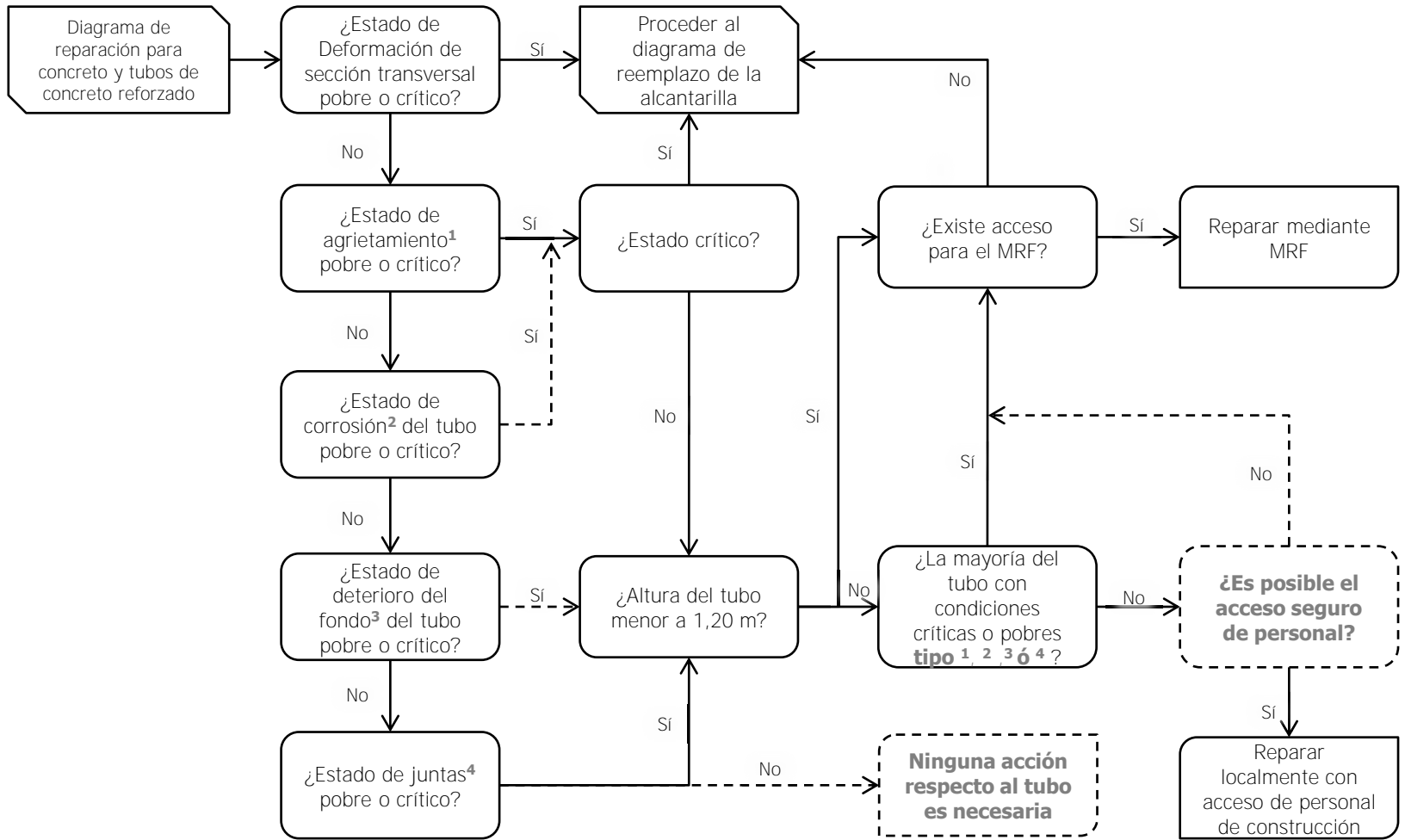
El segundo cambio se genera también en el diagrama de entrada. Originalmente la metodología sugería que si se **va a hacer un reemplazo del tubo de la alcantarilla "Se haga un reemplazo de las obras de entrada y salida según sea necesario"** y no se analizaba el estado de cada uno de las obras obviando que en algunos tipos de reemplazos de tubo no es necesario remover las obras de entrada y salida previamente existentes.

Adicionalmente este cambio se realizó debido a que en la sección 3.2 se requiere para la priorización de la alcantarilla establecer si son necesarios arreglos en dichas obras.



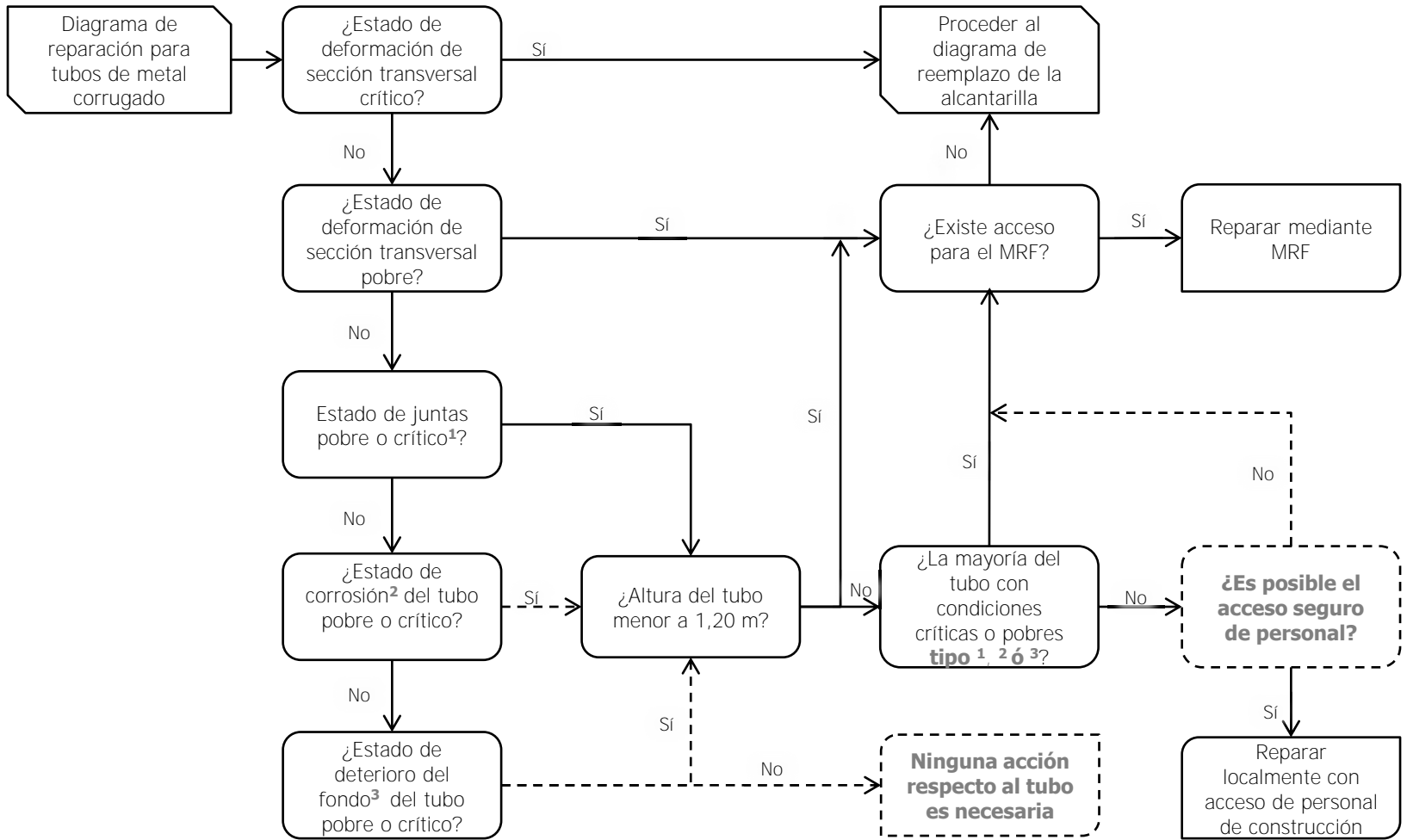
**Figura 2-14. Diagrama de entrada del análisis posterior a la inspección.**

Fuente: FHWA, 2010; modificado por Jiménez, 2014.



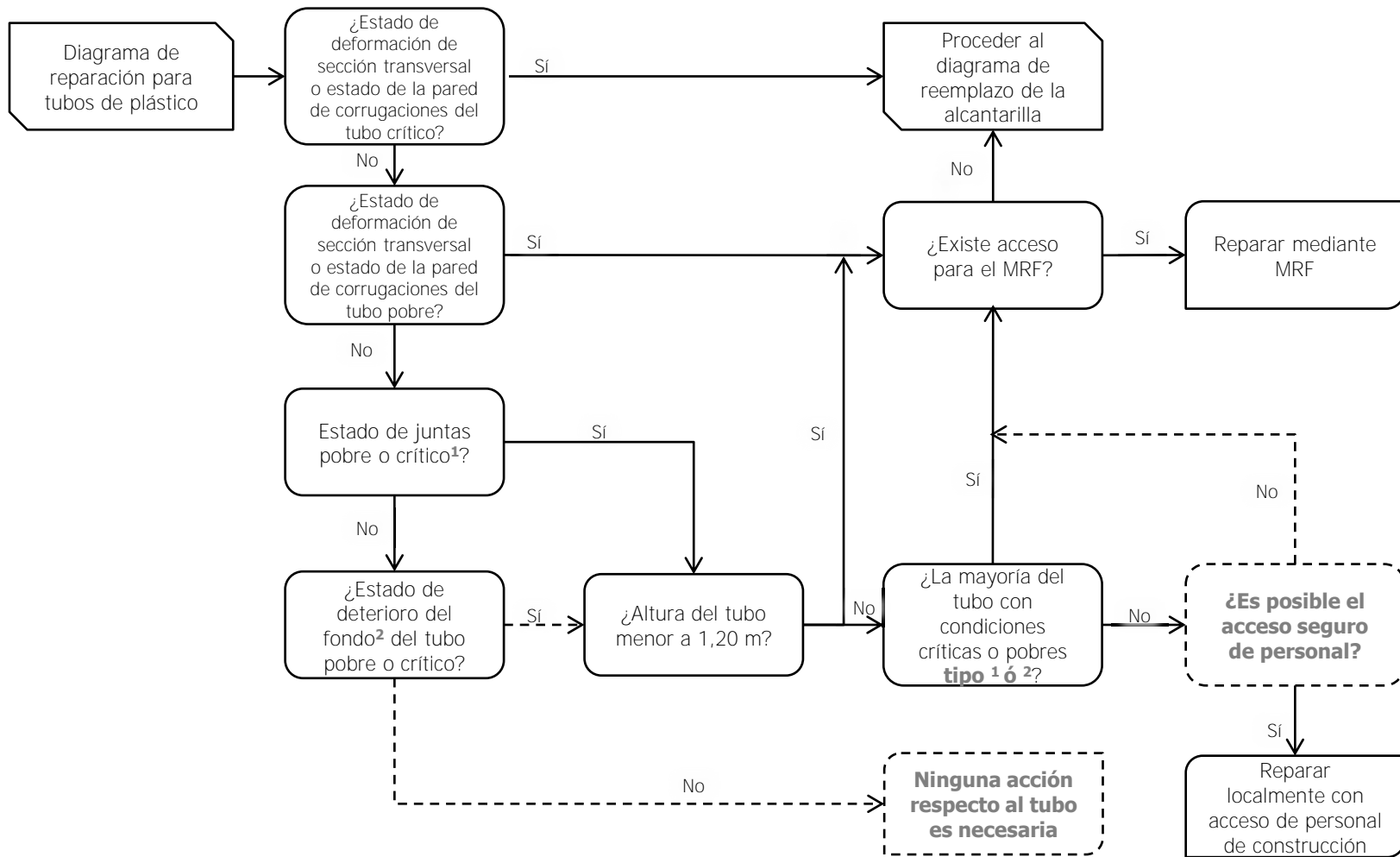
**Figura 2-15. Diagrama de reparación (continuado) para concreto y tubos de concreto.**

Fuente: FHWA, 2010; modificado por Jiménez, 2014.



**Figura 2-16. Diagrama de reparación (continuado) para tubos de metal corrugado.**

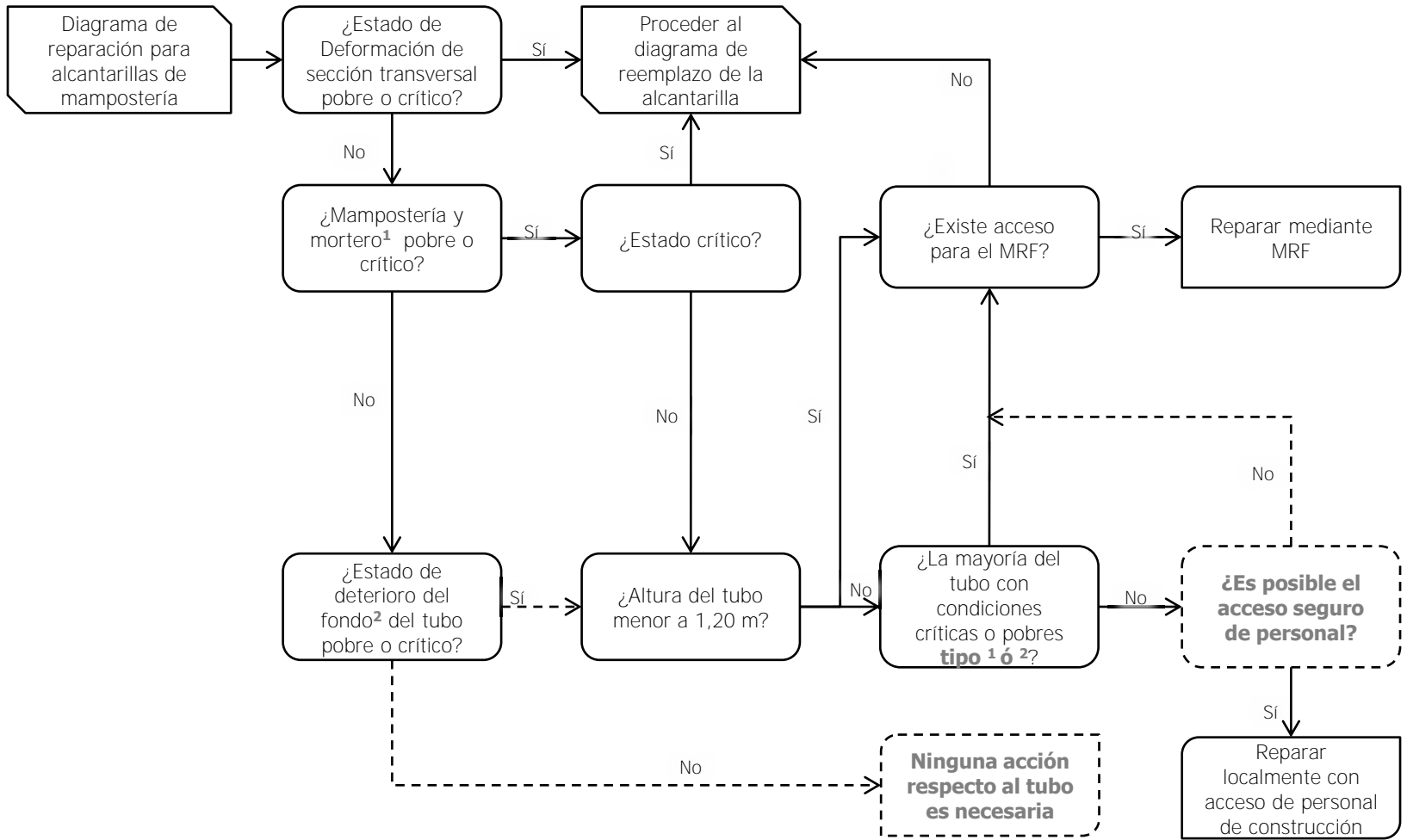
Fuente: FHWA, 2010; modificado por Jiménez, 2014.



**Figura 2-17. Diagrama de reparación (continuado) para tubos de plástico.**

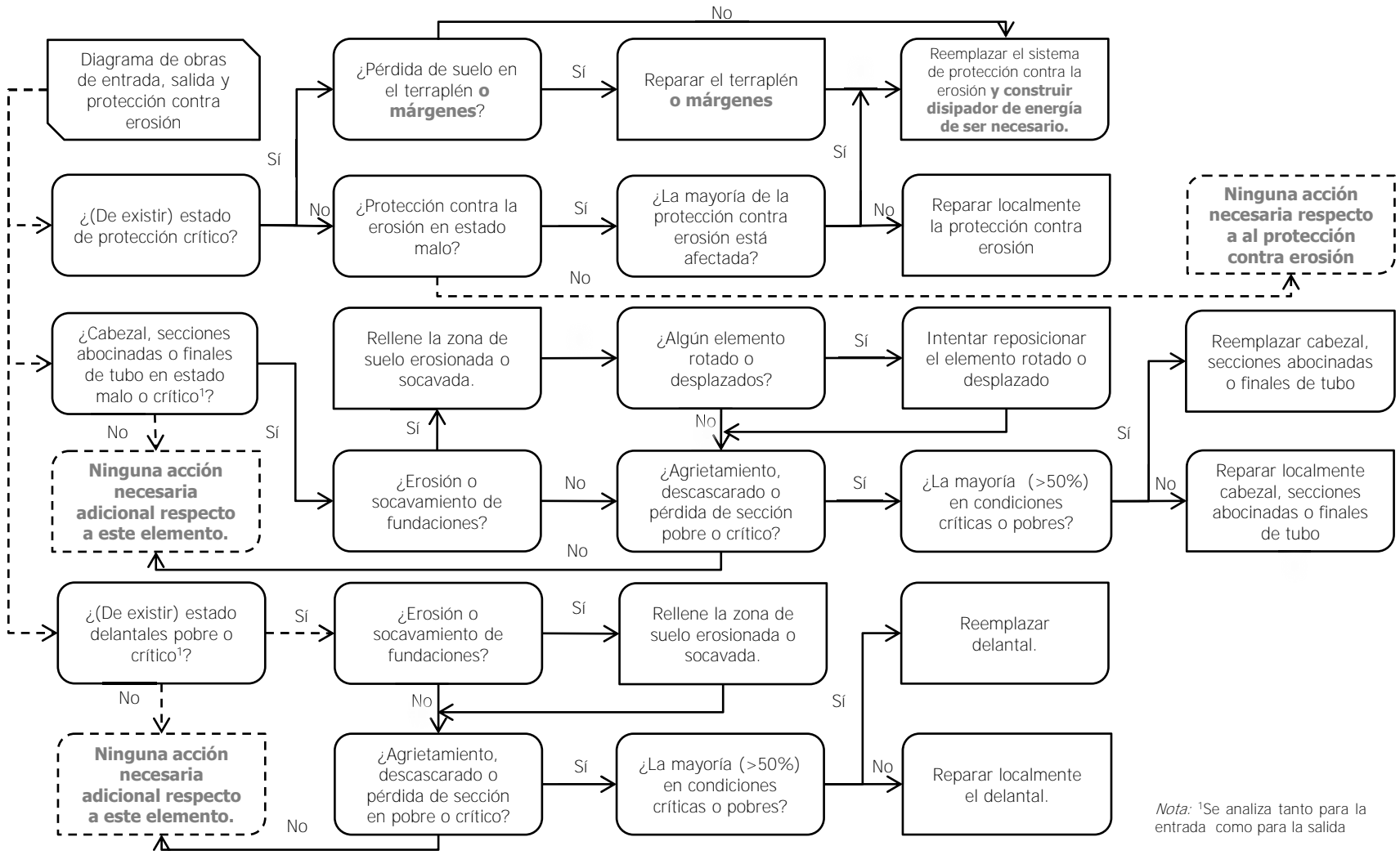
Fuente: FHWA, 2010; modificado por Jiménez, 2014.





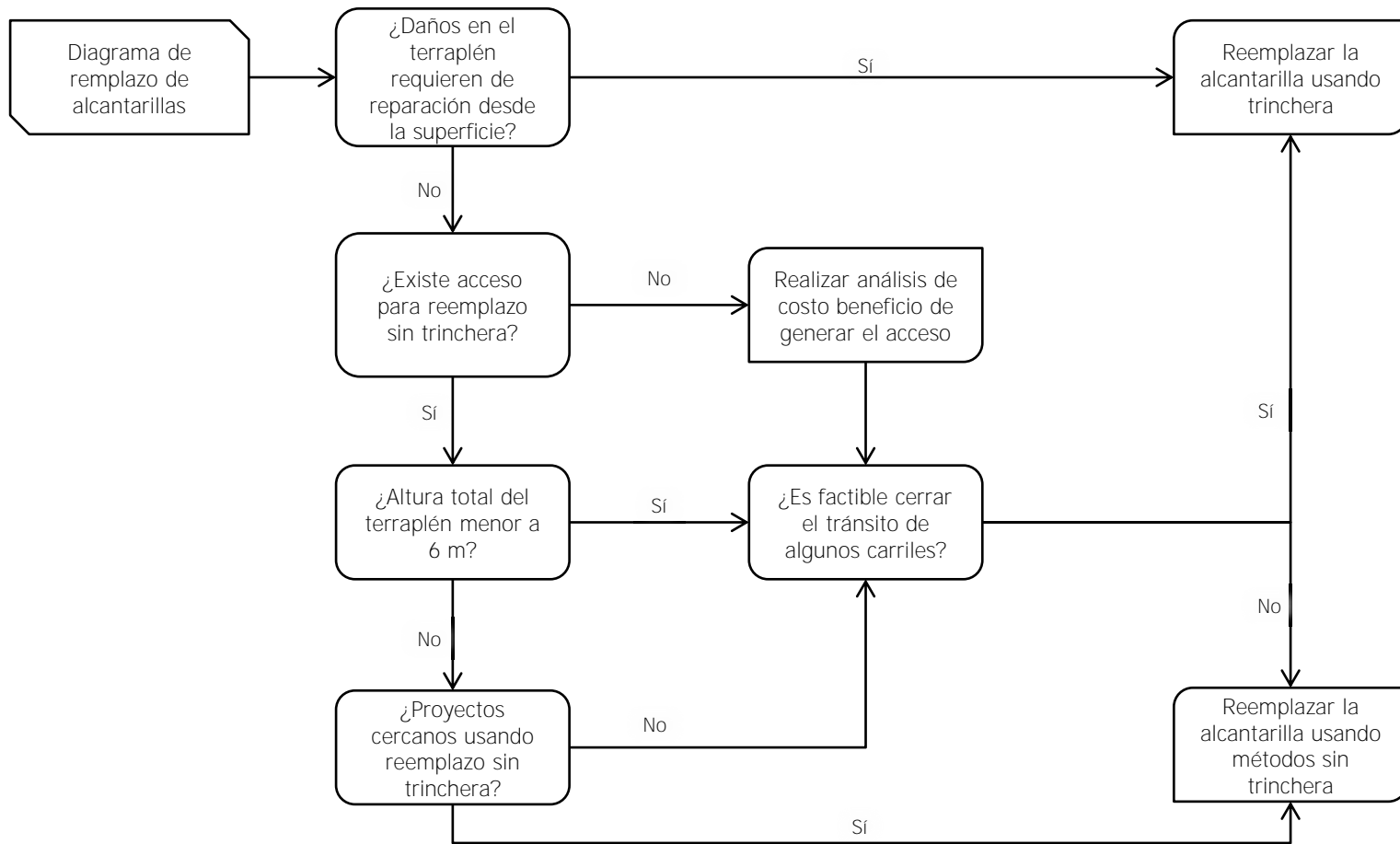
**Figura 2-18. Diagrama de reparación (continuado) para alcantarillas de mampostería.**

Fuente: FHWA, 2010; modificado por Jiménez, 2014.



Nota: <sup>1</sup>Se analiza tanto para la entrada como para la salida

**Figura 2-19. Diagrama de reparación o reemplazo ESP**  
 Fuente: FHWA, 2010; modificado por Jiménez, 2014.



**Figura 2-20. Diagrama para decidir método de reemplazo de alcantarillas.**

Fuente: FHWA, 2010; modificado por Jiménez, 2014.

### 2.6.1 ACCIONES TIPO I Y TIPO II

Dentro de la metodología expuesta en FHWA (2010) se encuentran diagramas y cuadros que llevan a focalizar la acción necesaria dados distintos modos de falla o de pérdida de desempeño. Algunos de estos cuadros no son incluidos en este trabajo debido a que representan mayormente precios de diferentes soluciones de reparación y reemplazo de elementos de la alcantarilla en Estados Unidos en el año 2010. Se considera mejor que se manejen en función de la disponibilidad y precios locales.

El diagrama y el cuadro que se presentan se refieren a aquellos que especifican las acciones tipo I y tipo II necesarias según el tipo de problema ya que estos llevan a soluciones con el mismo nivel de especificidad que el resto de la metodología y no requieren de ningún análisis adicional o información adicional para llegar al resultado. Para mayor información respecto a los cuadros no incluidos se puede referir al documento FHWA (2010).

Uno de los cambios que se propuso respecto a los originales en este ámbito es la conversión del cuadro de acciones tipo I a un diagrama que esencialmente lleva a las mismas conclusiones pero que lo hace de forma más rápida y con menor ambigüedad (Figura. 2-21)

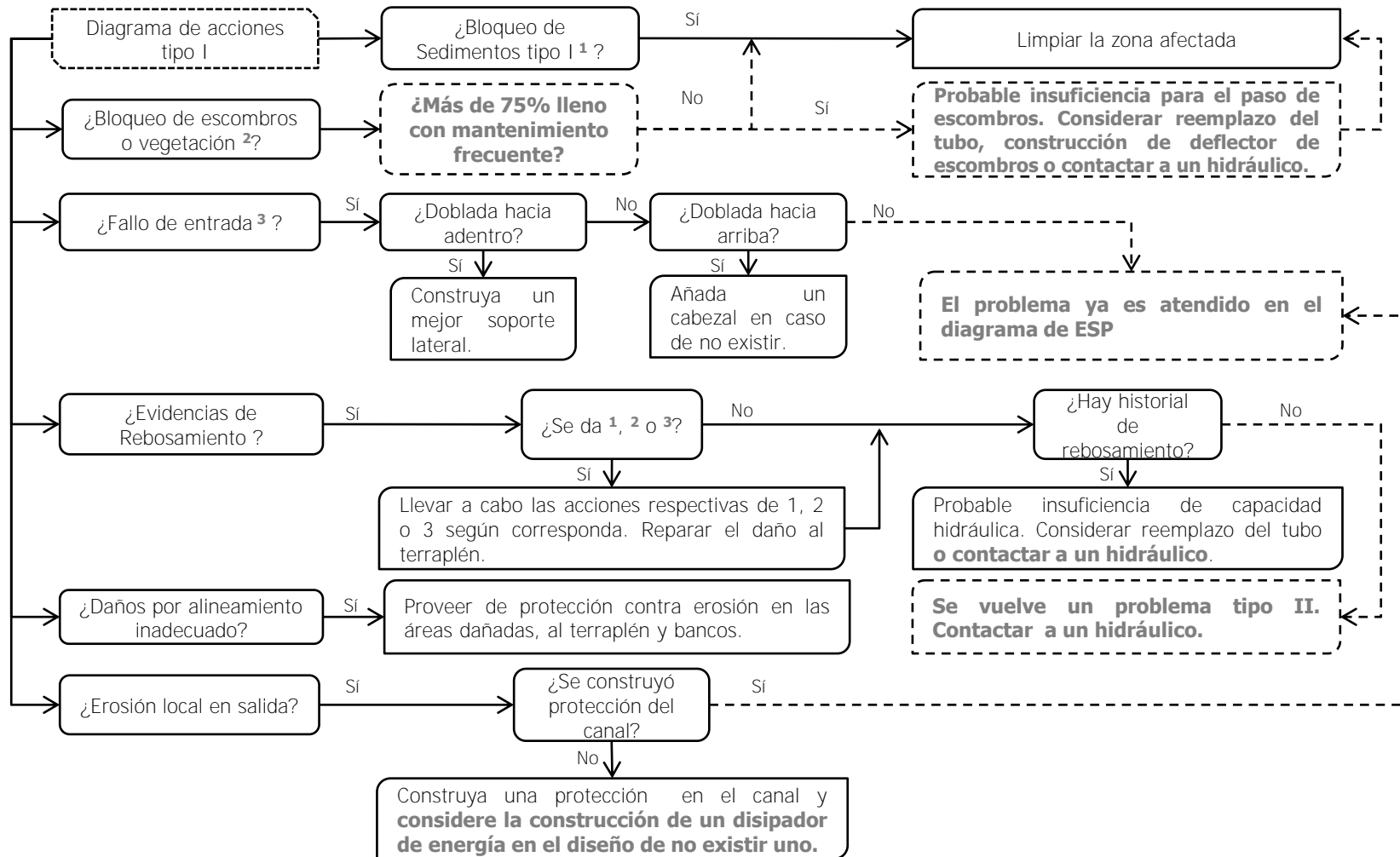
En dicho cuadro las acciones recomendadas se encuentran asociadas a diferentes causas de los problemas. A su vez, cada causa puede ser comprobada por medio de evidencias visibles en sitio o registradas en la historia de la alcantarilla. En algunos casos el cuadro no ofrecía una solución en el caso de que no se encontrara con algunas de las evidencias mencionadas y que al mismo tiempo se encontrara una falla. En dichos casos se propuso recomendar el contacto con un especialista de hidráulica ya que eran problemas relacionados con el comportamiento hidráulico de la alcantarilla o bien se esclarece que dicho problema es atendido previamente en el diagrama de obras de entrada, salida y protección contra erosión.

Una pequeña modificación es la adición de la posibilidad de contactar a un especialista en el caso de darse insuficiente capacidad hidráulica. Esto debido a que en algunos casos se puede mejorar la eficiencia hidráulica de la alcantarilla mediante la modificación de la entrada de la misma como se detalla en FHWA (2012).

Otra modificación al diagrama está relacionada con el bloqueo de escombros o vegetación ya que en el caso de darse una condición donde más del 75% de la alcantarilla está llena y además se ha hecho mantenimiento de forma frecuente las acciones a realizarse se enfocan

no sólo a la limpieza, sino también a la construcción de deflectores de escombros, reemplazo de la alcantarilla y el contacto a un especialista en hidráulica.

Finalmente en el caso de darse problemas de erosión local y no se ha construido una protección contra erosión en el canal se recomienda evaluar la posibilidad de no sólo construir una protección contra erosión sino también un dissipador de energía ya que en algunos casos es lo más recomendable según FHWA (2012).



**Figura. 2-21. Diagrama de acciones tipo I.**

Fuente: FHWA, 2010; Jiménez, 2015.

**Cuadro 2-18. Investigaciones y recursos para problemas de nivel 2 con sus indicadores de campo.**

<b>Problema</b>	<b>Indicadores vistos en Campo</b>	<b>Disciplinas requeridas para la investigación</b>
Tubificación del terraplén	Asentamientos o huecos en el terraplén y/o carretera sin problemas mayores encontrados en la alcantarilla	Geotecnista
Degradación del canal	Discontinuidad del nivel de fondo en la entrada o salida de la alcantarilla con erosión visible con los bancos laterales verticales o inestables	Hidráulico
Inestabilidad del terraplén	Falla en el terraplén de aguas arriba sin que haya un mal alineamiento entre el canal y la alcantarilla. Falla del terraplén aguas abajo sin que existan sobrepasos o un daño debido a la piscina de socavación.	Geotecnista
Bloqueo de sedimento con degradación del canal	Bloqueo local de sedimentos mayor a 3/4 de la apertura Toda la alcantarilla llena más de 1/3 de su altura en sedimentos y no está diseñada para funcionar así	Hidráulico
Sin acceso	Condición no puede ser corregida con una acción de nivel 1.	Especialistas con equipo y experiencia adecuada para entrar a la alcantarilla
Abrasión o corrosión agresiva	Condición mala o crítica en menos de 5 años de instalación o reparación	Especialista de materiales, hidráulico y geotecnista
Agrietamiento estructural	El agrietamiento aparenta estar causado por factores de carga	Estructural
Alcantarillas abiertas en el fondo	Cualquier problema crítico o malo encontrado. Más de tres metros de fundación expuesta.	Hidráulico y geotecnista

Fuente: FHWA, 2010; modificado por Jiménez, 2014.

### 3 PRIORIZACIÓN DE ACCIONES EN MÚLTIPLES ALCANTARILLAS

En la gestión de cualquier ente público o privado el uso eficaz de los recursos es uno de los parámetros más importantes a la hora de medir la calidad del trabajo realizado. En este caso, se busca atacar los problemas más peligrosos en los lugares que podrían implicar mayores costos en el caso de producirse una falla.

Debido a que para encontrar el punto óptimo de relación beneficio-costos de reparar una alcantarilla sería necesario efectuar un análisis completo de riesgo, se buscó una solución aproximada al problema que consiste en encontrar una serie de valores que determinen la importancia relativa de una alcantarilla respecto a otra en términos de costo y también una aproximación de la probabilidad de falla de una alcantarilla respecto a otra.

#### 3.1 IMPORTANCIA DE UNA ALCANTARILLAS.

Respecto al costo en el caso de producirse una falla, debe de tomarse en consideración que la principal función de una alcantarilla es la del paso de vehículos, de esta manera, conforme mayor cantidad de vehículos empleen la alcantarilla mayor será la importancia de esta en términos macroeconómicos para el país. Según Coto (2014) hay tres factores que pueden relacionarse con la importancia vial de una alcantarilla: el tránsito promedio diario (TPD), el porcentaje de vehículos pesados y la redundancia del sistema.

Los dos primeros factores pueden ser obtenidos de las bases de datos del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, sin embargo según Araya (2014) el tercero es difícil de determinar ya que se tendría que hacer un análisis en la diferencia de tiempos de viaje en los usuarios mediante micro-modelación del sistema de transporte. Un ejemplo de dicha aplicación puede ser observado en Levinson y Xie (2011).

En primera instancia, no modelar las demoras de cada uno de los casos supone un error en la estimación de la importancia vial de las alcantarillas; sin embargo, hacer dicho análisis no solo sobrepasa los alcances de este proyecto, sino también es un proceso potencialmente largo a menos que de alguna forma se logre automatizar.

Agüero (2014) propuso el uso de la diferencia entre las distancias recorridas en la presencia y en el defecto de la alcantarilla como un criterio de fácil obtención para determinar de forma aproximada el nivel de redundancia de una alcantarilla.



Para encontrar las llamadas rutas alternas se siguieron varios criterios. Se estableció la línea base antes de la intersección de conexión con la ruta alterna más lejana. Las rutas alternas se tomaron con base en el punto de paso (puentes u otras alcantarillas) más cercanos. El punto de divergencia se estableció lo más cercano posible a la alcantarilla en cuestión como se realizaría probablemente en el caso de un retén.

Para tomar en consideración el hecho de que el flujo de carros tiene a distribuirse en una retícula con iguales tiempos de viaje o al menos de iguales costos, se propone agregar adicionalmente a la primera ruta alternativa al menos una ruta subsecuente. Este criterio es particularmente útil para cuando se tiene una carretera cuya capacidad sea considerablemente mayor que la capacidad de las rutas opcionales ya que es más probable que el volumen de carros requiera más de una ruta alternativa para movilizarse.

Algunas de las limitaciones del uso de éste método es que en el caso de existir múltiples pasos los tramos compartidos los toma de igual manera como rutas alternas. Si se empleara un criterio donde no se dan interacciones entre rutas no se tendría este problema sin embargo en algunos casos obvian en el análisis algunas opciones potencialmente efectivas como rutas alternas.

Un problema inicial es definir el número de rutas alternas a analizar. Este criterio puede ser definido a partir del paso con menor cantidad de rutas alternas posibles (de existir) o bien empleado el criterio de que conforme las rutas alternas sean más lejanas estas llevarán menor cantidad de vehículos y por tanto es menos probable que sean empleadas.

Es importante definir que no se deben de repetir al menos en el mismo sentido pasos de agua, es decir, para considerarse una ruta alterna diferente a otra subsecuente esta debe de pasar por un paso de agua diferente. Este criterio se emplea para dar una mejor idea de la redundancia del sistema ya que si bien la cantidad de rutas posibles para pasar por dichos pasos de agua son muchas al final la redundancia del sistema por la falla en un paso de agua está definida por la cantidad y en la cercanía de pasos de agua del mismo río o quebrada.

Para agregar el criterio de TPD y de porcentaje de pesados a la metodología propuesta de las rutas alternas se emplea el concepto de vehículo equivalente donde se le da un peso a los vehículos de carga o pesados en función de los vehículos normales. En este caso se emplea de forma tal que mediante un factor se determina cuántas veces un vehículo de carga incurre en más costos por unidad de longitud adicional que un vehículo liviano.

Se puede establecer mediante los criterios anteriormente citados una función general aproximada de importancia o bien de costo vial de colapso de la alcantarilla. La ecuación 3-1 es un ejemplo de ello.

$$FCV = f(TPD, RP, \Delta L, T) + \varepsilon \quad \mathbf{3-1}$$

Dónde:

FCV	:=	Factor de importancia o de costo vial
TPD	:=	Tránsito promedio diario (vehículos día <sup>-1</sup> )
RP	:=	Razón de vehículos pesados, es decir: $RP_A = \frac{\%Pesados}{100}$
$\varepsilon$	:=	Error
$\Delta L$	:=	Diferencia entre la distancia de la ruta original y alterna
T	:=	Tiempo de construcción (días)

La función f no necesariamente es lineal, ni continua, ni derivable; sencillamente establece que hay una relación entre el las variables anteriormente mencionadas y el costo generado por el colapso de la alcantarilla, es decir el costo de oportunidad.

Ya que como se explicó anteriormente generar una función de costo en función del cierre de una vía principal no entra dentro de los alcances de este trabajo, se propone una posible función f con relativamente poca complejidad. Dicha función tiene algunos supuestos como que la distancia adicional recorrida por los vehículos es representativa del costo de oportunidad de reparación o recambio de la alcantarilla y que el comportamiento de la función es lineal.

$$FCV_A = (TPD_A(1 + RP_A(C_1 - 1))) * \left( \sum_{i=1}^n \Delta L_{A_i} * P_i \right) \quad \mathbf{3-2}$$

Dónde:

FCV <sub>A</sub>	:=	Factor de costo vial por día del sentido A (km día <sup>-1</sup> )
C <sub>1</sub>	:=	Número de veces que es más costoso para un vehículo pesado que para uno liviano desviarse de su ruta regular y trasladarse una unidad adicional de distancia.
P <sub>i</sub>	:=	Es el valor de peso entre las rutas, es decir determina qué parte del flujo se dirige por la iésima ruta. Nótese que:

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1$$

$\Delta L_{A_i}$	:=	Diferencias en la longitud en el sentido A entre la ruta original y la iésima mejor opción (km vehículo <sup>-1</sup> )
------------------	----	---

El valor de  $C_1$  puede ser aproximado empleando la información brindada por Barnes y Langworthy (2003) donde se estima una relación de costos por milla entre camiones comerciales y vehículos livianos de 43,4 a 15.3 para condiciones ideales, 52.9 a 19.1 para condiciones de ciudad y 48.9 a 17.9 para condiciones de superficie de rodamiento muy deteriorada.

Los valores de  $P_i$  pueden aproximarse de varias maneras. Uno de ellos es tomando en consideración que el porcentaje de carros adicionales que tenga cada ruta opcional es inversamente proporcional a la distancia relativa entre dicha ruta y las demás. Así entonces:

$$P_i = \frac{\frac{1}{\Delta L_i}}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{\Delta L_j}} \quad \mathbf{3-3}$$

En algunos casos las rutas con mayor capacidad son más lejanas, entonces estas no se toman en consideración tanto como deberían. Una opción para obtener el valor de  $p$  en estos casos consiste en dar el mismo peso a todas las alternativas. Esto implicaría un promedio aritmético de las distancias adicionales.

$$P_i = \frac{1}{n} \quad \mathbf{3-4}$$

Luego, para obtener el Factor de Vial por día (FCV) sencillamente se suman los Factores de Costo Vial en cada sentido de la vía.

$$FCV = FCV_A + FCV_B \quad \mathbf{3-5}$$

Lo que se busca encontrar con este modelo es en general una función de costo relativo para poder comparar la importancia de actuar en alguna u otra alcantarilla.

Nótese que las unidades resultantes son:

$$FCV = \left[ \frac{\text{Vehículos}}{\text{Día}} \right] * \left[ \frac{\text{km}}{\text{Vehículo}} \right] = \left[ \frac{\text{km}}{\text{Día}} \right] \quad \mathbf{3-6}$$

Como se puede corroborar, en la ecuación 3-6, las unidades resultantes no llevan exactamente a la distancia total recorrida por el sistema. Para lograr esto sería necesario tener un dato del tiempo de reparación de la alcantarilla. Este es uno de los puntos más

difíciles de tomar en consideración dado que múltiples elementos, como el tiempo de estudios básicos, diseño, aprobación de permisos y eventual construcción, pueden afectar dicho valor.

Si bien los puentes Bailey pueden ser construidos entre 7 y 10 días según lo observado en el caso de la autopistas General Cañas y Circunvalación respectivamente; no todas las alcantarillas ameritan la construcción de un puente provisional, y más aún, este tipo de puentes ha mostrado tener inconvenientes a la seguridad del usuario en ambas situaciones.

Debido a lo anterior se va a tomar el valor de costo vial como el valor de kilómetros por día.

### 3.2 ESTADO Y DESEMPEÑO DE LA ALCANTARILLA

Es evidente que aquellas alcantarillas que están en peor estado son aquellas que deben de repararse o reemplazarse primero. Sin embargo el criterio empleado por FHWA (2010) de tomar la peor calificación y aplicársela a toda la alcantarilla puede llegar a resultados poco congruentes. Por ejemplo, se podría tener un estado crítico en el delantal de la alcantarilla aguas abajo sin que por esto la alcantarilla esté pronta a colapsar y que dicha alcantarilla sea equivalente a una que requiere un reemplazo de tubo por sus condiciones críticas.

Debido a que previamente se ha elegido como criterio de importancia el colapso de la alcantarilla en términos de su impacto vial, lo que se busca es entonces encontrar de forma aproximada la probabilidad de colapso de la alcantarilla dadas las condiciones evaluadas en el inventario.

La opción con resultados más precisos es la de hacer un análisis de riesgo en cada una de las alcantarilla y determinar cuál de ellas tiene mayor probabilidad de colapso; sin embargo, dicha opción puede ser costosa desde el punto de vista de tiempo, recursos y también en términos de la experiencia profesional que se requiere para realizarlo.

Un ejemplo de este tipo de metodologías es la del RTA (2010) donde se generan escenarios, o bien mecanismos de falla y se asocia mediante dicha lógica la probabilidad de falla de algún elemento a la condición o condiciones que podrías generar dicha falla. Luego se asocia dicha falla a una consecuencia respectiva que va desde el peligro para peatones y para los carros hasta el cierre de la vía.

Una de las principales debilidades de la metodología de RTA (2010) es la falta de sustento en el texto del establecimiento de los valores de probabilidad en función del estado de la

alcantarilla ya que como el mismo texto dice, dichos factores no fueron obtenidos por medio de experimentación ni abundante evidencia estadística debido a la falta de datos.

A pesar de dicha debilidad metodológica, la secuencia de análisis que se realizan tiene un fundamento en el análisis de riesgo y vulnerabilidad por lo que se podría eventualmente emplear en casos de específica importancia donde ya se ha realizado una primera priorización usando esta metodología.

Otra metodología que se empeña en obtener resultados de vulnerabilidad es la de Cordero, Garro y Vargas (2010) o bien la de Lanamme (2014) sin embargo, adicionalmente al hecho de que requiere de un análisis hidráulico, hidrológico y geológico para su uso esta metodología tiene una particularidad que la hace poco útil para generar una priorización: la ausencia de criterios de estado del tubo para dar una calificación. Según todas las metodologías consultadas en este trabajo exceptuando la del Lanamme (2014) y Cordero, Garro y Vargas (2010) el tubo es uno de los elementos con más peso a la hora de realizar un análisis de riesgo de una alcantarilla.

Una recomendación para futuros trabajos relacionados con este tema es el de la elaboración de una propuesta de análisis de riesgo que incluya la metodología del RTA (2010) que además incluya elementos de la metodología de Cordero, Garro y Vargas (2010) y del presente trabajo.

Debido a que ninguna de las metodologías encontradas puede llegar a una solución razonable con el uso de las variables usualmente recabadas en campo y sin la necesidad del uso extensivo del criterio de experto, se decidió hacer una propuesta.

Se supone entonces que existe una función tal que mediante el uso de los criterios de estado y desempeño de la alcantarilla, desarrollados en el apartado 2, se puede llegar a un valor de 0 a 1 que determine de forma aproximada el nivel de riesgo de colapso de la alcantarilla.

$$APF = f(Es, De) + \varepsilon$$

**3-7**

Dónde:

PF	:=	Aproximación de la probabilidad de falla
De	:=	Desempeño de la alcantarilla
Es	:=	Estado de la alcantarilla
$\varepsilon$	:=	Error

El estado de la alcantarilla podría ser visto como el opuesto de su antónimo que es el daño. El daño en la alcantarilla puede ser definido a su vez como el porcentaje del soporte estructural o funcional de la alcantarilla que ha sufrido deterioro.

En ese caso se podría definir para cada parte de la alcantarilla el porcentaje que significa de la integridad de la alcantarilla. También se puede decir que el terraplén y el tubo como se explica en FHWA (2010) son los elementos soportantes de las cargas estructurales; esto los convierte en elementos clave para la determinación del riesgo asociado a un estado de la alcantarilla por lo que son los que deben de tener mayor peso.

Las obras de entrada, salida y protección contra erosión, por otro lado, tienen además de una función relacionada a mantener la integridad estructural de la alcantarilla, también la de mantener el funcionamiento hidráulico adecuado de esta. En el caso donde se tuvieran más elementos se podría contar con: protección contra erosión y cabezal con delantal. En el Cuadro 3-1 se detallan con base en lo anteriormente expuesto qué porcentaje del estado de la alcantarilla representa cada uno de sus elementos si todos existieran.

En la metodología complementaria a la toma de decisiones se obtienen recomendaciones respecto a cada uno de los elementos de la alcantarilla que se pueden resumir como: ninguna acción, reparación o reemplazo. En el caso de las estructuras de entrada, salida y protección contra erosión la reparación se da cuando es necesario construir 50% o menos del elemento y el reemplazo cuando se debe construir más del 50% del elemento, es decir que el elemento está afectado en al menos un 50%. En el caso del tubo se recomienda un cambio cuando o bien el daño es muy crítico o cuando no se puede acceder al daño local por medio de las metodologías disponibles de reparación. La reparación en el tubo se recomienda cuando se da un estado malo en alguno de los rubros de calificación y la reparación por medio de forro se recomienda cuando dicho daño es extensivo en el tubo.

A partir de dichos resultados se puede entonces generalizar que si es necesario reparar el elemento entonces es conservador decir que existe un porcentaje de daño de al menos 50% y que si tiene que haber reemplazo entonces es de 100%.

**Cuadro 3-1. Peso asignado a cada variable en el caso base donde se tienen todos los elementos de las estructuras de entrada y salida**

Elemento	% del Estado asignado	Resultados de inspección	
		% Estado si reparación	% Estado si reemplazo
Tubo	42%	21%	0%
Terraplén y carretera <sup>1</sup>	26%	N/A	N/A
Cabezal, extremo de tubo, o secciones abocinadas entrada.	8%	4%	0%
Cabezal, extremo de tubo, o secciones abocinadas salida.	8%	4%	0%
Delantales a la entrada <sup>2</sup>	4%	2%	0%
Delantales a la salida <sup>2</sup>	4%	2%	0%
Protección contra erosión <sup>2</sup>	8%	4%	0%
Total	100%	50%	0%

Nota: <sup>1</sup>. En el caso del terraplén y carretera se emplea su calificación (Bueno → CT= 1, Regular → CT= 0.75, Malo → CT= 0.50, Crítico → CT= 0.00) <sup>2</sup>. En el caso de que no exista alguno de estos elementos se emplea la ecuación 3-8.

El caso genera para calcular el estado se podría suponer como:

$$REs = (T * 0,618 + CT * 0,382) * \left( 1 - \sum_{i=1}^{n_E} p_i \right) + \sum_{i=1}^{n_E} E_i * p_i \quad \mathbf{3-8}$$

Dónde:

- REs := Razón de estado  
T := Razón de estado en el tubo  
CT := Razón de estado en la carretera y el terraplén  
n<sub>E</sub> := Número de elementos presentes de la estructura de entrada, salida y protección contra erosión.  
E<sub>i</sub> := Razón de estado en el iésimo elemento. Nótese que E<sub>i</sub> ≤ 1  
p<sub>i</sub> := Porcentaje asignado de la estructura al iésimo elemento

Por otro lado, los problemas en el desempeño de la alcantarilla (tipo I) pueden llevar a daños en las estructuras de entrada, salida y protección contra erosión (que ya son tomados en consideración) a mantenimiento o bien (tipo II) al contacto de expertos. En el caso del mantenimiento usualmente el riesgo está asociado a problemas de bloqueo de sedimentos o escombros. En el caso de la necesidad de llamar a un experto o especialista el riesgo puede estar asociado a un problema de bloqueo más grave o a daños y problemas de desempeño que además de ser graves implican un alto nivel de incertidumbre.

Se va a suponer entonces que el nivel de riesgo asociado a hacer mantenimiento es equivalente al de hacer una reparación en un elemento de similar al cabezal (4%) y el nivel de riesgo asociado a llamar a un experto es equivalente a tener que reemplazar dos elementos tipo cabezal (16%).

Hasta este momento se ha supuesto que la probabilidad de colapso es proporcional al estado de la alcantarilla y que existen factores de desempeño que agravan dicho problema. Se proponen entonces dos simplificaciones posibles de la función.

$$f_1: \begin{cases} APF = (1 - REs) + (Ma + Ex), & \text{si } PF \leq 1 \\ APF = 1, & \text{si } (1 - REs) + (Ma + Ex) > 1 \end{cases} \quad \mathbf{3-9}$$

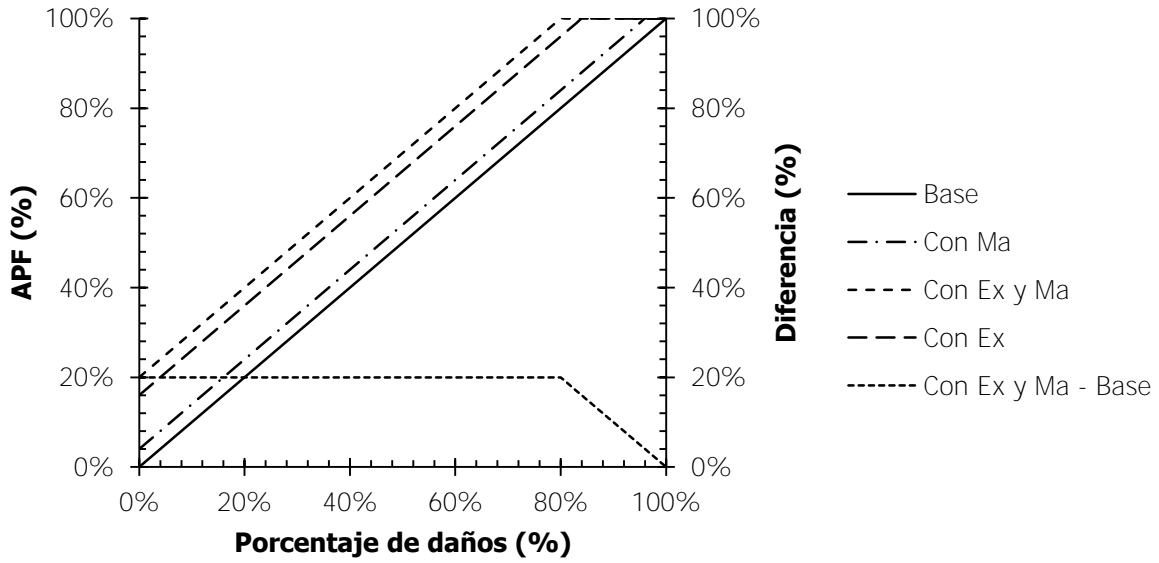
$$f_2: APF = ((1 - REs) + (Ma + Ex)(REs)) \quad \mathbf{3-10}$$

Dónde:

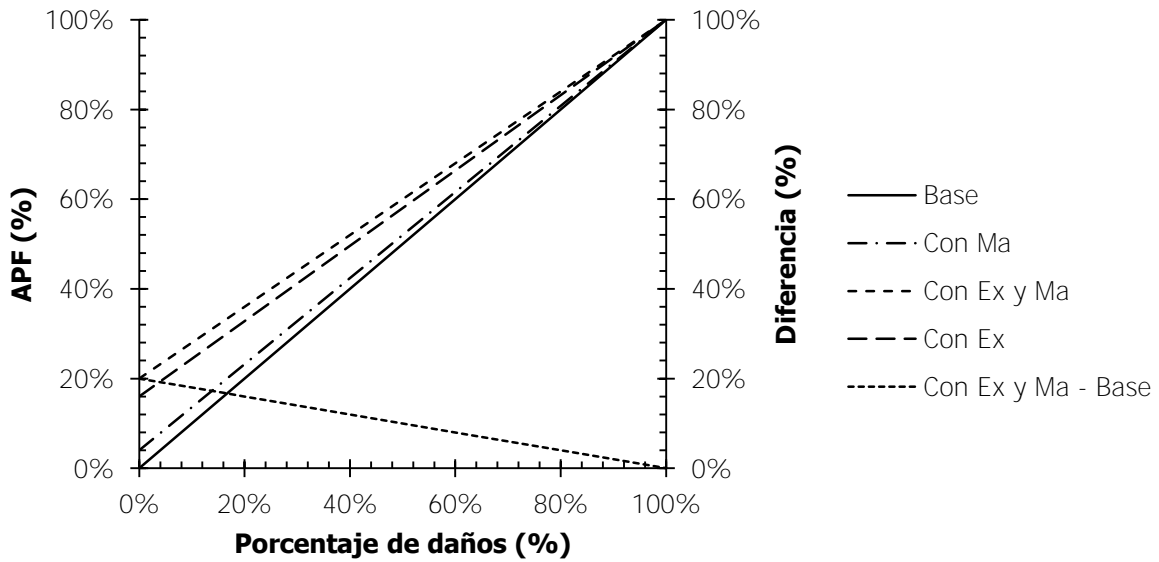
APF	:=	Razón de estado
Ex	:=	Necesidad de contactar a experto o especialista.
Ma	:=	Necesidad de hacer mantenimiento en la alcantarilla.
f1	:=	Propuesta de función 1
f2	:=	Propuesta de función 2

En ambos casos el valor máximo es 1, en ambas se supone una relación lineal del riesgo de colapso con las variables involucradas. En el caso de la primera se supone que el riesgo adicional asociado a los problemas de desempeño se mantiene constante respecto al daño y en el segundo se supone que a un nivel de daño mayor dichas condiciones influyen menos en el estado de riesgo general; lo anterior puede ser observado respectivamente en la Figura 3-1 y Figura 3-2 .





**Figura 3-1. Aproximación de la probabilidad de falla como función del porcentaje de daños para varios casos de problemas de desempeño en el caso de la ecuación 3-9.**



**Figura 3-2. Aproximación de la probabilidad de falla como función del porcentaje de daños para varios casos de problemas de desempeño en el caso de la ecuación 3-10.**

### 3.3 CONCATENACIÓN DE CRITERIOS

Una vez obtenidos ambos resultados se puede entonces asociar los conceptos de importancia y de estado para establecer un criterio numérico que determine qué alcantarilla debe de ser atendida con mayor prioridad que otra. Se opta en este caso por una multiplicación entre las variables, indicando así que teóricamente si en una alcantarilla no pasan carros ( $TPD = 0$ ) o bien si no se encontraron problemas de desempeño o estado entonces no se debería realizar ninguna acción en ella antes de realizarla en otras. Mientras mayor es  $P$  entonces mayor es la necesidad de actuar.

$$P = APF * FCV$$

**3-11**

Dónde:

FE	:=	Factor de estado.
FCV	:=	Factor de costo vial
P	:=	Prioridad relativa

Nótese que esto de ninguna manera implica que las alcantarillas con un puntaje menor no deben de ser atendidas, significa que si hay otra con un puntaje mayor probablemente es mejor atenderla antes.

Es importante resaltar que si se decide trabajar en una alcantarilla se dispone de mayor tiempo y recursos para planificar. Esto implica a su vez menor tiempo de construcción y mejores medidas de mitigación contra los problemas que podría causar una interrupción del tránsito; es decir, si por ejemplo se encontrara que una alcantarilla está a punto de colapsar, el hecho de atender dicha alcantarilla no sólo es importante para la seguridad de los usuarios de la vía, sino también permite efectuar los trabajos de forma eficiente para disminuir el impacto vial en el sistema.

### 3.4 ÁREAS DE OPORTUNIDAD

Con una mayor cantidad de información sobre costos reales de cierre de carriles y tiempos de construcción, reparación, mantenimiento y diseño de alcantarillas se podría generar modelos estadísticos de predicción de costos dado un cierre en algún punto de la red vial.

Al tener dicha información de costos se podrían sumar a los costos de interrupción los costos de construcción de una alcantarilla y también los costos de posibles daños a los vecinos.

Un elemento al cual no se le da suficiente importancia en este rubro pero que es complejo de medir y de sumar a la importancia tal y como se establece es la de la seguridad de los usuarios de la vía. El hecho de que una alcantarilla colapse no solamente afecta económicamente a los usuarios de la vía, también los afecta desde el punto de vista de seguridad y eso debería de alguna manera de tomarse en consideración.

Otro de los supuestos que podría ser discutible es aplicar las distancias encontradas en el análisis a todo el TPD. El bemol consiste en que en dependencia de la matriz OD es posible que al haber mayor costo de pasar cerca de la zona del problema algunos de los usuarios decidan emplear otra ruta completamente diferente o bien hacer la divergencia mucho antes del comienzo del tramo base supuesto.

Esta consideración es de particular importancia en las zonas urbanas donde existe suficiente redundancia en el sistema, más aun en una ruta periférica como es circunvalación ya que existe un número considerable de rutas radiales para aquellos usuarios con destinos u orígenes lejanos. En el caso de rutas no urbanas donde la redundancia es menor es de esperar que no existan tantos problemas a la hora de emplear el criterio ya que la cantidad de rutas alternas será menor.

Cabe destacar que con esta metodología se intenta aproximar el costo relativo de cierre o colapso de alcantarillas y no establecer el costo total al sistema como de esclareció al inicio de este apartado. Se espera que con lo expuesto anteriormente quede claro que a pesar de tener un alto grado de incertidumbre el modelo puede tomarse como una primera aproximación al problema, es decir es capital para un desarrollo futuro de modelos de predicción de importancia vial y de la probabilidad de falla de alcantarillas.

De tener más información experimental y estadística de mecanismos de falla en alcantarillas y mediante inventarios actualizados se podría mejorar el sistema de calificación propuesto por FHWA y también se podría tomar en cuenta la incertidumbre en el proceso de toma de decisiones.

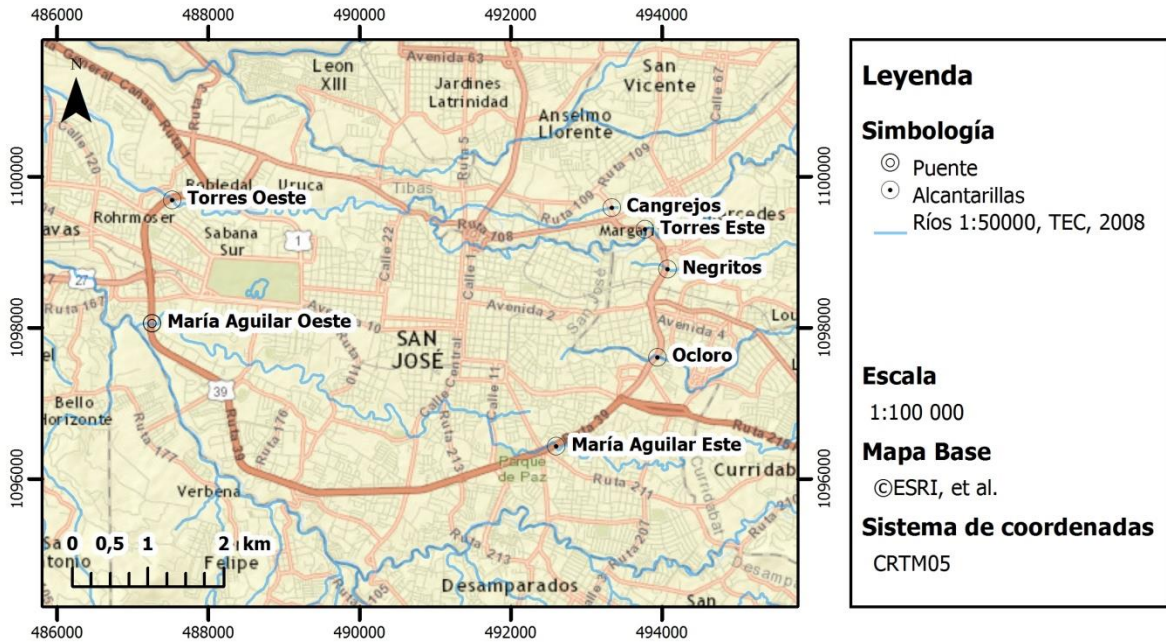
Adicionalmente, al conocer mejor los mecanismos de falla y tener evidencia estadística para apoyar dicho conocimiento se podría establecer un nivel de riesgo adecuado para cada uno de los problemas encontrados en la alcantarilla de forma similar a lo encontrado en NTA

(2010) o Tatari, et al (2013) pero ajustado a las situaciones que se observan en el ámbito nacional.

Una posible propuesta para solventar los problemas que podrían presentarse al emplear esta metodología es la de hacer una escogencia de las alcantarillas de mayor prioridad y una vez hecho ese proceso, realizar una investigación con mayor profundidad en dichas alcantarillas para determinar cuál de ellas requiere más urgentemente la atención.

## 4 ESTUDIOS DE CASO

En las secciones 2 y 3 se establecieron los principales lineamientos para efectuar tanto las visitas de campo como el procesamiento posterior de la información. Dichos lineamientos fueron empleados a la hora de hacer una inspección en cada una de las alcantarillas que forman parte del estudio.



**Figura 4-1. Localización de los pasos de agua analizados**

**Cuadro 4-1. Localización de las alcantarillas analizadas**

Nombre	CRTM05		GCS WGS (1984)	
	Coordenada Norte	Coordenada Este	Coordenada Norte	Coordenada Este
Torres Oeste	1099693,3196	487523,5609	9,945268914	-84,113787573
María Aguilar Este	1096428,1378	492604,0209	9,915758041	-84,067446765
Ocloro	1097607,9338	493942,2232	9,926427868	-84,055244978
Negritos	1098773,9019	494077,9856	9,936970630	-84,054008597
Torres Este	1099299,6797	493779,3365	9,941724204	-84,056733087
Cangrejos	1099591,5487	493340,0612	9,944362547	-84,060739808

Nota: Las coordenadas fueron tomadas con base en las imágenes de ESRI® (2015) y DigitalGlobe® (2015).

Los resultados para cada una de las alcantarillas analizadas pueden encontrarse en la sección de Anexos. En dicha sección se presenta para cada una de ellas en orden: 1. el formulario de inventario llenado; 2. el mapa de amenazas según CNE (2006); 3. los mapas de las rutas alternas empleadas para el cálculo de la importancia vial; 4. El formulario de inspección y 5.

Las fotos de los principales problemas mencionados en el formulario de inspección. Las demás fotografías realizadas en el sitio pueden ser consultados en el disco compacto agregado al trabajo escrito.

Es importante detallar que si bien el puente sobre el río María Aguilar en la zona oeste de circunvalación no se analizó en las giras debido a que se sale de los objetivos de este trabajo sí se analizó desde el punto de vista vial ya que se tenía suficiente información para hacerlo. Por lo que al final se incluye la información de las rutas alternativas empleadas para dicho análisis en ese paso.

#### 4.1 RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS EN LAS GIRAS

La situación que se observó en campo y se constató en escritorio lleva a pensar que en general las alcantarillas que se inspeccionaron presentan un estado relativamente bueno para la edad que tienen. Adicionalmente, las reparaciones realizadas por el Conavi en el transcurso del año pasado han mejorado las condiciones de fondo del tubo (o de los tubos) y en la protección contra la erosión en los taludes del terraplén y las márgenes aguas arriba.

Como puede observarse en el Cuadro 4-2, todas las alcantarillas a las que se les hizo la inspección requieren de una u otra manera alguna acción correctiva.

***Cuadro 4-2. Resultados de la metodología complementaria de toma de decisiones.***

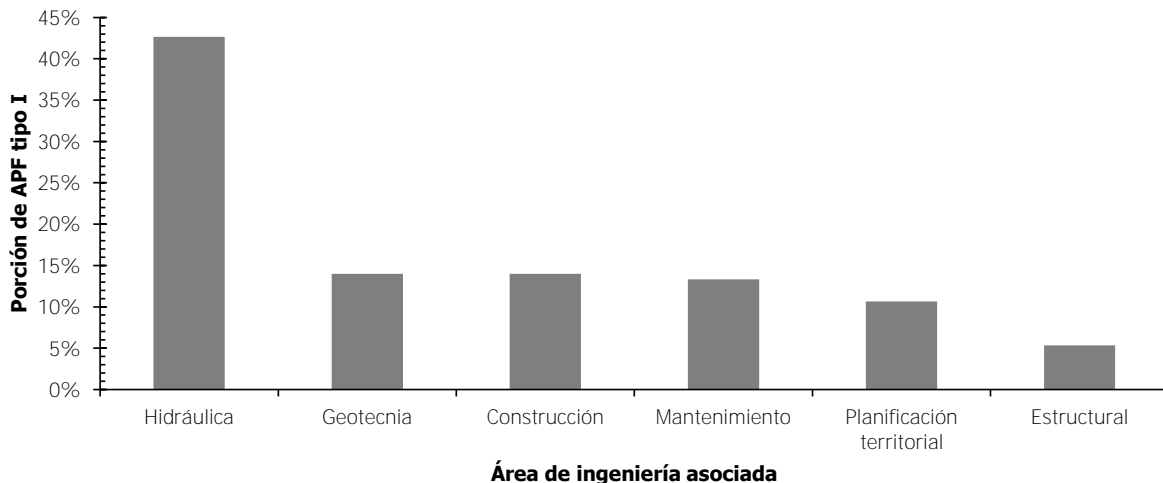
<b>Alcantarilla</b>	<b>Acciones Recomendadas</b>
Torres Oeste	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contacte a un especialista en hidráulica y a un especialista en geotecnia.</li> <li>• Limpie el área afectada por bloqueo de escombros.</li> <li>• Construya una protección contra erosión y considere la construcción de un dissipador de energía</li> <li>• Rellene la zona socavada en el delantal.</li> </ul>
Ma. Aguilar Este	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contacte a un especialista en hidráulica y a un especialista en estructuras.</li> <li>• Repare los daños ocasionados a las márgenes y al terraplén por el mal alineamiento y construya protección contra erosión en los sitios con daños.</li> <li>• Construya una protección contra erosión y considere la construcción de un dissipador de energía</li> <li>• Rellene la zona socavada en el delantal. Reemplace el delantal.</li> </ul>
Ocloro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contacte a un especialista en biología o a un ingeniero forestal<sup>1</sup></li> </ul>
Negritos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contacte a un especialista en hidráulica</li> <li>• Construya una protección contra erosión y considere la construcción de un dissipador de energía</li> <li>• Repare localmente los problemas encontrados en el tubo.</li> <li>• Rellene la zona socavada en el delantal.</li> </ul>

<b>Alcantarilla</b>	<b>Acciones Recomendadas</b>
Torres Este	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repare los daños ocasionados a las márgenes y al terraplén por el mal alineamiento y construya protección contra erosión en los sitios con daños.</li> <li>• Construya una protección contra erosión y considere la construcción de un dissipador de energía</li> <li>• Rellene la zona socavada en el delantal.</li> </ul>
Cangrejos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicite acceso de personal especializado en espacios confinados.</li> </ul>

Nota: 1 A pesar de que no existe en la metodología se pueden emplear este tipo de solicitudes para casos no contemplados.

Uno de los resultados más relevantes es la reincidencia de problemas de orden hidrológico o hidráulico. En casi todos los casos estudiados la erosión del canal a la salida de la alcantarilla requería de atención. Ninguna alcantarilla presenta una protección contra la erosión del canal aguas abajo lo que probablemente ha repercutido en el daño de los delantales, socavación de las fundaciones, daños en las márgenes, posible daño en el terraplén e inclusive es probable que haya aumentado el nivel de degradación del cauce del río. Casi un 50% de la calificación de estado negativa de la alcantarilla se debe a problemas hidráulicos como puede ser observado en la Figura 4-2.

En este sentido es importante notar que en algunos casos es necesario construir adicionalmente a la protección contra erosión un dissipador de energía como se explica en FHWA (2012).



**Figura 4-2. Porcentaje de cada área de la ingeniería civil relacionado con el riesgo (APF tipo I) de colapso aproximado.**

Los ángulos de ataque en general no presentaron problema, mientras que los ángulos de salida aunados al proceso de erosión están ocasionando problemas graves de inestabilidad de

taludes en las márgenes. Ejemplo claro de esto es el de las alcantarillas María Aguilar Este y Torres Este.

Es necesario aquí mencionar que es difícil separar el proceso de erosión generado por la alcantarilla del proceso de degradación de los causes urbanos relacionado con la fijación de las márgenes, el aumento del volumen y caudal pico de escorrentía; sin embargo, la ausencia de un diseño hidráulico adecuado no hace más que agravar el problema ya que las contracciones del cauce generan aumentos significativos en la velocidad de escorrentía aguas abajo de la sección de control.

Es importante destacar que en la alcantarilla de Ocloro se encontró un árbol arriba de la alcantarilla, es decir, una situación que no se incluye de forma explícita en la metodología. Si bien este árbol no ha generado problemas mayores de estado o desempeño si ha comenzado a doblar levemente un borde del tubo y se desconoce si puede generar mayores problemas en un futuro.

Debido a esta condición se da cabida a que exista un caso donde se requiera la ayuda de un experto no contemplado en la metodología. Así, se tomó como un problema tipo II y se requiere llamar a un experto en árboles como un biólogo o un ingeniero forestal para que determine cuál es la mejor ruta de acción.

A priori y como un resultado adicional a este documento se consultó a una Licenciada en Biología Eilyn Prado sobre este árbol y su potencial peligro para la alcantarilla. El resultado de la visita a campo y también de la revisión bibliográfica por parte de Prado es que este árbol es introducido pues es originario desde Panamá hasta Bolivia (Sanches y Cascante, 2008), también se encontró que dichos árboles (*Erythrina poeppigiana*) tiende a no crecer más de 30 m y a tener raíces con nódulos, es decir, protuberancias (Gómez, 2012).

Esto lleva a pensar que: de cortarse la extracción de todas las raíces del árbol no sería sencilla debido a los nódulos, adicionalmente habría que cerciorarse bien rellenar todas las oquedades generadas por ellos. También, a partir de esta información se puede pensar que es poco probable que al dejar el árbol empeore el estado de la alcantarilla (el árbol prácticamente ya ha alcanzado su tamaño máximo) y adicionalmente como se discutió en Prado este tipo de especie se emplea en algunos países para detener la erosión y estabilizar terrenos (Molina, 2008).



Si bien esto es un resultado preliminar, se considera que antes de darse la corta del árbol es necesario establecer cuál es la decisión más racional desde el punto de vista económico y ambiental.

En las visitas a campo se presentaron dos factores no directamente relacionados a los resultados de inspección e inventario que deben de ser tomados en consideración por su vulnerabilidad. En la mayoría de las ocasiones se observó que en el caso de las viviendas de habitación y en propiedades públicas la protección contra los efectos de la erosión era menos efectiva que en el caso de las zonas comerciales. Ejemplo de esto está en el María Aguilar Este donde se puede observar un trabajo de fijación de margen costoso en la zona comercial, mientras que en la propiedad perteneciente a la municipalidad y que es empleada por el público (la plaza) el daño debido a erosión de las márgenes es mucho mayor.

Otro ejemplo de este fenómeno es caso del Torres Oeste pero de diferente manera ya que aquí lo que se observa es que las viviendas de menos recursos ubicadas en el "Bajo de los Ledezmas" no solamente están más cerca de las márgenes del río, sino que se ubican en un sitio específicamente detallado por CNE (2006) como de inundaciones.

Si bien esto no es una situación nueva, es necesario que se recalque ya que al tomar decisiones de diseño y de inspección adicionalmente a la evaluación académica, es necesario tener en cuenta la situación socioeconómica de las vecindades. En general se puede decir que los derroteros a tomar en este tipo de obra pública no solamente afecta a los usuarios de la vía sino también a los vecinos inmediatos de la alcantarilla y de ellos afecta más probablemente a aquellos con menor poder adquisitivo para solventar alguna eventualidad.

El otro punto que se observó que debe de ser tomado en consideración es el de la contaminación de las aguas. Este problema fue encontrado en todos los cuerpos de agua visitados; y afecta no sólo al inspector y al trabajador relacionado con el mantenimiento de alcantarillas sino a toda la vecindad del río y su ecosistema.

A pesar de que la solución de dichos problemas sale de los alcances del presente trabajo se debe ser enfático en que dicha situación ha de ser entendida tanto por las entidades públicas como por la academia en función de apoyar el ejercicio de decisiones informadas.

## 4.2 PRIORIZACIÓN

Con base en la información obtenida del estudio de las alcantarillas se puede entonces desarrollar un proceso de priorización de las acciones recomendadas para estas. Primeramente se tienen la diferencia entre las distancias de las rutas alternas y la ruta base para cada alcantarilla que se presenta en el Cuadro 4-3 y Cuadro 4-4.

**Cuadro 4-3. Rutas para los diferentes pasos de agua de la zona de estudio.**

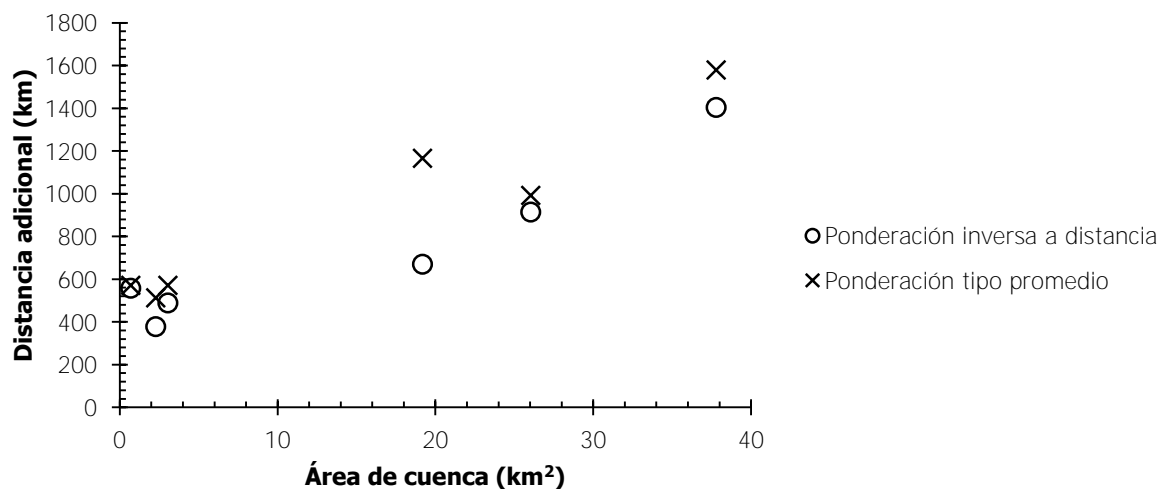
Paso de agua	Ruta (m)					
	Norte-Sur			Sur-Norte		
	Base	Alternativa 1	Alternativa 2	Base	Alternativa 1	Alternativa 2
Torres O	1795	2700	3425	1792	3000	4367
Ma. Aguilar O	2653	3636	6250	2659	3445	6770
Ma. Aguilar E	1774	2014	3734	1783	2385	3639
Ocloro	1413	2081	2147	1417	1589	2126
Negritos	717	1123	1494	1144	1275	1881
Torres E	1083	1859	2431	1091	1745	2280
Cangrejos	594	1015	1242	625	1205	1254
	<i>Diferencia (m)</i>					
Torres O		904	1630		1208	2574
Ma. Aguilar O		983	3597		786	4111
Ma. Aguilar E		240	1959		602	1857
Ocloro		668	734		172	709
Negritos		406	776		130	736
Torres E		776	1347		654	1189
Cangrejos		420	648		581	630

**Cuadro 4-4. Diferencias de distancia entre rutas alternas y ruta base.**

Paso de agua	Diferencia (m)					
	Norte-Sur		Sur-Norte		Promedio del promedio <sup>1</sup>	Promedio de la suma ponderada <sup>1</sup>
	Promedio	Suma ponderada	Promedio	Suma ponderada		
Torres O	1267	1163	1891	1644	1579	1404
Ma. Aguilar O	2290	1544	2448	1319	2369	1432
Ma. Aguilar E	1100	428	1229	909	1165	669
Ocloro	701	699	441	277	571	488
Negritos	591	533	433	221	512	377
Torres E	1061	984	921	844	991	914
Cangrejos	534	510	605	604	570	557

*Nota:*<sup>1</sup> Como se tiene que el TPD y el %pesados que se tiene es la suma en ambos sentidos el factor de redundancia se vuelve el promedio ente las distancias en cada sentido.

Se hace una diferencia entre aquellas distancias que fueron sumadas por medio de una ponderación de promedio aritmético y aquellas que fueron sumadas usando el criterio de ponderación inverso a la distancia.



**Figura 4-3. Distancia adicional recorrida en cada alcantarilla como función del área de la cuenca que drena.**

Como se puede observar en la figura Figura 4-3, existe una tendencia positiva en la distancia adicional recorrida por las rutas alternativas según aumenta el área de la cuenca que drena dicho paso de agua. Esta tendencia probablemente puede ser explicada a partir del hecho de que a menor área menor caudal y también menor tamaño de cauce; esto a su vez implica que la construcción de un paso de agua se hace más costosa y por tanto menos probable que se construya.

En este sentido se puede decir que para una zona de densidad de infraestructura relativamente uniforme como es circunvalación, existe aparentemente una tendencia a disminuir la redundancia en el sistema de transporte en los pasos de agua tipo alcantarilla conforme aumenta el área de los ríos.

El Tránsito Promedio Diario (TPD) y el porcentaje de pesados se encontraron para cada alcantarilla suponiendo que todos aquellos vehículos que no son livianos son pesados. Si bien esta es una suposición gruesa, no se pudo encontrar información detallada de costos comparativos para cada uno de los diferentes tipos de vehículos. Todos los vehículos en el rubro "Otros" son de mayor tamaño que un vehículo liviano.

Adicionalmente, cabe resaltar que sólo se encontraron valores de TPD como la suma en ambos sentidos por lo que se promedió la distancia adicional de la ruta alternativa al multiplicarla por el TPD en ambas direcciones. Esto implica suponer que la misma cantidad de vehículos pasan en cada uno de los sentidos y que adicionalmente el porcentaje de vehículos que son pesados de esa cantidad es el mismo también.

**Cuadro 4-5. TPD para cada uno de los pasos de agua**

Nombre	Año de medición	TPD medido	Clasificación		TPD estimado al 2014
			Liviano	Otros	
Torres Oeste	2010	43995	76,60	23,41	50994
Ma.Aguilar Oeste	2014	84251	77,55	22,45	84251
Ma Aguilar Este	2005	54374	79,46	20,54	69715
Ocloro	2011	70516	83,2	16,80	71153
Negritos	2011	77562	83,19	16,81	77609
Torres Este	2013	55448	78,86	21,14	56235
Cangrejos	2010	49577	82,22	17,79	53748

Fuente: MOPT, 2015.

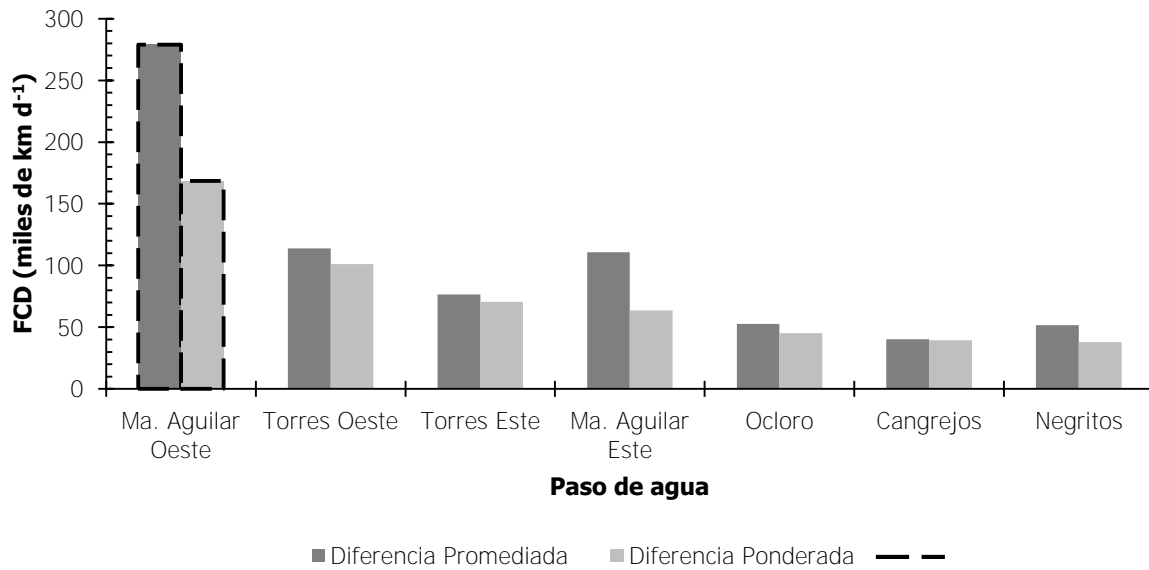
Como se aclaró con la Ing. Liseth Calderón del MOPT, los valores de TPD fueron medidos en distintos años y a partir de estos se hizo una estimación para el 2014. En este trabajo se emplea dicha estimación para establecer el nivel de prioridad vial de las alcantarillas ya que establece un punto comparable entre todas ellas a pesar de que se conoce que el nivel de incertidumbre varía de alcantarilla. Estos valores pueden ser observados en la

Una vez obtenido tanto el TPD, el porcentaje de pesados y la distancia adicional de las rutas alternativas se procedió a calcular el factor de costo vial para cada uno de los tipos de ponderación de la distancia.

**Cuadro 4-6. Obtención del Factor de costo Vial.**

Paso	$\Delta L_{prom}$ (m)	$\Delta L_{pond}$ (m)	PP (%)	TPD (veh día <sup>-1</sup> )	FCV promedio (miles de km día <sup>-1</sup> )	FCV ponderado (miles de km día <sup>-1</sup> )
Torres O	1579	1404	23	50994	114	101
Ma.Aguilar Oeste	2369	1432	22	84251	279	169
Ma. Aguilar Este	1165	669	21	69715	111	64
Ocloro	571	488	17	71153	53	45
Negritos	512	377	17	77609	52	38
Torres Este	991	914	21	56235	77	71
Cangrejos	570	557	18	53748	40	39

Nota:  $\Delta L$  := diferencia; PP:= porcentaje de pesados; FC:= Factor de costo vial.



**Figura 4-4. Factor de costo vial según alcantarilla.**

En la Figura 4-4 se puede observar como para cada valor de factor vial la opción de la diferencia ponderada siempre da como resultado valores menores que en el caso de la diferencia promediada, esto debido a la estructura matemática explicada en la sección 3.1. Debido a que en esta metodología se supone que el costo vial asociado al colapso de una alcantarilla puede ser explicado por medio de la distancia (supuesto que previamente ya ha sido discutido), parece congruente entonces escoger el criterio ponderado como el que mejor explica el fenómeno.

El factor de estado se encontró empleando el sistema de calificación explicado en el apartado 3.2 y el resultado de la herramienta de toma de decisiones La mayoría del puntaje estuvo relacionada con investigaciones posteriores relacionando a geotecnistas, biólogos, estructurales e hidráulicos o bien la construcción de una protección contra la erosión.

Como se puede observar en la Figura 4-5 de las alcantarillas la que se encontró en peor estado es la de la quebrada Negritos. Esta alcantarilla además de requerir trabajos de protección contra erosión, requiere de reparaciones locales en varios puntos del tubo.

**Cuadro 4-7. Aproximación de la probabilidad de falla en las alcantarillas analizadas.**

<b>Paso</b>	<b>FTe</b>	<b>FTs</b>	<b>DEe</b>	<b>DEs</b>	<b>PE</b>	<b>T</b>	<b>CT</b>	<b>Es</b>
Torres Oeste	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	1,0	0,8	0,835
Ma. Aguilar Este	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	1,0	0,8	0,815
Ocloro	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,000
Negritos	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	0,5	1,0	0,690
Torres Oeste	1,0	1,0	1,0	0,5	0,0	1,0	1,0	0,900
Cangrejo	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,000

*Nota:* FT:= Razón de estado del final de tubo, DE:= Razón de estado del delantal, PE:= Razón de estado de la protección contra erosión, T:= Razón de estado del tubo, CT:= Razón de estado de la carretera y el terraplén, Es:= Razón de estado global, e:= entrada; s:= salida.

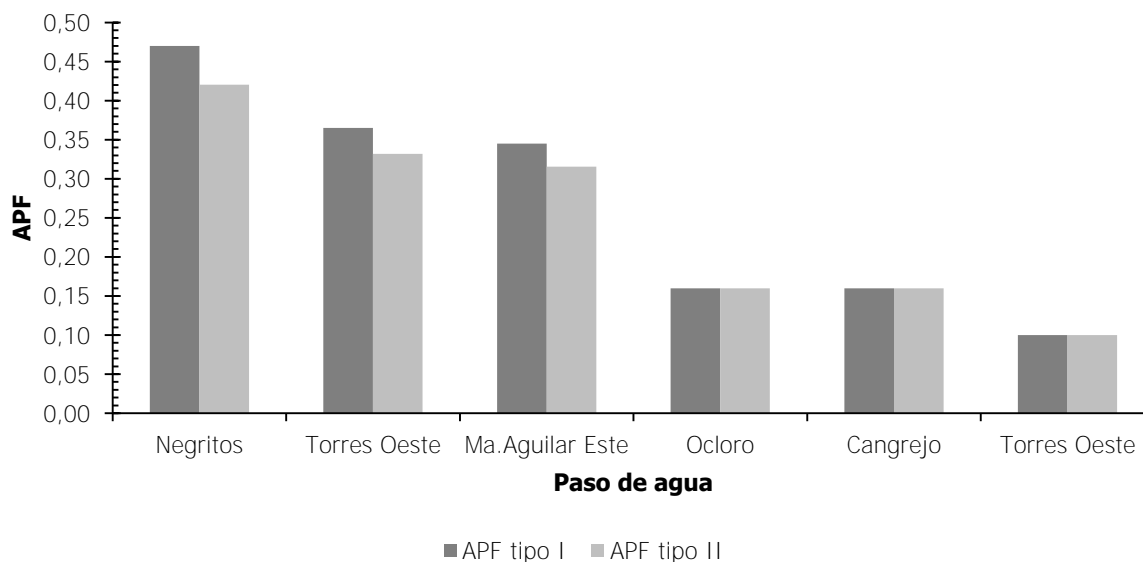
**Cuadro 4-8. Aproximación de la probabilidad de falla en las alcantarillas analizadas (cont.)**

<b>Paso</b>	<b>Da</b>	<b>MAN</b>	<b>EXP</b>	<b>APF<sub>1</sub></b>	<b>APF<sub>2</sub></b>
Torres Oeste	0,165	1,0	1,0	0,36	0,33
Ma. Aguilar Este	0,18	0,0	1,0	0,34	0,32
Ocloro	0,00	0,0	1,0	0,16	0,16
Negritos	0,31	0,0	1,0	0,47	0,42
Torres Oeste	0,10	0,0	0,0	0,10	0,10
Cangrejo	0,00	0,0	1,0	0,16	0,16

*Nota:* Da:= Razón de daños, Ma:= mantenimiento, Ex:= Expertos, APF:= Aproximación de la probabilidad de falla.

Un detalle importante de resaltar es que la alcantarilla Ocloro, a pesar de ser calificada como de las peores en el informe de Lanamme (2013) ésta presentó una calificación relativamente baja usando la metodología propuesta en este trabajo. Esta diferencia corrobora el hecho de que las metodologías difieren considerablemente en las variables que se emplean para el cálculo de la prioridad y también en el peso que se le da a cada una de ellas.

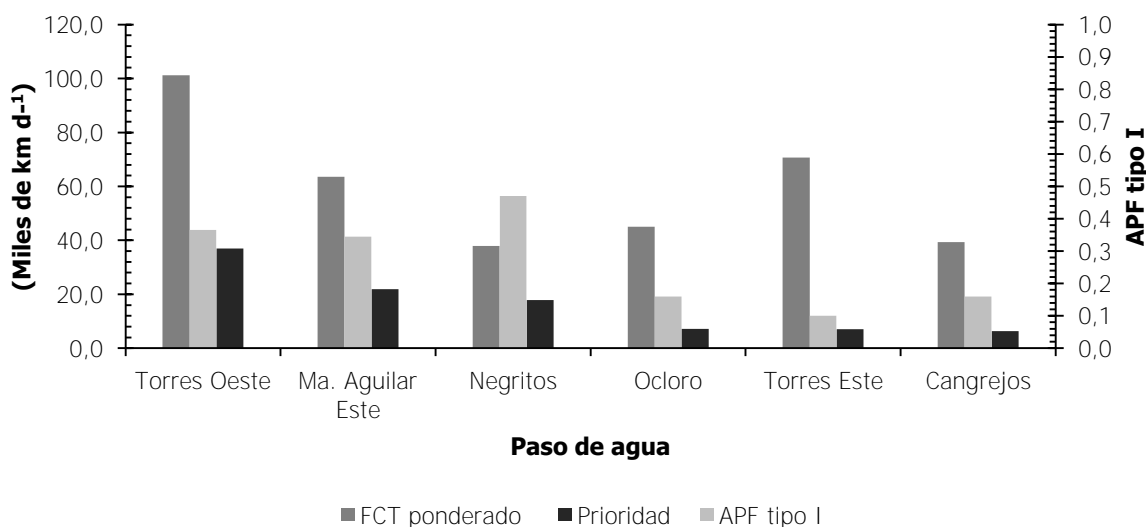
Adicionalmente, para la priorización final se decidió emplear el APF tipo I ya que se considera que está del lado de la seguridad asignarle probabilidades aproximadas altas de falla a aquellas alcantarillas que adicionalmente de tener un problema de estado tengan un problema de desempeño. Eso a pesar de que la función no tenga una forma continua.



**Figura 4-5. Estado de cada paso de agua**

**Cuadro 4-9. Obtención el valor de prioridad para cada alcantarilla.**

Paso	FC <sub>pond</sub> (km)	FE	Prioridad
Torres O	6743143	15	101147143
María Aguilar E	988786	13,5	13348608
Ocloro	953886	5	4769428
Negritos	720726	13	9369437
Torres Este	493507	4	1974028
Cangrejos	314879	5	1574395



**Figura 4-6. Prioridad, Factor de Costo Vial y Factor de Estado expresados como razón del valor máximo del grupo.**

Se puede observar que una combinación de un factor de estado grande con un factor de costo vial grande genera resultados aún más grandes. Algunas alcantarillas, como la del río Torres en la zona este de Circunvalación, a pesar de tener un factor de costo vial elevado debido a que una falla en ella es poco probable su nivel de prioridad no es de los mayores. Por otro lado, la alcantarilla Negritos aunque no es de las primeras desde el punto de vista vial esta es considerada de mayor prioridad dado el estado pobre de su tubo.

En otras palabras mediante esta metodología es posible balancear la importancia, el estado y el desempeño de una alcantarilla de forma congruente con las metodologías consultadas y mediante un grupo reducido de procedimientos.

Se concluye entonces este apartado enumerando la prioridad relativa de acción para cada una de las alcantarillas estudiadas: 1° Torres Oeste, 2° María Aguilar Este, 3° Negritos, 4° Ocloro, 5° Torres Este y 6° Cangrejos.



## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

Existe una gran cantidad de puntos en común entre las metodologías de inspección e inventario de alcantarillas.

Mediante el uso de la metodología propuesta para la inspección e inventario se puede mejorar la uniformidad y la objetividad en la evaluación de las alcantarillas.

Mediante el uso del método propuesto para priorizar acciones en las alcantarillas se puede de forma aproximada determinar en qué orden debe destinársele recursos al grupo de alcantarillas.

Todas las alcantarillas evaluadas en la Ruta 39 requieren de alguna acción correctiva.

El problema más común en las alcantarillas de la Ruta 39 es la erosión local aguas abajo y , como consecuencia de esta, socavación en el delantal.

La mayoría de los daños en las alcantarillas de la Ruta 39 se deben a problemas relacionados con el campo de la hidráulica y la hidrología.

La alcantarilla de la quebrada Negritos es la que tiene mayor probabilidad aproximada de colapso de las evaluadas de la Ruta 39.

La alcantarilla del Río Torres en la sección Oeste de circunvalación es la que tiene mayor nivel de prioridad de evaluadas de la Ruta 39.

### 5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda generar una metodología de análisis de riesgo o vulnerabilidad enfocada a una revisión más exhaustiva de las variables relacionadas con el colapso de una alcantarilla y de las variables relacionadas con las consecuencias de dicho colapso para ser aplicada en las alcantarillas con mayor nivel de prioridad del proyecto analizado.

Una vez generada una base de datos con la información de las alcantarillas del país, se recomienda mejorar las propuestas hechas en este trabajo para de esa forma tener una metodología estadísticamente válida para el análisis de alcantarillas con las variables que sean más significativas en cada uno de los subgrupos clasificados como similares.

Se recomienda generar una metodología de administración de alcantarillas con fundamento en niveles aceptables de riesgo tal como lo proponen Gharaibeh, N; Chiu, Y, Gurian, P (2006) o Tatari, et al. (2013).

Para mejorar la eficiencia y la aceptación de la metodología propuesta en este trabajo, se recomienda programar una herramienta informática para el ingreso de información del inventario de forma tal que al final se pueda obtener un valor de prioridad de forma automática.

Debido a que en casi todas las alcantarillas se encontraron problemas de erosión aguas abajo, se recomienda hacer un estudio enfocado a la solución de este tipo de problemas que no solamente atienda el problema específico de cada uno de los pasos, sino que también genere pautas básicas del diseño de este tipo de estructuras.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

### 6.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS WEB Y LIBROS

ASTM. 2006. *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*<sup>1</sup>. Recuperado el 17 de marzo de 2015 de: <http://www.svcpsa.com/images/STANDARDS%20AND%20QUALITY/STANDARDS%20AND%20QUALITY%201/D%202487%20-%2006%20Soil%20Clasification.pdf>

Barnes, G; Langworthy, P. 2003. *The Per-Mille Costs of Operating Automobiles and Trucks*. State of Local Policy Program, Humphrey Institute of Public Affairs, University of Minnesota. Minnesota Department of Transportation. Recuperado el 28 de abril, de <http://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/909/1/200319.pdf>

Colorado Department of Transportation. 06 de mayo de 2013. *Sinkholes*. Recuperado el 23 de setiembre de 2014, de CDOT: <http://www.coloradodot.info/programs/geotech/geohazards-2/sinkholes.html>

Cordero, D. A., Vargas, W., & Garro, J. F. 2010. *Metodologías de Evaluación de la Vulnerabilidad de la Infraestructura Vial Nacional*. Recuperado el 17 de setiembre de 2014, de Latindex: <http://www.latindex.ucr.ac.cr/ingenieria-20/ingenieria-20-1-2-09.pdf>

Facundo J, A. 2005. *Diseño Hidráulico de Alcantarillas*. Recuperado el 17 de setiembre de 2013, de <http://www.efn.uncor.edu/dep/hidraul/hidrologia/Auxiliar/Diseno%20de%20Alcantarillas.pdf>

Federal Highway Administration (FHWA). 2012. *Energy Dissipators*. Hydraulic Engineering Circular 14. Recuperado el 24 de junio de 2015, de: <http://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/06086/hec14.pdf>

Federal Highway Administration (FHWA). 2012. *Hydraulic Design Of Highway Culverts*. Recuperado el 10 de setiembre de 2014, de <http://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/12026/hif12026.pdf>

Federal Highway Administration (FHWA). 2010. *Culvert Assessment and Decision Making Procedures Manual*. Recuperado el 12 de setiembre de 2014, de <http://www.cflhd.gov/programs/techDevelopment/hydraulics/culvert-assessment/>

- Gharaibeh, N; Chiu, Y, Gurian, P . 2006. *Decision Methodology for Allocating Funds across Transportation Infrastructure Assets*. Journal of Infrastructure System. ASCE., Vol. 12, N° 1, 1 marzo 2006. Recuperado el 23 de abril, de: [https://www.researchgate.net/publication/245289026\\_Ddecision\\_Methodology\\_for\\_Allocating\\_Funds\\_across\\_Transportation\\_Infrastructure\\_Assets](https://www.researchgate.net/publication/245289026_Ddecision_Methodology_for_Allocating_Funds_across_Transportation_Infrastructure_Assets)
- Gómez, A. 2012. *Caracterización con Marcadores Moleculares RAM `S de Algunas Especies del Género Erythrina Presentes en Colombia*. Recuperado el 20 de mayo de 2015 de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7119/1/alfredogomezzuluaga.2012.pdf>
- Krugman, P; Wells, R; Olney, M. 2011. *Introducción a la Economía*. Editorial Reverté, S.A. Impreso en España. 524 pp.
- Levinson, D y Xie, F . 2011: *Evaluating the effects of the I-35W bridge collapse on road-users in the twin cities metropolitan region*. Transportation Planning and Technology, Vol 7, N° 34, 691-703. Recuperado el 18 de abril, de <http://nexus.umn.edu/papers/I-35W-TRB2009-BridgeRegion.pdf>
- MainRoads, Western Australia. 09 de Setiembre de 2010. *Detailed Visual Inspection Guidelines for Culverts*. Recuperado el 20 de setiembre de 2014, de <https://www.mainroads.wa.gov.au/Documents/Detailed%20Visual%20Inspection%20Guidelines%20for%20Culverts%20-%20Rev1.PDF>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). 2012. *Informe de velocidades*. Estudios y Diseños. Dirección General de Ingeniería de Tránsito.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). 2007. *Manual de Inspección de Puentes*. Recuperado el 13 de setiembre de 2014, de <http://www.mopt.go.cr/%5Cdocumentos%5Cpuentes%5Cmanual%5Cinspeccion.pdf>
- Molina, L. 2008. *Árboles para Ibagué. Especies que Fortalecen La Estructura Ecológica Principal*. Recuperado el 20 de mayo de 2015 de [http://www.researchgate.net/publication/256199329\\_rboles\\_para\\_Ibagu.\\_Especies\\_qu\\_e\\_fortalecen\\_la\\_Estructura\\_Ecolgica\\_Principal](http://www.researchgate.net/publication/256199329_rboles_para_Ibagu._Especies_qu_e_fortalecen_la_Estructura_Ecolgica_Principal)
- New York State Department of Transportation (NYDOT). 2006. *Culvert Inventory and Inspection Manual*. Recuperado el 10 de setiembre de 2014, de <https://www.dot.ny.gov/.../CulvertInventoryInspectionManual.pdf>

- Oracle. 2015. *Java Platform, Standard Edition (Java SE) 8*. Recuperado el 25 de mayo de 2015 de: <https://docs.oracle.com/javase/8/>
- Oregon Department of Transportation (ODOT). (2013). *Culvert Inspection & Inventory Field Handbook*. Recuperado el 05 de junio de 2015, de [http://www.oregon.gov/ODOT/HWY/TECHSERV/AMI%20docs/Form\\_734-2728\\_web\\_03-28-13.pdf](http://www.oregon.gov/ODOT/HWY/TECHSERV/AMI%20docs/Form_734-2728_web_03-28-13.pdf)
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2013. *Understanding the value of Transport Infrastructure*. Recuperado el 28 de abril de 2015, de <http://www.internationaltransportforum.org/pub/pdf/13Value.pdf>
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). 2011. *Permit-required confined spaces*. Recuperado el 28 de julio de 2015, de: [https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9797](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9797)
- Programa de Infraestructura de Transporte (PITRA). 2013. *Informe de evaluación de alcantarillas de la GAM. Vulnerabilidad estructural y del sitio*. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanamme). Recuperado el 20 de diciembre de 2013 de: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/banco-de-informacion-digital-on-line/2013/LM-PI-UGERVN-012-2013.pdf>
- Roast an Traffic Authority(RTA). 2010. *Culver Risk Assessment Guideline*. Recuperado el 20 de setiembre de 2014, de [http://www.rms.nsw.gov.au/doingbusinesswithus/downloads/lgr/culvert\\_risk\\_assessment\\_guideline\\_v3\\_02.pdf](http://www.rms.nsw.gov.au/doingbusinesswithus/downloads/lgr/culvert_risk_assessment_guideline_v3_02.pdf)
- Sanches, J y Cascante, A .2008. *Árboles ornamentales del Valle Central de Costa Rica. Especies con floración llamativa*. Recuperado el 20 de mayo de 2015 de [http://www.inbio.ac.cr/web-ca/biodiversidad/costa\\_rica/ArbolesOrnamentalesVC-b.pdf](http://www.inbio.ac.cr/web-ca/biodiversidad/costa_rica/ArbolesOrnamentalesVC-b.pdf)
- SIECA, CEPREDENAC y SICA. (2010). Manual centroamericano de la gestión de riesgo en puentes. Recuperado el 17 de setiembre de 2014, de [www.sinapred.gob.ni](http://www.sinapred.gob.ni)
- Solano, J; Retana, A; Villalobos,R. 2002. *Inundaciones*. Revista Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos. Diciembre de 2002. Recuperado el día 15 de marzo de 2015, de Imn:<http://www.imn.ac.cr/publicaciones/revista/2002/Diciembre/4-Solano-Dic02.pdf>

Stack Overflow. 2015. *Tagged Questions Java*. Recuperado el 25 de mayo de 2015 de <http://stackoverflow.com/questions/tagged/java>

Tarari, O; Sargand, S; Masada, T; Tarawneh, B. 2013. *Neural Network Approach to Condition Assessment of Highway Culverts: Case Study in Ohio*. Journal of Infrastructure System. ASCE Recuperado el 25 de mayo de 2015, de Researchgate: [http://www.researchgate.net/profile/Bashar\\_Tarawneh/publication/267041041\\_Neural\\_Network\\_Approach\\_to\\_Condition\\_Assessment\\_of\\_Highway\\_Culverts\\_Case\\_Study\\_in\\_Ohio/links/5443fccc0cf2e6f0c0fb9b3f.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Bashar_Tarawneh/publication/267041041_Neural_Network_Approach_to_Condition_Assessment_of_Highway_Culverts_Case_Study_in_Ohio/links/5443fccc0cf2e6f0c0fb9b3f.pdf)

## 6.2 ENTREVISTAS

Coto, JV. 4:50 pm 26 de marzo de 2014. *Cómo obtener un nivel de importancia vial para un paso de agua tipo alcantarilla*. Lugar: Sala de Cómputo del Programa de Educación Continua. Facultad de Ingeniería. Sede Rodrigo Facio. Universidad de Costa Rica. Entrevistador: Jiménez, D.

Araya, J. 6:50 pm 1 de mayo de 2014. *Cómo obtener un nivel de importancia vial para un paso de agua tipo alcantarilla*. Facultad de Ingeniería. Sede Rodrigo Facio. Universidad de Costa Rica. Entrevistador: Jiménez, D.

Agüero, J. 9:00 am 26 de marzo de 2014. *Cómo obtener un nivel de importancia vial para un paso de agua tipo alcantarilla*. Facultad de Ingeniería. Programa de Investigación para Desarrollo Urbano Sostenible. Entrevistador: Jiménez, D.

Sojo, M. 3:00 pm 12 de enero de 2015. *Evaluación de alcantarillas en Conavi y la situación de las alcantarillas de la ruta 39*. Plaza Carolina. Entrevistador: Jiménez, D.

Sojo, M. 10:00 am 11 de Febrero de 2015. *Inventario e inspección en alcantarillas hasta la actualidad, información general de alcantarillas en la ruta 39*. Entrevista Telefónica. Entrevistador: Jiménez, D.

## 6.3 NOTICIAS

Actualidad-CR. 3 de julio 2012. *Puente Bailey Sobre Autopista General Cañas*. Recuperado el 4 de marzo de 2015 de <http://actualidadcr.com/index.php/nacionales/35-puente-bailey-sobre-autopista-general-canas>

BBC. 18 de noviembre de 2008. *Culvert Collapses Under a Car Park*. Recuperado el 20 de Setiembre de 2013, de [http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk\\_news/wales/north\\_west/7735066.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/wales/north_west/7735066.stm)

Canal 7. 26 agosto de 2013. *Hundimiento en hatillo genera congestionamiento en la ruta de Circunvalación*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de <http://www.teletica.com/Noticias/22386-Hundimiento-en-Hatillo-genera-congestionamiento-en-ruta-de-Circunvalacion-.note.aspx>

CrHoy. 30 de junio de 2012. *Falta de Mantenimiento Provocó Hueco en la General Cañas*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de <http://www.crhoy.com/falta-de-mantenimiento-provoco-hueco-en-la-general-canas/>

CrHoy. 13 de julio de 2012. *Mopt y Conavi sin solución para el hueco de la general cañas dice Lanamme*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de <http://www.crhoy.com/mopt-y-conavi-sin-solucion-para-el-hueco-de-la-general-canas-dice-lanamme/>

CrHoy. 12 de setiembre de 2013. *Mopt y Conavi niegan errores en circunvalación dicen que todo fue un acto de Dios*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de <http://www.crhoy.com/mopt-y-conavi-niegan-errores-en-circunvalacion-dicen-que-todo-fue-un-acto-de-dios/>

Diario Extra. 10 de setiembre de 2013. *Fallo de alcantarillas es por abandono de años*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de <http://www.diarioextra.com/Dnew/noticiaDetalle/179693>

La Gaceta, Diario Oficial. 9 de mayo de 2014. Poder *Ejecutivo, Decretos, Acuerdos*. . Recuperado el 5 de marzo de 2015 [http://www.imprenal.go.cr/pub/2014/05/09/ALCA15\\_09\\_05\\_2014.pdf](http://www.imprenal.go.cr/pub/2014/05/09/ALCA15_09_05_2014.pdf)

La Prensa Libre. 12 de agosto de 2012. *Hueco en general cañas creció y amenaza con cierre completo*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de <http://www.prensalibre.cr/lpl/nacional/69120-hueco-en-general-canas-crecio-y-amenaza-con-cierre-completo.html>

La Prensa Libre. 03 de setiembre de 2013. *¿Tiene culpa el Conavi del fallo de la alcantarilla en Circunvalación?*. Recuperado el 16 de Setiembre de 2013, de

<http://www.prensalibre.cr/lpl/comentarios/89429-itiene-culpa-el-conavi-del-fallo-de-la-alcantarilla-en-circunvalacion.html>

StarBulletin. 4 de Febrero de 2004. *Maui culvert collapse raises safety concerns*. Recuperado el 23 de setiembre de 2014, de <http://archives.starbulletin.com/2004/02/04/news/index7.html>

S.A. Wether and Disaster Information Service (SAWSDI). 03 de Febrero de 2010. *N17 Bridge collapse between Bethal and Ermelo*. Recuperado el 23 de setiembre de 2014, de <http://saweatherobserver.blogspot.com/2010/02/n17-bridge-collapse-between-bethal-and.html>

Teletica. 03 de setiembre de 2013. *Habilitan paso por puentes Bailey en ruta circunvalación*. Recuperado el 4 de marzo de 2015 de <http://www.teletica.com/noticias/23342-Habilitan-paso-por-puentes-bailey-en-ruta-de-circunvalacion-.note.aspx>



## 7 ANEXOS

### 7.1 TORRES OESTE

#### 7.1.1 INVENTARIO

<b>INVENTARIO ALCANTARILLAS</b>		Nombre: <u>TORRES OESTE</u>		Código: <u>39TO</u>	
Encargados: 1. <u>David Jiménez González</u> 2. <u>Miguel A. Jiménez Mercadal</u> Fecha: <u>21/03/2015</u>					
<b>Datos generales obtenidos previamente</b> <sup>1</sup> Puede ser corroborado en sitio					
<i>Datos de Fechas</i>			<i>Datos de Ubicación</i>		
Año de construcción	<u>1980-1985</u>		Coordenada Norte <sup>1</sup>	<u>9,9452689° / 1099693,3196 m</u>	
Fecha de última reparación	<u>2014</u>		Coordenada Este <sup>1</sup>	<u>-84,113788° / 487523,5609 m</u>	
Fecha de último mantenimiento	<u>2014</u>		Provincia	<u>San José</u>	
Fecha de último inventario	<u>----</u>		Cantón	<u>San José</u>	
Fecha de última inspección	<u>----</u>		Distrito	<u>Pavas / Uruca</u>	
<i>Datos viales</i>			N° Ruta: <u>39</u>	Sentido A: <u>N-S</u>	Sentido B: <u>S-N</u>
Velocidad máxima (km h <sup>-1</sup> )	A. <u>80</u>	B. <u>80</u>	TPM	A. <u>25497</u>	B. <u>25497</u>
N° de Carriles <sup>1</sup>	A. <u>2</u>	B. <u>2</u>	%Pesados	A. <u>23,4</u>	B. <u>23,4</u>
Longitud de rutas alternas (km) Sentido A	Base <u>1,795</u>	1° <u>2,700</u>	2° <u>3,425</u>	3° <u>----</u>	
Longitud de rutas alternas (km) Sentido B	Base <u>1,792</u>	1° <u>3,000</u>	2° <u>4,367</u>	3° <u>----</u>	
<i>Datos de la vecindad</i>					
Tipo de zona <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Rural <input type="checkbox"/> Mixta				
Edificaciones cercanas <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> Edificios <input type="checkbox"/> Vías <input type="checkbox"/> Ductos <input type="checkbox"/> Telecomunicaciones <input type="checkbox"/> Otro _____				
Hay historial de inundaciones en la zona	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No				
Nombre del cuerpo de agua que cruza	<u>Río Torres</u>				
<b>Datos generales obtenidos en sitio</b>					
Material de tubo(s)	<input type="checkbox"/> Concreto <input checked="" type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Mampostería				
Forma de tubo(s)	<input checked="" type="checkbox"/> Circular <input type="checkbox"/> Elíptico <input type="checkbox"/> Arco <input type="checkbox"/> Tubo con arco <input type="checkbox"/> Cajón <input type="checkbox"/> Bastiones y vigas				
Tipo de estructura de entrada	<input type="checkbox"/> Tubo Proyectado <input type="checkbox"/> Tubo Ajustado <input checked="" type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición Abocinada				
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
Tipo de estructura de salida	<input type="checkbox"/> Tubo Proyectado <input type="checkbox"/> Tubo Ajustado <input checked="" type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición Abocinada				
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
Tipo de protección contra erosión (canal)	<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno				
¿Existe disipador de energía?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No				
Tipo de protección del terraplén entrada	<input checked="" type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input type="checkbox"/> Ninguno				
Tipo de protección del terraplén salida	<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno				
Tipo de material fondo de río entrada	<input type="checkbox"/> Piedras grandes <input type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input checked="" type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Concreto				
Tipo de material fondo de río salida	<input checked="" type="checkbox"/> Piedras grandes <input type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Concreto				
Tipo de aguas	<input type="checkbox"/> Clara <input checked="" type="checkbox"/> Jabonosa <input checked="" type="checkbox"/> Fétida <input checked="" type="checkbox"/> Basura/Escombros				
<b>Mediciones obtenidas en sitio</b> <sup>2</sup> Identificar el lugar en comentarios					
<i>Aguas arriba</i>			<i>Aguas abajo</i>		
Cobertura (m)	<u>24,42</u>		Cobertura (m)	<u>15,02</u>	
Pendiente talud (°)	<u>29,8</u>		Pendiente talud (°)	<u>40</u>	
Pendiente talud margen derecha (°)	<u>35</u>		Pendiente talud margen derecha (°)	<u>45</u>	
Pendiente talud margen izquierda (°)	<u>35</u>		Pendiente talud margen izquierda (°)	<u>35</u>	
Ángulo río tubo(s) (°)	<u>&lt;5°</u>		Ángulo río tubo(s) (°)	<u>&lt;10°</u>	
Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m)	<u>3</u>		Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m)	<u>---</u>	
<i>Tubo (s)</i>					
N° de tubos	<u>3</u>		¿Tubos similares?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A	
Largo del tubo(s) (m)	<u>88</u>		Ángulo tubo(s)-carretera (°)	<u>&lt;5°</u>	
Ancho del tubo(s) (m)	<u>5</u>		Pendiente de tubo(s) (°)	<u>---</u>	
Alto del tubo(s) (m)	<u>4,80</u>		Separación entre tubos (m)	<u>1,0</u>	

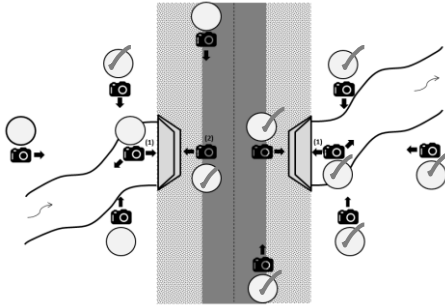
**Figura 7-1. Inventario Torres Oeste página 1.**

**INVENTARIO ALCANTARILLAS**

Nombre: TORRES OESTE

Código: 39TO

*Comentarios Generales*



El nivel de crecientes que se encontró fue dentro del tubo mismo ya que se notaron telas de araña luego de un 60 % de la altura del tubo.

Se observan trabajos recientes en el terraplén aguas arriba y en la construcción de un recubrimiento en el fondo del tubo.

*Vista en elevación*



Se encontró con que las vecindades principalmente son casas de habitación,

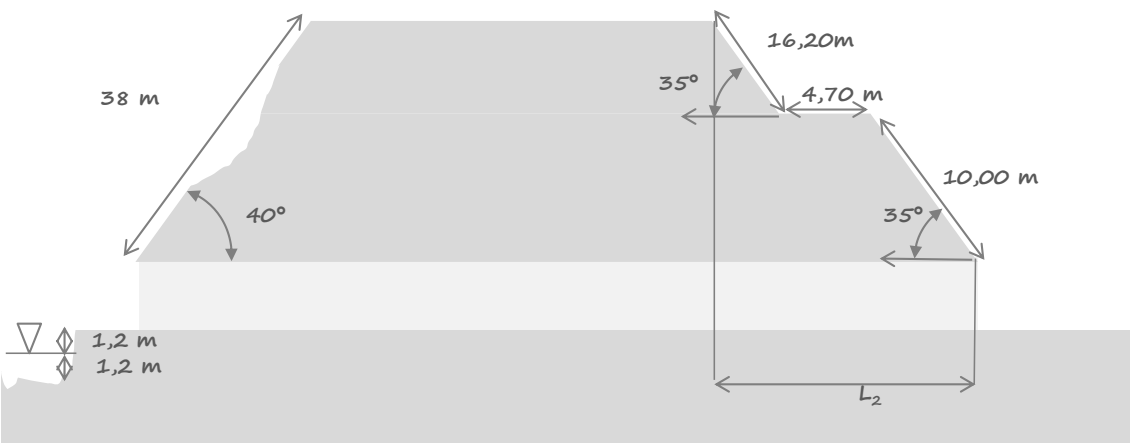
También se puede notar que aguas abajo existe un puente sobre el río,

Aguas ARRIBA,

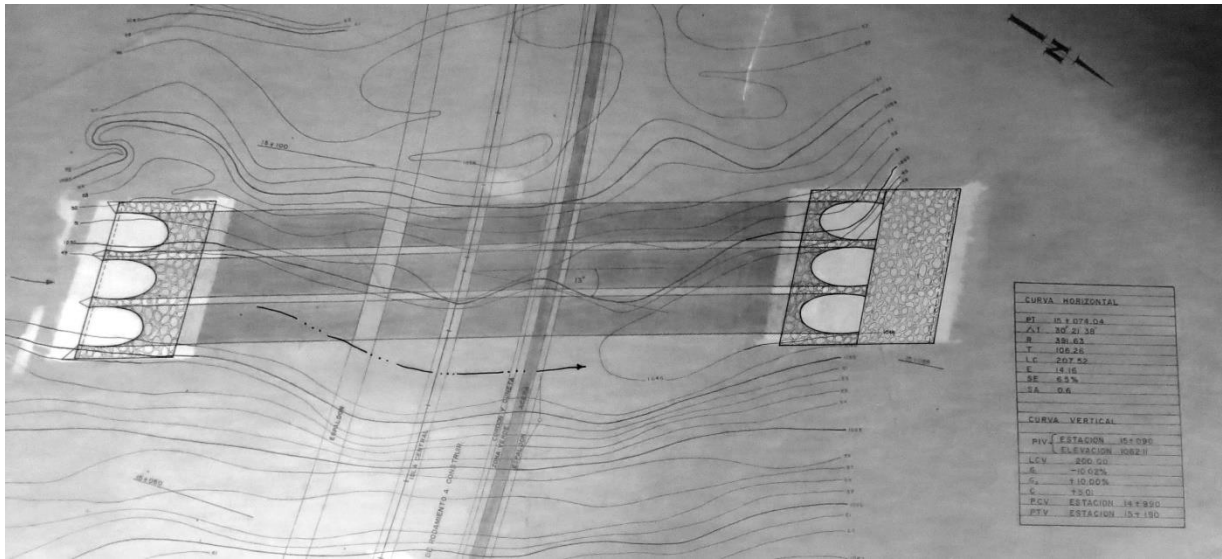
*Otros diagramas y señalamientos*

Cobertura aguas arriba =  $38 * \sin(40^\circ) = 24,42$

Cobertura =  $16,20 * \sin(35^\circ) + 10 * \sin(35^\circ) = 15,02$

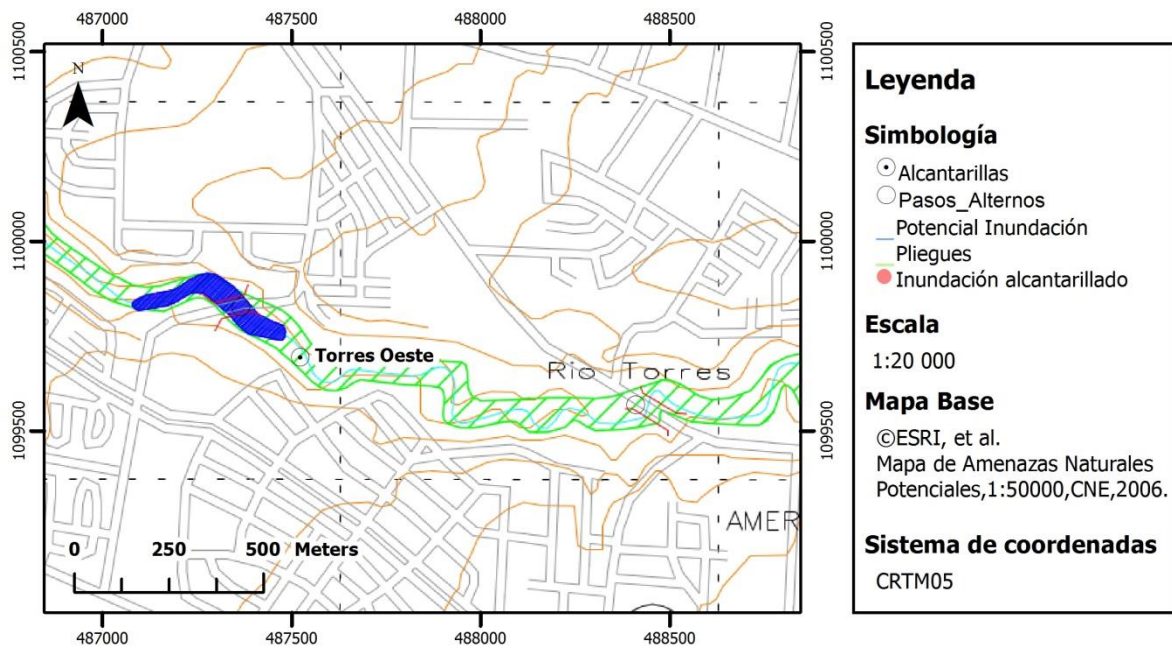


**Figura 7-2. Inventario Torres Oeste página 2.**

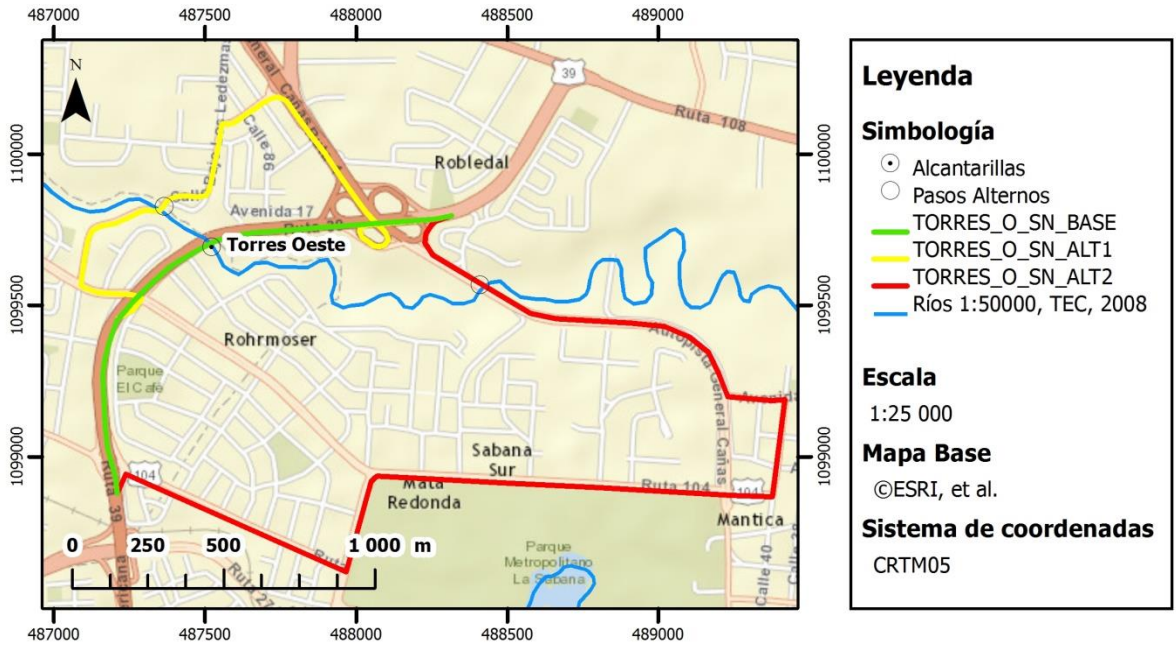


**Figura 7-3. Plano de la alcantarilla Torres Oeste.**

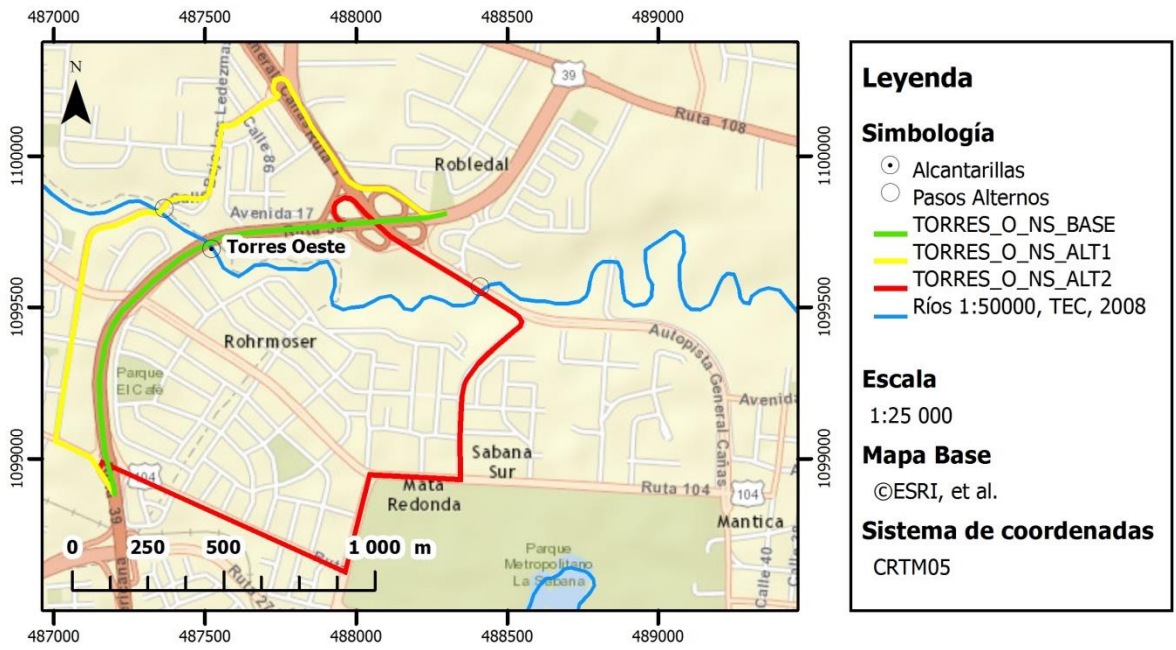
Fuente: MOPT, 2015.



**Figura 7-4. Amenazas potenciales en la alcantarilla Torres Oeste.**



**Figura 7-5. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla Torres Oeste.**



**Figura 7-6. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla Torres Oeste.**

7.1.2 INSPECCIÓN



<b>INSPECCIÓN ALCANTARILLAS</b>		Nombre: <b>TORRES OESTE</b>	Código: <b>39TO</b>
Encargados: 1. <b>David Jiménez González</b> 2. <b>Miguel A. Jiménez Mercadal</b>		Fecha: <b>21/04/2015</b>	
Estado Gen. Alcantarilla <input type="checkbox"/> Bueno(B) <input type="checkbox"/> Regular(R) <input checked="" type="checkbox"/> Malo(M) <input type="checkbox"/> Crítico(C) <input type="checkbox"/> Desconocido(D)			
¿Es probable que la alcantarilla colapse en menos de un año?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Es el estado del tubo y el terraplén conocido?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <sup>1</sup>	
Si existe algún estado desconocido, ¿Puede un mantenimiento sencillo generar acceso?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A	
¿Existe acceso a maquinaria pesada?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <sup>1</sup>	
<sup>1</sup> Explique la situación que evita el conocimiento del elemento o el acceso al sitio en la zona de comentarios.			
<b>Evaluación del estado de la alcantarilla</b>			
<b>Terraplén y carretera</b>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	<b>Estructura de entrada</b>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Carretera	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Terraplén	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Es necesaria una reparación del terraplén que invade la vía?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Accesorio rotado?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Son las condiciones diferentes a las presentes antes y después?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<b>Tubo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Fondo	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	Delantal	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A
Deformación	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Uniones	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Agrietamiento	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Corrosión	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	<b>Estructura de Salida</b>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Pared de corrugaciones	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Mampostería y mortero	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Accesorio rotado?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<b>Protección contra erosión</b>	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Pérdida de suelo en el terraplén, canal o márgenes por falla en protección?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	Delantal	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A
		¿Socavación de fundaciones?	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A
		¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
		¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<b>Evaluación del desempeño de la alcantarilla</b>			
<b>Problemas de desempeño tipo I</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de escombros o vegetación de 33% del tubo?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de escombros de más de 75% del tubo y ha habido mantenimiento reciente?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimentos de 33% a 75% sólo en la entrada o salida de alcantarilla?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Falla de entrada por aplastamiento, doblada hacia adentro?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Falla de entrada por flotabilidad, doblada hacia arriba?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Daños en terrapén, márgenes o accesorios por alineamiento inadecuado (Ángulo río-tubo > 45°)?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Señales de rebosamiento en la alcantarilla?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Erosión local a la salida de profundidad de más de 20% de la altura de la alcantarilla?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
<b>Problemas de desempeño tipo II</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimento de más de 33% de la altura del tubo en toda su longitud?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimento más de 75% en la entrada o salida?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Degradación del canal?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Inestabilidad de taludes del terraplén sin problemas de alineamiento, erosión o rebosamiento?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Tubidificación en el terraplén?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
<b>Otros problemas tipo II</b>	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
<input type="checkbox"/> Abrasión agresiva <input type="checkbox"/> Corrosión agresiva	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Fundaciones expuestas o cualquier estado malo o crítico en una alcantarilla con fondo móvil?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Algun deterioro aparentemente generado por problemas de carga?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		

**Figura 7-7. Inspección de Torres Oeste página 1.**

**INSPECCIÓN ALCANTARILLAS**

Nombre: TORRES OESTE

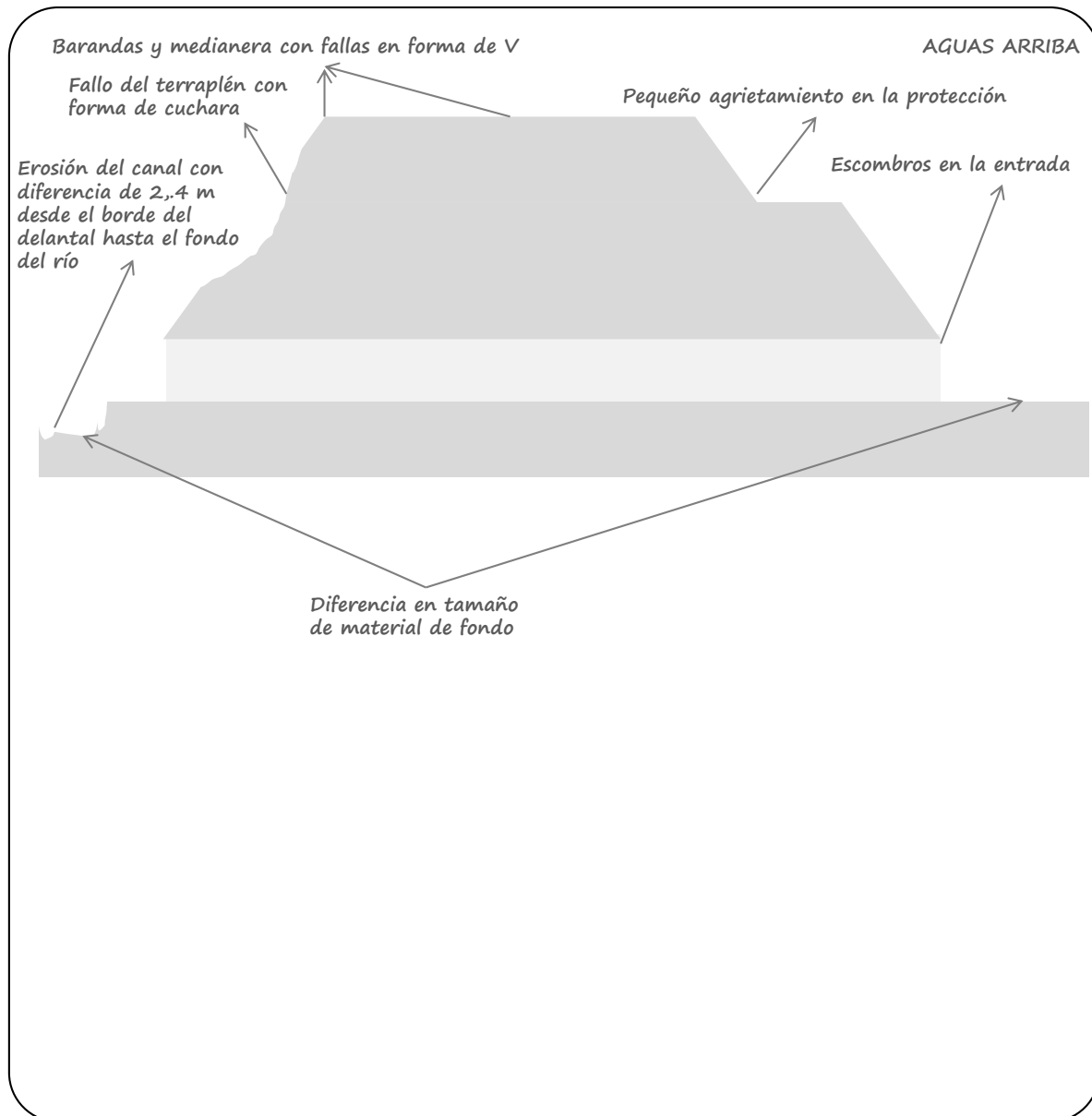
Código: 39TO

**Comentarios**

El acceso al sitio es difícil por la vegetación. El acceso al tubo extremo izquierdo fue imposible pero se pudo realizar la inspección ya que se veía con claridad todo el tubo.

Existe protección aguas arriba en el terraplén y esta se encuentra en buen estado, la protección aguas abajo no existe en el terraplén o en el canal. El canal se observa erosionado.

El acceso de maquinaria pesada podría estar obstaculizado por la pendiente del camino de acceso aguas arriba y se desconoce una ruta para dicha maquinaria aguas abajo.

**Diagramas y señalamientos**

**Figura 7-8 Inspección de Torres Oeste página 2.**



**Figura 7-9. Problemas encontrados en Torres Oeste.**

*Nota:* de izquierda a derecha y arriba abajo: bloqueo de escombros; material aguas arriba diferente a aguas abajo; erosión local aguas abajo y fundaciones expuestas; degradación del canal aguas abajo; falla en el terraplén aguas abajo; fallas en forma de V en la mediana y en las barreras que indican posible asentamiento.





**Figura 7-10 Problemas encontrados en Torres Oeste (cont.).**

*Nota:* Se puede observar a la derecha un agrietamiento de la protección contra la erosión del terraplén aguas arriba.

## 7.2 MARÍA AGUILAR ESTE

### 7.2.1 INVENTARIO

**INVENTARIO ALCANTARILLAS** Nombre: MARÍA AGUILAR ESTE Código: 39ME  
 Encargados: 1. David Jiménez González 2. Miguel A. Jiménez Mercadal Fecha: 21/03/2015

**Datos generales obtenidos previamente** <sup>1</sup> Puede ser corroborado en sitio

Datos de Fechas		Datos de Ubicación			
Año de construcción	<u>1980-1985</u>	Coordenada Norte <sup>1</sup>	<u>9,915758041°/1099693,319m</u>		
Fecha de última reparación	<u>02/2015</u>	Coordenada Este <sup>1</sup>	<u>-84,06744676°/49604,0209m</u>		
Fecha de último mantenimiento	<u>02/2015</u>	Provincia	<u>San José</u>		
Fecha de último inventario	<u>----</u>	Cantón	<u>San José</u>		
Fecha de última inspección	<u>----</u>	Distrito	<u>Zapote / San Francisco</u>		
Datos viales		N° Ruta: <u>39</u>	Sentido A: <u>N-S</u> Sentido B: <u>S-N</u>		
Velocidad máxima (km h <sup>-1</sup> )	A. <u>80</u> B. <u>80</u>	TPM	A. <u>34857,5</u>	B. <u>34857,5</u>	
N° de Carriles <sup>1</sup>	A. <u>4</u> B. <u>4</u>	%Pesados	A. <u>20,54</u>	B. <u>20,54</u>	
Longitud de rutas alternas (km) Sentido A	Base <u>1,774</u>	1° <u>2,014</u>	2° <u>3,734</u>	3° <u>----</u>	
Longitud de rutas alternas (km) Sentido B	Base <u>1,783</u>	1° <u>2,385</u>	2° <u>3,639</u>	3° <u>----</u>	

**Datos de la vecindad**

Tipo de zona <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Rural <input checked="" type="checkbox"/> Mixta
Edificaciones cercanas <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> Edificios <input type="checkbox"/> Vías <input type="checkbox"/> Ductos <input type="checkbox"/> Telecomunicaciones <input type="checkbox"/> Otro _____
Hay historial de inundaciones en la zona	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Nombre del cuerpo de agua que cruza	<u>Río María Aguilar</u>

**Datos generales obtenidos en sitio**

Material de tubo(s)	<input type="checkbox"/> Concreto <input checked="" type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Mampostería
Forma de tubo(s)	<input checked="" type="checkbox"/> Circular <input type="checkbox"/> Elíptico <input type="checkbox"/> Arco <input type="checkbox"/> Tubo con arco <input type="checkbox"/> Cajón <input type="checkbox"/> Bastiones y vigas
Tipo de estructura de entrada	<input type="checkbox"/> Tubo Proyectado <input checked="" type="checkbox"/> Tubo Ajustado <input type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición Abocinada
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Tipo de estructura de salida	<input type="checkbox"/> Tubo Proyectado <input checked="" type="checkbox"/> Tubo Ajustado <input type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición Abocinada
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Tipo de protección contra erosión (canal)	<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno
¿Existe dissipador de energía?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Tipo de protección del terraplén entrada	<input checked="" type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input type="checkbox"/> Ninguno
Tipo de protección del terraplén salida	<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input checked="" type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input type="checkbox"/> Ninguno
Tipo de material fondo de río entrada	<input type="checkbox"/> Piedras grandes <input checked="" type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Concreto
Tipo de material fondo de río salida	<input type="checkbox"/> Piedras grandes <input checked="" type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Concreto
Tipo de aguas	<input type="checkbox"/> Clara <input checked="" type="checkbox"/> Jabonosa <input checked="" type="checkbox"/> Fétida <input checked="" type="checkbox"/> Basura/Escombros

**Mediciones obtenidas en sitio** <sup>2</sup> Identificar el lugar en comentarios

Aguas arriba		Aguas abajo	
Cobertura (m)	<u>1,2</u>	Cobertura (m)	<u>1,4</u>
Pendiente talud (°)	<u>40</u>	Pendiente talud (°)	<u>40</u>
Pendiente talud margen derecha (°)	<u>30</u>	Pendiente talud margen derecha (°)	<u>55</u>
Pendiente talud margen izquierda (°)	<u>45</u>	Pendiente talud margen izquierda (°)	<u>50</u>
Ángulo río tubo(s) (°)	<u>&lt;5°</u>	Ángulo río tubo(s) (°)	<u>80°</u>
Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m)	<u>---</u>	Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m)	<u>---</u>
<i>Tubo (s)</i>			
N° de tubos	<u>2</u>	¿Tubos similares?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A
Largo del tubo(s) (m)	<u>50</u>	Ángulo tubo(s)-carretera (°)	<u>&lt;5°</u>
Ancho del tubo(s) (m)	<u>4,2</u>	Pendiente de tubo(s) (°)	<u>---</u>
Alto del tubo(s) (m)	<u>4,0</u>	Separación entre tubos (m)	<u>1,0</u>

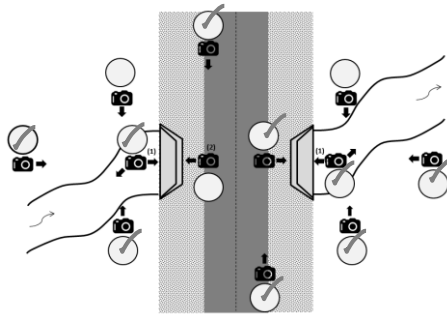
**Figura 7-11. Inventario María Aguilar Este página 1.**

**INVENTARIO ALCANTARILLAS**

Nombre: MARÍA AGUILAR ESTE

Código: 39ME

*Comentarios Generales*



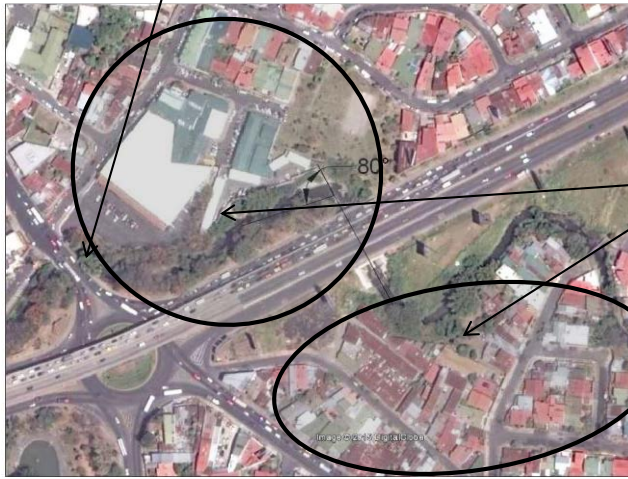
Se pudo determinar que el nivel de agua en creciente logra superar el nivel de calle de la alcantarilla aguas abajo. Esto mediante la información suministrada por los encargados de seguridad de Pequeño Mundo.

Se encontró una vivienda marginal justo en la margen derecha aguas abajo.

Alcantarilla

Vista en elevación

AGUAS ARRIBA

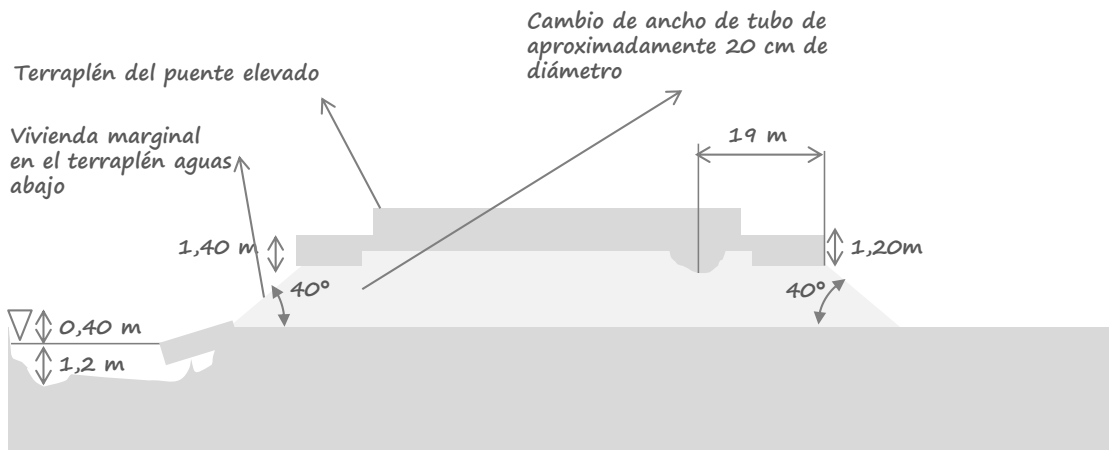


Se encontró con que las vecindades aguas arriba principalmente son casas de habitación, y las aguas abajo principalmente comerciales

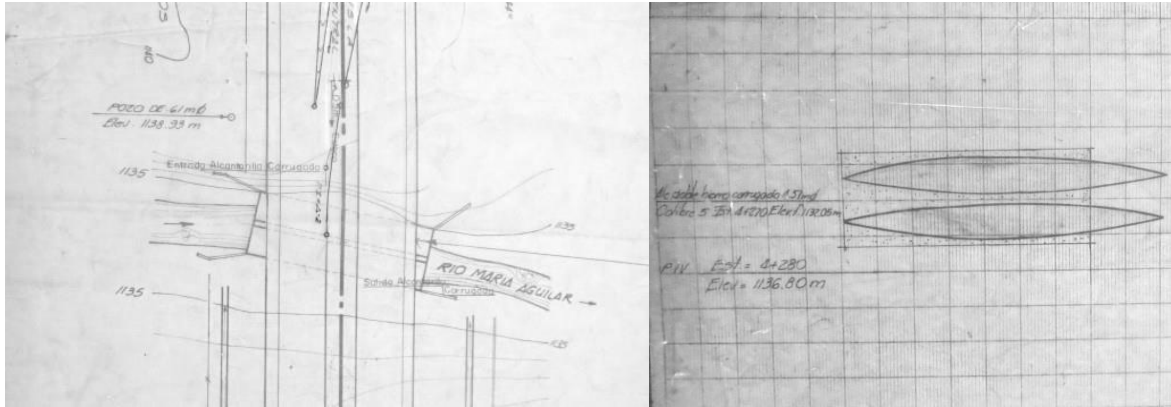
También se puede notar que aguas abajo existe una alcantarilla de fondo móvil sobre el río

Otros diagramas y señalamientos

AGUAS ARRIBA

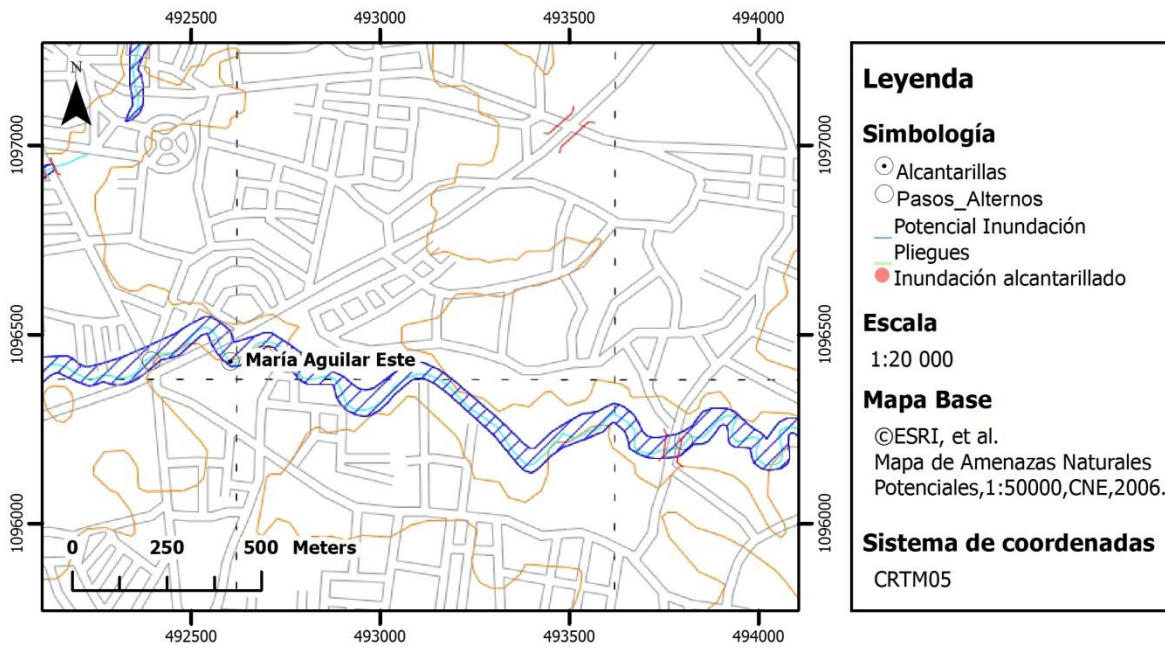


**Figura 7-12. Inventario María Aguilar Este página 2.**



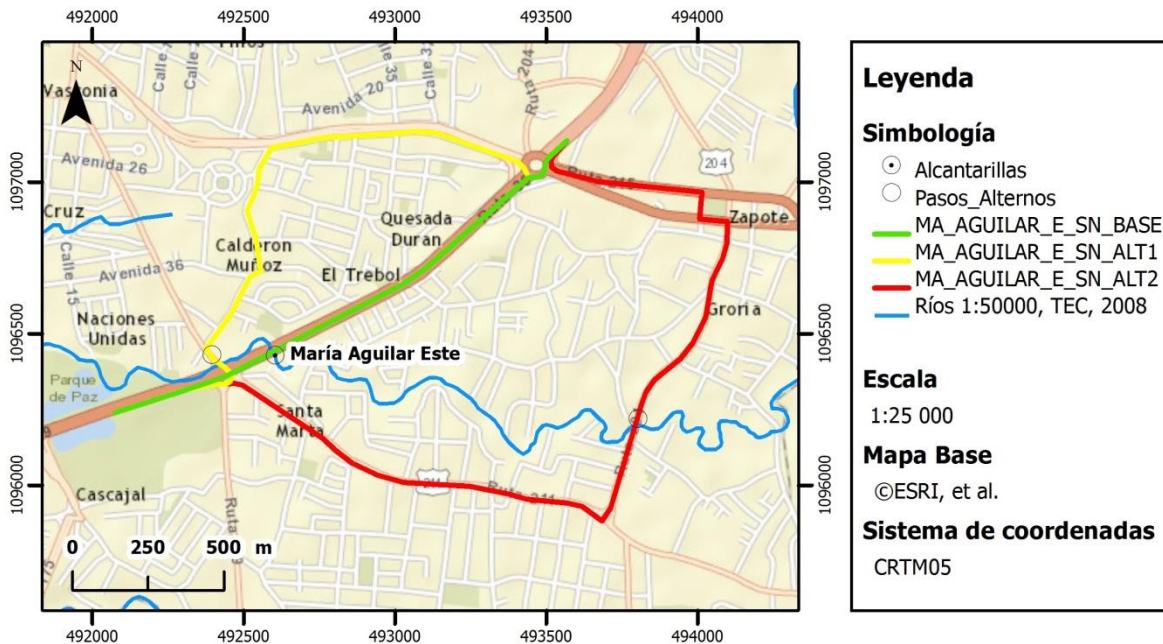
**Figura 7-13. Plano de la alcantarilla María Aguilar Este.**

Fuente: MOPT, 2015.

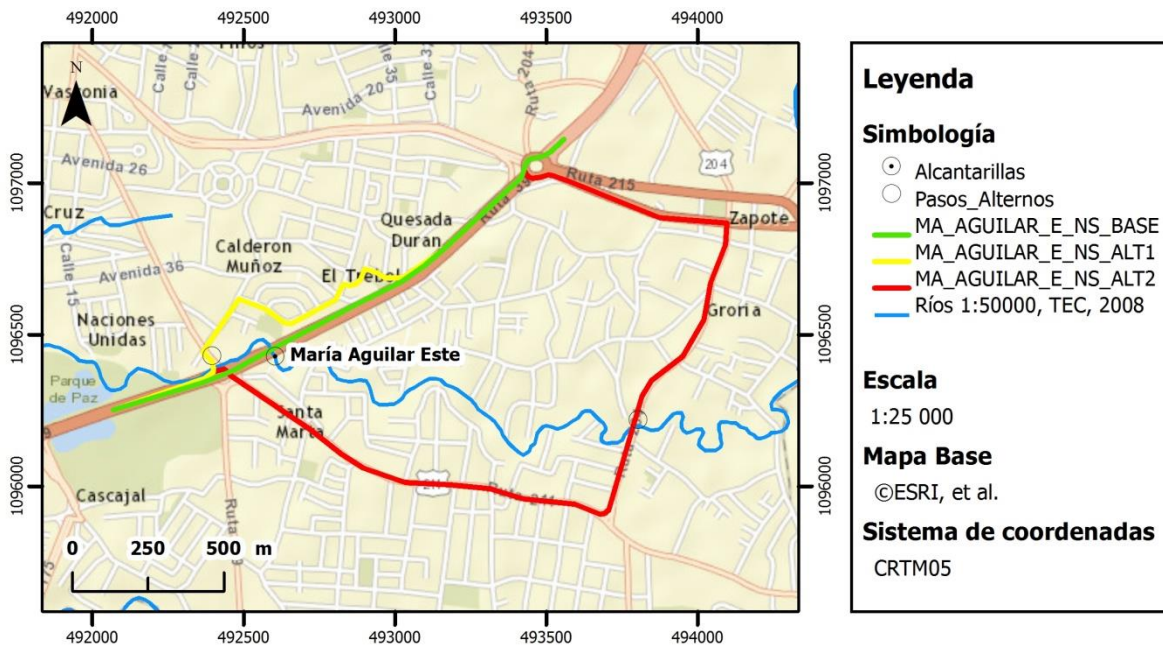


**Figura 7-14. Amenazas potenciales en la alcantarilla María Aguilar Este.**





**Figura 7-15. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla María Aguilar Este.**



**Figura 7-16. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla María Aguilar Este.**

7.2.2 INSPECCIÓN

<b>INSPECCIÓN ALCANTARILLAS</b>		Nombre: <u>MARÍA AGUILAR ESTE</u>	Código: <u>39ME</u>
Encargados: 1. <u>David Jiménez González</u> 2. <u>Miguel A. Jiménez Mercadal</u> Fecha: <u>21/04/2015</u>			
Estado Gen. Alcantarilla <input type="checkbox"/> Bueno(B) <input type="checkbox"/> Regular(R) <input type="checkbox"/> Malo(M) <input checked="" type="checkbox"/> Crítico(C) <input type="checkbox"/> Desconocido(D)			
¿Es probable que la alcantarilla colapse en menos de un año?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Es el estado del tubo y el terraplén conocido?			<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <sup>1</sup>
Si existe algún estado desconocido, ¿Puede un mantenimiento sencillo generar acceso?			<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A
¿Existe acceso a maquinaria pesada?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <sup>1</sup>
<sup>1</sup> Explique la situación que evita el conocimiento del elemento o el acceso al sitio en la zona de comentarios.			
<b>Evaluación del estado de la alcantarilla</b>			
<i>Terraplén y carretera</i>		<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	
Carretera	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C		
Terraplén	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C		
¿Es necesaria una reparación del terraplén que invade la vía?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Son las condiciones diferentes a las presentes antes y después?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
<i>Tubo</i>		<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	
Fondo	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C		
Deformación	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C		
Uniones	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A		
Agrietamiento	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> N/A		
Corrosión	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A		
Pared de corrugaciones	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> N/A		
Mampostería y mortero	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> N/A		
¿Más del 50% malo o crítico?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
<i>Protección contra erosión</i>		<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	
¿Más del 50% malo o crítico?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Pérdida de suelo en el terraplén, canal o márgenes por falla en protección?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
<i>Estructura de entrada</i>		<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	
Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada		<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	
¿Socavación de fundaciones?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Accesorio rotado?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Agrietamiento crítico?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Más del 50% malo o crítico?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
Delantal		<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	
¿Socavación de fundaciones?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Agrietamiento crítico?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Más del 50% malo o crítico?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
<i>Estructura de Salida</i>		<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	
Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada		<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	
¿Socavación de fundaciones?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Accesorio rotado?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Agrietamiento crítico?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Más del 50% malo o crítico?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
Delantal		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	
¿Socavación de fundaciones?		<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Agrietamiento crítico?		<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Más del 50% malo o crítico?		<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
<b>Evaluación del desempeño de la alcantarilla</b>			
<i>Problemas de desempeño tipo I</i>			<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Bloqueo de escombros o vegetación de 33% del tubo?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Bloqueo de escombros de más de 75% del tubo y ha habido mantenimiento reciente?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Bloqueo de sedimentos de 33% a 75% sólo en la entrada o salida de alcantarilla?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Falla de entrada por aplastamiento, doblada hacia adentro?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Falla de entrada por flotabilidad, doblada hacia arriba?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Daños en terraplén, márgenes o accesorios por alineamiento inadecuado (Ángulo río-tubo > 45°)?			<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Señales de rebosamiento en la alcantarilla?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Erosión local a la salida de profundidad de más de 20% de la altura de la alcantarilla?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<i>Problemas de desempeño tipo II</i>			<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Bloqueo de sedimento de más de 33% de la altura del tubo en toda su longitud?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Bloqueo de sedimento más de 75% en la entrada o salida?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Degradación del canal?			<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Inestabilidad de taludes del terraplén sin problemas de alineamiento, erosión o rebosamiento?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Tubidificación en el terraplén?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<i>Otros problemas tipo II</i>			<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Abrasión agresiva <input type="checkbox"/> Corrosión agresiva			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Fundaciones expuestas o cualquier estado malo o crítico en una alcantarilla con fondo móvil?			<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Algún deterioro aparentemente generado por problemas de carga?			<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

**Figura 7-17. Inspección de María Aguilar Este página 1.**

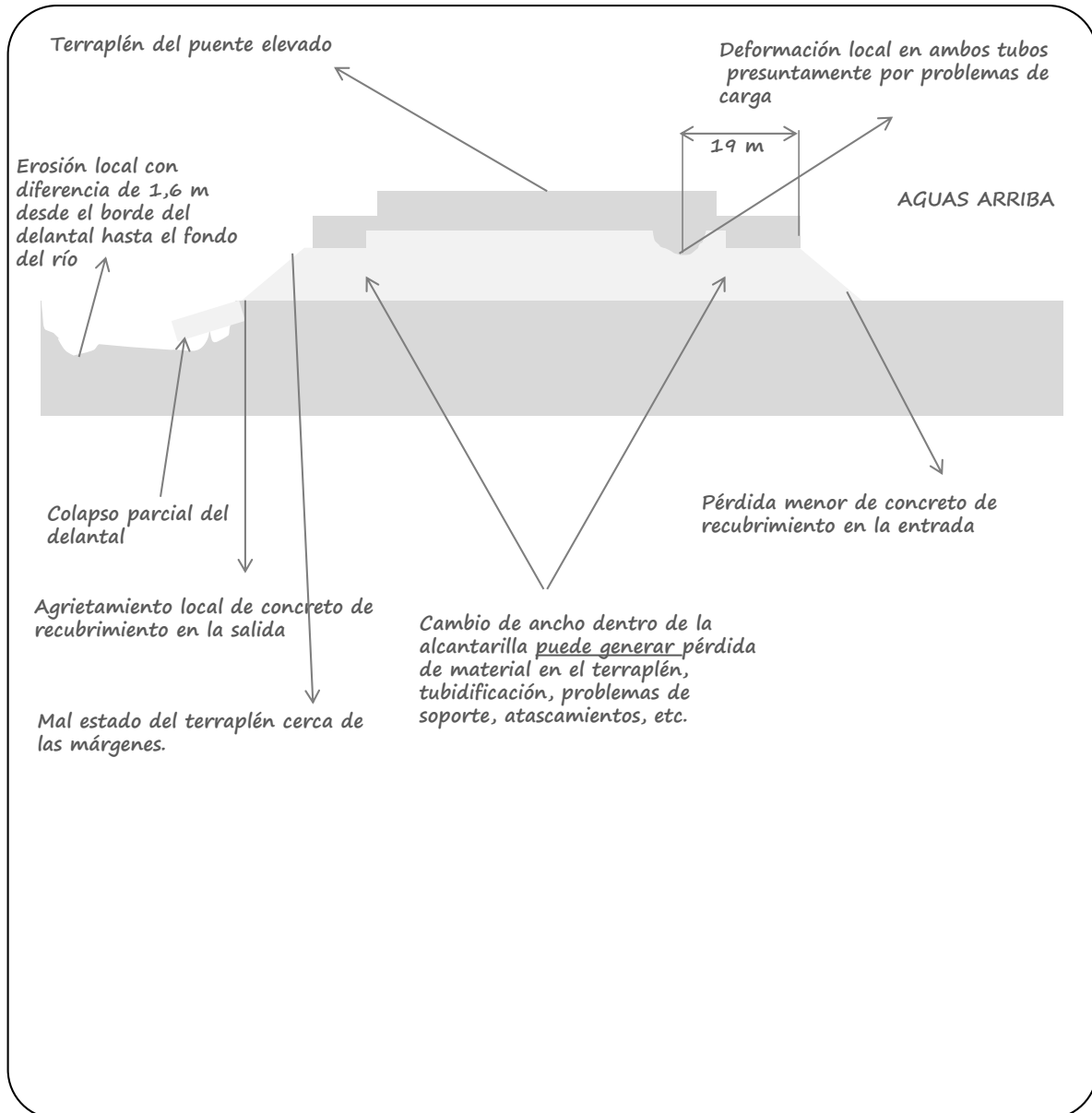
**INSPECCIÓN ALCANTARILLAS**Nombre: MARÍA AGUILAR ESTE

Código: \_\_\_\_\_

**Comentarios**

Aparentemente la zona de la margen derecha del delantal colapsó y se hundió. Se observaron señales de erosión en el canal. Se observó un cambio de ancho en el tubo de 20 cm aproximadamente.

En el tubo izquierdo ( margen izquierda) se pudo acceder hasta unos 6 metros dentro con el uso de una cuerda. No se logró más debido a la velocidad del flujo. A pesar de lo anterior desde donde se llegó se pudo visualizar el estado de la alcantarilla. El acceso de maquinaria pesada puede estar dificultado principalmente aguas abajo debido al uso de suelo y a la pendiente.

**Diagramas y señalamientos**

**Figura 7-18 Inspección de María Aguilar Este página 2.**





**Figura 7-19. Problemas encontrados en María Aguilar Este.**

Nota: de izquierda a derecha y arriba abajo: pérdida de concreto; cambio de tamaño de la alcantarilla; abultamiento, falla de delantal y erosión local; falla de delantal y daño en el terraplén; erosión del canal aguas abajo.



***Figura 7-20. Problemas de daño a márgenes encontrados en María Aguilar Este.***

## 7.3 OCLORO

### 7.3.1 INVENTARIO



<b>INVENTARIO ALCANTARILLAS</b>		Nombre: <u>OCLORO</u>		Código: <u>390</u>	
Encargados: 1. David Jiménez González 2. Miguel A. Jiménez Mercadal Fecha: 22/03/2015					
<b>Datos generales obtenidos previamente</b> <sup>1</sup> Puede ser corroborado en sitio					
<i>Datos de Fechas</i>			<i>Datos de Ubicación</i>		
Año de construcción	<u>1980-1985</u>		Coordenada Norte <sup>1</sup>	<u>9,92642787°/1097607,934m</u>	
Fecha de última reparación	<u>02/2015</u>		Coordenada Este <sup>1</sup>	<u>-84,05524498°/493942,223m</u>	
Fecha de último mantenimiento	<u>02/2015</u>		Provincia	<u>San José</u>	
Fecha de último inventario	<u>----</u>		Cantón	<u>San José/Montes de Oca</u>	
Fecha de última inspección	<u>----</u>		Distrito	<u>Zapote / San Pedro</u>	
<i>Datos viales</i>			N° Ruta: <u>39</u>	Sentido A: <b>N-S</b>	Sentido B: <b>S-N</b>
Velocidad máxima (km h <sup>-1</sup> )	A. <u>80</u>	B. <u>80</u>	TPM	A. <u>35576,5</u>	B. <u>35576,5</u>
N° de Carriles <sup>1</sup>	A. <u>2</u>	B. <u>2</u>	%Pesados	A. <u>16,80</u>	B. <u>16,80</u>
Longitud de rutas alternas (km) Sentido A	Base <u>1,413</u>	1° <u>2,014</u>	2° <u>2,147</u>	3° <u>----</u>	
Longitud de rutas alternas (km) Sentido B	Base <u>1,417</u>	1° <u>1,589</u>	2° <u>2,126</u>	3° <u>----</u>	
<i>Datos de la vecindad</i>					
Tipo de zona <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Rural <input checked="" type="checkbox"/> Mixta				
Edificaciones cercanas <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> Edificios <input type="checkbox"/> Vías <input type="checkbox"/> Ductos <input type="checkbox"/> Telecomunicaciones <input type="checkbox"/> Otro _____				
Hay historial de inundaciones en la zona	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No				
Nombre del cuerpo de agua que cruza	_____				
<b>Datos generales obtenidos en sitio</b>					
Material de tubo(s)	<input type="checkbox"/> Concreto <input checked="" type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Mampostería				
Forma de tubo(s)	<input checked="" type="checkbox"/> Circular <input type="checkbox"/> Elíptico <input type="checkbox"/> Arco <input type="checkbox"/> Tubo con arco <input type="checkbox"/> Cajón <input type="checkbox"/> Bastiones y vigas				
Tipo de estructura de entrada	<input type="checkbox"/> Tubo proyectado <input checked="" type="checkbox"/> Tubo ajustado <input type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición abocinada				
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala? <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
Tipo de estructura de salida	<input type="checkbox"/> Tubo proyectado <input checked="" type="checkbox"/> Tubo ajustado <input type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición abocinada				
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala? <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
Tipo de protección contra erosión (canal)	<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno				
¿Existe dissipador de energía?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No				
Tipo de protección del terraplén entrada	<input checked="" type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input type="checkbox"/> Ninguno				
Tipo de protección del terraplén salida	<input checked="" type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input type="checkbox"/> Ninguno				
Tipo de material fondo de río entrada	<input type="checkbox"/> Piedras grandes <input checked="" type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Concreto				
Tipo de material fondo de río salida	<input type="checkbox"/> Piedras grandes <input checked="" type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Concreto				
Tipo de aguas	<input type="checkbox"/> Clara <input checked="" type="checkbox"/> Jabonosa <input checked="" type="checkbox"/> Fétida <input checked="" type="checkbox"/> Basura/Escombros				
<b>Mediciones obtenidas en sitio</b> <sup>2</sup> Identificar el lugar en comentarios					
<i>Aguas arriba</i>			<i>Aguas abajo</i>		
Cobertura (m)	<u>4,5</u>		Cobertura (m)	<u>6</u>	
Pendiente talud (°)	<u>30</u>		Pendiente talud (°)	<u>45</u>	
Pendiente talud margen derecha (°)	<u>30</u>		Pendiente talud margen derecha (°)	<u>55</u>	
Pendiente talud margen izquierda (°)	<u>60</u>		Pendiente talud margen izquierda (°)	<u>55</u>	
Ángulo río tubo(s) (°)	<u>&lt;5°</u>		Ángulo río tubo(s) (°)	<u>&lt;5°</u>	
Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m)	<u>3,1</u>		Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m)	<u>---</u>	
<i>Tubo (s)</i>					
N° de tubos	<u>1</u>		¿Tubos similares?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A	
Largo del tubo(s) (m)	<u>50</u>		Ángulo tubo(s)-carretera (°)	<u>&lt;5°</u>	
Ancho del tubo(s) (m)	<u>3,6</u>		Pendiente de tubo(s) (°)	<u>---</u>	
Alto del tubo(s) (m)	<u>3,4</u>		Separación entre tubos (m)	<u>---</u>	

**Figura 7-21. Inventario Ocloro página 1.**

**INVENTARIO ALCANTARILLAS**

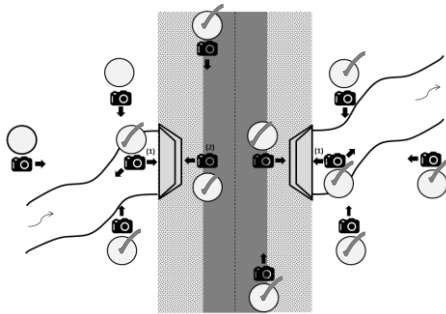
Nombre: OCLORO

Código: 390

*Comentarios Generales*

Se pudo determinar que el nivel de agua en creciente no logra superar el nivel de 2/3 del alto de la alcantarilla debido a la presencia de telas de araña desde ese nivel.

Se observan trabajos de protección de los taludes aguas abajo y aguas arriba con concreto, también se ve una corta reciente de las raíces de un árbol y recubrimiento del fondo del tubo.



Comercio

Vista en elevación



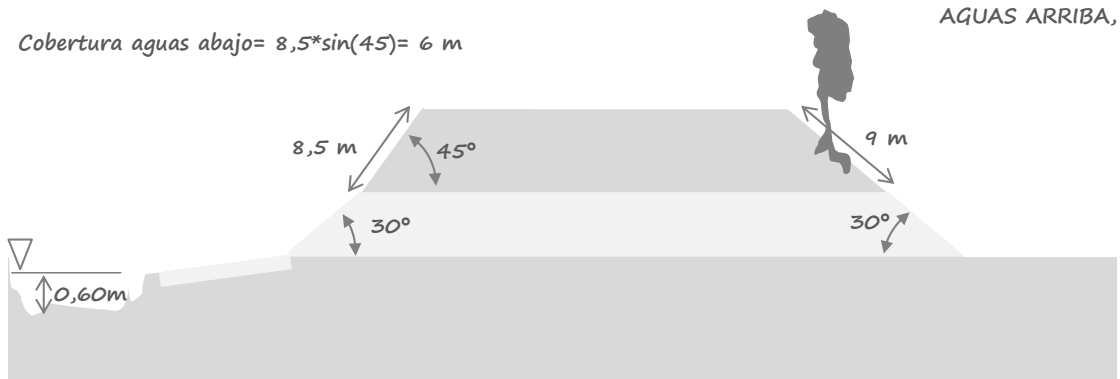
Se encontró con que las vecindades aguas arriba principalmente son casas de habitación, y comercios.

Casas de habitación

AGUAS ARRIBA,

*Otros diagramas y señalamientos*

Cobertura aguas abajo =  $8,5 * \sin(45) = 6 \text{ m}$



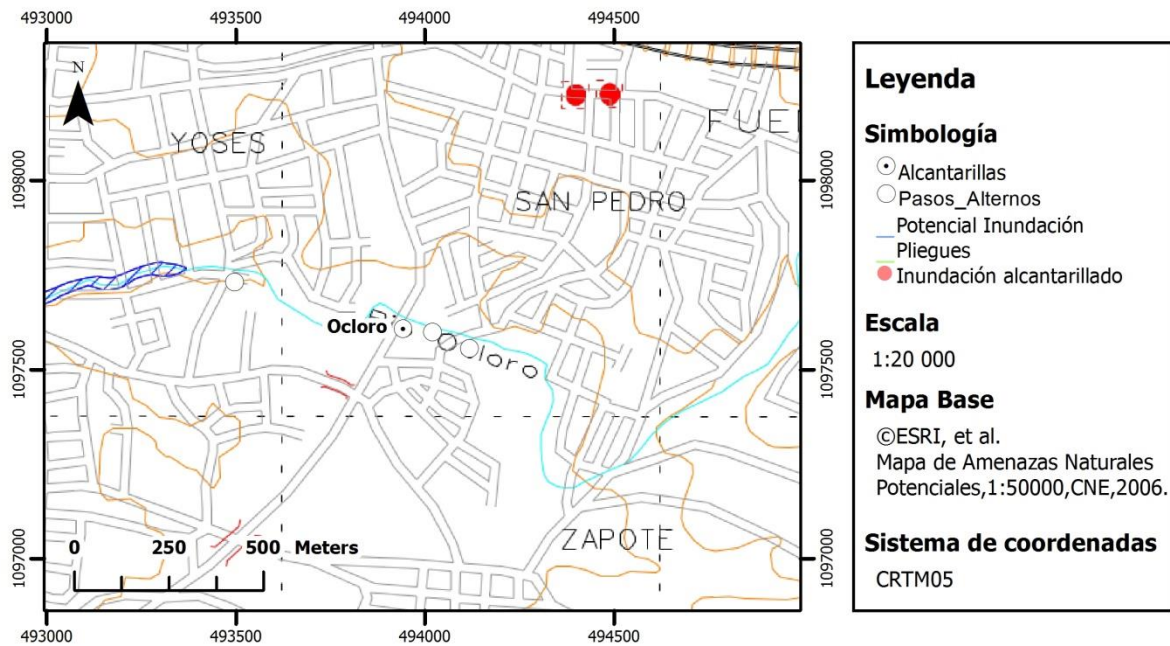
Cobertura aguas arriba =  $9 * \sin(30) = 4,5 \text{ m}$

**Figura 7-22. Inventario Ocloro página 2.**

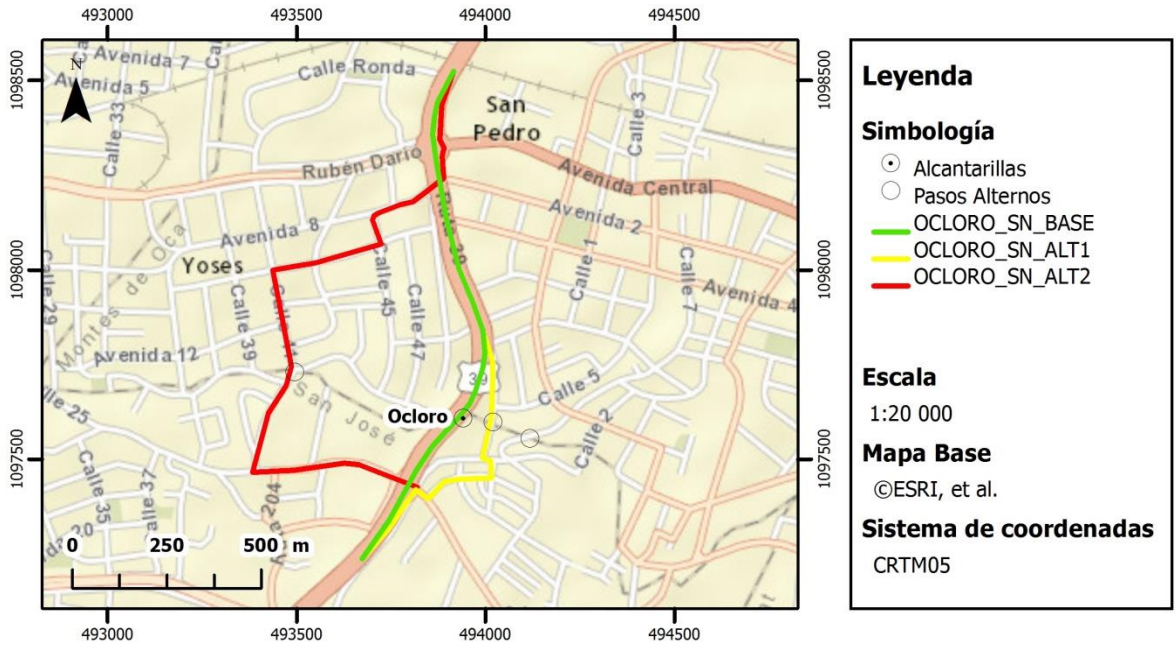


**Figura 7-23. Plano de la alcantarilla Ocloro.**

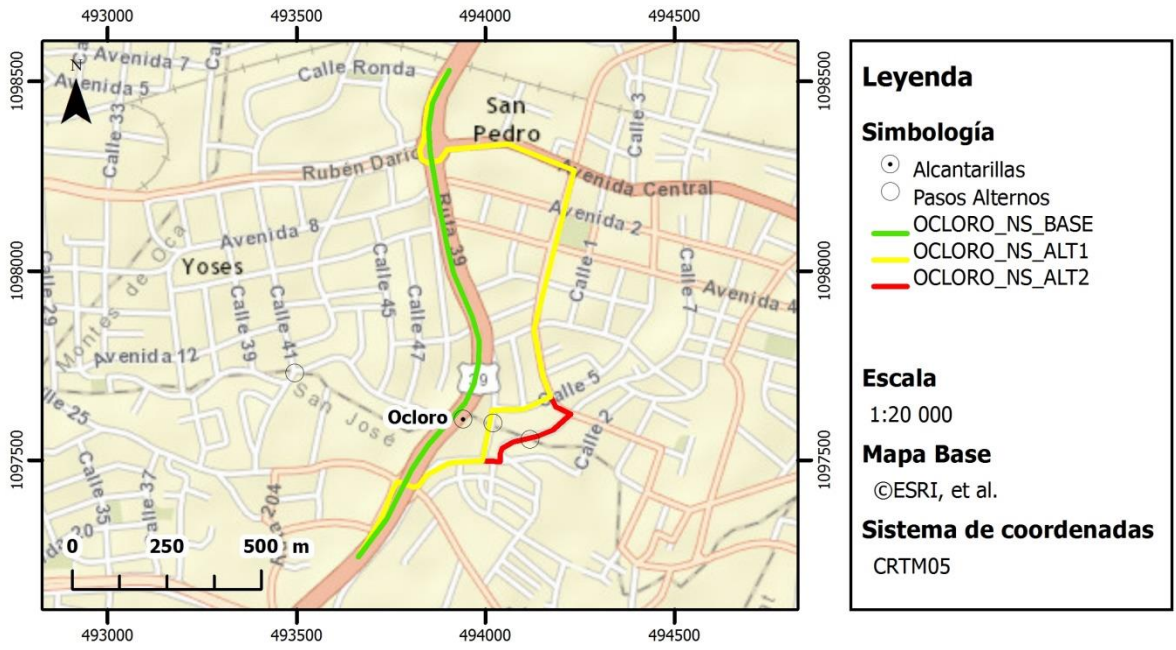
Fuente: MOPT, 2015.



**Figura 7-24. Amenazas potenciales en la alcantarilla Ocloro.**



**Figura 7-25. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla Ocloro.**



**Figura 7-26. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla Ocloro.**

7.3.2 INSPECCIÓN

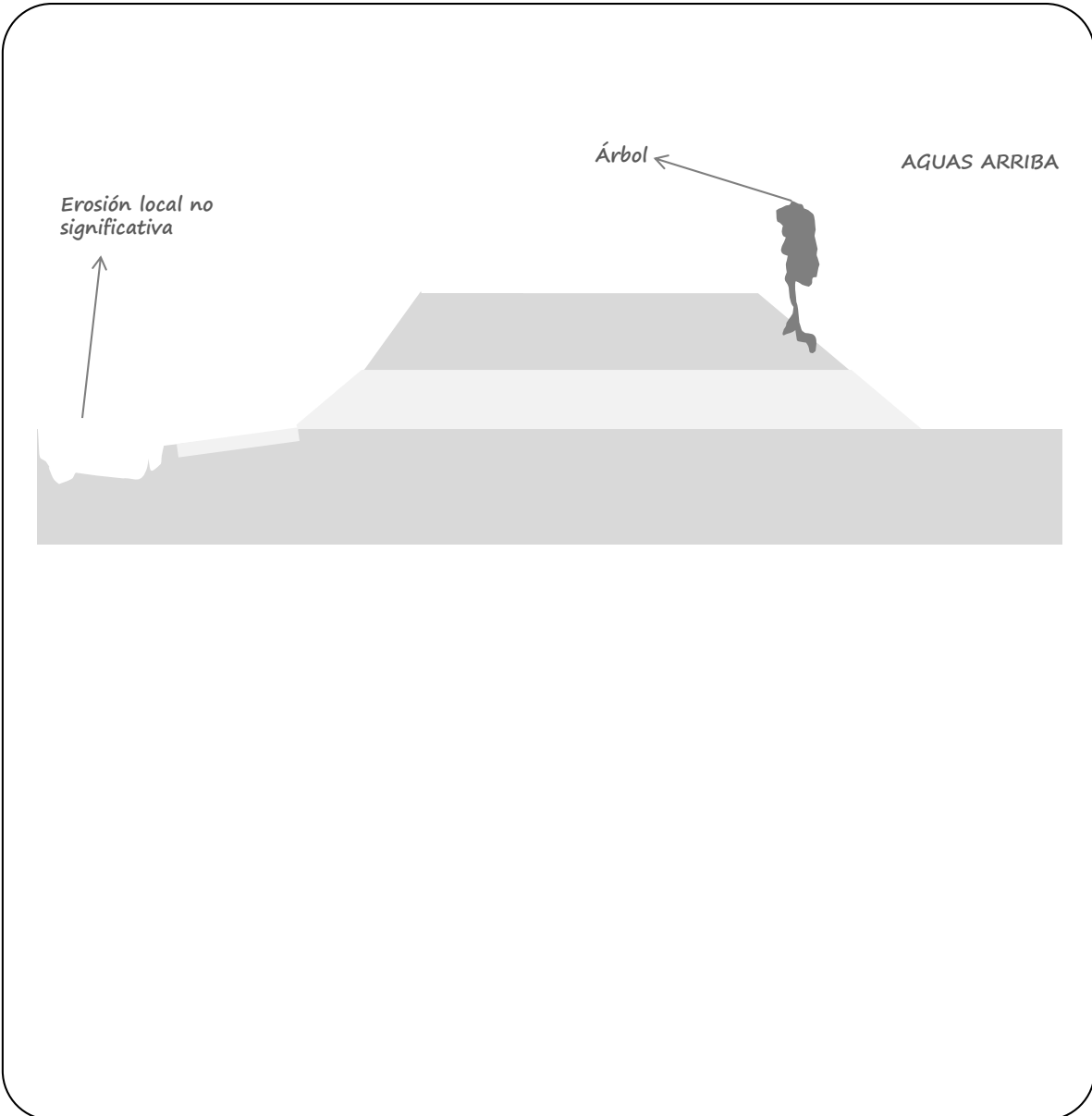
<b>INSPECCIÓN ALCANTARILLAS</b>		Nombre: <u>OCLORO</u>	Código: <u>390</u>
Encargados: 1. <u>David Jiménez González</u> 2. <u>Miguel A. Jiménez Mercadal</u> Fecha: <u>22/04/2015</u>			
Estado Gen. Alcantarilla <input checked="" type="checkbox"/> <b>Bueno(B)</b> <input type="checkbox"/> <b>Regular(R)</b> <input type="checkbox"/> <b>Malo(M)</b> <input type="checkbox"/> <b>Crítico(C)</b> <input type="checkbox"/> <b>Desconocido(D)</b>			
¿Es probable que la alcantarilla colapse en menos de un año?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Es el estado del tubo y el terraplén conocido?		<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <sup>1</sup>	
Si existe algún estado desconocido, ¿Puede un mantenimiento sencillo generar acceso?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A	
¿Existe acceso a maquinaria pesada?		<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <sup>1</sup>	
<sup>1</sup> Explique la situación que evita el conocimiento del elemento o el acceso al sitio en la zona de comentarios.			
<b>Evaluación del estado de la alcantarilla</b>			
<i>Terraplén y carretera</i>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	<i>Estructura de entrada</i>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Carretera	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Terraplén	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Es necesaria una reparación del terraplén que invade la vía?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Accesorio rotado?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Son las condiciones diferentes a las presentes antes y después?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<i>Tubo</i>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Fondo	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	Delantal	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A
Deformación	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Uniones	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Agrietamiento	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> N/A	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Corrosión	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	<i>Estructura de Salida</i>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Pared de corrugaciones	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> N/A	Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Mamostería y mortero	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> N/A	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Accesorio rotado?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<i>Protección contra erosión</i>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Pérdida de suelo en el terraplén, canal o márgenes por falla en protección?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	Delantal	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A
		¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
		¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
		¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<b>Evaluación del desempeño de la alcantarilla</b>			
<i>Problemas de desempeño tipo I</i>	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de escombros o vegetación de 33% del tubo?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de escombros de más de 75% del tubo y ha habido mantenimiento reciente?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimentos de 33% a 75% sólo en la entrada o salida de alcantarilla?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Falla de entrada por aplastamiento, doblada hacia adentro?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Falla de entrada por flotabilidad, doblada hacia arriba?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Daños en terrapén, márgenes o accesorios por alineamiento inadecuado (Ángulo río-tubo > 45°)?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Señales de rebosamiento en la alcantarilla?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Erosión local a la salida de profundidad de más de 20% de la altura de la alcantarilla?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
<i>Problemas de desempeño tipo II</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimento de más de 33% de la altura del tubo en toda su longitud?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimento más de 75% en la entrada o salida?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Degradación del canal?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Inestabilidad de taludes del terraplén sin problemas de alineamiento, erosión o rebosamiento?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Tubificación en el terraplén?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
<i>Otros problemas tipo II</i>	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
<input type="checkbox"/> Abrasión agresiva <input type="checkbox"/> Corrosión agresiva	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Fundaciones expuestas o cualquier estado malo o crítico en una alcantarilla con fondo móvil?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Algún deterioro aparentemente generado por problemas de carga?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		

**Figura 7-27. Inspección de Ocloro página 1.**



**Comentarios**

Existe un árbol en el terraplén aguas arriba que está alrededor de la alcantarilla y ha comenzado a deformarla (aunque muy poco). Se recomienda llamar a un experto en árboles (biólogo o ingeniero forestal) para determinar si es recomendable su corta o el uso de alguna sustancia para disminuir su crecimiento. Puede haber problemas con el acceso al terraplén aguas abajo debido a la pendiente y al uso de tierra de las márgenes.

**Diagramas y señalamientos**

**Figura 7-28 Inspección de Ocloro página 2.**



***Figura 7-29. Problema del árbol encontrados en Ocloro.***

## 7.4 NEGRITOS

### 7.4.1 INVENTARIO

<b>INVENTARIO ALCANTARILLAS</b>		Nombre: <u>NEGRITOS</u>		Código: <u>39N</u>	
Encargados: 1. <u>David Jiménez González</u> 2. <u>Miguel A. Jiménez Mercadal</u> Fecha: <u>22/03/2015</u>					
<b>Datos generales obtenidos previamente</b> <sup>1</sup> Puede ser corroborado en sitio					
<i>Datos de Fechas</i>			<i>Datos de Ubicación</i>		
Año de construcción	<u>1980-1985</u>		Coordenada Norte <sup>1</sup>	<u>9,93697063°/1098773,902m</u>	
Fecha de última reparación	<u>2014</u>		Coordenada Este <sup>1</sup>	<u>-84,05400859°/494077,986m</u>	
Fecha de último mantenimiento	<u>2014</u>		Provincia	<u>San José</u>	
Fecha de último inventario	<u>----</u>		Cantón	<u>Montes de Oca</u>	
Fecha de última inspección	<u>----</u>		Distrito	<u>Mercedes / San Pedro</u>	
<i>Datos viales</i>			N° Ruta: <u>39</u>	Sentido A: <u>N-S</u> Sentido B: <u>S-N</u>	
Velocidad máxima (km h <sup>-1</sup> )	A. <u>40</u>	B. <u>40</u>	TPM	A. <u>38804,5</u>	B. <u>38804,5</u>
N° de Carriles <sup>1</sup>	A. <u>4</u>	B. <u>3</u>	%Pesados	A. <u>16,80</u>	B. <u>16,80</u>
Longitud de rutas alternas (km) Sentido A	Base <u>0,717</u>		1° <u>1,123</u>	2° <u>1,494</u>	3° <u>----</u>
Longitud de rutas alternas (km) Sentido B	Base <u>1,144</u>		1° <u>1,275</u>	2° <u>1,881</u>	3° <u>----</u>
<i>Datos de la vecindad</i>					
Tipo de zona <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Rural <input checked="" type="checkbox"/> Mixta				
Edificaciones cercanas <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> Edificios <input type="checkbox"/> Vías <input type="checkbox"/> Ductos <input type="checkbox"/> Telecomunicaciones <input type="checkbox"/> Otro _____				
Hay historial de inundaciones en la zona	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No				
Nombre del cuerpo de agua que cruza	<u>Quebrada Negritos</u>				
<b>Datos generales obtenidos en sitio</b>					
Material de tubo(s)	<input checked="" type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Mampostería				
Forma de tubo(s)	<input checked="" type="checkbox"/> Circular <input type="checkbox"/> Elíptico <input type="checkbox"/> Arco <input type="checkbox"/> Tubo con arco <input type="checkbox"/> Cajón <input type="checkbox"/> Bastiones y vigas				
Tipo de estructura de entrada	<input type="checkbox"/> Tubo Proyectado <input type="checkbox"/> Tubo Ajustado <input checked="" type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición Abocinada				
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
Tipo de estructura de salida	<input type="checkbox"/> Tubo Proyectado <input type="checkbox"/> Tubo Ajustado <input checked="" type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición Abocinada				
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
Tipo de protección contra erosión (canal)	<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno				
¿Existe dissipador de energía?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No				
Tipo de protección del terraplén entrada	<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno				
Tipo de protección del terraplén salida	<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno				
Tipo de material fondo de río entrada	<input type="checkbox"/> Piedras grandes <input checked="" type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Concreto				
Tipo de material fondo de río salida	<input type="checkbox"/> Piedras grandes <input checked="" type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Concreto				
Tipo de aguas	<input type="checkbox"/> Clara <input type="checkbox"/> Jabonosa <input checked="" type="checkbox"/> Fétida <input checked="" type="checkbox"/> Basura/Escombros				
<b>Mediciones obtenidas en sitio</b> <sup>2</sup> Identificar el lugar en comentarios					
<i>Aguas arriba</i>			<i>Aguas abajo</i>		
Cobertura (m)	<u>2,5</u>		Cobertura (m)	<u>4,20</u>	
Pendiente talud (°)	<u>90</u>		Pendiente talud (°)	<u>90</u>	
Pendiente talud margen derecha (°)	<u>50</u>		Pendiente talud margen derecha (°)	<u>50</u>	
Pendiente talud margen izquierda (°)	<u>70</u>		Pendiente talud margen izquierda (°)	<u>50</u>	
Ángulo río tubo(s) (°)	<u>&lt;10°</u>		Ángulo río tubo(s) (°)	<u>&lt;10°</u>	
Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m)	<u>4,7</u>		Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m)	<u>---</u>	
<i>Tubo (s)</i>					
N° de tubos	<u>2</u>		¿Tubos similares?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A	
Largo del tubo(s) (m)	<u>60</u>		Ángulo tubo(s)-carretera (°)	<u>&gt;20°</u>	
Ancho del tubo(s) (m)	<u>2,20</u>		Pendiente de tubo(s) (°)	<u>---</u>	
Alto del tubo(s) (m)	<u>2,20</u>		Separación entre tubos (m)	<u>1,10</u>	

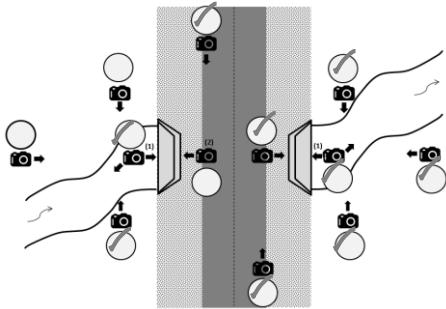
**Figura 7-30. Inventario Negritos página1.**

**INVENTARIO ALCANTARILLAS**

Nombre: NEGRITOS

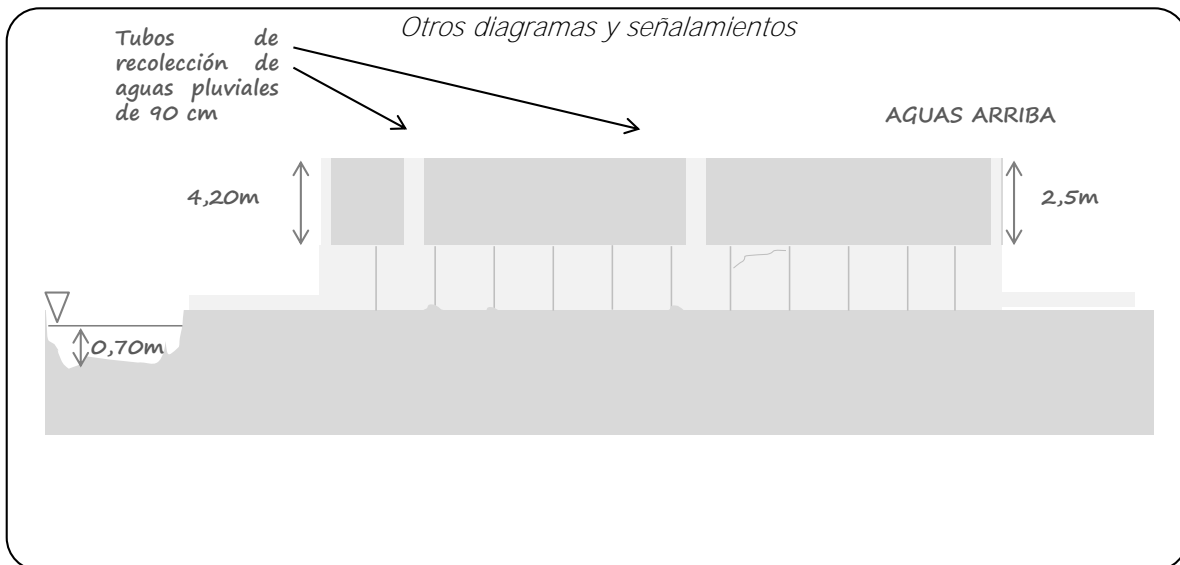
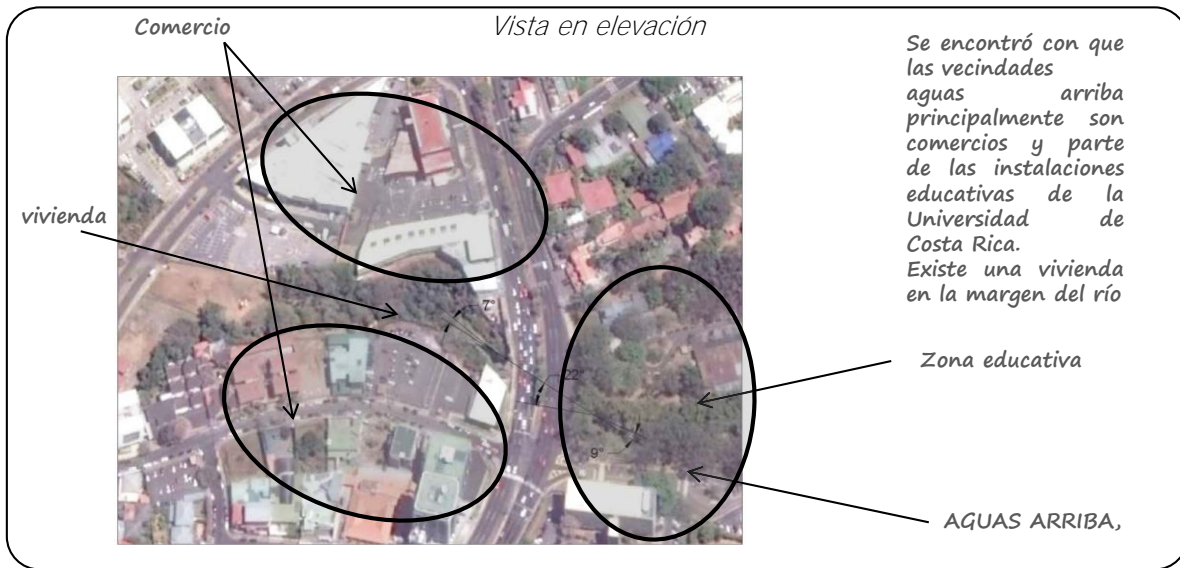
Código: 39N

*Comentarios Generales*



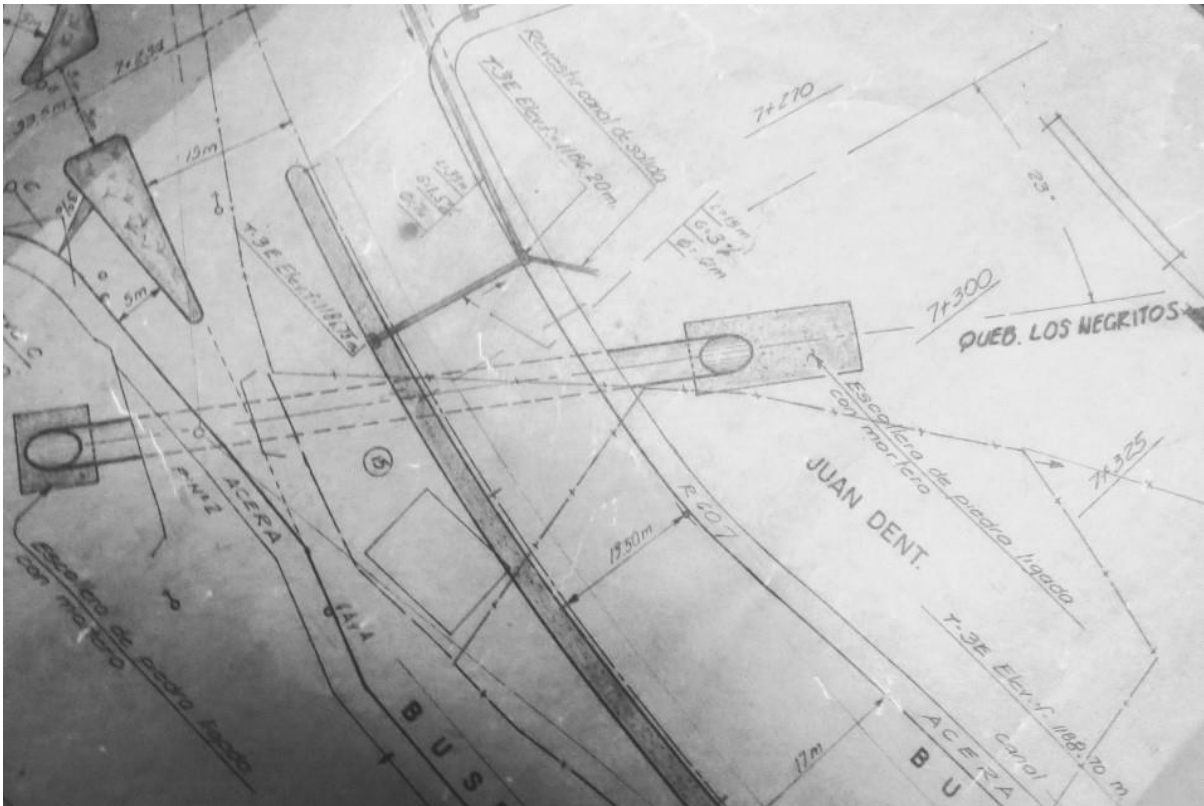
Se pudo determinar que el nivel de agua en creciente llega al menos hasta el borde superior del terraplén ya que se observó basura a ese nivel colgada del bambú.

Se pudieron observar trabajos de mantenimiento en la alcantarilla principalmente de llenado de huecos en las juntas y reparación superficial de grietas.



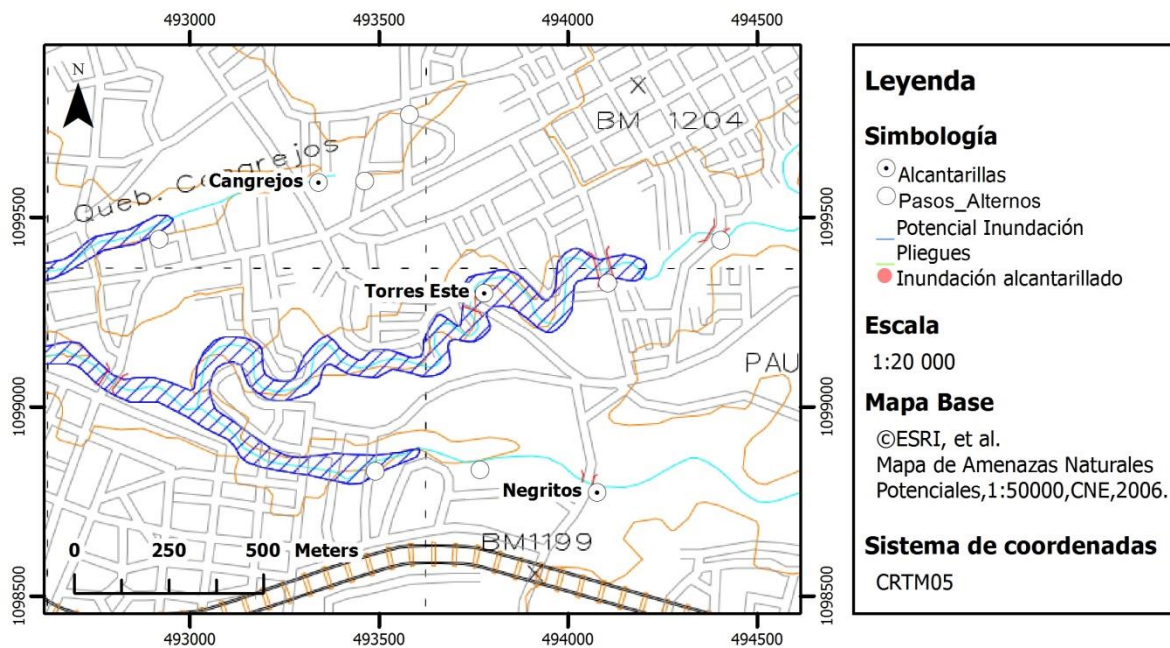
**Figura 7-31. Inventario Negritos página 2.**



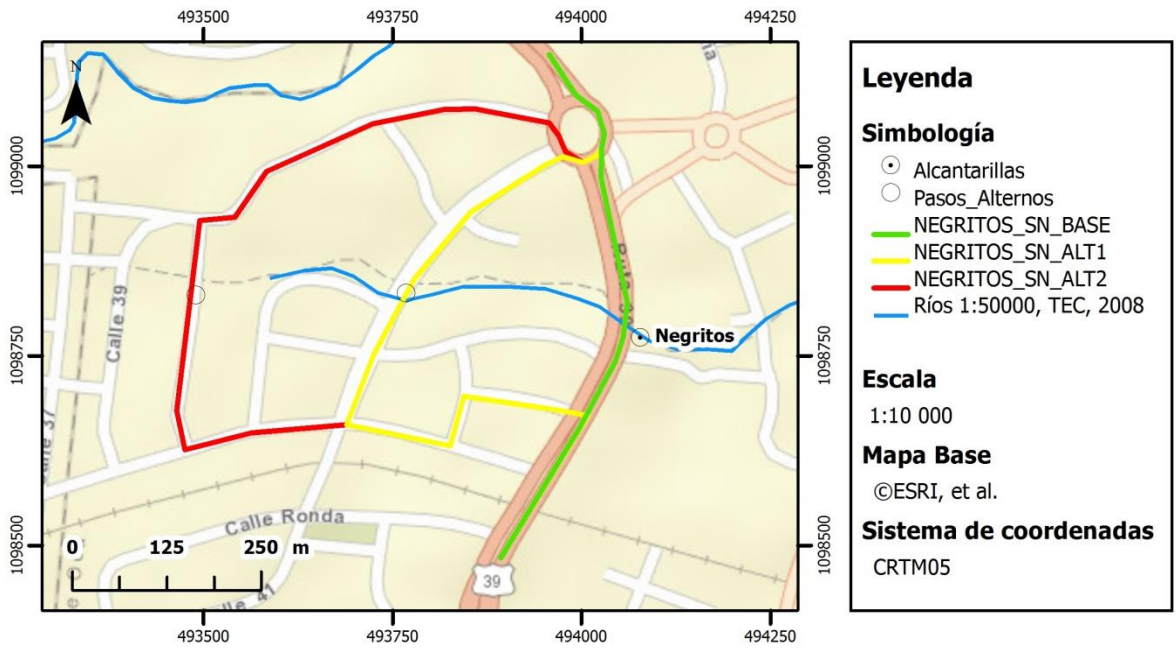


**Figura 7-32. Plano de la alcantarilla Negritos.**

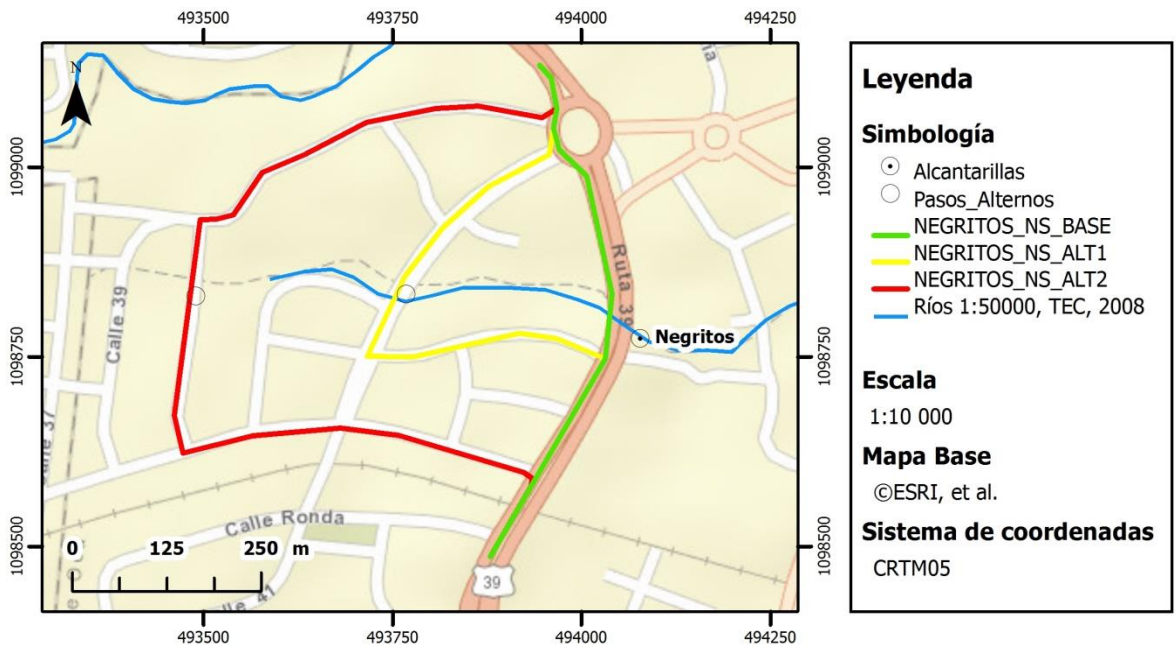
Fuente: MOPT, 2015.



**Figura 7-33. Amenazas potenciales en la alcantarilla Negritos, Torres Oeste y Cangrejos.**



**Figura 7-34. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla Negritos.**



**Figura 7-35. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla Negritos.**

7.4.2 INSPECCIÓN

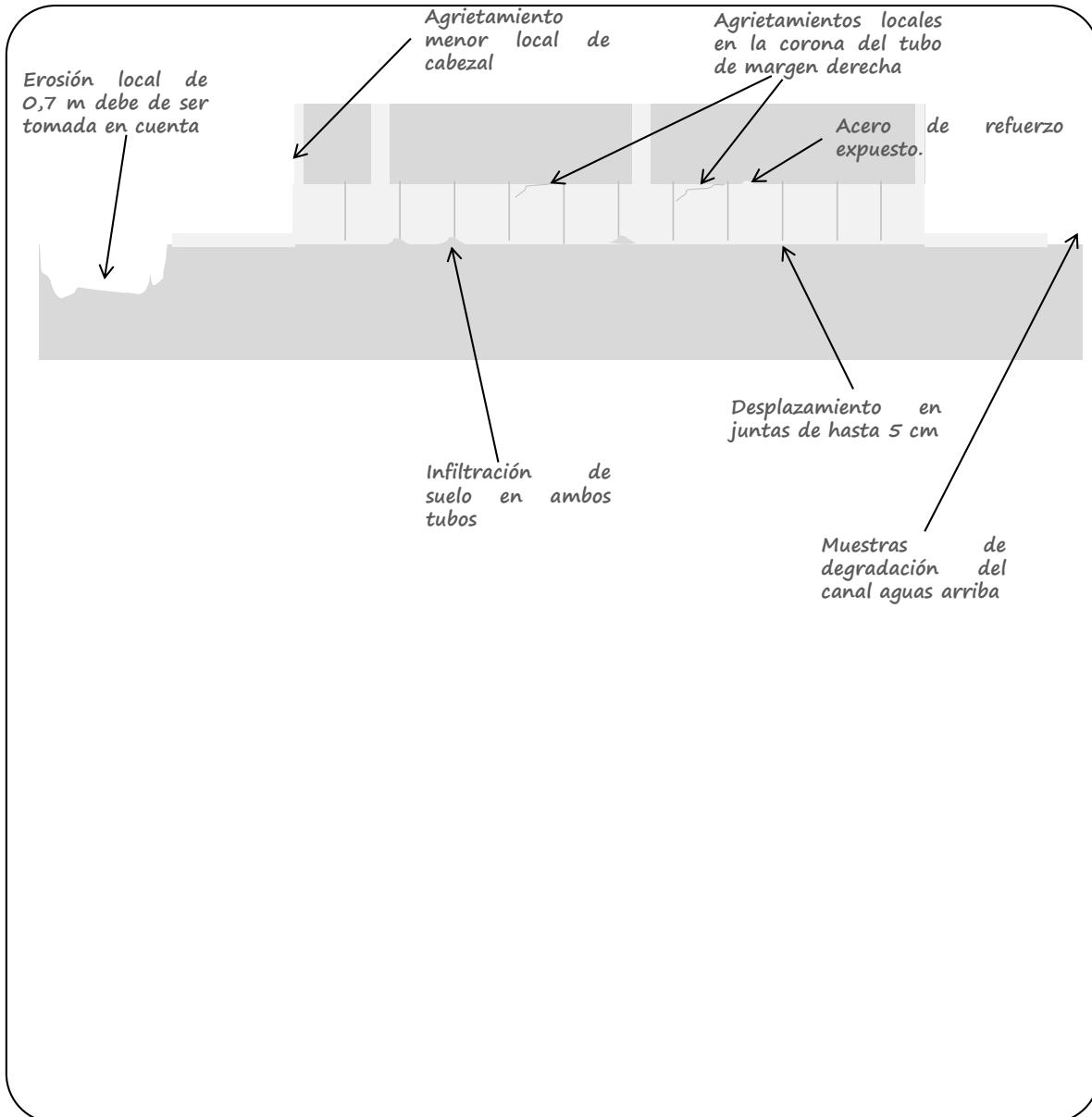
<b>INSPECCIÓN ALCANTARILLAS</b>		Nombre: <u>NEGRITOS</u>	Código: <u>39N</u>
Encargados: 1. <u>David Jiménez González</u> 2. <u>Miguel A. Jiménez Mercadal</u> Fecha: <u>22/04/2015</u>			
Estado Gen. Alcantarilla <input type="checkbox"/> Bueno(B) <input type="checkbox"/> Regular(R) <input checked="" type="checkbox"/> Malo(M) <input type="checkbox"/> Crítico(C) <input type="checkbox"/> Desconocido(D)			
¿Es probable que la alcantarilla colapse en menos de un año?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Es el estado del tubo y el terraplén conocido?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <sup>1</sup>	
Si existe algún estado desconocido, ¿Puede un mantenimiento sencillo generar acceso?		<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A	
¿Existe acceso a maquinaria pesada?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <sup>1</sup>	
<sup>1</sup> Explique la situación que evita el conocimiento del elemento o el acceso al sitio en la zona de comentarios.			
<b>Evaluación del estado de la alcantarilla</b>			
<i>Terraplén y carretera</i>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	<i>Estructura de entrada</i>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Carretera	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Terraplén	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Es necesaria una reparación del terraplén que invade la vía?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Accesorio rotado?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Son las condiciones diferentes a las presentes antes y después?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<i>Tubo</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Fondo	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	Delantal	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A
Deformación	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Uniones	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Agrietamiento	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Corrosión	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	<i>Estructura de Salida</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Pared de corrugaciones	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> N/A	Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Mampostería y mortero	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> N/A	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Accesorio rotado?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<i>Protección contra erosión</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> N/A	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Pérdida de suelo en el terraplén, canal o márgenes por falla en protección?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	Delantal	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A
		¿Socavación de fundaciones?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
		¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
		¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<b>Evaluación del desempeño de la alcantarilla</b>			
<i>Problemas de desempeño tipo I</i>	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de escombros o vegetación de 33% del tubo?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de escombros de más de 75% del tubo y ha habido mantenimiento reciente?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimentos de 33% a 75% sólo en la entrada o salida de alcantarilla?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Falla de entrada por aplastamiento, doblada hacia adentro?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Falla de entrada por flotabilidad, doblada hacia arriba?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Daños en terrapén, márgenes o accesorios por alineamiento inadecuado (Ángulo río-tubo > 45°)?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Señales de rebosamiento en la alcantarilla?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Erosión local a la salida de profundidad de más de 20% de la altura de la alcantarilla?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
<i>Problemas de desempeño tipo II</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimento de más de 33% de la altura del tubo en toda su longitud?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimento más de 75% en la entrada o salida?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Degradación del canal?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Inestabilidad de taludes del terraplén sin problemas de alineamiento, erosión o rebosamiento?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Tubificación en el terraplén?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
<i>Otros problemas tipo II</i>	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
<input type="checkbox"/> Abrasión agresiva <input type="checkbox"/> Corrosión agresiva	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Fundaciones expuestas o cualquier estado malo o crítico en una alcantarilla con fondo móvil?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Algún deterioro aparentemente generado por problemas de carga?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		

Figura 7-36. Inspección de Negritos página 1.



**INSPECCIÓN ALCANTARILLAS**Nombre: **NEGRITOS**Código: **39N****Comentarios**

Se puede observar entrada de suelo a la alcantarilla en la base. El fondo de la alcantarilla presenta abrasión. Juntas con desplazamientos de hasta 5 cm tienen en algunos casos rellena la base. Se pueden observar algunas grietas aisladas en la corona. El delantal presenta abrasión y se puede observar agrietamiento de las alas. El acceso por ambas estradas está restringido por portones y cercas, se pudo hacer la inspección por medio de la entrada por la UCR., sin embargo este podría no ser una posibilidad para aquellos que no sean estudiantes. Aguas arriba pueden verse muestras de degradación del canal, sin embargo podría estar ocasionado por otro paso de agua.

**Diagramas y señalamientos**

**Figura 7-37 Inspección de Negritos página 2.**



**Figura 7-38. Problemas encontrados en Negritos.**

Nota: de izquierda a derecha y de arriba abajo: desplazamiento entre secciones; separación entre secciones; descascarado; corrosión y agrietamiento; agrietamiento mayor, descascarado y corrosión; infiltración de suelo menor; agrietamiento menor en el cabezal de salida.



***Figura 7-39. Problemas hidráulicos encontrados en Negritos.***

Nota: de izquierda a derecha: muestras de degradación del canal aguas arriba (fundación expuesta); profundidad de erosión local.

## 7.5 TORRES ESTE

### 7.5.1 INVENTARIO

<b>INVENTARIO ALCANTARILLAS</b>		Nombre: <u>TORRES ESTE</u>		Código: <u>39TE</u>	
Encargados: <u>1. David Jiménez González</u> <u>2. Miguel A. Jiménez Mercadal</u> Fecha: <u>22/03/2015</u>					
<b>Datos generales obtenidos previamente</b> <sup>1</sup> Puede ser corroborado en sitio					
<i>Datos de Fechas</i>			<i>Datos de Ubicación</i>		
Año de construcción	<u>1980-1985</u>		Coordenada Norte <sup>1</sup>	<u>9,94172420°/1099299,680m</u>	
Fecha de última reparación	<u>02/2015</u>		Coordenada Este <sup>1</sup>	<u>-84,05673309°/493779,337m</u>	
Fecha de último mantenimiento	<u>02/2015</u>		Provincia	<u>San José</u>	
Fecha de último inventario	<u>----</u>		Cantón	<u>Montes de Oca/Goicochea</u>	
Fecha de última inspección	<u>----</u>		Distrito	<u>Mercedes / Guadalupe</u>	
<i>Datos viales</i>			N° Ruta: <u>39</u>	Sentido A: <b>N-S</b> Sentido B: <b>S-N</b>	
Velocidad máxima (km h <sup>-1</sup> )	A. <u>60</u>	B. <u>60</u>	TPM	<u>A28117,5</u>	<u>B.21,14</u>
N° de Carriles <sup>1</sup>	A. <u>3</u>	B. <u>3</u>	%Pesados	<u>A28117,5</u>	<u>B.21,14</u>
Longitud de rutas alternas (km) Sentido A	Base <b>1,083</b>	1° <b>1,859</b>	2° <b>2,431</b>	3° ----	
Longitud de rutas alternas (km) Sentido B	Base <b>1,091</b>	1° <b>1,745</b>	2° <b>2,280</b>	3° ----	
<i>Datos de la vecindad</i>					
Tipo de zona <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Rural <input checked="" type="checkbox"/> Mixta				
Edificaciones cercanas <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> Edificios <input type="checkbox"/> Vías <input type="checkbox"/> Ductos <input type="checkbox"/> Telecomunicaciones <input type="checkbox"/> Otro				
Hay historial de inundaciones en la zona	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No				
Nombre del cuerpo de agua que cruza	<u>Río Torres</u>				
<b>Datos generales obtenidos en sitio</b>					
Material de tubo(s)	<input type="checkbox"/> Concreto <input checked="" type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Mampostería				
Forma de tubo(s)	<input checked="" type="checkbox"/> Circular <input type="checkbox"/> Elíptico <input type="checkbox"/> Arco <input type="checkbox"/> Tubo con arco <input type="checkbox"/> Cajón <input type="checkbox"/> Bastiones y vigas				
Tipo de estructura de entrada	<input type="checkbox"/> Tubo Proyectado <input type="checkbox"/> Tubo Ajustado <input checked="" type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición Abocinada				
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
Tipo de estructura de salida	<input type="checkbox"/> Tubo Proyectado <input type="checkbox"/> Tubo Ajustado <input checked="" type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición Abocinada				
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
Tipo de protección contra erosión (canal)	<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno				
¿Existe dissipador de energía?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No				
Tipo de protección del terraplén entrada	<input checked="" type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input type="checkbox"/> Ninguno				
Tipo de protección del terraplén salida	<input checked="" type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input type="checkbox"/> Ninguno				
Tipo de material fondo de río entrada	<input type="checkbox"/> Piedras grandes <input checked="" type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Concreto				
Tipo de material fondo de río salida	<input type="checkbox"/> Piedras grandes <input type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Concreto				
Tipo de aguas	<input type="checkbox"/> Clara <input checked="" type="checkbox"/> Jabonosa <input checked="" type="checkbox"/> Fétida <input checked="" type="checkbox"/> Basura/Escombros				
<b>Mediciones obtenidas en sitio</b> <sup>2</sup> Identificar el lugar en comentarios					
<i>Aguas arriba</i>			<i>Aguas abajo</i>		
Cobertura (m)	<u>2,60</u>		Cobertura (m)	<u>3,05</u>	
Pendiente talud (°)	<u>30</u>		Pendiente talud (°)	<u>30</u>	
Pendiente talud margen derecha (°)	<u>40</u>		Pendiente talud margen derecha (°)	<u>90</u>	
Pendiente talud margen izquierda (°)	<u>45</u>		Pendiente talud margen izquierda (°)	<u>50</u>	
Ángulo río tubo(s) (°)	<u>30</u>		Ángulo río tubo(s) (°)	<u>60</u>	
Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m)	<u>---</u>		Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m)	<u>---</u>	
<i>Tubo (s)</i>					
N° de tubos	<u>2</u>		¿Tubos similares?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A	
Largo del tubo(s) (m)	<u>42,5</u>		Ángulo tubo(s)-carretera (°)	<u>&lt;5</u>	
Ancho del tubo(s) (m)	<u>4,00</u>		Pendiente de tubo(s) (°)	<u>---</u>	
Alto del tubo(s) (m)	<u>3,90</u>		Separación entre tubos (m)	<u>1,80</u>	

**Figura 7-40. Inventario Torres Este página1.**

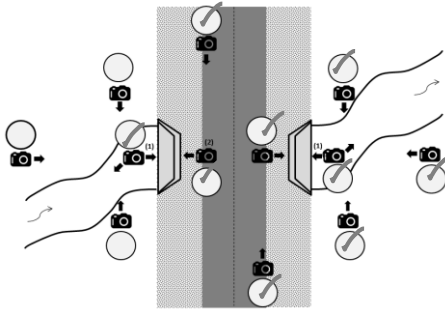


**INVENTARIO ALCANTARILLAS**

Nombre: TORRES ESTE

Código: 39TE

*Comentarios Generales*



No se pudo determinar con la visita el nivel de crecientes. Se observan recientes trabajos en la protección de taludes y recubrimiento del fondo

No se pudo determinar algunas de las condiciones del canal aguas abajo debido a la falta de acceso.

*Vista en elevación*



Se encontró con que las vecindades del río incluyen comercios, viviendas y la zona educativa del Centro de Enseñanza Especial Centeno Güel.

Zona educativa

viviendas

Comercio

AGUAS ARRIBA.

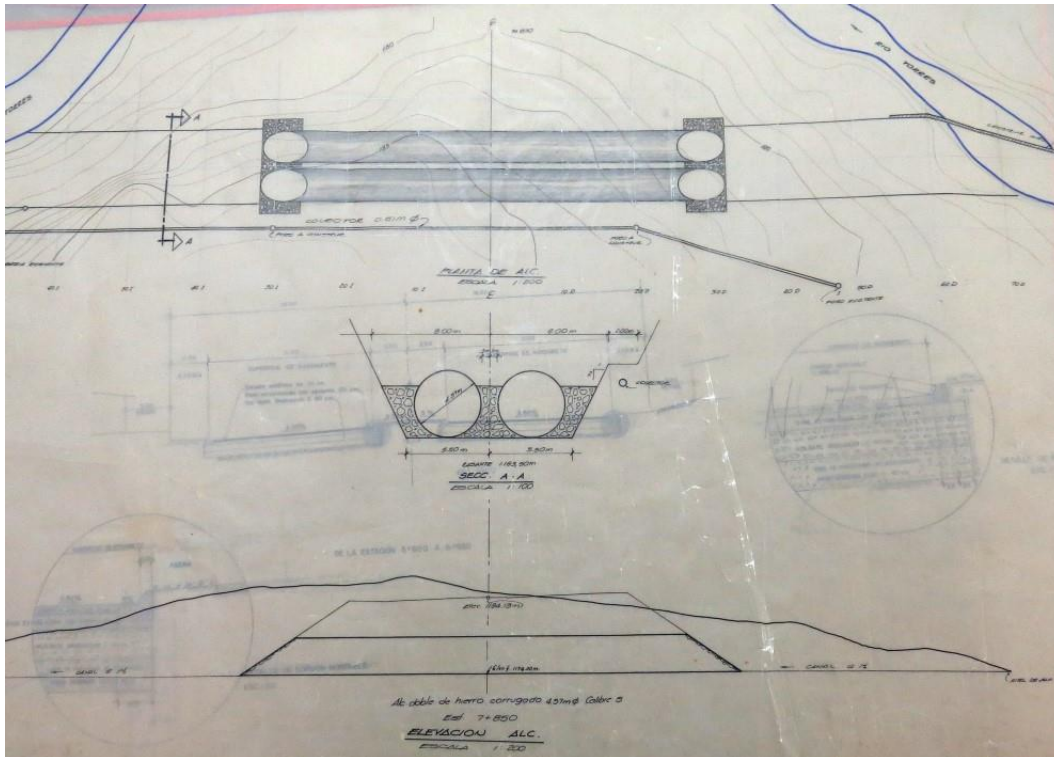
*Otros diagramas y señalamientos*

Cobertura aguas abajo =  $\sin(30) * 6,10 = 3,05$  m

Cobertura aguas arriba =  $\sin(30) * 5,20 = 2,60$  m

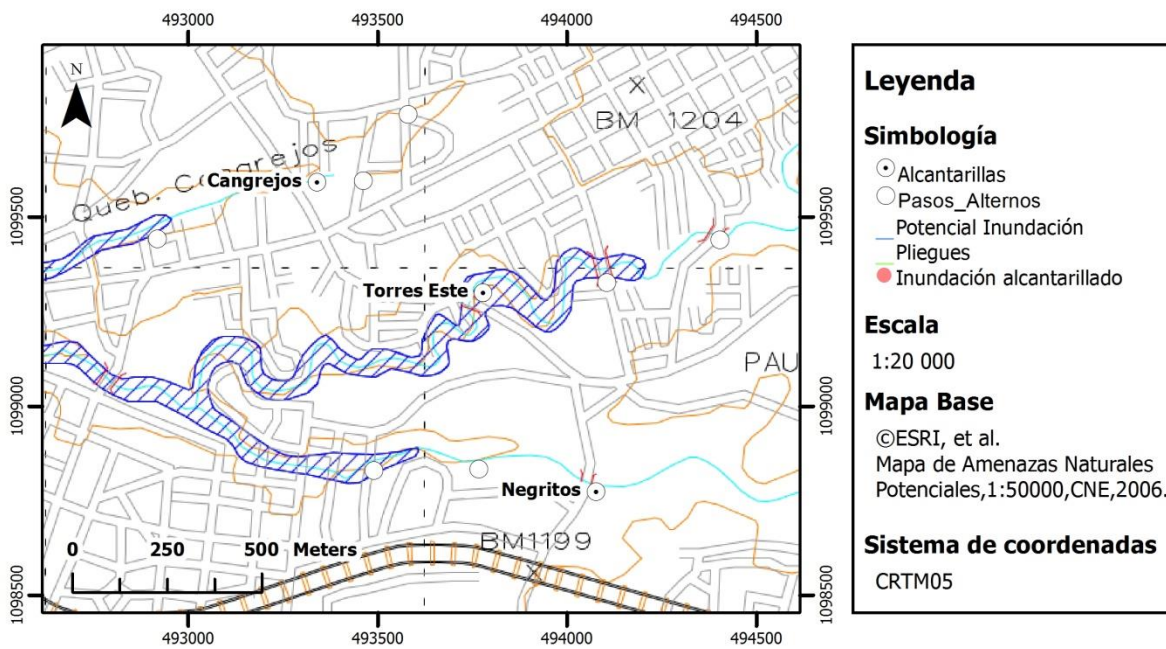


**Figura 7-41. Inventario Torres Este página 2.**



**Figura 7-42. Plano de la alcantarilla Torres Este.**

Fuente: MOPT, 2015.

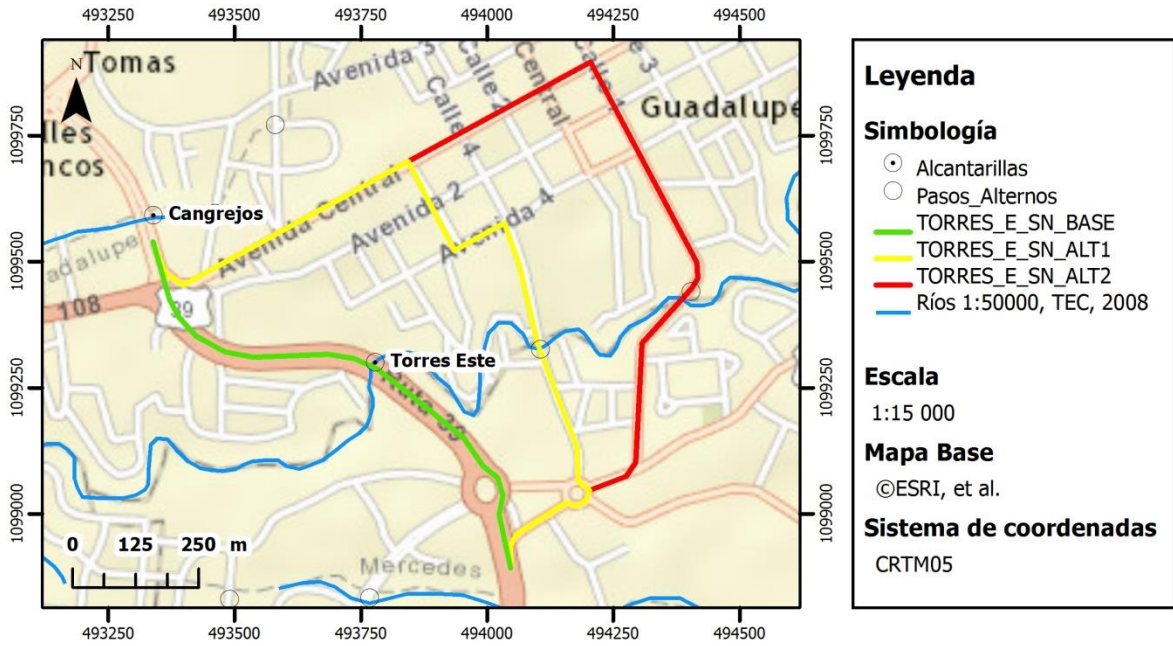


**Figura 7-43. Amenazas potenciales en la alcantarilla Negritos, Torres Este y Cangrejos.**

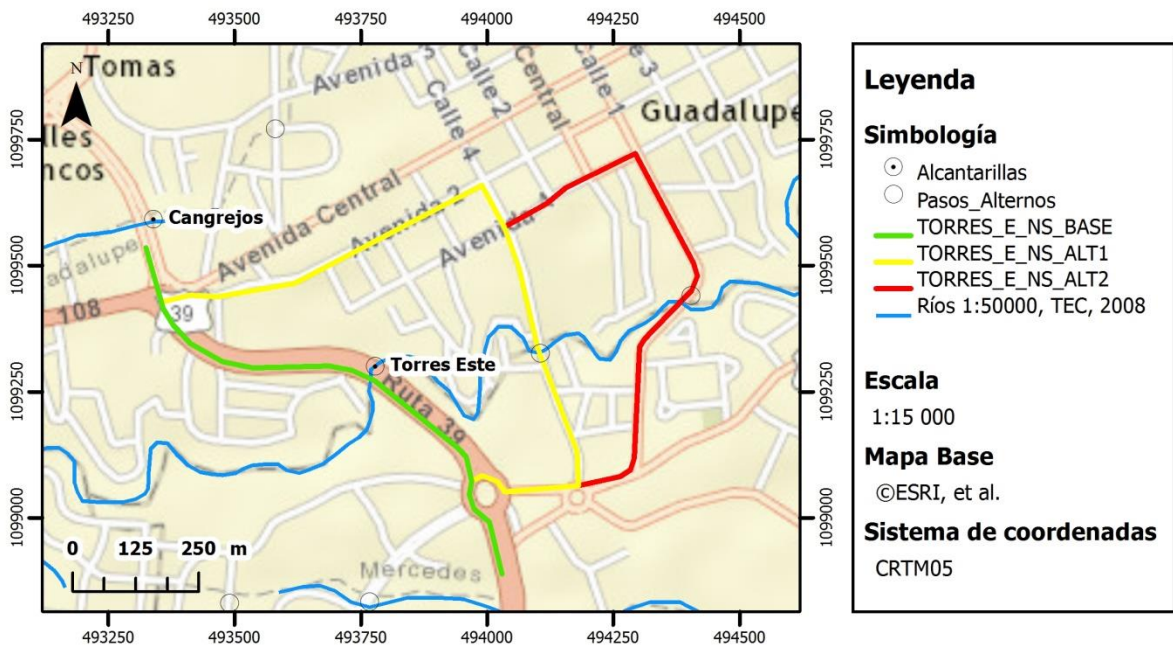


**Figura 7-44. Evidencia de inundaciones en Centeno Güel en el año 86.**





**Figura 7-45. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla Torres Este.**



**Figura 7-46. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla Torres Este.**

7.5.2 INSPECCIÓN

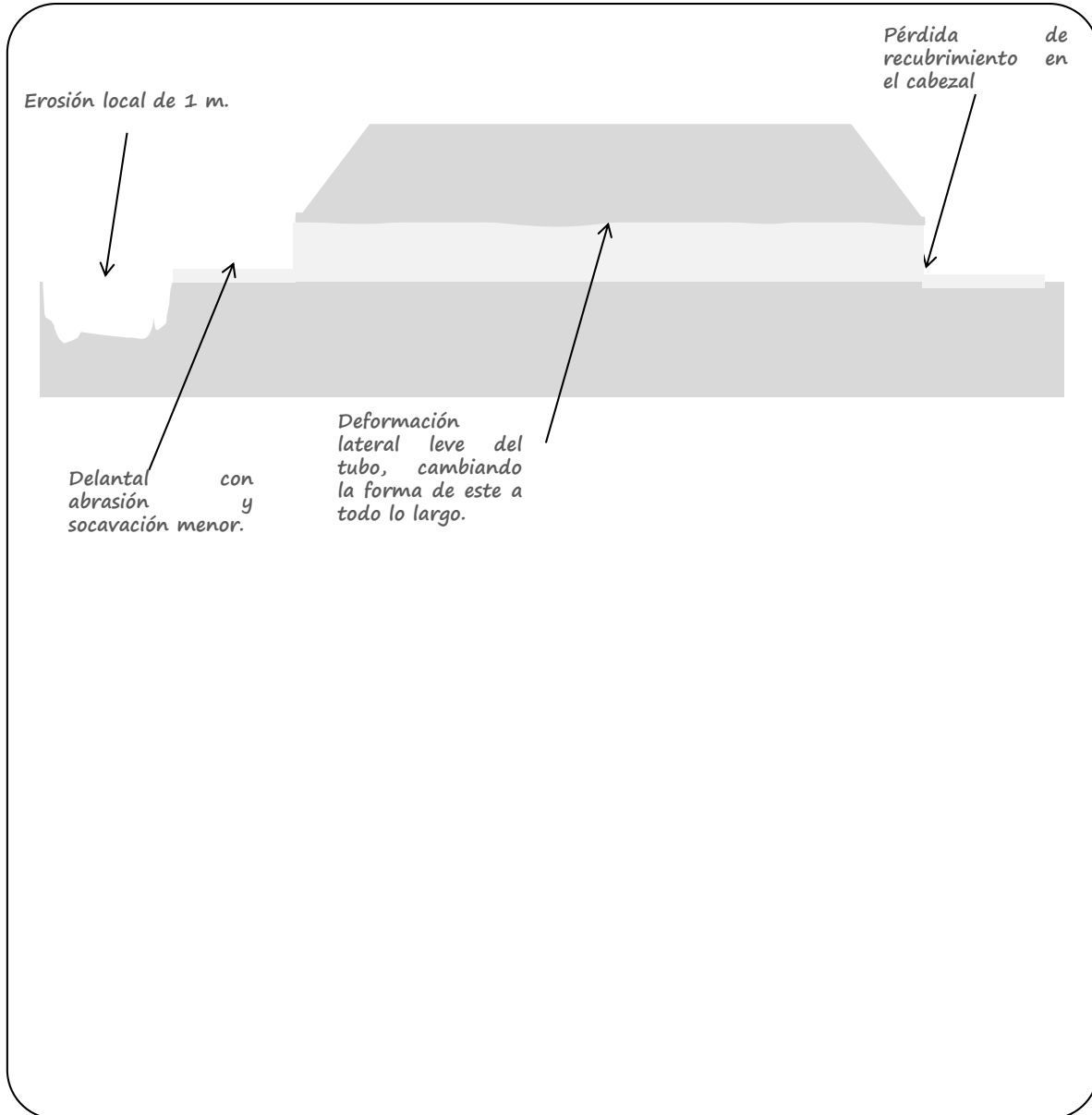
<b>INSPECCIÓN ALCANTARILLAS</b>		Nombre: <u>TORRES ESTE</u>	Código: <u>39TE</u>
Encargados: 1. <u>David Jiménez González</u> 2. <u>Miguel A. Jiménez Mercadal</u> Fecha: <u>22/04/2015</u>			
Estado Gen. Alcantarilla <input type="checkbox"/> Bueno(B) <input type="checkbox"/> Regular(R) <input checked="" type="checkbox"/> Malo(M) <input type="checkbox"/> Crítico(C) <input type="checkbox"/> Desconocido(D)			
¿Es probable que la alcantarilla colapse en menos de un año?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	
¿Es el estado del tubo y el terraplén conocido?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <sup>1</sup>	
Si existe algún estado desconocido, ¿Puede un mantenimiento sencillo generar acceso?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> N/A	
¿Existe acceso a maquinaria pesada?		<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <sup>1</sup>	
<sup>1</sup> Explique la situación que evita el conocimiento del elemento o el acceso al sitio en la zona de comentarios.			
<b>Evaluación del estado de la alcantarilla</b>			
<i>Terraplén y carretera</i>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	<i>Estructura de entrada</i>	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Carretera	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Terraplén	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Es necesaria una reparación del terraplén que invade la vía?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Accesorio rotado?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Son las condiciones diferentes a las presentes antes y después?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<i>Tubo</i>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Fondo	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	Delantal	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A
Deformación	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Uniones	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Agrietamiento	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> N/A	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
Corrosión	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	<i>Estructura de Salida</i>	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Pared de corrugaciones	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> N/A	Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Mampostería y mortero	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> N/A	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Accesorio rotado?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<i>Protección contra erosión</i>	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
¿Pérdida de suelo en el terraplén, canal o márgenes por falla en protección?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	Delantal	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A
		¿Socavación de fundaciones?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
		¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
		¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No
<b>Evaluación del desempeño de la alcantarilla</b>			
<i>Problemas de desempeño tipo I</i>	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de escombros o vegetación de 33% del tubo?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de escombros de más de 75% del tubo y ha habido mantenimiento reciente?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimentos de 33% a 75% sólo en la entrada o salida de alcantarilla?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Falla de entrada por aplastamiento, doblada hacia adentro?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Falla de entrada por flotabilidad, doblada hacia arriba?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Daños en terrapén, márgenes o accesorios por alineamiento inadecuado (Ángulo río-tubo > 45°)?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Señales de rebosamiento en la alcantarilla?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Erosión local a la salida de profundidad de más de 20% de la altura de la alcantarilla?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
<i>Problemas de desempeño tipo II</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimento de más de 33% de la altura del tubo en toda su longitud?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimento más de 75% en la entrada o salida?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Degradación del canal?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Inestabilidad de taludes del terraplén sin problemas de alineamiento, erosión o rebosamiento?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Tubificación en el terraplén?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
<i>Otros problemas tipo II</i>	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
<input type="checkbox"/> Abrasión agresiva <input type="checkbox"/> Corrosión agresiva	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Fundaciones expuestas o cualquier estado malo o crítico en una alcantarilla con fondo móvil?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		
¿Algún deterioro aparentemente generado por problemas de carga?	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		

**Figura 7-47. Inspección de Torres página 1.**

**Comentarios**

Se puede observar pérdida del recubrimiento de concreto en el cabezal de entrada. El delantal tiene abrasión y hay socavación visible. Se puede observar una pérdida de forma general en ambos tubos inspeccionados, pero que no lleva a fallas locales ni infiltración de suelo. No se pudo continuar la inspección aguas abajo por lo que no se pudo comprobar si existe o no continuación de la erosión aguas abajo. Debido a una cerca y a la configuración del sitio puede ser difícil para maquinaria pesada entrar a la sección aguas abajo sin embargo aguas arriba no hay problema.

**Diagramas y señalamientos**



**Figura 7-48 Inspección de Torres Oeste página 2.**



**Figura 7-49. Problemas encontrados en Torres Este**

Nota: De izquierda a derecha y de arriba a abajo: desgaste del cabezal de entrada en la base; deformación general del tubo; daño en margen derecha aguas abajo; erosión local.

## 7.6 CANGREJOS

### 7.6.1 INVENTARIO

<b>INVENTARIO ALCANTARILLAS</b>		Nombre: <u>CANGREJOS</u>		Código: <u>39C</u>	
Encargados: 1. <u>David Jiménez González</u> 2. <u>Miguel A. Jiménez Mercadal</u> Fecha: <u>22/03/2015</u>					
<b>Datos generales obtenidos previamente</b> <sup>1</sup> Puede ser corroborado en sitio					
<i>Datos de Fechas</i>			<i>Datos de Ubicación</i>		
Año de construcción	<u>1980-1985</u>		Coordenada Norte <sup>1</sup>	<u>9,94436255°/1099561,549m</u>	
Fecha de última reparación	<u>----</u>		Coordenada Este <sup>1</sup>	<u>-84,06073981°/493340,061m</u>	
Fecha de último mantenimiento	<u>----</u>		Provincia	<u>San José</u>	
Fecha de último inventario	<u>----</u>		Cantón	<u>Goicochea</u>	
Fecha de última inspección	<u>----</u>		Distrito	<u>Guadalupe / Calle Blancos</u>	
<i>Datos viales</i>			N° Ruta: <u>39</u>	Sentido A: <u>N-S</u> Sentido B: <u>S-N</u>	
Velocidad máxima (km h <sup>-1</sup> )	A. <u>60</u>	B. <u>60</u>	TPM	A. <u>26874</u>	B. <u>26874</u>
N° de Carriles <sup>1</sup>	A. <u>3</u>	B. <u>4</u>	%Pesados	A. <u>17,79</u>	B. <u>17,79</u>
Longitud de rutas alternas (km) Sentido A	Base <u>0,594</u>	1° <u>1,015</u>	2° <u>1,242</u>	3° <u>----</u>	
Longitud de rutas alternas (km) Sentido B	Base <u>0,625</u>	1° <u>1,205</u>	2° <u>1,254</u>	3° <u>----</u>	
<i>Datos de la vecindad</i>					
Tipo de zona <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Rural <input checked="" type="checkbox"/> Mixta				
Edificaciones cercanas <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> Edificios <input type="checkbox"/> Vías <input type="checkbox"/> Ductos <input type="checkbox"/> Telecomunicaciones <input type="checkbox"/> Otro _____				
Hay historial de inundaciones en la zona	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No				
Nombre del cuerpo de agua que cruza	<u>Quebrada Cangrejos</u>				
<b>Datos generales obtenidos en sitio</b>					
Material de tubo(s)	<input checked="" type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Plástico <input type="checkbox"/> Mampostería				
Forma de tubo(s)	<input checked="" type="checkbox"/> Circular <input type="checkbox"/> Elíptico <input type="checkbox"/> Arco <input type="checkbox"/> Tubo con arco <input type="checkbox"/> Cajón <input type="checkbox"/> Bastiones y vigas				
Tipo de estructura de entrada	<input type="checkbox"/> Tubo Proyectado <input type="checkbox"/> Tubo Ajustado <input checked="" type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición Abocinada				
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
Tipo de estructura de salida	<input type="checkbox"/> Tubo Proyectado <input type="checkbox"/> Tubo Ajustado <input type="checkbox"/> Cabezal <input type="checkbox"/> Transición Abocinada				
• ¿Tiene dicha estructura Delantal?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		• ¿Tiene dicha estructura muros tipo ala? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
Tipo de protección contra erosión (canal)	<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input type="checkbox"/> Ninguno				
¿Existe dissipador de energía?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No				
Tipo de protección del terraplén entrada	<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input checked="" type="checkbox"/> Ninguno				
Tipo de protección del terraplén salida	<input type="checkbox"/> Concreto lanzado <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Gavión <input type="checkbox"/> Enrocado <input type="checkbox"/> Geotextil <input type="checkbox"/> Ninguno				
Tipo de material fondo de río entrada	<input type="checkbox"/> Piedras grandes <input type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input type="checkbox"/> Concreto				
Tipo de material fondo de río salida	<input type="checkbox"/> Piedras grandes <input type="checkbox"/> Piedras medianas <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/> Limo <input type="checkbox"/> Arcilla <input checked="" type="checkbox"/> Concreto				
Tipo de aguas	<input checked="" type="checkbox"/> Clara <input type="checkbox"/> Jabonosa <input checked="" type="checkbox"/> Fétida <input type="checkbox"/> Basura/Escombros				
<b>Mediciones obtenidas en sitio</b> <sup>2</sup> Identificar el lugar en comentarios					
<i>Aguas arriba</i>			<i>Aguas abajo</i>		
Cobertura (m)	_____		Cobertura (m)	---	
Pendiente talud (°)	<u>90</u>		Pendiente talud (°)	---	
Pendiente talud margen derecha (°)	<u>90</u>		Pendiente talud margen derecha (°)	---	
Pendiente talud margen izquierda (°)	<u>90</u>		Pendiente talud margen izquierda (°)	---	
Ángulo río tubo(s) (°)	---		Ángulo río tubo(s) (°)	---	
Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m)	---		Nivel de crecientes <sup>2</sup> (m)	---	
<i>Tubo (s)</i>					
N° de tubos	<u>2</u>		¿Tubos similares?	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A	
Largo del tubo(s) (m)	_____		Ángulo tubo(s)-carretera (°)	<u>&lt;5</u>	
Ancho del tubo(s) (m)	<u>1,5</u>		Pendiente de tubo(s) (°)	---	
Alto del tubo(s) (m)	<u>1,5</u>		Separación entre tubos (m)	<u>1 m (APROX)</u>	

**Figura 7-50. Inventario Cangrejos página 1.**

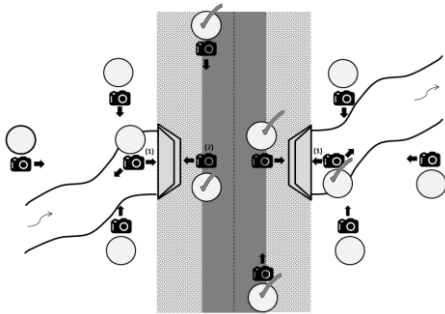


**INVENTARIO ALCANTARILLAS**

Nombre: CANGREJOS

Código: \_\_\_\_\_

*Comentarios Generales*



No se pudo acceder del todo al tubo, es necesaria inspección con equipo especializado debido al largo total del tubo y al acceso limitado por los extremos.

*Vista en elevación*



**AQUAS ARRIBA.**

Se encontró con que las vecindades del río incluyen comercios, viviendas y la zona educativa del Liceo Napoleón Quesada Salazar.

viviendas

Comercio

Posible salida

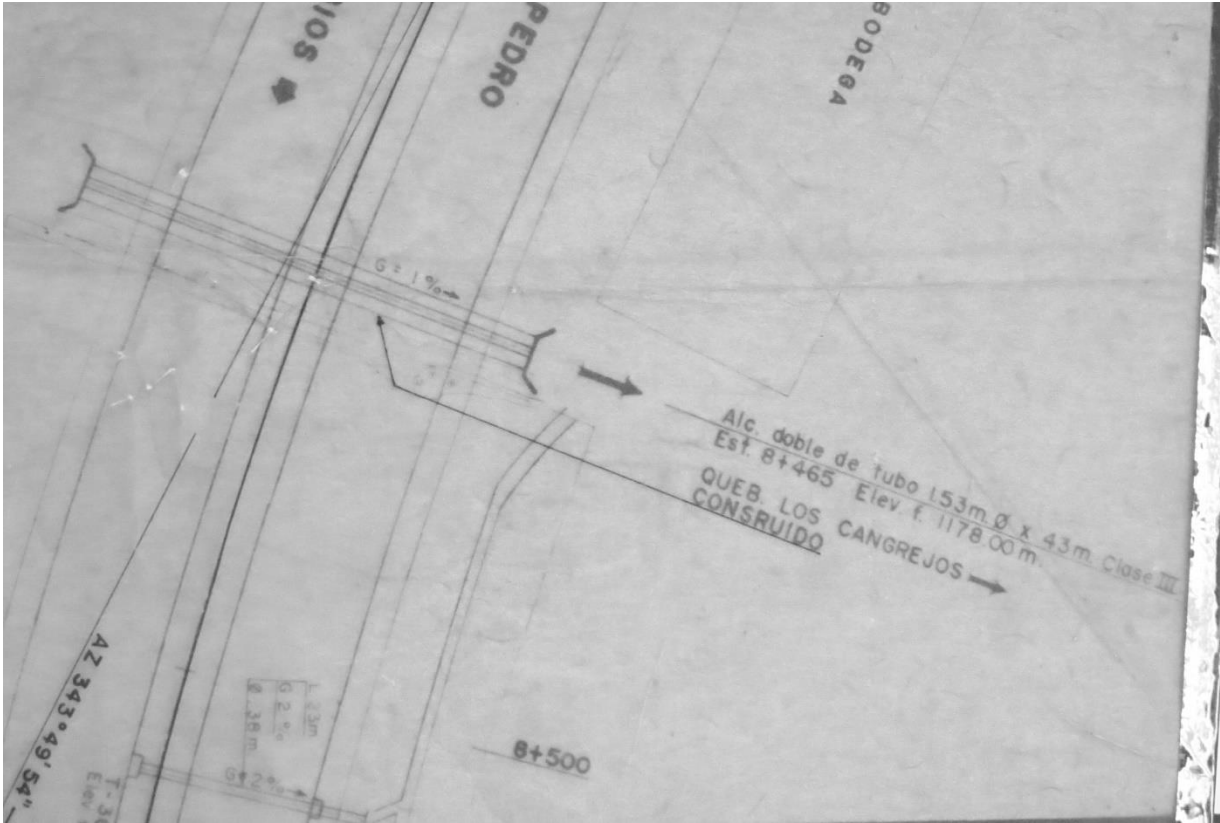
Zona educativa

*Otros diagramas y señalamientos*

**AQUAS ARRIBA**

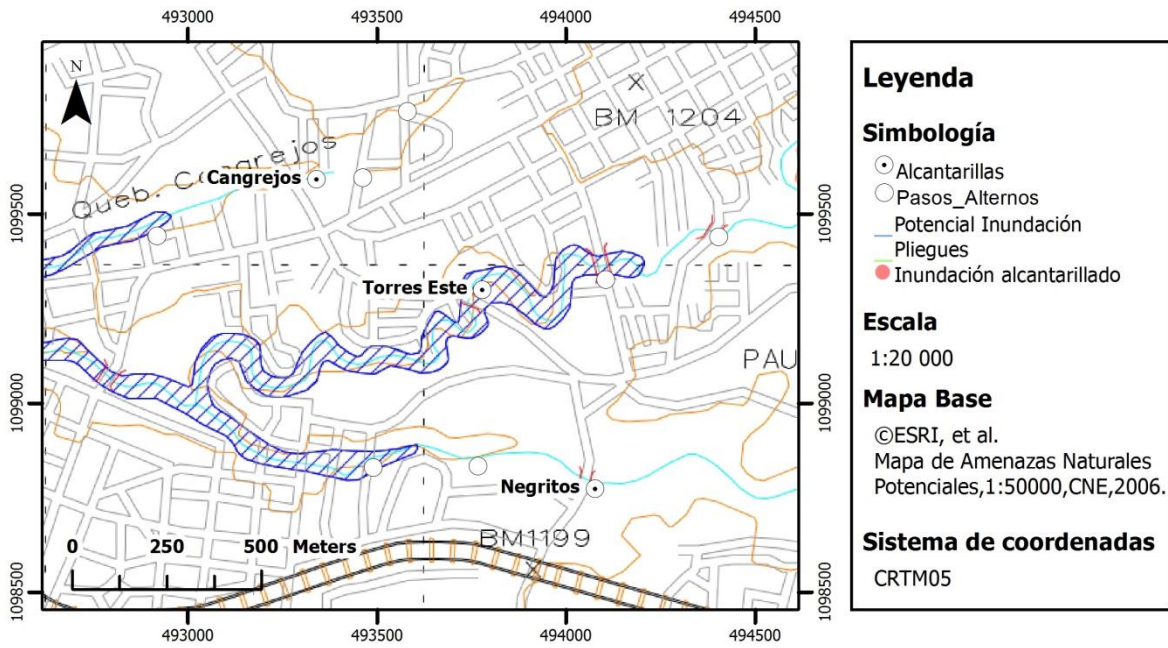


**Figura 7-51. Inventario Cangrejos página 2.**



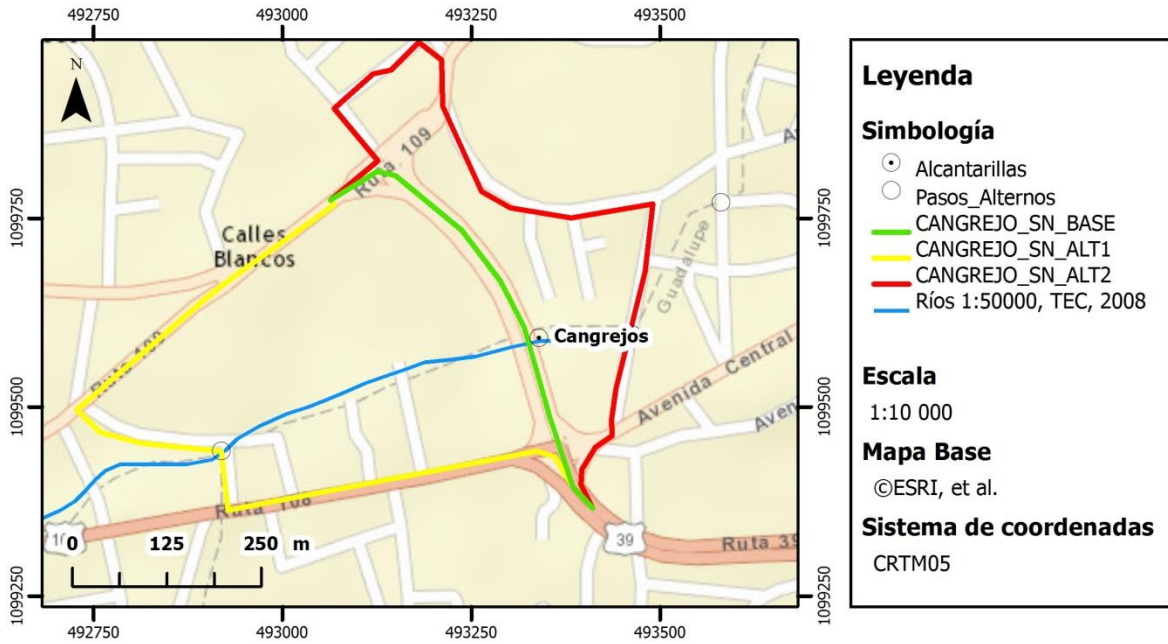
**Figura 7-52. Plano de la alcantarilla Cangrejos.**

Fuente: MOPT, 2015.

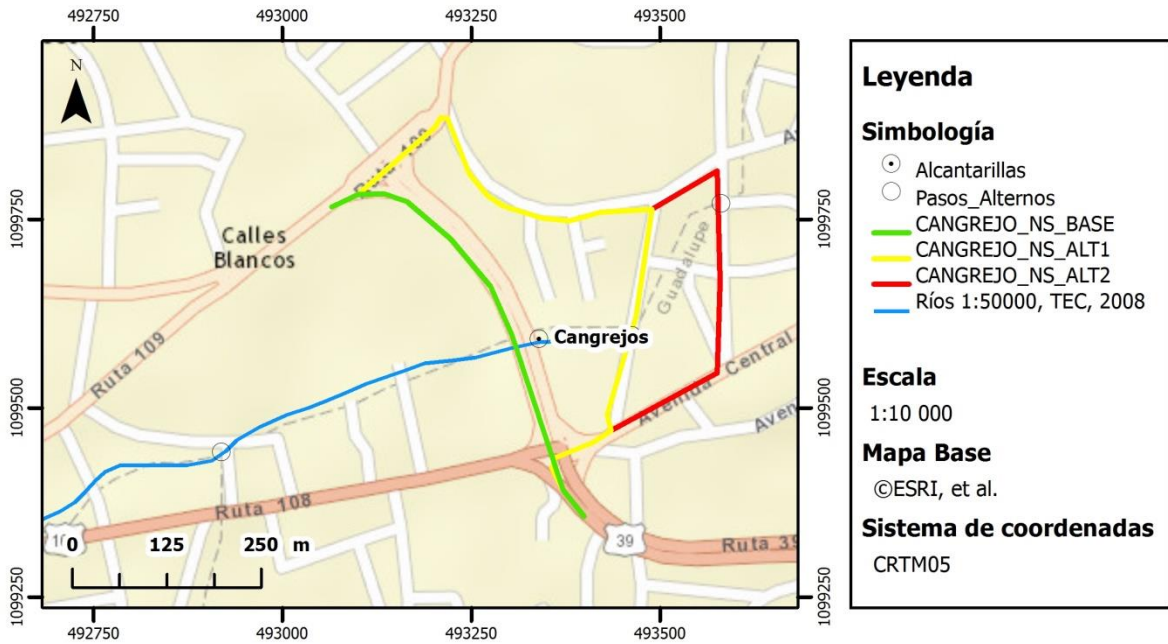


**Figura 7-53. Amenazas potenciales en la alcantarilla Negritos, Torres Oeste y Cangrejos.**





**Figura 7-54. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla Cangrejos.**



**Figura 7-55. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla Cangrejos.**

7.6.2 INSPECCIÓN

<b>INSPECCIÓN ALCANTARILLAS</b>		Nombre: <u>CANGREJOS</u>	Código: <u>39C</u>
Encargados: 1. <u>David Jiménez González</u> 2. <u>Miguel A. Jiménez Mercadal</u> Fecha: <u>22/04/2015</u>			
Estado Gen. Alcantarilla <input type="checkbox"/> Bueno(B) <input type="checkbox"/> Regular(R) <input type="checkbox"/> Malo(M) <input type="checkbox"/> Crítico(C) <input checked="" type="checkbox"/> Desconocido(D)			
¿Es probable que la alcantarilla colapse en menos de un año?		<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	
¿Es el estado del tubo y el terraplén conocido?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <sup>1</sup>	
Si existe algún estado desconocido, ¿Puede un mantenimiento sencillo generar acceso?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> N/A	
¿Existe acceso a maquinaria pesada?		<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <sup>1</sup>	
<sup>1</sup> Explique la situación que evita el conocimiento del elemento o el acceso al sitio en la zona de comentarios.			
<b>Evaluación del estado de la alcantarilla</b>			
<i>Terraplén y carretera</i>	<input type="checkbox"/> B <input checked="" type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	<i>Estructura de entrada</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Carretera	<input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Terraplén	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Es necesaria una reparación del terraplén que invade la vía?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	¿Accesorio rotado?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Son las condiciones diferentes a las presentes antes y después?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<i>Tubo</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Fondo	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	Delantal	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A
Deformación	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Uniones	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Agrietamiento	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Corrosión	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	<i>Estructura de Salida</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Pared de corrugaciones	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	Cabezal, tubo ajustado, tubo proyectado o sección abocinada	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C
Mampostería y mortero	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	¿Accesorio rotado?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<i>Protección contra erosión</i>	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A	¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Pérdida de suelo en el terraplén, canal o márgenes por falla en protección?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Delantal	<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> N/A
		¿Socavación de fundaciones?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
		¿Agrietamiento crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
		¿Más del 50% malo o crítico?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
<b>Evaluación del desempeño de la alcantarilla</b>			
<i>Problemas de desempeño tipo I</i>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de escombros o vegetación de 33% del tubo?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de escombros de más de 75% del tubo y ha habido mantenimiento reciente?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimentos de 33% a 75% sólo en la entrada o salida de alcantarilla?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Falla de entrada por aplastamiento, doblada hacia adentro?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Falla de entrada por flotabilidad, doblada hacia arriba?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Daños en terrapén, márgenes o accesorios por alineamiento inadecuado (Ángulo río-tubo > 45°)?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Señales de rebosamiento en la alcantarilla?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Erosión local a la salida de profundidad de más de 20% de la altura de la alcantarilla?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
<i>Problemas de desempeño tipo II</i>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimento de más de 33% de la altura del tubo en toda su longitud?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Bloqueo de sedimento más de 75% en la entrada o salida?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Degradación del canal?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Inestabilidad de taludes del terraplén sin problemas de alineamiento, erosión o rebosamiento?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Tubidificación en el terraplén?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
<i>Otros problemas tipo II</i>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
<input type="checkbox"/> Abrasión agresiva <input type="checkbox"/> Corrosión agresiva	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Fundaciones expuestas o cualquier estado malo o crítico en una alcantarilla con fondo móvil?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		
¿Algún deterioro aparentemente generado por problemas de carga?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		

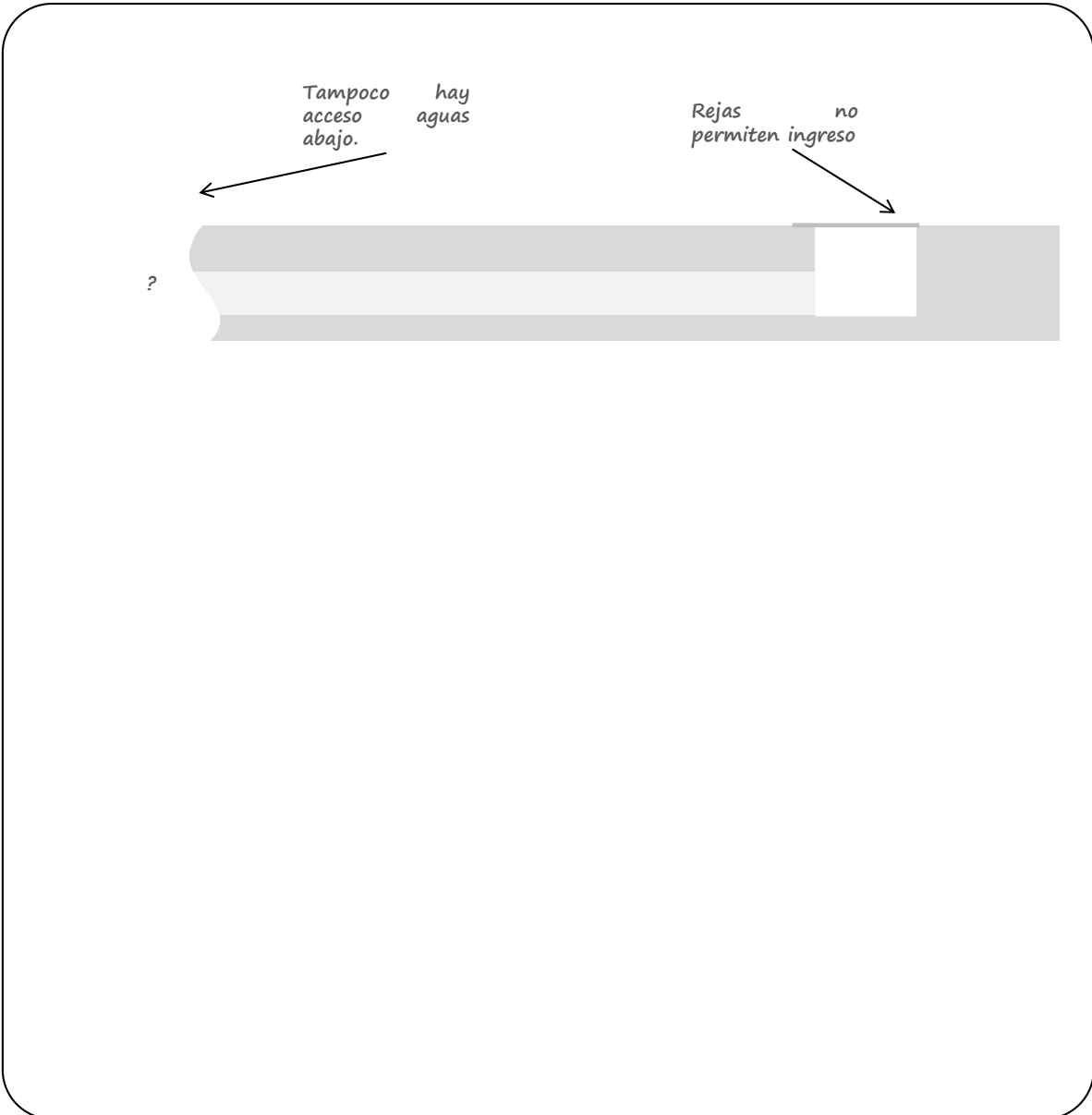
**Figura 7-56. Inspección de Cangrejos página 1.**

**Comentarios**

No se pudo acceder a la alcantarilla del todo. Una reja impide el acceso a la caja de registro en el lado de aguas arriba y una cerca al acceso aguas abajo. Es probable que con permisos se pueda ingresar a la zona de aguas abajo, sin embargo el largo de la alcantarilla y las condiciones presentes en ella requieren de un acceso con equipo especial.

Para maquinaria pesada es posible, con permisos acceder a la alcantarilla en la zona aguas abajo.

**Diagramas y señalamientos**



**Figura 7-57 Inspección de Cangrejos página 2.**



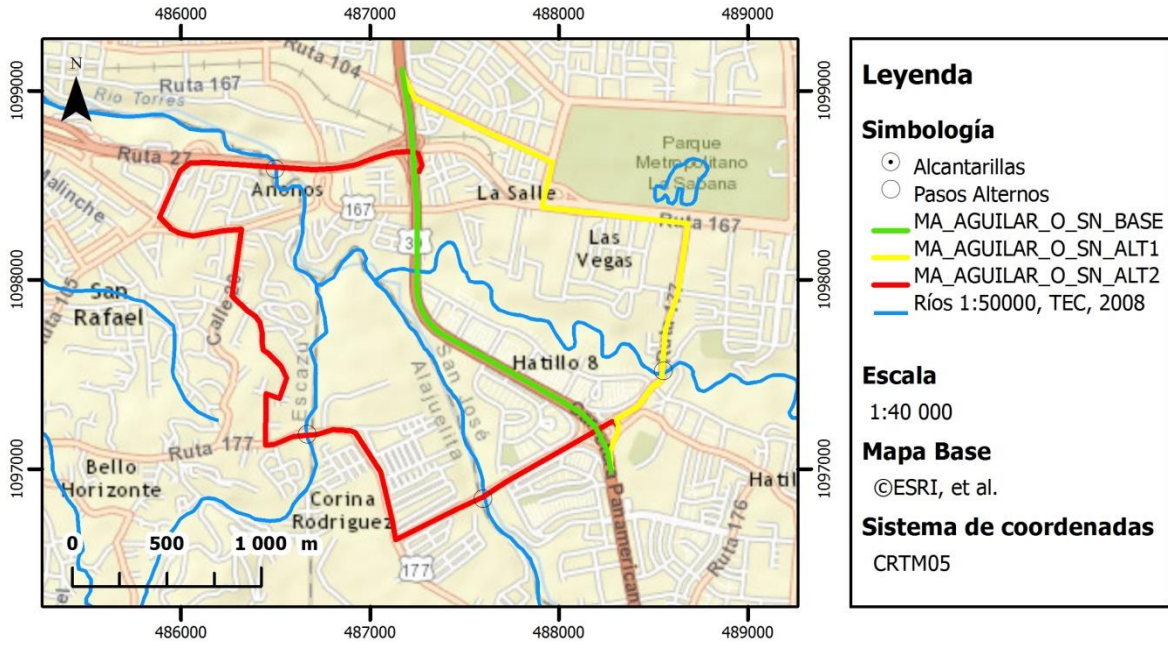
**Figura 7-58. Falta de acceso a Cangrejos**

Nota: De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Falta de acceso aguas arriba; problema de acceso aguas abajo; configuración general.

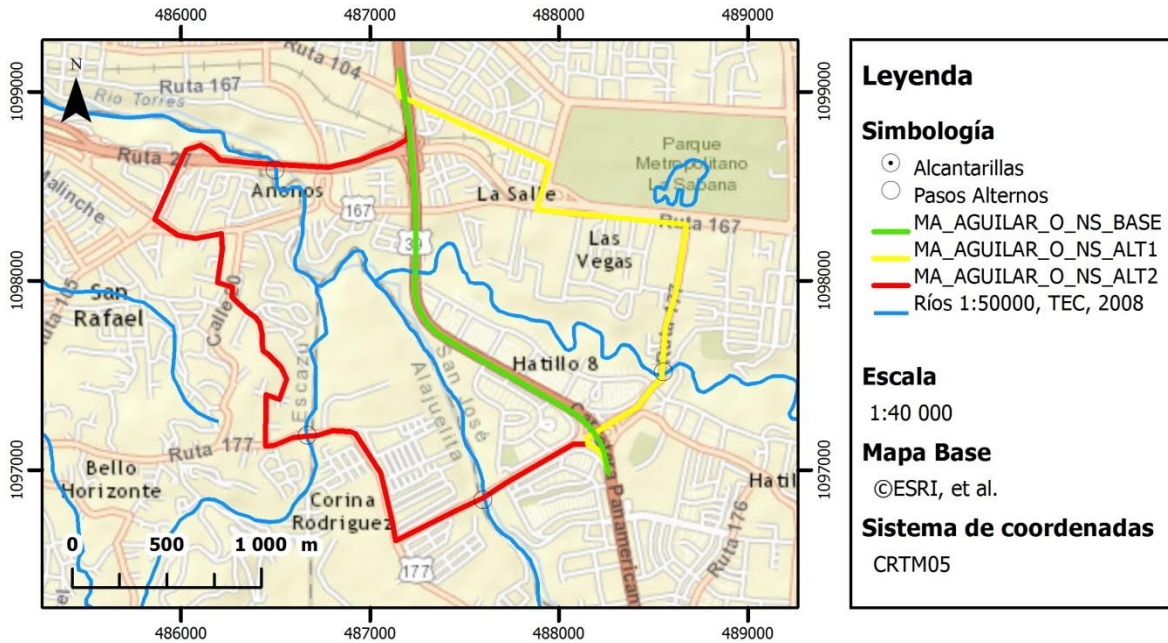


## 7.7 MARÍA AGUILAR OESTE

### 7.7.1 RUTAS ALTERNAS



**Figura 7-59. Rutas alternas en el sentido S-N en la alcantarilla Ma. Aguilar Oeste.**



**Figura 7-60. Rutas alternas en el sentido N-S en la alcantarilla Ma. Aguilar Oeste.**