

GUÍA DE EVALUACIÓN DE ESTADO Y DESEMPEÑO DE ESTRUCTURAS TIPO ALCANTARILLA

GUIA DE EVALUACIÓN DE ESTADO Y DESEMPEÑO DE ESTRUCTURAS TIPO ALCANTARILLA

Jiménez-González David¹; Quesada-Campos Josué²; Salas-Chaves Mauricio³; Campos-Cruz Carlos⁴

1. Licenciado en Ingeniería Civil de la UCR y asistente en la UGM del LanammeUCR
2. Ingeniero de la Unidad de Gestión Municipal del LanammeUCR
3. Ingeniero de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR
4. Coordinador de la Unidad de Gestión Municipal del LanammeUCR

Palabras Clave: Alcantarillas, inspección, inventario, guía de evaluación, desempeño.

Resumen: La guía se encuentra dirigida a inspectores viales y profesionales en ingeniería de vías e infraestructura, haciendo énfasis en los trabajos de inventario, inspección y priorización de inversiones en alcantarillas. Se presentan aspectos básicos de los componentes de las alcantarillas, una metodología de inventario e inspección y una metodología para tomar decisiones sobre intervenciones de mejoramiento y rehabilitación acompañado de un esquema para realizar las priorizaciones de inversión.

Referencias principales

- Jiménez, G. 2015. Evaluación de Pasos de agua tipo alcantarilla. Proyecto de graduación para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Civil. Escuela Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica. 94pp
- MOPT. 2014. Manual de especificaciones técnicas para realizar el inventario y evaluación de la Red Vial Cantonal. Dirección de Planificación Sectorial Departamento Medios de Transporte. Recuperado el 12 de diciembre de 2015 de : <http://srvinternet.mopt.go.cr/carreteras/D-38578.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
- 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/>
- 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>
- 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

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	5
2. METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN E INVENTARIADO DE ALCANTARILLAS	6
2.1. Inventario de alcantarillas	7
2.1.1. Registros fotográficos	12
2.1.2. Elementos adicionales	13
2.1.3. Nota aclaratoria	14
2.1.4. Formulario de inventario	14
2.2. Inspección de alcantarillas	15
2.2.1. Inspección del estado de la alcantarilla	15
2.2.2. Inspección del desempeño de la alcantarilla	23
2.2.3. Elementos adicionales	26
2.2.4. Notas aclaratorias	26
2.2.5. Formulario de inspección	26
2.2.6. Complemento fotográfico	28
2.3. Otras consideraciones	34
2.3.1. Entrada segura	34
2.3.2. Equipo necesario para efectuar un inventario o inspección	36
2.3.3. Recomendaciones para nombrar archivos y codificar alcantarillas	37
3. METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA PARA A LA TOMA DE DECISIONES Y PRIORIZACIÓN	38
3.1. Toma de decisiones	38
3.2. Priorización de acciones en múltiples alcantarillas	49
3.2.1. Importancia de una alcantarillas	49
3.2.2. Estado y desempeño de la alcantarilla	51
3.2.3. Unión de criterios	53
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

5. EJEMPLOS DE EJECUCIÓN DE METODOLOGÍA.....	.55
5.1. Alcantarilla 202--001 .....	.55
5.1.1. Inventario .....	.55
5.1.2. Inspección .....	.58
5.1.3. Toma de decisiones .....	.60
5.2. Alcantarilla 303--001 .....	.62
5.2.1. Inventario .....	.62
5.2.2. Inspección .....	.65
5.2.3. Toma de decisiones .....	.67
5.3. Alcantarilla 303--001 .....	.69
5.3.1. Inventario .....	.69
5.3.2. Inspección .....	.72
5.3.3. Toma de decisiones .....	.74
5.4. Alcantarilla 203052001 .....	.78
5.4.1. Inventario .....	.78
5.4.2. Inspección .....	.81
5.4.3. Toma de decisiones .....	.83
5.5. Alcantarilla 203052002 .....	.86
5.5.1. Inventario .....	.86
5.5.2. Inspección .....	.89
5.5.3. Toma de decisiones .....	.91
5.6. Alcantarilla 03919101001 .....	.95
5.6.1. Inventario .....	.95
5.6.2. Inspección .....	.98
5.6.3. Toma de decisiones .....	.100
6. ANEXOS.....	.104

1. INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta una guía para evaluar el estado y el desempeño de estructuras de paso tipo alcantarilla. Dentro de él no son incluidos elementos de evaluación de la seguridad vial. Para realizar una evaluación respecto a dicho tema se recomienda emplear el documento Guía de evaluación de seguridad vial para puentes en Costa Rica.

Es importante resaltar que en términos académicos esta guía está fundamentada principalmente en el Proyecto de Graduación Evaluación de pasos de agua tipo alcantarilla (Jiménez, 2015). Las principales metodologías analizadas por Jiménez (2015) fueron: FHWA (2010), RTA (2010), Main Roads (2010), NYDOT (2006) y ODOT (2013) respecto al tema de inspecciones y de priorización y FHWA (2012) en términos de los fundamentos de diseño de alcantarillas. En dicho trabajo se presentan de forma detallada las fuentes bibliográficas relacionadas con la inspección e inventario y los cambios que se realizaron en ellas para llegar a la metodología que aquí se presenta.

A partir de lo desarrollado por Jiménez (2015) se realizaron varias inspecciones con el personal de la Unidad de Gestión Municipal, PITRA, LanammeUCR relacionado a inspecciones para corroborar que la propuesta fuera congruente con las situaciones usualmente experimentadas en campo y en el ámbito municipal. Esto llevó a cambiar la manera en que se recomienda calcular la importancia vial, la estructuración del formulario, también algunos aspectos del manejo de los datos obtenidos de la inspección y finalmente la adición de un elemento de desempeño adicional relacionado a daños del terraplén por mal manejo de aguas pluviales.

Este documento contiene tres secciones principales: Una sección inicial dirigida a los encargados de realizar o gestionar las inspecciones e inventarios a las alcantarillas; luego se presenta una sección donde se analiza una herramienta para la toma de decisiones respecto a la alcantarilla y la priorización de acciones en ella y finalmente una sección donde se presentan ejemplos de aplicación de toda la metodología.

como huracanes, tormentas tropicales, lluvias inusuales, terremotos o erupciones volcánicas debe de hacerse una inspección adicional luego de ocurrido el evento.

Si bien se pueden considerar procesos diferentes, para alcantarillas que todavía no han sido incorporadas a la base de datos es preferible realizar ambos procedimientos en la misma visita.

2.1. Inventario de alcantarillas

En el proceso de inventario se debe, antes de realizar la visita a la alcantarilla, recabar información general sobre ella. En el Cuadro 1 se incluyen las preguntas previas que se deben responder.

Cuadro 1. Datos generales obtenidos en escritorio.

Elemento	Explicación
Fecha de construcción.	Se reporta la fecha en que fue construida la alcantarilla.
Fecha de última reparación.	Se reporta la fecha en que fue reparada la alcantarilla por última vez.
Fecha de último mantenimiento.	Se reporta la fecha en que se le dio el último mantenimiento preventivo a la alcantarilla. Como ejemplo la última fecha de remoción de escombros.
Fecha de previo inventario.	Se reporta la fecha en que se dio el último inventario antes de la inspección que se realiza actualmente o que se pretende realizar prontamente.
Fecha de previa inspección.	Se reporta la fecha en que se dio la última inspección antes de la inspección que se realiza actualmente o que se pretende realizar prontamente.
Ubicación geográfica*	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. Puede emplearse para esto: GPS, Ortofotos o Mapas. Se recomienda tener un aproximado de este dato antes de realizar la visita para facilitar la ubicación de la alcantarilla. Puede luego mejorarse dicha aproximación en campo. Se recomienda usar la proyección CRTM-05 (en metros) en el reporte final de la ubicación geográfica, sin embargo es usual encontrar la información en GSC WGS (1984) (en grados decimales o grados, minutos y segundos) o en Lambert norte o sur (en metros). En la Figura 7 se indica con el subíndice 2 el punto donde se hace la toma de la ubicación.
Ubicación política.	Se reporta el distrito, cantón y provincia en la que está ubicada la alcantarilla o bien, de cuáles distritos, cantones o provincias es divisoria.
Número o código de la ruta.	Se reporta el número o código de ruta nacional o municipal a la que pertenece la alcantarilla.

Elemento	Explicación
Número de carriles	Se reporta el número de carriles (en ambos sentidos) presentes en la carretera en el punto de paso de la alcantarilla.
Tránsito promedio diario	Se identifica el tránsito promedio diario (TPD).
Porcentaje de pesados	Se reporta el porcentaje del TPD que corresponde a vehículos pesados.
Velocidad máxima permitida demarcada	Se identifica la velocidad máxima permitida (señalizada) en el tramo de la alcantarilla en kilómetros por hora (km/h).
Importancia	Se anota el valor asociado a la importancia vial. Este dato se explica de forma más detallada en la sección de priorización de acciones en múltiples alcantarillas.
Tipo de cálculo de importancia	Se identifica el tipo de cálculo que se realizó para determinar la importancia vial en la alcantarilla. Sea este para una ruta nacional usando el Plan Nacional de Transportes (PNT), una ruta cantonal empleando el Índice de Viabilidad Técnica Social (IVTS), empleando el Análisis de Rutas Alternas (ARA) o bien otro. Este apartado se explica menor en la sección de priorización de acciones en múltiples alcantarillas.
Tipo de zona*	Se identifica tanto en campo como en escritorio el tipo e zona en la que se encuentra la alcantarilla: residencial (casas de habitación), industrial (por ejemplo zonas francas), comercial (por ejemplo venta de servicios), agrícola, turística u otra. En el caso de encontrarse con una zona mixta, marcar qué tipo se encuentra (ejemplo industrial-rural).
Elementos potencialmente afectados*	Se identifica tanto en campo como en escritorio elementos que podrían estar potencialmente afectados por el colapso de la alcantarilla como: Edificaciones, Vías, Servicios (ductos, electricidad, etc.), Torres de Telecomunicaciones, Escuelas y Hospitales.
Historia de inundaciones	Se identifica si históricamente ha habido inundaciones locales aguas arriba de la alcantarilla o desbordamientos de esta. Una fuente de información para esto puede ser los registros de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) o testimonios de los vecinos.
Cuerpo de agua que cruza	Se indica el nombre del cuerpo de agua que la alcantarilla permite cruzar.
Está diseñada para el paso de organismos acuáticos	Se indica, en el caso de que existan registros de su diseño y conceptualización, si está concebida tomando en cuenta el paso de organismos acuáticos.
Está declarada como patrimonio	Se indica si, según patrimonio dicha estructura es un bien de interés histórico o cultural para el país.

Nota: *Debe ser corroborado en sitio. El formato de ingreso de fecha es "día/mes/año", en caso de no conocerse el día entonces "mes/año" y en caso de no conocerse el mes entonces "año".

Fuente: Jiménez, 2015.

Una vez obtenidos los datos previos a la gira se puede con toda certeza planificar una visita a campo para obtener los datos restantes. En el Cuadro 2 se detallan los datos generales que deben obtenerse en aguas arriba y aguas abajo mientras que en el Cuadro 3 se esclarecen cuáles medidas deben hacerse en los tubos y en general en la alcantarilla.

Cuadro 2. Datos generales y mediciones obtenidos aguas arriba y aguas abajo

Elemento	Explicación
Tipo de estructura de salida y entrada.	Se selecciona el tipo de accesorio empleado en la sección de entrada y en la sección de salida usando el criterio de Figura 2.
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, sin embargo en algunas ocasiones carece de éste.
Existencia de muros tipo ala (aletones).	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 todas las estructuras tipo cabezal, sin embargo en algunas ocasiones carece de estos.
Existencia de un dissipador de energía.	Se especifica si existe o no alguna obra de disipación de energía aguas abajo. Ejemplos de este tipo de estructura pueden ser encontrados en la Figura 3.
Tipo de protección del terraplén aguas arriba y aguas abajo.	Se reporta el tipo de protección que tiene el terraplén por ejemplo: gaviones, concreto, enrocado, geotextil u otro.
Tipo de protección del canal aguas arriba o aguas abajo.	Se identifica si existen obras de control de erosión en el canal tales como rocas, gaviones, concreto lanzado, concreto, etc. Esta estructura se diferencia del delantal en que no está directamente asociada a la estructura de salida o entrada de la alcantarilla, se extiende más allá de estas.
Número de entradas.	Se reporta el número de entradas existentes en la alcantarilla.
Tipo de material de fondo del río aguas arriba y aguas abajo.	Se identifica el tipo de material que existe mayormente en el fondo del río. Rocas (Piedra grande, 30 cm-o mayores), grava (piedra pequeña 0,5-30 cm), Arena (desde granos visibles hasta 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 revestido. Se debe de escoger la opción que describe mejor el tipo preponderante de fondo.
Altura.	Altura o dimensión máxima vertical de los tubos.
Cobertura.	Distancia desde la corona hasta la superficie de rodamiento.

Elemento	Explicación
Pendiente terraplén.	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 4.
Pendientes de márgenes.	Se identifica la pendiente aproximada de los taludes de las dos márgenes aguas arriba y aguas abajo. Véase la Figura 4.
Ángulo río alcantarilla aguas arriba y aguas abajo.	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 5.
Nivel de crecientes visto en campo aguas arriba y aguas abajo*	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 cuando más crecido está.

Nota: *Puede requerirse para hacer esta medición mejores instrumentos que o entrenamiento necesarios en una inspección regular.

Fuente: Jiménez, 2015.

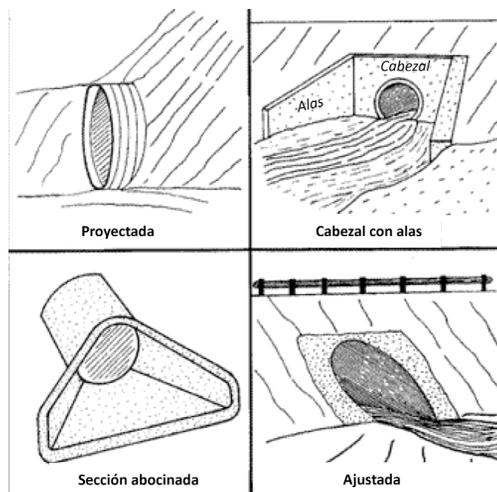


Figura 2. Tipos comunes de estructuras de salidas y entradas de alcantarillas.

Fuente: FHWA, 2012, modificado por Jiménez, 2015.

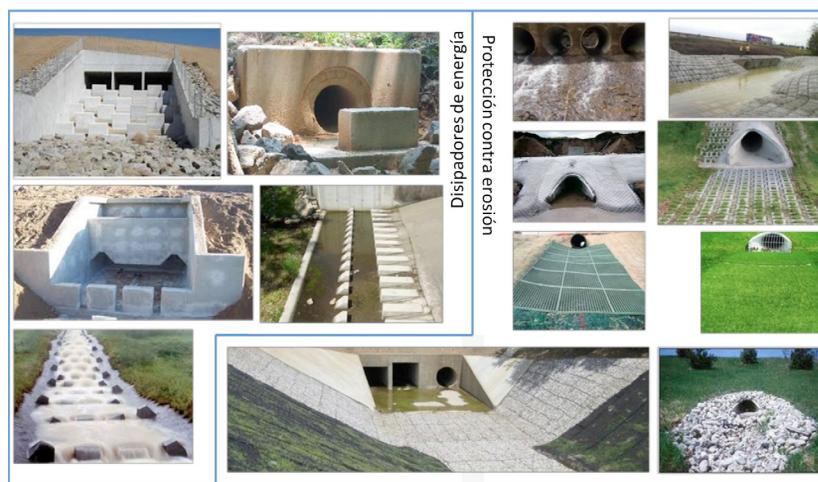
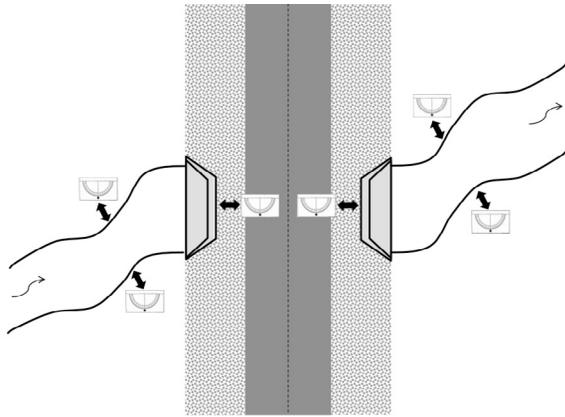
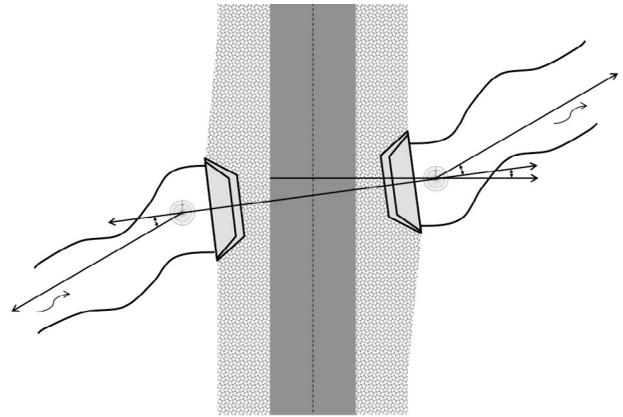


Figura 3. Tipos comunes de disipadores de energía y protección contra erosión.



 Sitio de medición de inclinación
  Dirección de medición
  Dirección del flujo

Figura 4. Sitios de registro de inclinación
 Fuente: Jiménez, 2015.



 Sitio de medición de ángulos
  Dirección de medición
  Dirección del flujo

Figura 5. Registro de diferencias angulares en la alcantarilla.
 Fuente: Jiménez, 2015.

Cuadro 3. Datos generales y mediciones generales de la alcantarilla y de sus tubos.

Elemento	Significado
Tipo de aguas que se observan.	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.
Material del tubo (o apertura).	Se identifica el material del tubo(s) encontrados en la alcantarilla. Los materiales más usuales en las alcantarillas incluyen: metal corrugado, concreto, plástico y mampostería (bloques de concreto o piedra).
Forma del tubo (o apertura).	Se identifica la forma de los tubo(s) encontrados en la alcantarilla usando el criterio de la Figura 6.
Tubos diferentes entre sí.	Se indica si en la alcantarilla existen tubos cuya forma, material o tamaño difieren significativamente entre sí.
Largo.	Distancia medida en la mitad de la altura del tubo desde la entrada hasta la salida.
Ancho.	Distancia horizontal característica de cada una del tubo.

Elemento	Significado
Separación.	Ancho promedio entre los tubos medido horizontalmente.
Pendiente de la alcantarilla*	Se identifica la pendiente de la alcantarilla a lo largo de la dirección de flujo.
Ángulo de la alcantarilla con la carretera.	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 5.

Nota: En el caso de haber diferencias en el material o forma entre tubos en la misma alcantarilla se detallan cada una de los tubos por aparte.

Fuente: Jiménez, 2015.

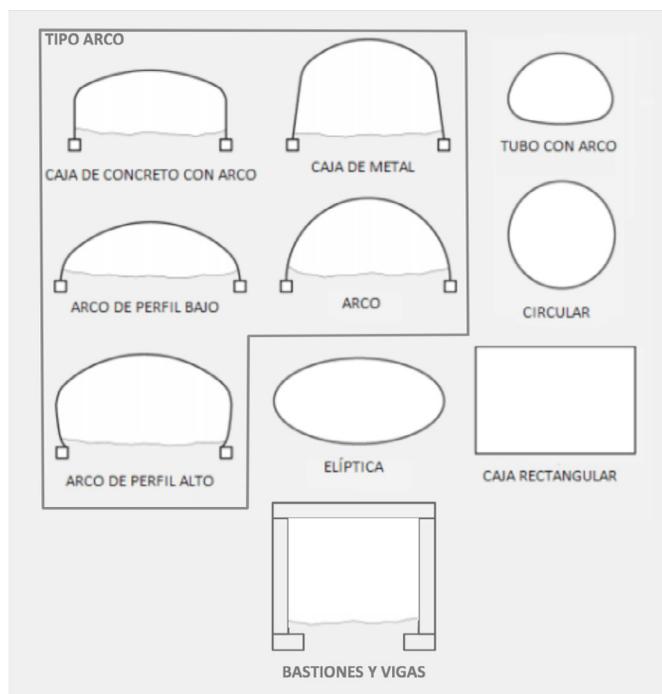


Figura 6. Clasificación de alcantarillas según forma.
Fuente: FHWA, 2012, modificado por Jiménez, 2015.

2.1.1. Registros fotográficos

Adicionalmente a la información anteriormente mencionada, es necesario hacer un registro fotográfico de la alcantarilla. En la Figura 7 se muestran dichos sitios donde se recomienda hacer fotografías: en la entrada (3) y salida (10) de cada tubo, en la entrada mirando hacia aguas arriba (4) y en la salida mirando hacia aguas abajo (11), de 25 a 50 metros antes de llegar a la alcantarilla en cada sentido (1 y 8), desde la carretera hacia aguas arriba (aquí también se toma la medición GPS) (2), desde la carretera hacia aguas abajo (9), desde cada uno de los taludes de las márgenes hacia su opuesto tanto aguas arriba (5 y 6) y aguas abajo (12 y 13) y finalmente una panorámica a la distancia de la entrada (7) y la salida (14). Todas estas fotografías son estándar y deben de ser realizadas sólo en el inventario. Las fotografías realizadas en la inspección sólo deben mostrar problemas específicos encontrados en ella.

Se recomienda al inspector marcar con una cruz, una raya o cualquier símbolo que le parezca adecuado cuando haya completado cada una de las fotografías del inventario para así no omitir ninguna.

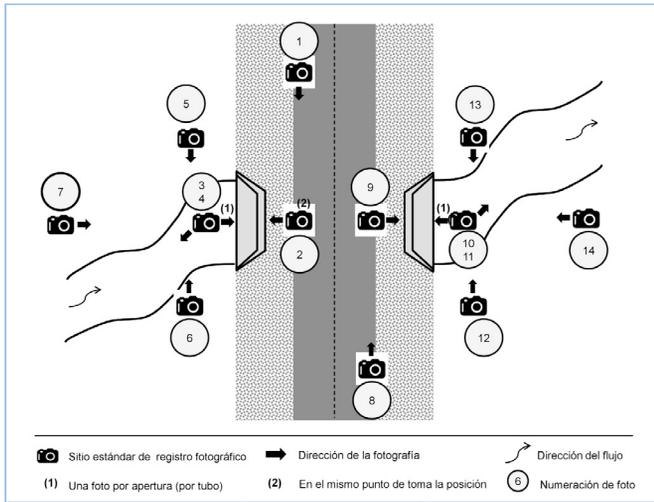


Figura 7. Croquis de la ubicación de los sitios estándar de registro fotográfico.
Fuente: Jiménez, 2015.

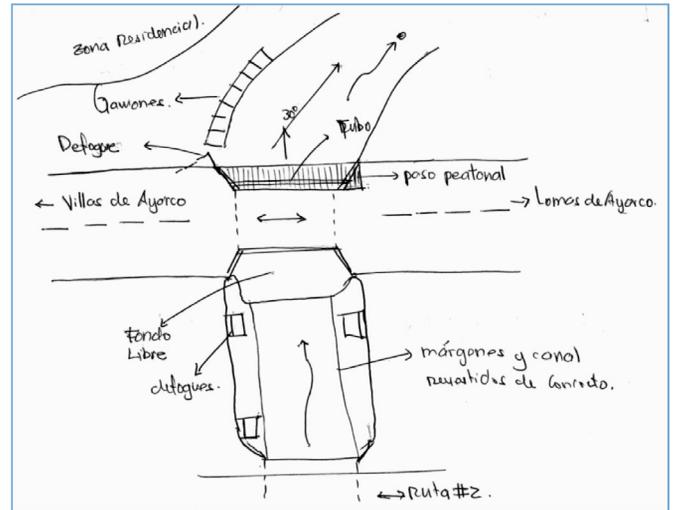


Figura 8. Ejemplo de diagrama en planta.

2.1.2. Elementos adicionales

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 del perfil longitudinal (a lo largo del flujo) 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. Adicionalmente permite destacar elementos de la forma del terraplén.

La zona de anotaciones del inventario es un espacio de gran utilidad para el inspector ya que le permite anotar

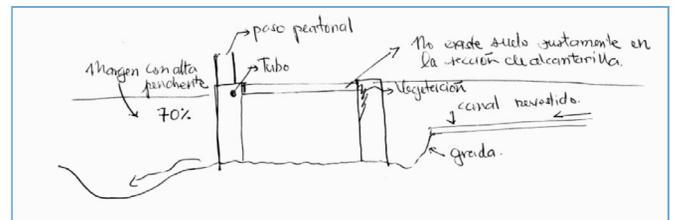


Figura 9. Ejemplo de diagrama de corte del perfil longitudinal.

características adicionales de la alcantarilla que no fueron abarcadas en otras partes del inventario o que requieren de particular atención y detalle. Es importante recalcar que se debe de abstener en este espacio de realizar anotaciones sobre la condición y del desempeño de la alcantarilla ya que estos deben ubicarse en el formulario de inspección.

2.1.3. Nota aclaratoria

Cabe resaltar que en una alcantarilla pueden existir tubos con distintos tipos de material y forma. Se recomienda en esos casos tomar el tipo predominante de la estructura. Si ambos tipos tienen el mismo peso o predominancia considere hacer un registro de una nueva alcantarilla (tratando la alcantarilla en cuestión como dos alcantarillas aparte una de la otra).

Inventario												
Código o Nombre		Fecha										
Encargados: 1.		2.										
Datos obtenidos previamente												
Fechas			Ubicación			* Es necesario corroborar dicha información en campo						
Construcción	día	mes	año	Coord.*	N.	E.	Sist. Coord.	WGC	CRTM	Lamb.N	Lamb.S	
Última reparación												
Último mantenimiento				Provincia								
Inventario previo				Cantón								
Inspección previa				Distrito								
Datos Viales				Datos de la Vecindad								
Código de ruta				Zona*	Residencial	Industrial	Comercial					
Número de carriles					Agrícola	Turística						
Tránsito promedio diario (veh/día)				Infra-estructura	Telecomunicaciones	Ctro. Educación						
Porcentaje de pesados (%)				cercana	Hospitales	Edif. Habitadas						
Velocidad máxima demarcada (km/h)					Servicios							
Importancia				Evidencia histórica de inundaciones								
Cálculo de importancia				PNT	IVTS	ARA	Cuerpo de agua que cruza					
				Otros								
* Es necesario corroborar dicha información en campo				Paso de organismos acuáticos				Patrimonio histórico-cultural				
Datos generales obtenidos en sitio												
Características generales aguas arriba						Características generales aguas abajo						
Tipo de entrada	Proyectada	Ajustada		Tipo de salida	Proyectada	Ajustada						
	Cabezal	Tipo bocina			Cabezal	Tipo bocina						
La entrada tiene	Delantal	Muros tipo ala		La salida tiene	Delantal	Muros tipo ala						
					Disipador de energía							
Protección canal	Concreto	Concreto lanzado		Protección canal	Concreto	Concreto lanzado						
	Gavión	Enrocado			Gavión	Enrocado						
	Geotextil				Geotextil							
Protección terraplén	Concreto	Concreto lanzado		Protección terraplén	Concreto	Concreto lanzado						
	Gavión	Enrocado			Gavión	Enrocado						
	Geotextil				Geotextil							
Material de fondo	Piedra grde.	Piedra peq.		Material de fondo	Piedra grde.	Piedra peq.						
	Arena	Limo o Arcilla			Arena	Limo o Arcilla						
	Concreto	Lajas			Concreto	Lajas						
Mediciones aguas arriba						Mediciones aguas abajo						
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 (m) **						Nivel de crecientes (m) **						
** Anote en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes												

Figura 10. Página 1. Formulario de Inventario.

2.1.4. Formulario de inventario

El formulario es una herramienta fundamental en el proceso de inventario no sólo debido a que registra ordenadamente la información pertinente, sino también porque éste muchas veces evita olvidos en el trabajo de campo y de escritorio.

Se presenta a continuación el formulario para realizar inventarios en alcantarillas. En él se encuentran de forma compacta todos los puntos anteriormente mencionados.

Características generales de la alcantarilla y del los tubos (entradas)											
Material de tubo(s)	Concreto	Metal	Plástico	Mampostería	Madera						
Forma de tubo(s)	Circular	Elíptico	Arco	Tubo con arc.	Cajón	Bastiones y Vigas					
Calidad de agua	Clara	Jabonosa	Fétida	Basura o escombros							
Otros	Los tubos (entradas) tienen forma, tamaño o material significativamente diferente										Tiene fondo libre
Medidas de los tubos (entradas)											
N° de tubos (entradas)				Ángulo tubo(s)-carretera (°)							
Largo del tubo(s) (m)				Pendiente de tubo(s) (°)							
Ancho del tubo(s) (m)				Separación entre tubos (m)							
Alto del tubo(s) (m)											
Fotos, diagramas y comentarios											
Mapa						Croquis de la vista en planta					
Croquis del perfil longitudinal											

Figura 11. Página 2. Formulario de Inventario.

inspeccionando se encuentra crítico, si los indicadores no corresponden con lo observado, entonces se revise si el elemento presenta al menos uno de los indicadores de una calificación mala, si no regular y si no buena.

Se pueden tomar en consideración algunos aspectos generales de la alcantarilla para hacer la evaluación específica, en especial en el caso de tener dudas. Primero, se debe de entender que al calificar como malo algún estado de la alcantarilla esto implica que se requiere en los próximos 6 meses la reparación de dicha condición o, de lo contrario dicho daño podría aumentar hasta llegar a ser una condición crítica. En el caso de la calificación crítica se refiere a que es muy posible que la condición presente en el elemento genere una situación de peligro para los usuarios de la vía, es decir, se podría dar el colapso de la alcantarilla. Si se tiene duda incluso luego de este recomienda tomar la peor de las calificaciones entre las que se está decidiendo.

Es importante anotar la razón por la cual se da una calificación mala o crítica en especial cuando ésta no pueda evidenciarse claramente en las fotografías o bien pueda llevar a algún tipo de controversia.

En caso de no poder darse la calificación de las alcantarillas deben de especificarse que el estado de ella es desconocido y por qué no se pudo efectuar dicha calificación. También hay que especificar si con un trabajo de mantenimiento se puede solucionar el problema y si es posible que maquinaria pesada entre al sitio. En el Cuadro 5 se especifican cada una de esas las preguntas.

Cuadro 5. Datos básicos para una inspección.

Elemento	Explicación
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.
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 que por tanto impide 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 dificulta 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*	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 vecindad.

Nota: * 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).



Cuadro 6. Estado del terraplén y de la carretera en la zona de la alcantarilla.

Rubro	Bueno	Regular	Malo	Crítico
Indicadores en el terraplén.	Ninguna señal de problemas.	Se pueden observar algunas grietas leves perpendiculares a la pendiente. Se puede observar la baranda ligeramente inclinada 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.	Hay una pérdida significativa del terraplén o de la baranda.
Indicadores en la carretera.	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.	Reporte si las condiciones observadas en la zona de la alcantarilla son significativamente más críticas que las observadas previa o posteriormente al paso.			



Cuadro 7. Explicación detallada de la calificación de la condición de las obras de entrada y salida.

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



Cuadro 8. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de concreto reforzado.



Rubro	Bueno	Regular	Malo	Crítico
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 pero con 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 10 cm. 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.	Distorsiones significativas resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto. Distorsiones se encuentran entre 5% y 10% del tamaño del conducto original.	Distorsiones muy significativas resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto. Distorsiones se son mayores al 10% del tamaño del conducto original. La estructura está parcialmente colapsada. Hay daño en el terraplén o en la carretera.

Rubro	Bueno	Regular	Malo	Crítico
Agrietamiento en cajones.	<p>Cajones y Arcos: 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>Tubo de concreto reforzado: Ninguna grieta.</p>	<p>Cajones y Arcos: 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>Tubo de concreto reforzado: Algunas grietas delgadas (del orden de 0.1 mm), pero no ubicadas ni en la corona ni en las esquinas.</p>	<p>Cajones y Arcos: Grietas de más de 6 mm con una entrada o salida significativa de suelo. Oquedades o grietas en más del 50% de la sección transversal.</p> <p>Tubo de concreto reforzado: 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.</p> <p>La alcantarilla ha fallado estructuralmente. Existen daños en el terraplén y/o en la carretera.</p>
Corrosión.	<p>Cajones y Arcos: Poca o ninguna eflorescencia presente.</p> <p>Tubo de concreto reforzado: Ninguna eflorescencia.</p>	<p>Cajones y Arcos: Poca o ninguna eflorescencia presente.</p> <p>Tubo de concreto reforzado: Ninguna eflorescencia.</p>	<p>Cajones y Arcos: El acero de refuerzo está expuesto.</p> <p>Tubo de concreto reforzado: 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>



Cuadro 9. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de acero corrugado.

Rubro	Bueno	Regular	Malo	Crítico
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. 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.	Distorsiones muy significativas resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto que son mayores al 20% del original. 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.



Cuadro 10. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de plástico.

Rubro	Bueno	Regular	Malo	Crítico
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. 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.	Distorsiones Severas resultando en aplanamiento del fondo y la corona de conducto Distorsiones se son mayores al 15% del tamaño del conducto original. 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.



Cuadro 11. Explicación detallada de la calificación de la condición de las alcantarillas de mampostería.

Rubro	Bueno	Regular	Malo	Crítico
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.	Bloques 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.

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 los 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. Es importante notar que se evalúa el tramo de la protección que se encuentra en peor estado de los existentes en la alcantarilla.

2.2.2. 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 existe una situación que se salen del alcance de una inspección visual. En el Cuadro 12 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.

Cuadro 12. Problemas de desempeño relacionados con acciones de nivel I

Problema	Indicador de Campo
Bloqueo por escombros o vegetación.	Bloqueo de más de $\frac{1}{3}$ (33%) del tubo de la alcantarilla en la entrada o dentro de ella.
Bloqueo de escombros frecuente y crítico.	Más de $\frac{3}{4}$ (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*	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.
Evidencia de rebosamiento.	Erosión en la estructura de protección vehicular, erosión aguas abajo en el terraplén, pérdida de pavimento e historial de inundaciones.
Erosión en el terraplén por mal manejo de aguas.	Se observan cárcavas en el terraplén aguas abajo o aguas arriba cercanos a los desfogues de aguas pluviales o bien cerca del punto más bajo de la carretera sin que se muestren señas de rebalse de la alcantarilla.
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.

Nota: * 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.

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 13 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.

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.

Cuadro 13. Problemas desempeño relacionados con acciones de nivel II

Problema	Indicador de Campo
Bloqueo de sedimentos crítico.	<p>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).</p> <p>Bloqueo de más de $\frac{3}{4}$ (75%) de la altura de la alcantarilla en la entrada o en la salida únicamente.</p>
Degradación del canal.	Entrada o salida colgando con las paredes del canal verticales o inestables. No se observa final grada de erosión local. Se observan fundaciones expuestas de estructuras en las márgenes (Ámbito urbano).
Inestabilidad en el terraplén.	Calificación mala o crítica de la carretera o el terraplén sin problemas de mal alineamiento o erosión local.
Tubificación en el terraplén.	<p>Asentamientos o huecos en la carretera sin problemas mayores de juntas encontrados en la alcantarilla.</p> <p>Parte del agua pasa por debajo o a los lados de la alcantarilla (no dentro de ella).</p>

Problema	Indicador de Campo
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.
Abrasión o corrosión agresiva.	Condición crítica relacionada a la abrasión o la corrosión encontrada en menos de 5 años.
Fundación expuesta.	Cualquier fundación que se vea expuesta en las alcantarillas con el fondo libre.
Para alcantarillas de fondo móvil.	Cualquier condición calificada como pobre o crítica.

2.2.3. Elementos adicionales

La zona de anotaciones de la inspección es un espacio de gran utilidad para el inspector ya que le permite anotar el porqué de las calificaciones y también le permite agregar mayor información específica respecto a los problemas de desempeño y estado de la alcantarilla tal y como se vieron en sitio. Es importante recalcar que se debe de abstener en el espacio de anotaciones escribir sobre recomendaciones, sugerencias y predicciones.

A diferencia de la zona de anotaciones, en la zona de comentarios se pueden realizar recomendaciones y sugerencias sobre lo que hay que hacer o bien predicciones sobre lo que puede ocurrir en la alcantarilla. Lo anterior en el caso de que el inspector se sienta en la capacidad de hacerlo y lo considere necesario.

2.2.4. Notas aclaratorias

Cabe resaltar que una alcantarilla en particular puede contener tipos distintos material y forma. En estos casos se recomienda realizar una inspección a cada tubo y tomar el resultado de la inspección más crítica.

2.2.5. Formulario de inspección

El formulario es una herramienta fundamental en el proceso de inspección no sólo debido a que registra ordenadamente la información pertinente, sino también porque éste muchas veces evita olvidos en el trabajo de campo y de escritorio.

Se presenta a continuación el formulario para realizar inspecciones en alcantarillas. En él se encuentran de forma compacta todos los puntos anteriormente mencionados.

2.2.6. Complemento fotográfico

				
N°	1	N°	2	
N°	3	N°	4	
N°	5	N°	6	

Figura 15. Página 3. Formulario de Inspección.



Figura 16. Complemento fotográfico para la inspección de tubos de concreto(1).

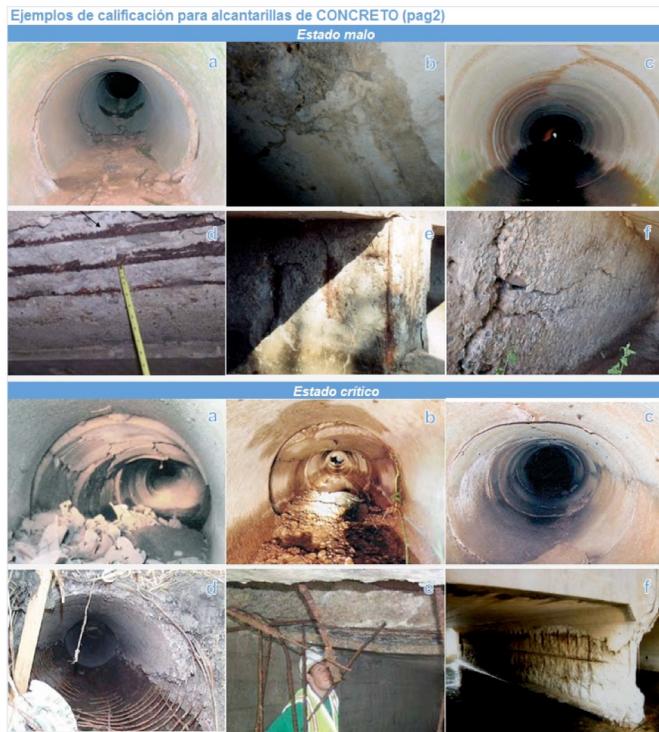


Figura 17. Complemento fotográfico para la inspección de tubos de concreto(2).

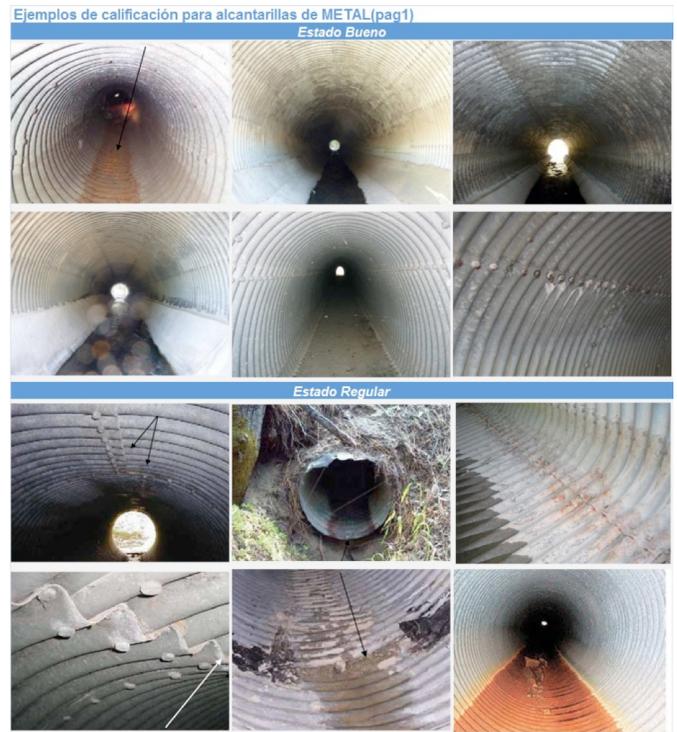


Figura 18. Complemento fotográfico para la inspección de tubos de metal (1).

Ejemplos de calificación para alcantarillas de METAL (pag2)



Figura 20. Complemento fotográfico para la inspección de tubos de mampostería.

Ejemplos de calificación para alcantarillas de PLÁSTICO

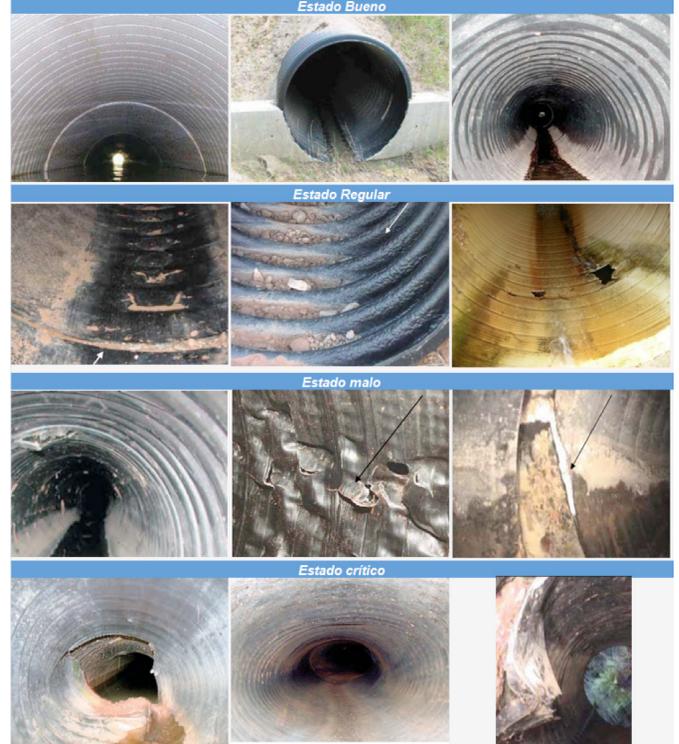


Figura 21. Complemento fotográfico para la inspección de alcantarillas de plástico.

Ejemplos de calificación para OBRAS de ENTRADA y SALIDA (pag1)



Figura 22. Complemento fotográfico para la inspección de obras de entrada y salida(1).

Ejemplos de calificación para OBRAS de ENTRADA y SALIDA (pag2)



Figura 23. Complemento fotográfico para la inspección de obras de entrada y salida(2).

Ejemplos de calificación de CARRETERA y TERRAPLÉN (pag1)



Figura 24. Complemento fotográfico para la inspección de la carretera y el terraplén(1).

Ejemplos de calificación de CARRETERA y TERRAPLÉN (pag2)

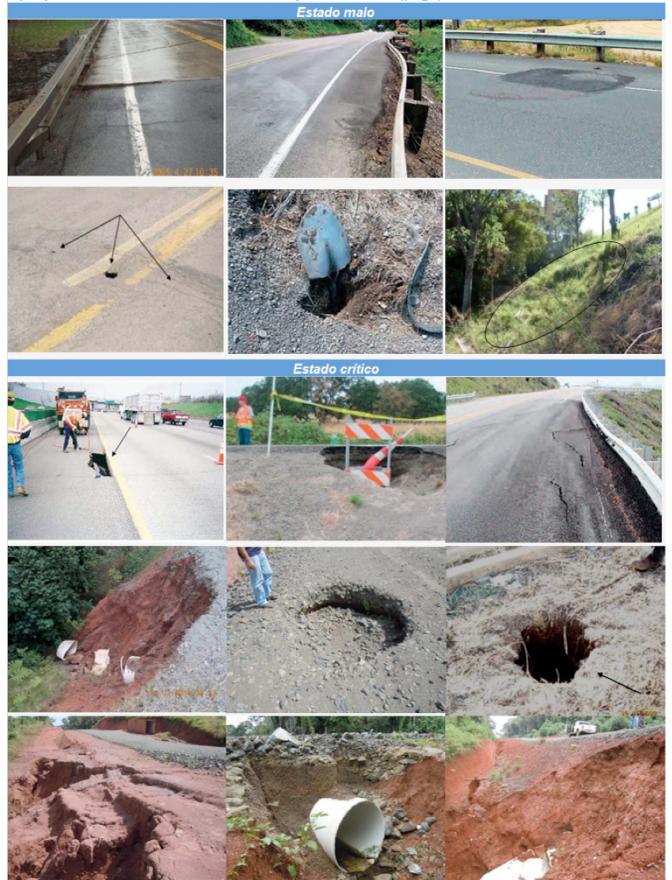


Figura 25. Complemento fotográfico para la inspección de la carretera y el terraplén(2).



Figura 26. Complemento fotográfico para la inspección de desempeño (1)

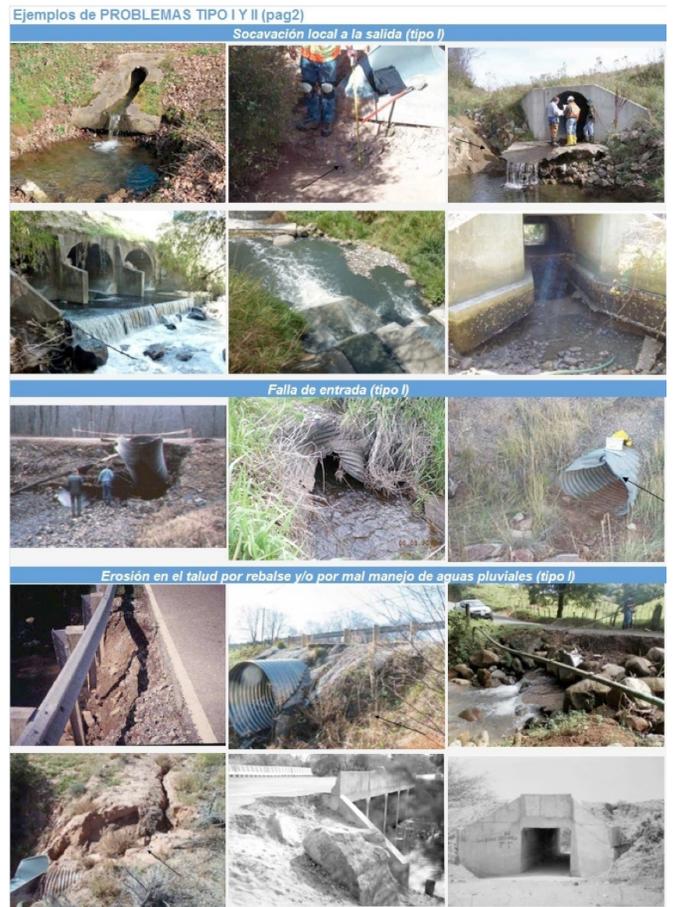


Figura 27. Complemento fotográfico para la inspección de desempeño (2).

2.3. Otras consideraciones

2.3.1. Entrada segura

Lo más importante de cualquier proceso de inspección o inventario es guardar la salud y seguridad del trabajador involucrado. En la Figura 29 se establece una serie de preguntas que el inspector debe de hacerse antes de entrar en la alcantarilla.

De forma general se puede decir que si la altura del tubo es menor a 1,20 m el inspector no debe entrar pero si considera que puede evaluar el fondo de la alcantarilla a partir de la inspección de ambos extremos la evaluación es válida. En el caso contrario, si un mantenimiento o limpieza no logra permitir hacer la evaluación entonces esa alcantarilla debe de ser revisada por medio de equipo especial.

En el caso de que la alcantarilla tenga más de 1,20 m pero al mismo tiempo tenga un extremo cerrado o tenga una extensión de más de 60 m entonces debe hacer una entrada mediante las especificaciones de OSHA (2011). Si ambos extremos están abiertos, la alcantarilla mide menos de 60 m de largo, la velocidad es menor a 0,30 m/s, la pendiente de la alcantarilla es menor a 20% y no exista un doblez significativo en la alcantarilla la entrada es segura.

En el caso de ríos de montaña o quebradas puede ser peligroso hacer un ingreso a la alcantarilla si ha comenzado a llover o existe bastante nubosidad en la zona aguas arriba de la alcantarilla. Se recomienda tener precaución.

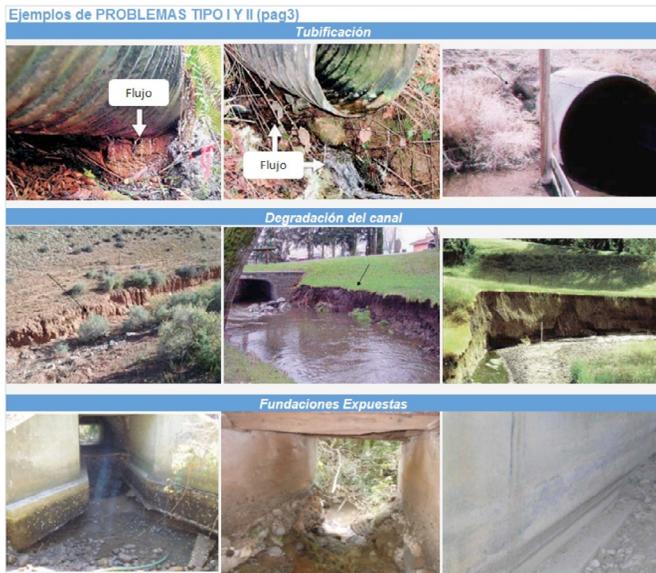


Figura 28. Complemento fotográfico para la inspección de desempeño (3).

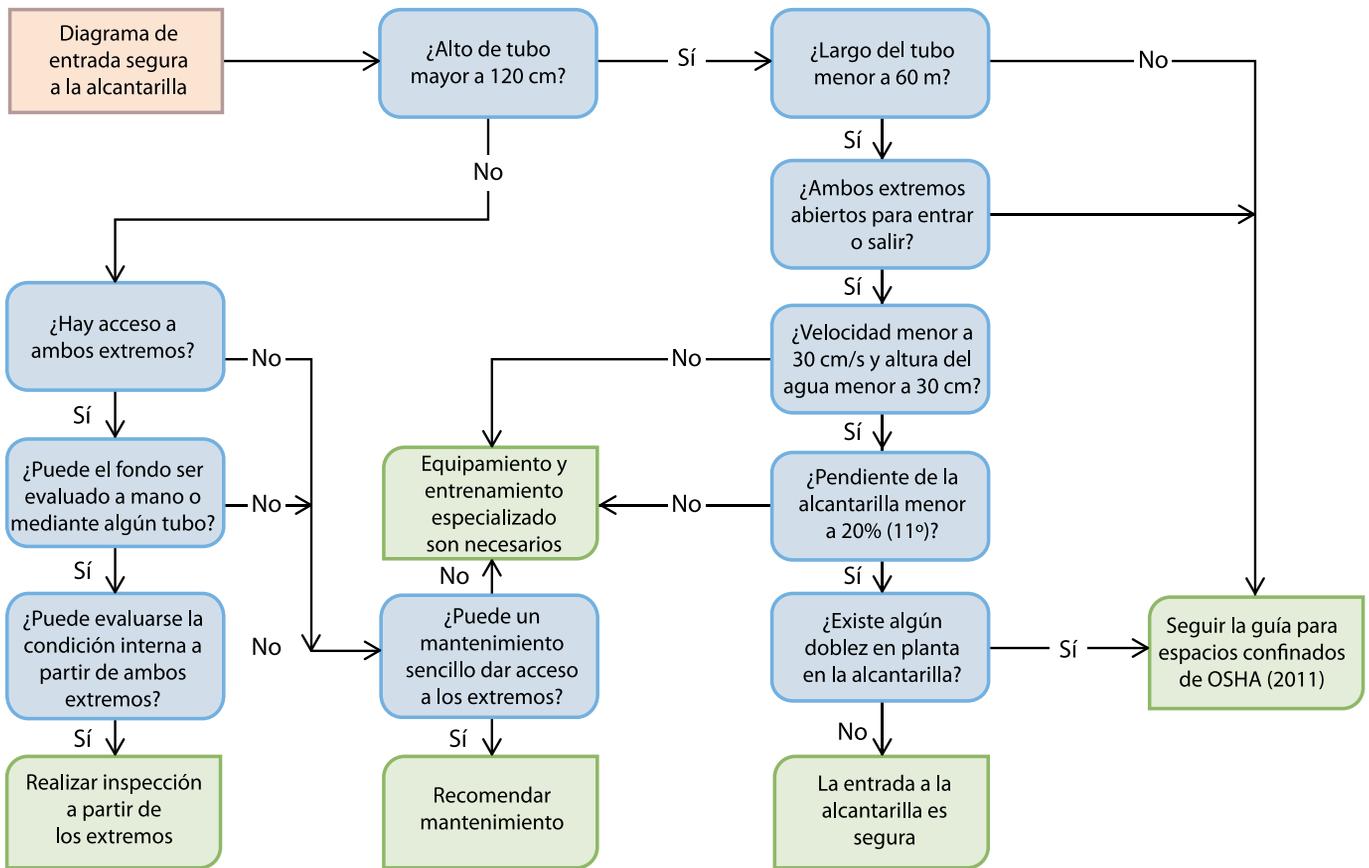


Figura 29. Diagrama de acceso seguro al sitio de inspección

2.3.2. Equipo necesario para efectuar un inventario o inspección

En el Cuadro 14 se presentan la mayoría de las herramientas necesarias para hacer una inspección regular a una alcantarilla. Para la medición de la pendiente de la alcantarilla es posible que sea necesario emplear un equipo más preciso para tomar ángulos o inclinaciones.



Figura 30. Equipo para efectuar inventario o inspección.

Cuadro 14. Equipo para efectuar inventario o inspección.

Lista de chequeo	
Guía de entrada segura	
Guía de evaluación	
Formulario de inspección e inventario	
Dispositivo de posicionamiento global(GPS) (empléese un celular en caso de no disponer de él)	
Cámara (empléese un celular en caso de no disponer de ella)	
Brújula (empléese un celular en caso de no disponer de ella)	
Clinómetro (empléese un celular en caso de no disponer de él)	
Linterna	
Cinta métrica de 7 m	
Cinta medidora de 30 m	
Pala	
Machete	
Varilla de auscultación (varilla de metal o madera con mango y medidas)	
Martillo de geología (o martillo regular)	

Lista de chequeo	
Conos o triángulos de seguridad	
Medidores de oxígeno*	
Salvavidas*	
Botas o traje impermeable	
Chaleco refractario	

Nota: *Sólo necesarios en el caso de acceso a espacios confinados o con riesgo alto de llenado repentino.

2.3.3. Recomendaciones para nombrar archivos y codificar alcantarillas

Para mantener el orden en la generación de información se recomienda emplear tanto como el código de los pasos como en el nombre de los archivos una secuencia estructurada que contenga la información relevante sobre el archivo o bien sobre la alcantarilla. Se busca determinar primeramente la localización de la estructura según el tipo de codificación de su gestor, luego en el segundo bloque de determinar qué tipo de estructura es (alcantarilla, puente, vado, etc), posteriormente se determina la fecha de inspección o análisis de la estructura y luego (para el caso del sistema de archivos) se determina qué tipo de documento se generó para dicha alcantarilla y para dicha fecha. En el caso de que no se disponga de la información se puede colocar un guion en la posición de la información pertinente.

En el caso de las rutas nacionales se recomienda usar el número de ruta (de 1 a 999) junto con el número de sección (de 1 a 99999) y el número de estructura (de 1 a 999) para determinar la ubicación de la alcantarilla, es decir de qué punto se está hablando. Luego con un número del

0 al 9 se puede determinar qué tipo de estructura se está inspeccionando, luego mediante la convención "añosmesdía" (19990212 = 12 de febrero de 1999) se establece la fecha de la visita y mediante una simplificación del nombre con tres letras se determina qué tipo de documento es como "inv"= "inventario", "inf"= "informe", o algunos similares.

```

0000000000_0_0000000_aaa
---Código de Ruta
----Código de Sección
---Estructura
  _Espacio
  -Tipo de estructura
  _Espacio
  ----Año
    --Mes
    --Día
      _Espacio
      ---Tipo de documento

```

Figura 31. Código propuesto para estructuras hidráulicas en rutas nacionales.

En el caso de las rutas cantonales se les recomienda en vez del código de ruta y de sección de control poner provincia, cantón u ruta cantonal. Todos los demás detalles son iguales al caso de las rutas nacionales.

```

00000000_0_0000000_aaa
-Provincia
--Cantón
---Ruta
---Estructura
  _Espacio
  -Tipo de estructura
  _Espacio
  ----Año
    --Mes
    --Día
    _Espacio
    --Tipo de documento

```

Figura 32. Código propuesto para estructuras hidráulicas en rutas cantonales.

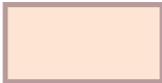
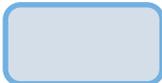
3. METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA PARA A LA TOMA DE DECISIONES Y PRIORIZACIÓN

3.1. 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. Mediante una serie de diagramas de flujo se puede llegar a una solución específica dada una inspección y un inventario. Dichos diagramas de flujo se presentan de la Figura 34 a la Figura. 41.

Antes de entrar a entender el funcionamiento de los diagramas es de utilidad tener una noción clara de qué significa cada una de las partes de un diagrama de flujo. Cada uno de los elementos tipo caja tiene un significado como se puede observar en el Cuadro 15. En los diagramas se presentan diferentes preguntas que guían mediante flechas al usuario a una respuesta o conclusión. Todas las preguntas presentes en dichos diagramas son dicotómicas, es decir de respuesta sí o no.

Cuadro 15. Simbología básica de los diagramas de flujo

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

Las preguntas hechas en estos diagramas son exactamente las mismas que se presentan en los formularios de inspección e inventario con excepción de las relacionadas con el proyecto de construcción ("¿Otras alcantarillas cercanas usan la metodología MRF?" "¿Otras alcantarillas cercanas usan metodologías de reemplazo sin trinchera?" y "¿Se puede permitir el cierre parcial o total de la vía?").

Cabe recordar que en caso de tener una duda sobre la condición, estado de la alcantarilla u otras como por ejemplo uso o no de tecnologías de reemplazo sin trinchera en el proyecto, se recomienda preguntarle al ingeniero encargado del proyecto, de lo contrario, tome siempre la decisión más conservadora.

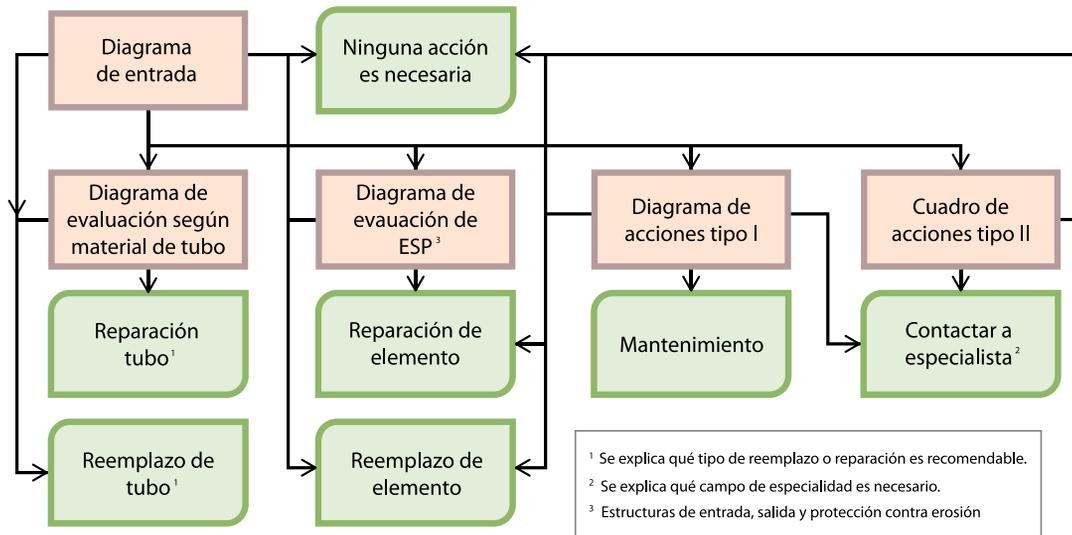


Figura 33. Esquema general de la metodología complementaria a la toma de decisiones.

La secuencia general que siguen los diagramas puede ser observada en la Figura 31, donde se explica que en función del primer diagrama o bien "Diagrama de entrada" se deben de cruzar o no los diagramas de evaluación del tubo, 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.

La forma de usar los diagramas es relativamente sencilla. Se deben responder las preguntas hasta llegar a un resultado final. En el camino es usual que el resultado llame a buscar otro diagrama o bien un cuadro para determinar qué solución tiene el problema de la alcantarilla analizada.

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 relleno 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.
- Si existe un problema de desempeño tipo II es necesario consultar al experto encargado de la investigación

(geotecnista, hidrólogo, estructural, etc.) antes de realizar ninguna acción en la alcantarilla. Idealmente se debe de esperar a la conclusión completa de investigación antes de continuar con el proceso de construcción o reparación.

- Aunque no sean necesarias reparaciones en las obras de entrada y salida de la alcantarilla es una práctica usual cambiarlas en el caso de cambiar la alcantarilla.

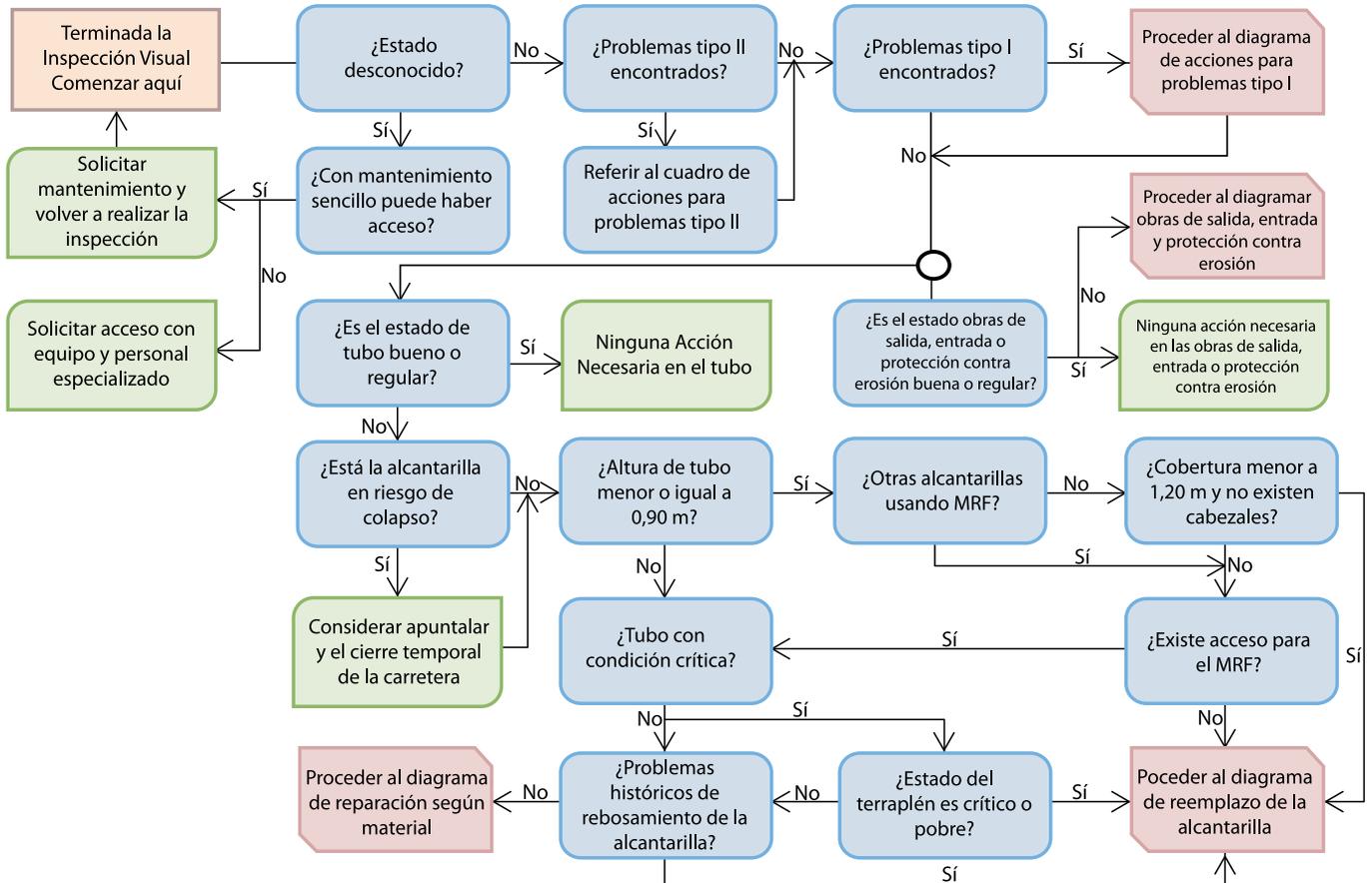


Figura 34. Diagrama de entrada del análisis posterior a la inspección.

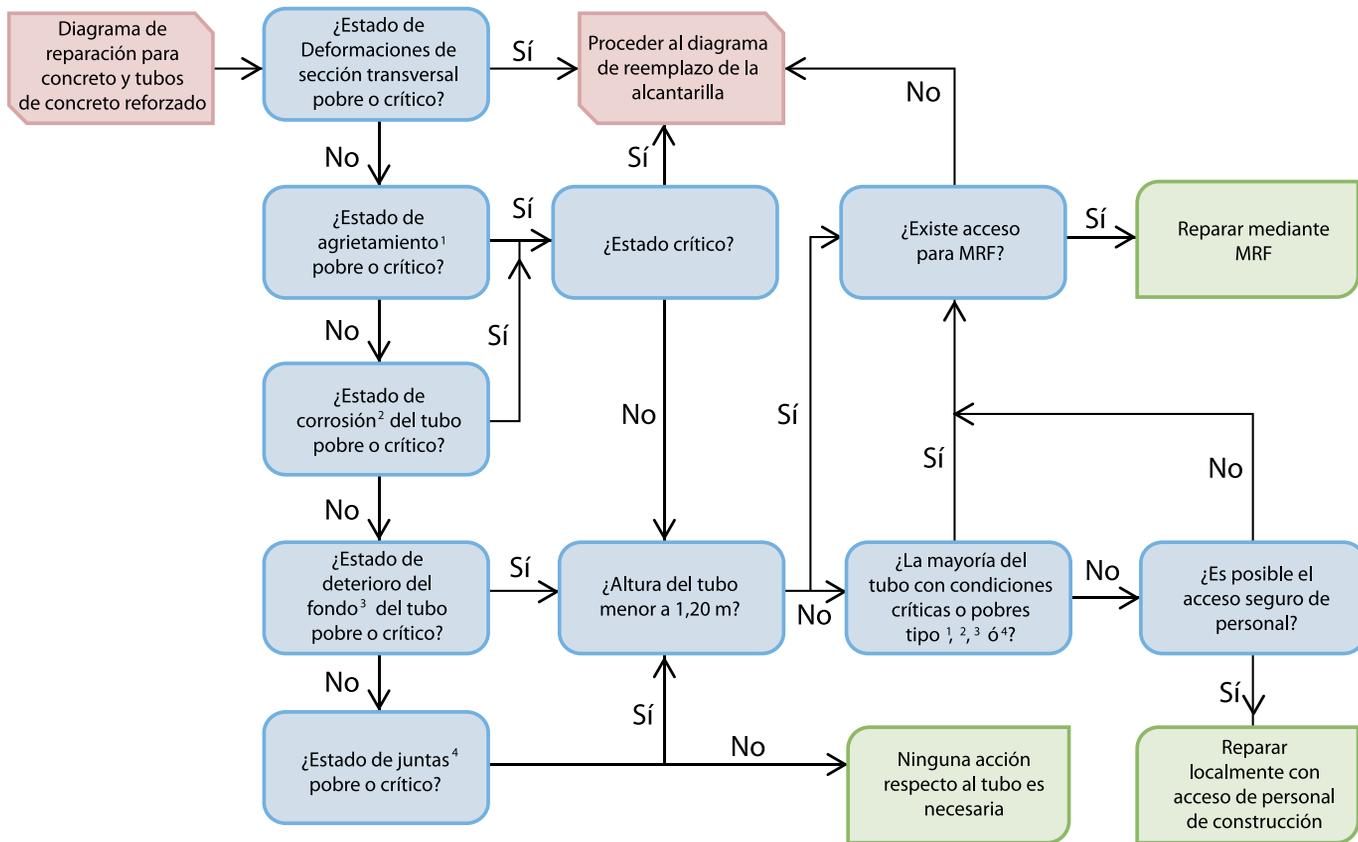


Figura 35. Diagrama de reparación (continuado) para concreto y tubos de concreto.

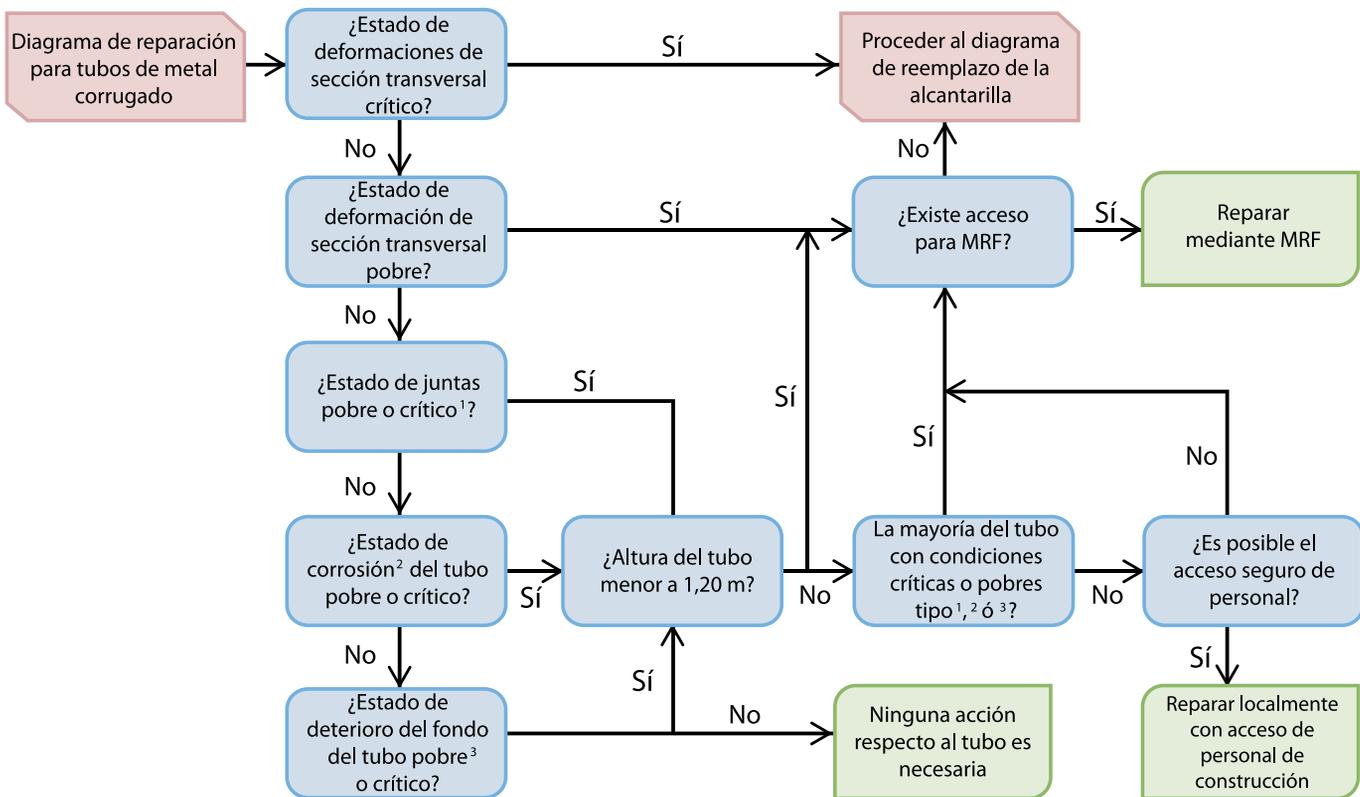


Figura 36. Diagrama de reparación (continuado) para tubos de metal corrugado.

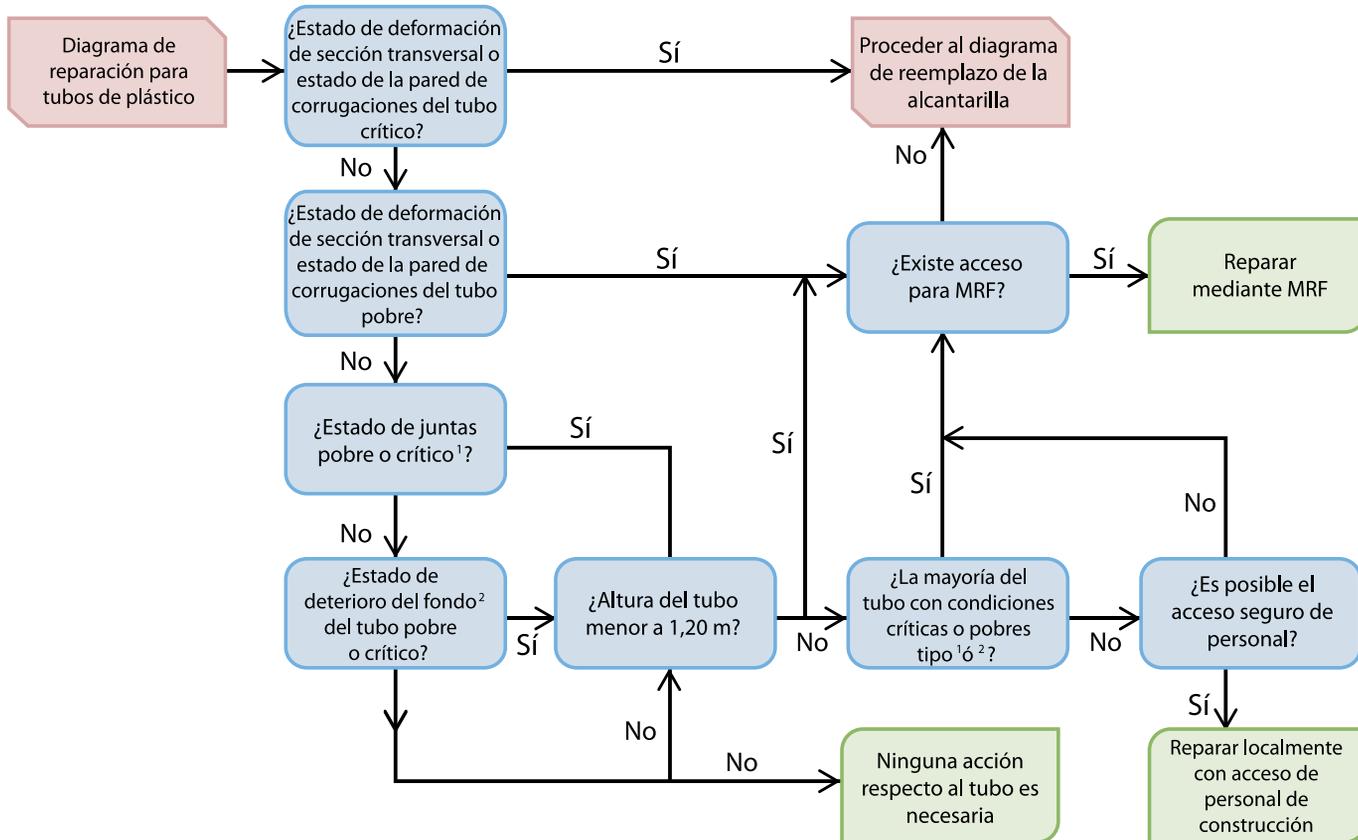


Figura 37. Diagrama de reparación (continuado) para tubos de plástico.

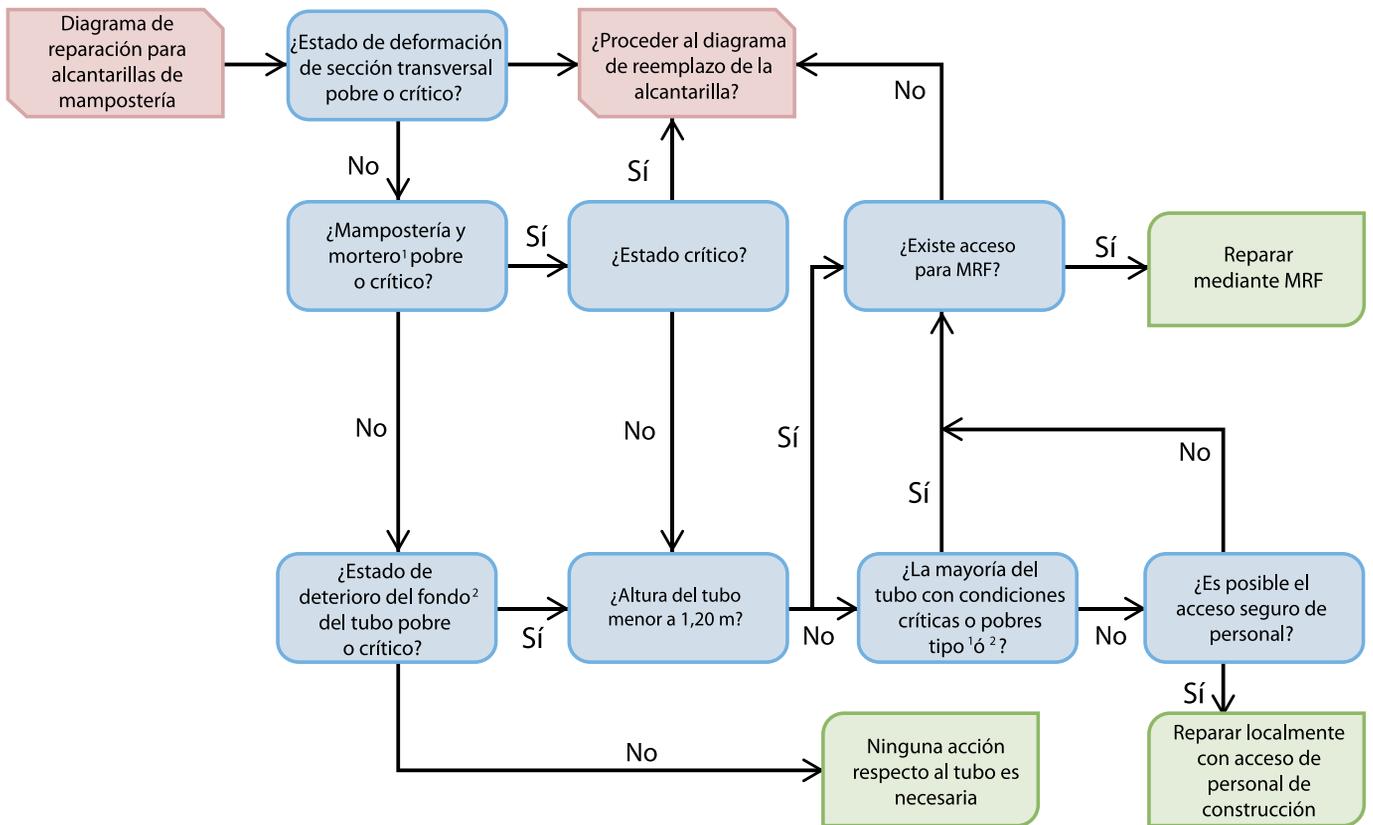
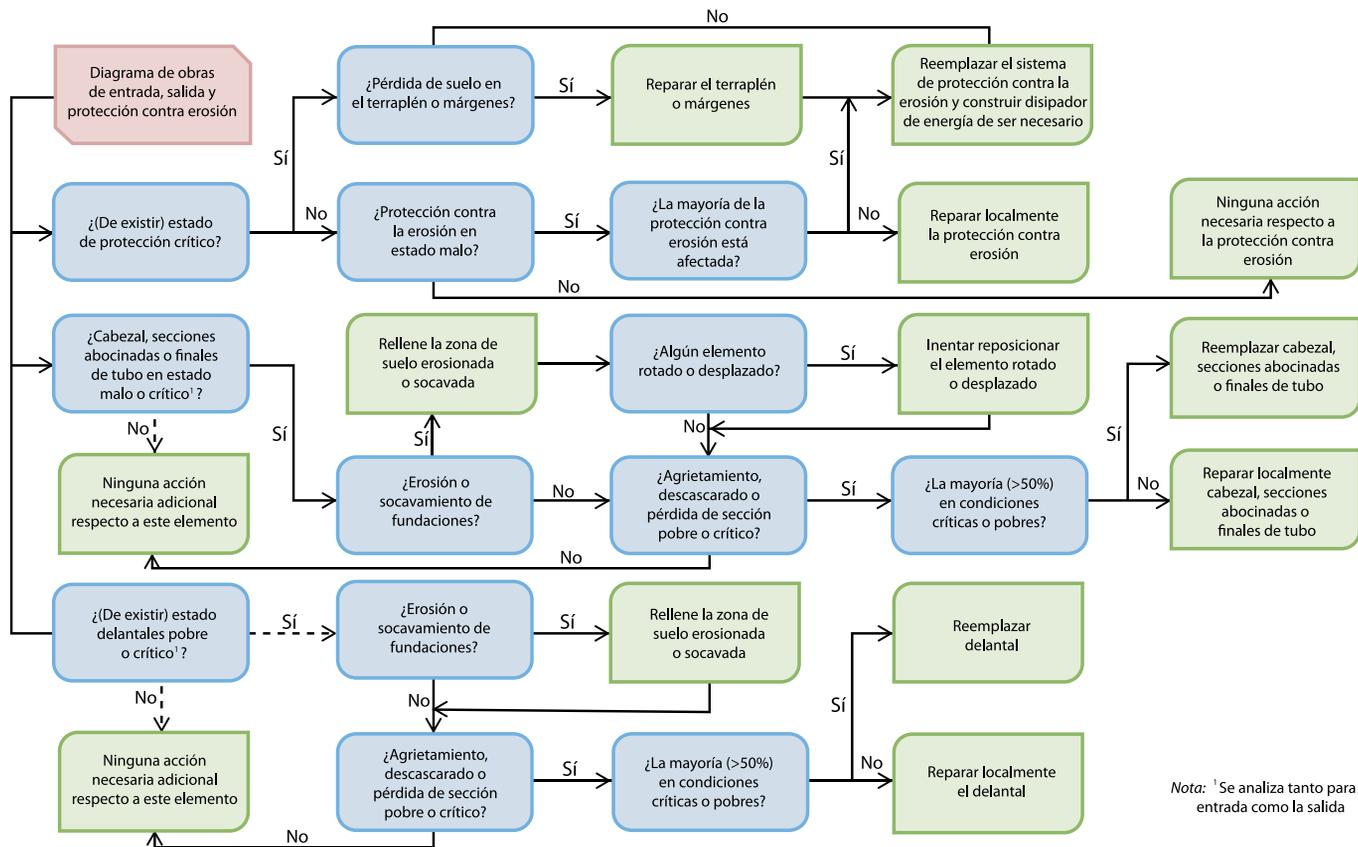


Figura 38. Diagrama de reparación (continuado) para alcantarillas de mampostería.



Nota: ¹ Se analiza tanto para la entrada como la salida

Figura 39. Diagrama de reparación o reemplazo ESP

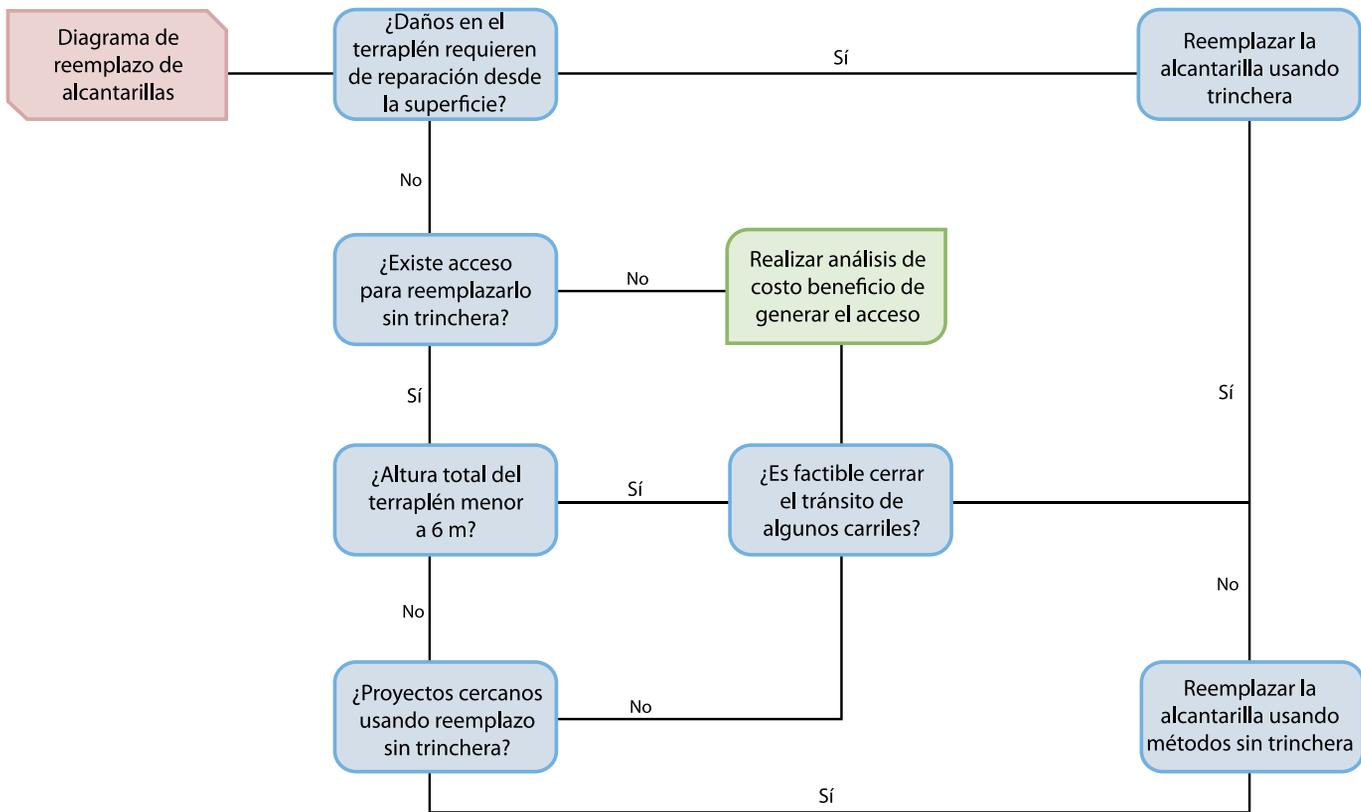


Figura 40. Diagrama para decidir método de reemplazo de alcantarillas.

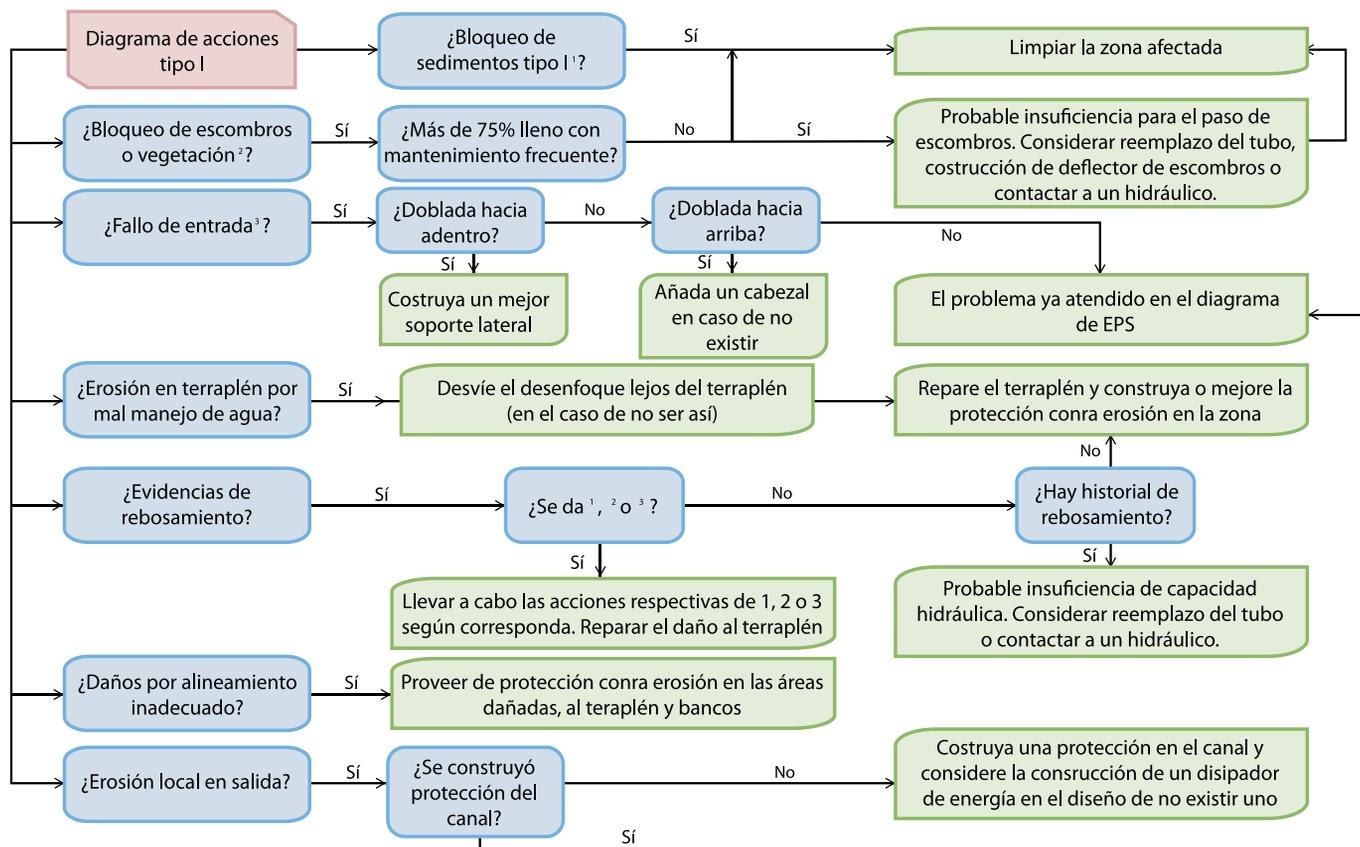


Figura. 41. Diagrama de acciones tipo I.

Cuadro 16. Investigaciones y recursos para problemas de nivel 2 con sus indicadores de campo.

Problema	Indicadores vistos en Campo	Disciplinas requeridas para la investigación
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 del tubo. 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, diseñadas para el paso de animales acuáticos o si pertenece al patrimonio histórico.	Cualquier problema crítico o malo encontrado y/o más de tres metros de fundación expuesta.	Hidráulico y geotecnista (fondo abierto). Hidráulico y ambiental (paso de organismos acuáticos). Hidráulico y Especialista en patrimonio (patrimonio histórico).

3.2. Priorización de acciones en múltiples alcantarillas

El uso eficaz de los recursos es uno de los parámetros más importantes en la gestión pública. en el apartado anterior se mostró una metodología para determinar qué acciones son necesarias en una alcantarilla dada. En este apartado se muestra un procedimiento para de forma aproximada encontrar en qué orden de prioridad se deben de asignar los recursos, es decir, qué alcantarilla atender primero. Esto se puede lograr al tomar en cuenta costo del cierre de la carretera y qué tan probable es que se dé un colapso (falla) en cada alcantarilla del proyecto.

3.2.1. Importancia de una alcantarillas.

Debido a que se busca con la priorización desarrollar una herramienta para la gestión, se propone dividir la obtención de la importancia de una alcantarilla en dos ámbitos: Nacional y Municipal. Esto debido a que en dichos ámbitos existen diferentes herramientas para determinar la importancia y también esos dos ámbitos son los dos principales encargados de la gestión de caminos y carreteras en el país.

3.2.1.1. Municipal

En el caso de las alcantarillas que se encuentren en la red vial cantonal se recomienda emplear el Índice de Viabilidad Técnico Social de la Vía (IVTS) como se explica en el Manual de especificaciones técnicas para realizar el inventario y evaluación de la Red Vial Cantonal (Decreto No.38578-MOPT-21-10-2014) desarrollado por el MOPT.

$$I_c = \frac{IVTS}{100}$$

1

Donde:

I_c := Importancia de una ruta cantonal (adimensional)

IVTS := Índice de Viabilidad Técnico Social de la Vía (porcentaje %)

3.2.1.2. Nacional

En el caso de las alcantarillas que se encuentren en la red vial nacional se recomienda el uso de la clasificación funcional que se encuentra en Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035. Para determinar la importancia de cada red. Por ejemplo se tiene que las redes de Alta Capacidad tienen un nivel de importancia superior al de la red de Distribución Regional y esta mayor a la de Integración. Las red básica de acceso se ubica en la última posición. Para discernir entre la importancia de rutas con la misma clasificación funcional se puede emplear el TPD. Una manera de realizar dicho análisis se presenta en la ecuación 2.

$$I_n = F_{TPD} * F_{PNT} \quad 2$$

Donde:

I_n := Importancia de una ruta nacional (adimensional)

F_{TPD} := Factor de tránsito promedio diario donde

$$F_{PNT} = \frac{TPD_{ruta}}{TPD_{max}} \quad (\text{adicionalmente})$$

F_{PNT} := Ajuste debido a clasificación funcional (adimensional)

- Alta capacidad = 1
- Distribución Regional = 0.75
- Conectores de integración = 0.5
- Red básica de acceso = 0.25

3.2.1.3. Metodología opcional

En algunos casos un análisis mediante los métodos anteriores puede ser un poco grueso para las necesidades del proyecto o bien puede que la clasificación no exista para la ruta analizada. En este caso se puede emplear el siguiente procedimiento para determinar el nivel de importancia de la alcantarilla.

Como la principal función de una alcantarilla es la del paso de vehículos, conforme mayor cantidad de vehículos empleen la alcantarilla mayor será la importancia para la sociedad. 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 MOPT, Lanamme o bien medirse en campo sin mucha complejidad. En el caso de la redundancia del sistema, es relativamente complejo medirla o calcularla de forma exacta. Se propone una forma aproximada para calcularla que se fundamenta en la medición de la diferencia entre la distancia recorrida por una ruta alterna respecto a la ruta original.

Para encontrar las llamadas rutas alternas se debe:

1. Suponiendo que la alcantarilla ya no existe, establecer las intersecciones "A" y "B". de forma tal estar conectadas por otra ruta adicional a la ruta de la alcantarilla y de ser posible por 2. En caso de que no se tenga otra ruta alterna siga el procedimiento establecido al final de este apartado.

2. Establecer distancia mínima recorrida desde la intersección "A" hasta la intersección "B" normalmente (con la alcantarilla funcionando).
3. Determine las 2 o 3 rutas más cortas que vayan desde la intersección "A" hasta la intersección "B" en ambos sentidos (usualmente es más sencillo buscar los puentes o alcantarillas más cercanos que crucen el mismo cuerpo de agua). Las rutas no deben de usar el mismo paso de agua, es decir si una usa el puente o alcantarilla "X" la otra no debe hacerlo.

Una forma de encontrar el valor de importancia de es mediante la ecuación 3.

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

Dónde:

FCV_A := Factor de costo vial por día del sentido A (km/día)

TPD := Tránsito promedio diario (vehículos/día)

RP := Razón de vehículos pesados, es decir: $RP_A = \frac{\%Pesados}{100}$

C_1 := 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. Puede aproximarse como 35 veces.

P_i := Es la razón de vehículos que al colapsar la alcantarilla se espera que use la ruta i Note que: $\sum_{i=1}^n P_i = 1$

ΔL_{A_i} := Diferencias en la longitud en el sentido A entre la ruta original y la ruta (km/vehículo)

n := Número de rutas opcionales o alternas.

Los valores de Pi pueden aproximarse de varias maneras. Uno de ellos es considerando 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:

$$P_i = \frac{\frac{1}{\Delta L_i}}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{\Delta L_j}} \quad 4$$

En algunos casos las rutas con mayor capacidad de ségún llevar tráfico son más lejanas, entonces éstas con la formulación anterior llevan menor volumen de carros que el que realmente deberían de llevar. 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.

$$P_i = \frac{1}{n} \quad 5$$

Luego, se suman los Factores de Costo Vial en cada sentido de la vía.

$$I_{ra} = FCV_A + FCV_B \quad 6$$

La I_{ra} (importancia usando rutas alternas) representa de forma general la cantidad de kilómetros equivalentes adicionales por día que recorren en conjunto los usuarios de la ruta principal al colapsar la alcantarilla.

Nótese que las unidades resultantes son:

$$FCV = \left[\frac{\text{Vehículos}}{\text{Día}} \right] * \left[\frac{\text{km}}{\text{Vehículo}} \right] = \left[\frac{\text{km}}{\text{Día}} \right] \quad 7$$

3.2.1.3.1. Notas adicionales

En el caso de pasos que no tengan rutas alternas la importancia vial se puede obtener de forma relativa a los proyectos evaluados en el proceso de priorización. Para esto se recomienda aumentar al doble el FCV del proyecto con rutas alternas que tenga el FCV mayor y asignarlo a la alcantarilla evaluada sin rutas alternas.

$$FCV_{sinRuta} = \max\{FCVs\} * 2 \quad 8$$

3.2.2. Estado y desempeño de la alcantarilla

Es claro que aquellas alcantarillas que están en peor estado son aquellas que deben de repararse o reemplazarse primero. Se supone entonces que existe una función tal que mediante el uso de los criterios de estado y desempeño de la alcantarilla desarrollados en la inspección, se puede llegar a un valor de 0 a 1 que determine de forma aproximada la probabilidad de falla (APF). Mediante la función 9 se puede obtener dicho valor.

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

Dónde:

REs := Razón de estado.

Ex := Necesidad de contactar a experto o especialista.

Ma := Necesidad de hacer mantenimiento en la alcantarilla.

La Razón de estado no es más que una calificación gruesa del porcentaje de la alcantarilla que se encuentra estructural y funcionalmente bien.

El porcentaje de estado se obtiene mediante el uso de los resultados de la metodología de toma de decisiones (diagramas de flujo). Se divide la estructura en sus elementos

principales y se les asigna a cada uno un porcentaje del estado total de la alcantarilla. Si fuera necesario reparar un elemento se le rebaja la mitad de su porcentaje y si es necesario reemplazarlo se rebaja el total. En el caso del terraplén se emplea la calificación hecha en la inspección (Bueno → CT= 1, Regular → CT= 0.75, Malo → CT= 0.50, Crítico → CT= 0.00).

Cuadro 16. Investigaciones y recursos para problemas de nivel 2 con sus indicadores de campo.

Elemento	% del Estado asignado	Resultados de inspección	
		%Estado si reparación	% Estado si reemplazo
Tubo	42%	21%	0%
Terraplén y carretera ¹	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 ²	4%	2%	0%
Delantales a la salida ²	4%	2%	0%
Protección contra erosión ²	8%	4%	0%
Total	100%	50%	0%

Nota: 1. 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 2. En el caso de que no exista alguno de estos elementos se emplea la ecuación 10.

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

Dónde:

REs := Razón de estado

T := Razón de estado en el tubo

CT := Razón de estado en la carretera y el terraplén

n_E := Número de elementos presentes de la estructura de entrada, salida y protección contra erosión.

E_i := Razón de estado del elemento i. Nótese que $E_i \leq 1$

p_i := Porcentaje asignado de la estructura al elemento i.

En el caso del desempeño se tiene que si hubiera que realizar un mantenimiento entonces $Ma = 4\%$ y si no $MA = 0\%$, en el caso de la necesidad de llamar a un experto se tiene que si fuera necesario $Ex = 16\%$ y de lo contrario $Ex = 0\%$. Esto lo que implica es que la probabilidad de falla aumenta conforme el estado y el desempeño sean peor de forma sumativa.

En Figura 42 se presenta la forma general de la función de aproximación de probabilidad de falla dados diferentes escenarios.

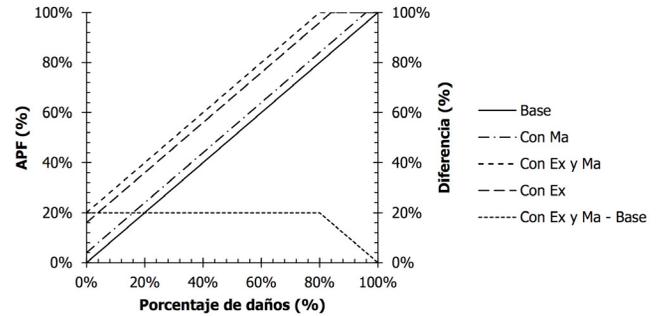


Figura 42. Aproximación de la probabilidad de falla como función del porcentaje de daños para varios casos de problemas de desempeño en el caso de la ecuación 9.

3.2.3. Unión de criterios

Una vez obtenidos ambos resultados se multiplican el uno por el otros para obtener un valor de prioridad cuyas unidades teóricas son iguales a las del valor de importancia de la alcantarilla. Esto indica que si en una alcantarilla la importancia vial es nueva 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 alcantarillas del mismo proyecto. Mientras mayor es P entonces mayor es la necesidad de actuar.

$$P = APF * I \quad 11$$

Dónde:

APF := Aproximación de la probabilidad de falla.

I := Importancia Vial

P := Prioridad relativa

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.cfhd.gov/programs/techDevelopment/hydraulics/culvert-assessment/>
- Jiménez, G. 2015. Evaluación de Pasos de agua tipo alcantarilla. Proyecto de graduación para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Civil. Escuela Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica. 94pp.
- 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). 2007. Manual de Inspección de Puentes. Recuperado el 13 de setiembre de 2014, de <http://www.mopt.go.cr/%5Cdocumentos%5Cpuentes%5Cmanual%5Cinspeccion.pdf>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), 2011. PLAN NACIONAL DE TRANSPORTES. Recuperado el 10 de diciembre de 2015 de: <http://www.cnc.go.cr/content/documentos/acerca%20de/programa%20de%20transportes/PNT%20de%20Costa%20Rica.%20Memoria.pdf>
- 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>
- 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
- 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
- MOPT. 2014. Manual de especificaciones técnicas para realizar el inventario y evaluación de la Red Vial Cantonal. Dirección de Planificación Sectorial Departamento Medios de Transporte. Recuperado el 12 de diciembre de 2015 de : <http://srvinternet.mopt.go.cr/carreteras/D-38578.pdf>

5. EJEMPLOS DE EJECUCIÓN DE METODOLOGÍA

5.1. Alcantarilla 202---001

5.1.1. Inventario

Inventario		Código o Nombre	202---001	Fecha	16	11	2015			
Encargados:		1. Josué Quesada	2. Andrey Chavarría							
Datos obtenidos previamente										
Fechas		día	mes	año	Ubicación					
Construcción			7	2014	Coord.*	N.	111114 E.			
Última reparación					Sist. Coord.	WGC	x CRTM Lamb.N Lamb.S			
Último mantenimiento					Provincia	Atajuela				
Inventario previo		7	12	2014	Cantón	San Ramón				
Inspección previa		7	12	2014	Distrito	San Rafael				
Datos Viales				Datos de la Vecindad						
Código de ruta				Zona*	x	Residencial	Industrial	Comercial		
Número de carriles		1			x	Agrícola	Turística			
Tránsito promedio diario (veh/día)				Infra-estructura		Telecomunicaciones		Ctro. Educación		
Porcentaje de pesados (%)						Hospitales	x	Edif. Habitadas		
Velocidad máxima demarcada (km/h)						x	Servicios			
Importancia					x	Evidencia histórica de inundaciones				
Cálculo de importancia		PNT	x	IVTS	ARA	Cuerpo de agua que cruza				
						Quebrada rosa				
* Es necesario corroborar dicha información en campo				Paso de organismos acuáticos		Patrimonio histórico-cultural				
Datos generales obtenidos en sitio										
Características generales aguas arriba				Características generales aguas abajo						
Tipo de entrada		x	Proyectada	Ajustada	Tipo de salida		x	Proyectada	Ajustada	
La entrada tiene			Cabezal	Tipo bocina	La salida tiene			Cabezal	Tipo bocina	
			Delantal	x	Muros tipo ala			Delantal	x	Muros tipo ala
								Disipador de energía		
Protección canal			Concreto	Concreto lanzado	Protección canal			Concreto	x	Concreto lanzado
			Gavión	Enrocado				Gavión	Enrocado	
			Geotextil					Geotextil		
Protección terraplén			Concreto	Concreto lanzado	Protección terraplén			Concreto	Concreto lanzado	
			Gavión	Enrocado				Gavión	Enrocado	
			Geotextil					Geotextil		
Material de fondo		x	Piedra grde.	Piedra peq.	Material de fondo		x	Piedra grde.	Piedra peq.	
			Arena	Limo o Arcilla				Arena	Limo o Arcilla	
			Concreto	Lajas				Concreto	Lajas	
Mediciones aguas arriba				Mediciones aguas abajo						
Cobertura (m)		0,15		Cobertura (m)		0,35				
Pendiente talud (*)		90		Pendiente talud (*)		90				
Pendiente talud margen derecha (**)		34		Pendiente talud margen derecha (*)		50				
Pendiente talud margen izquierda (**)		38		Pendiente talud margen izquierda (*)		43				
Ángulo río tubo(s) (*)		17		Ángulo río tubo(s) (*)		0				
Nivel de crecientes (m) **		2		Nivel de crecientes (m) **		2,5				

**Anote en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes

Figura 43. Inventario (pag 1)

Características generales de la alcantarilla y de los tubos (entradas)							
Material de tubo(s)	x	Concreto	Metal	Plástico	Mampostería	Madera	
Forma de tubo(s)	x	Circular	Elíptico	Arco	Tubo con arc	Cajón	Bastiones y Vigas
Calidad de agua	x	Clara	Jabonosa	Fétida	Basura o escombros		
Otros	Los tubos (entradas) tienen forma, tamaño o material significativamente diferente						Tiene fondo libre
Medidas de los tubos (entradas)							
N° de tubos (entradas)	4			Ángulo tubo(s)-carretera (*)	0		
Largo del tubo(s) (m)	4,3			Pendiente de tubo(s) (**)	1,5		
Ancho del tubo(s) (m)	1,5			Separación entre tubos (m)	0,15		
Alto del tubo(s) (m)	1,5						
Fotos, diagramas y comentarios							
Mapa				Croquis de vista en planta			
Croquis de sección longitudinal							

Figura 44. Inventario (pag 2)

Comentarios	
Paso consta de 4 entradas, tubos 1.5 m de diámetro de concreto	
El material de relleno es concreto.	
Nótese que -No hay ruta alterna	
Quebrada arrastra material grande 1m diámetro.	
Previamente existía un vado	
N° 1	N° 2
N° 3.1	N° 3.2

Figura 45. Inventario (pag 3)

N° 3.3	N° 3.4		
N° 4	N° 5		
N° 6	N° 7		

Figura 46. Inventario (pag 4)



Figura 47. Inventario (pag 5)

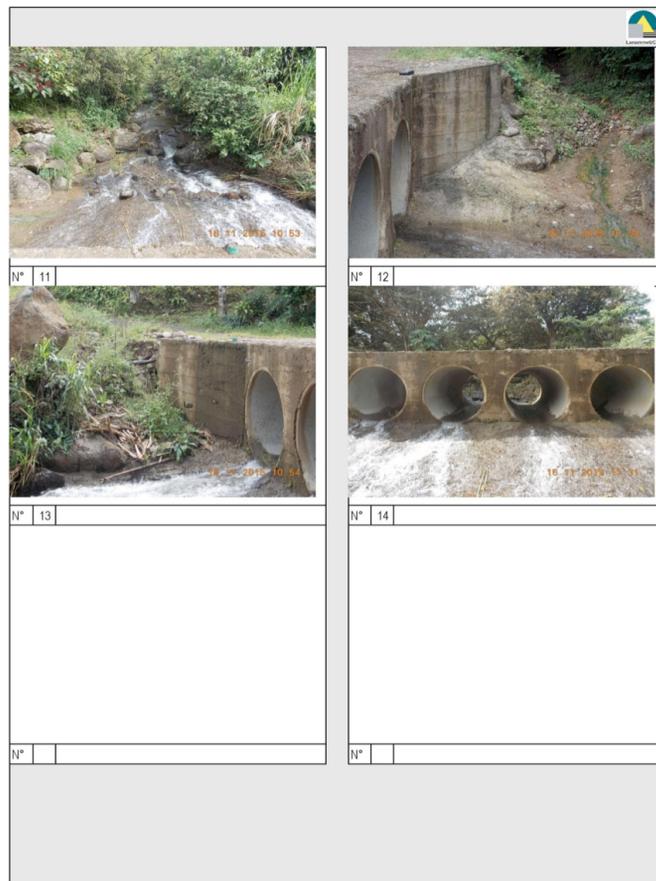


Figura 48. Inventario (pag 6)

5.1.2. Inspección

Inspección											
Código o Nombre:	202--001				Fecha						
Encargados:	1. Josué Quesada				2. Andrey Chavarria						
Estado Gen. Alcantarilla:	Bueno-B	x	Regular-R		Malo-M		Critico-C		Desconocido-D		
Es probable que la alcantarilla colapse en menos de 6 meses											
NO se puede acceder a toda la alcantarilla*											
Un mantenimiento sencillo NO puede generar acceso*											
NO existe acceso a maquinaria pesada*											
*debe explicarse en anotaciones											
Evaluación del estado											
Terraplén y Carretera					Estructura de entrada						
	B	R	M	C	NA		B	R	M	C	NA
Carretera		x				Cabezal, ajuste, proyección o bocina	x				
Terraplén	x					Socavación de fundaciones					
Hay algún daño en el terraplén que invade la vía											
Condiciones antes y después del paso son diferentes											
Tubo o apertura					Estructura de salida						
Fondo		x				Cabezal, ajuste, proyección o bocina	x				
Uniones		x				Socavación de fundaciones					
Deformación	x					Accesorio rotado					
Agrietamiento	x					Agrietamiento crítico					
Corrosión	x					Más de 50% malo o crítico					
Pared de corrugaciones					x	Delantal					x
Mampostería y mortero					x	Socavación de fundaciones					
Más de 50% malo o crítico						Accesorio rotado					
						Agrietamiento crítico					
						Más de 50% malo o crítico					
Protección contra erosión					Evaluación del desempeño						
Más de 50% malo o crítico		x									
¿Pérdida de suelo en el terraplén canal o márgenes por falta de protección?											
Problemas de desempeño tipo I											
Sedimentos entrada o salida > 33%										x	
Escombros o vegetación de más de 33%											
Escombros más de 75% con mantenimiento reciente											
Erosión local a la salida											
x Evidencia de rebosamiento en la alcantarilla											
x Erosión en el terraplén por mal manejo del aguas											
Daños en alcantarilla o márgenes por mal alineamiento											
Fallo Entrada Flotabilidad											
Fallo Entrada Aplastamiento											
Problemas de desempeño tipo II											
Sedimentos entrada o salida > 75%											
Sedimentos a lo largo de la alcantarilla > 33%											
Inestabilidad de taludes del terraplén sin otros problemas en la alc.											
Degradación del canal**											
Tubificación en el terraplén**											
Deterioro aparentemente generado por problemas de carga**											
Corrosión Agresiva**											
Abrasión Agresiva**											
Fundaciones expuestas o un estado malo o crítico en una alcantarilla: de fondo móvil, histórica o diseñada para paso de animales**											

Figura 49. Inspección. (pag 1)

Fotos, diagramas y comentarios									
Anotaciones sobre daños									
Problema de socavación a la salida que fue corregido mediante una protección en concreto lanzado									
Salida del tubo extremo de la margen derecha fracturado									
Hay registros de desbordamientos en la alcantarilla									
Las condiciones aguas arriba y aguas abajo son de formas diferentes, superficie de ruedo inadecuada.									
Comentarios									
Podría darse socavación en la entrada debido a que no hay delantal									
No hay baranda									
Diagramas									

Figura 50. Inspección. (pag 1)

5.1.3. Toma de decisiones

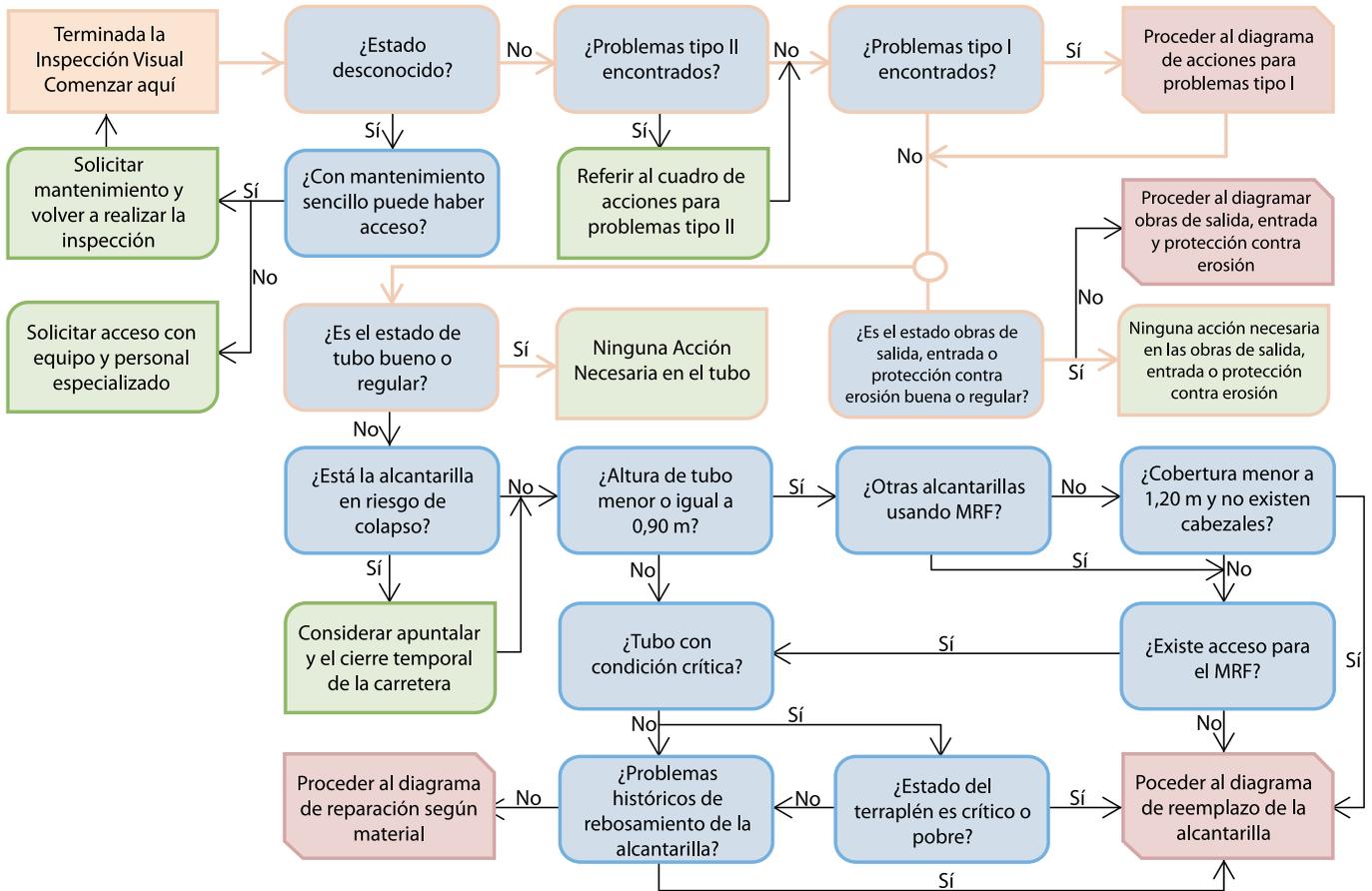


Figura 52. Toma de decisiones (pag1)

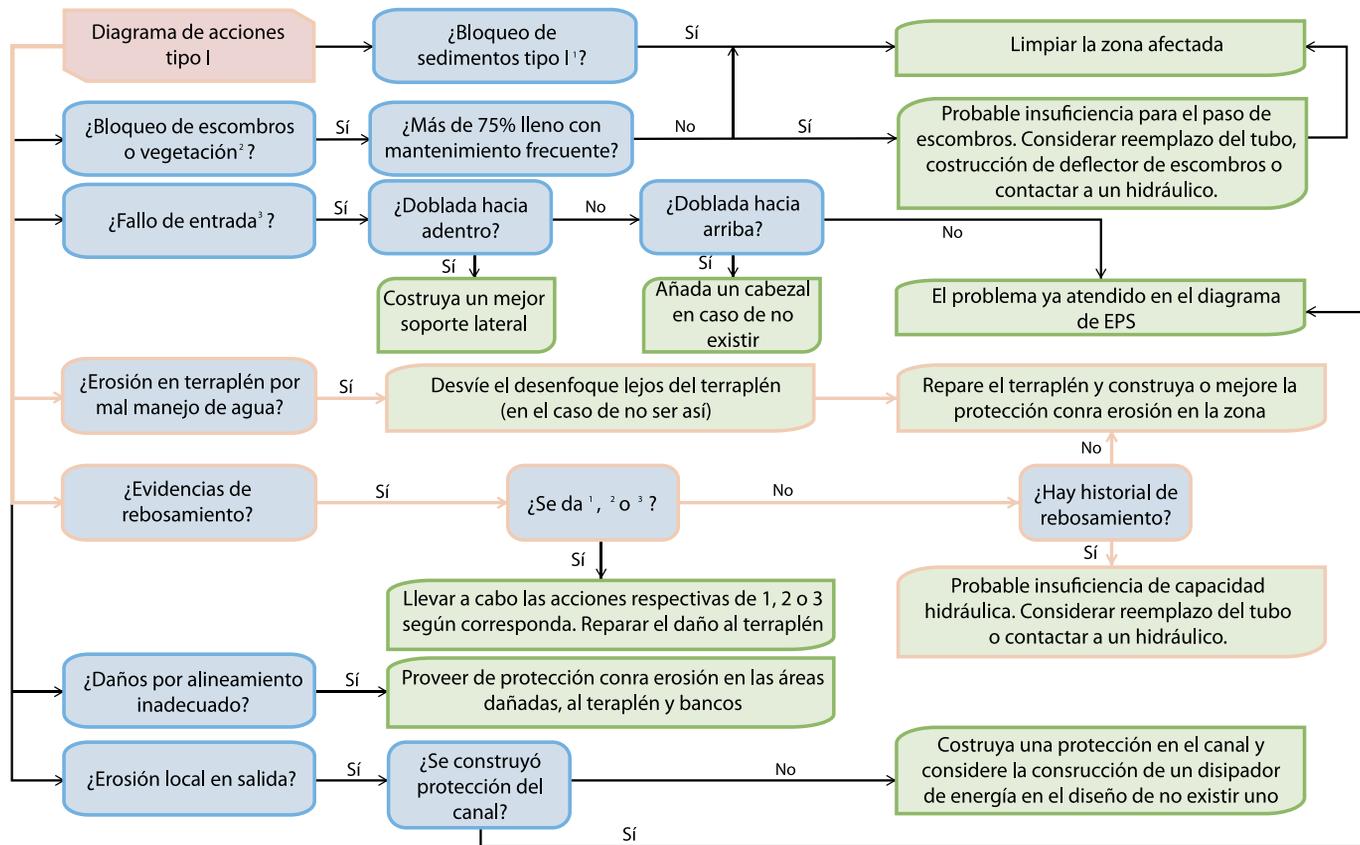


Figura 53. Toma de decisiones (pag 2)

5.2. Alcantarilla 303---001

5.2.1. Inventario

Inventario		Código o Nombre	205---001	Fecha	9 / 15 / 2015
Encargados:		1. Josué Quesada	2. Andrey Chavarria		
Datos obtenidos previamente					
Fechas		día	mes	año	Ubicación
Construcción				2014	Coord.* N. 9°56'06,5" E. 84°22'43,0"
Última reparación					Sist. Coord. x WGC CRTM Lamb.N Lamb.S
Último mantenimiento					Provincia Atajuela
Inventario previo		11	8	2015	Carltón Atenas
Inspección previa		11	8	2015	Distrito Concepción
Datos Viales		Datos de la Vecindad			
Código de ruta		Zona*		Residencial	Industrial
Número de carriles		2		x Agrícola	Turística
Tránsito promedio diario (veh/día)				Telecomunicaciones	x Ctro. Educación
Porcentaje de pesados (%)				Hospitales	x Edif. Habitadas
Velocidad máxima demarcada (km/h)				x Servicios	
Importancia		Evidencia histórica de inundaciones			
Cálculo de importancia		PNT	x	IVTS	ARA
				Cuerpo de agua que cruza Sin Nombre	
		Otros			
				Paso de organismos acuáticos	Patrimonio histórico-cultural
* Es necesario corroborar dicha información en campo					
Datos generales obtenidos in sitio					
Características generales aguas arriba			Características generales aguas abajo		
Tipo de entrada	Proyectada	Ajustada	Tipo de salida	Proyectada	Ajustada
	x Cabezal	Tipo bocina		Cabezal	Tipo bocina
La entrada tiene	x Delantal	x Muros tipo ala	La salida tiene	Delantal	Muros tipo ala
				Disipador de energía	
Protección canal	Concreto	Concreto lanzado	Protección canal	Concreto	Concreto lanzado
	Gavion	Enrocado		Gavion	Enrocado
	Geotextil			Geotextil	
Protección terraplén	Concreto	Concreto lanzado	Protección terraplén	Concreto	Concreto lanzado
	Gavion	Enrocado		Gavion	Enrocado
	Geotextil			Geotextil	
Material de fondo	Piedra grde.	x Piedra peq.	Material de fondo	Piedra grde.	x Piedra peq.
	Arena	Limo o Arcilla		Arena	Limo o Arcilla
	Concreto	Lajas		Concreto	Lajas
Mediciones aguas arriba			Mediciones aguas abajo		
Cobertura (m)		0,6	Cobertura (m)		0,76
Pendiente talud (*)		40	Pendiente talud (*)		35
Pendiente talud margen derecha (*)		30	Pendiente talud margen derecha (*)		30
Pendiente talud margen izquierda (*)		35	Pendiente talud margen izquierda (*)		30
Ángulo río tubo(s) (*)		0	Ángulo río tubo(s) (*)		0
Nivel de crecientes (m) **		1	Nivel de crecientes (m) **		1,4
**Anoto en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes					

Figura 54. Inventario (pag 1).

Características generales de la alcantarilla y de los tubos (entradas)					
Material de tubo(s)	x	Concreto	Metal	Plástico	Mampostería
Forma de tubo(s)	x	Circular	Elíptico	Arco	Tubo con arco
Calidad de agua	x	Clara	Jabonosa	Fétida	Basura o escombros
Otros	Los tubos (entradas) tienen forma, tamaño o material significativamente diferente				Tiene fondo libre
Medidas de los tubos (entradas)					
N° de tubos (entradas)	2		Ángulo tubo(s)-carretera (*)	0	
Largo del tubo(s) (m)	10,2		Pendiente de tubo(s) (*)	0	
Ancho del tubo(s) (m)	1,4		Separación entre tubos (m)	0,45	
Alto del tubo(s) (m)	1,4				
Fotos, diagramas y comentarios					
Mapa			Croquis de vista en planta		
Vista transversal					

Figura 55. Inventario (pag 2)

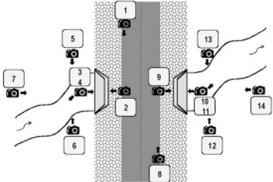
	
Comentarios	
En la entrada se encontraron ramas en un tubo de agua potable que pasa por dentro de la alcantarilla. Se anota entonces la altura del agua dentro de la alcantarilla en dicho punto que es aproximadamente 1 m.	
La medida aguas abajo del nivel de crecientes se da a partir del nivel de basura máximo encontrado aguas arriba y a partir del nivel de la vegetación.	
A pesar de que CNE tiene el sitio como un lugar propenso a inundarse al consultarle a los vecinos se pudo corroborar que la alcantarilla (según su experiencia) no ha sido sobre pasada por ninguna creciente. Al menos desde su reciente construcción por parte de los encargados del proyecto hidroeléctrico Chucaz.	
	
	
	

Figura 56. Inventario (pag 3)

Figura 57. Inventario (pag 4)

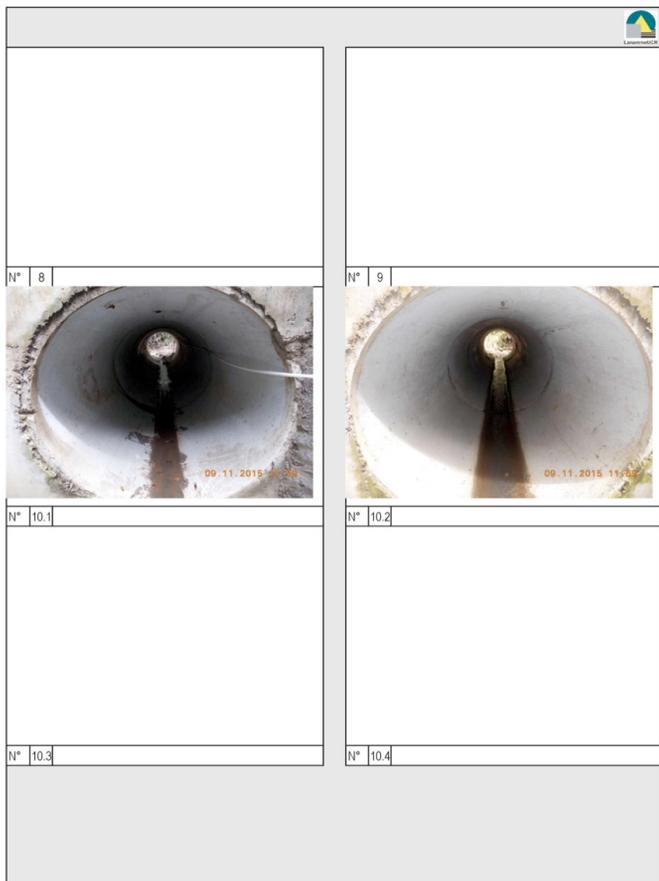


Figura 58. Inventario (pag 5)

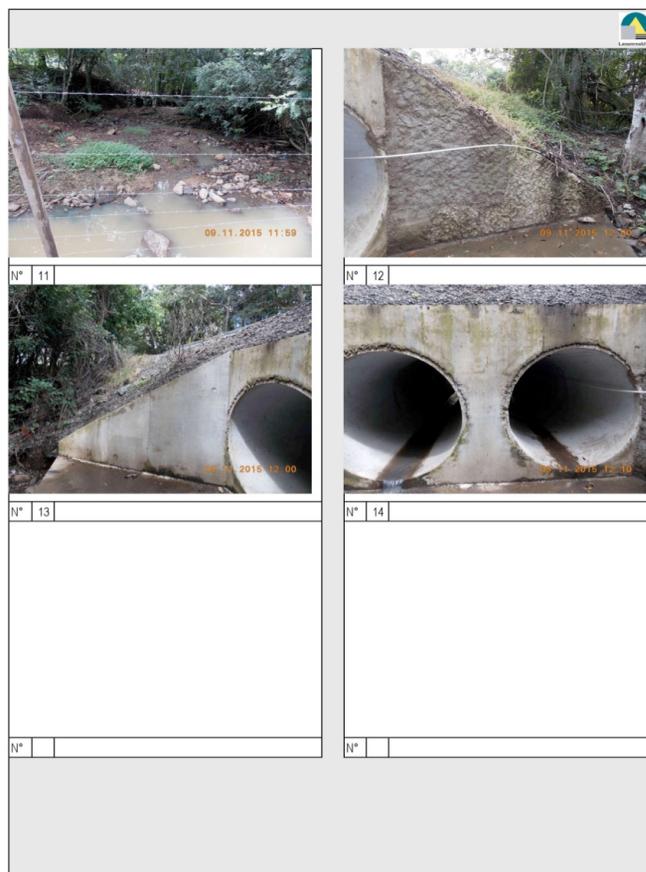


Figura 59. Inventario (pag 6)

5.2.3. Toma de decisiones

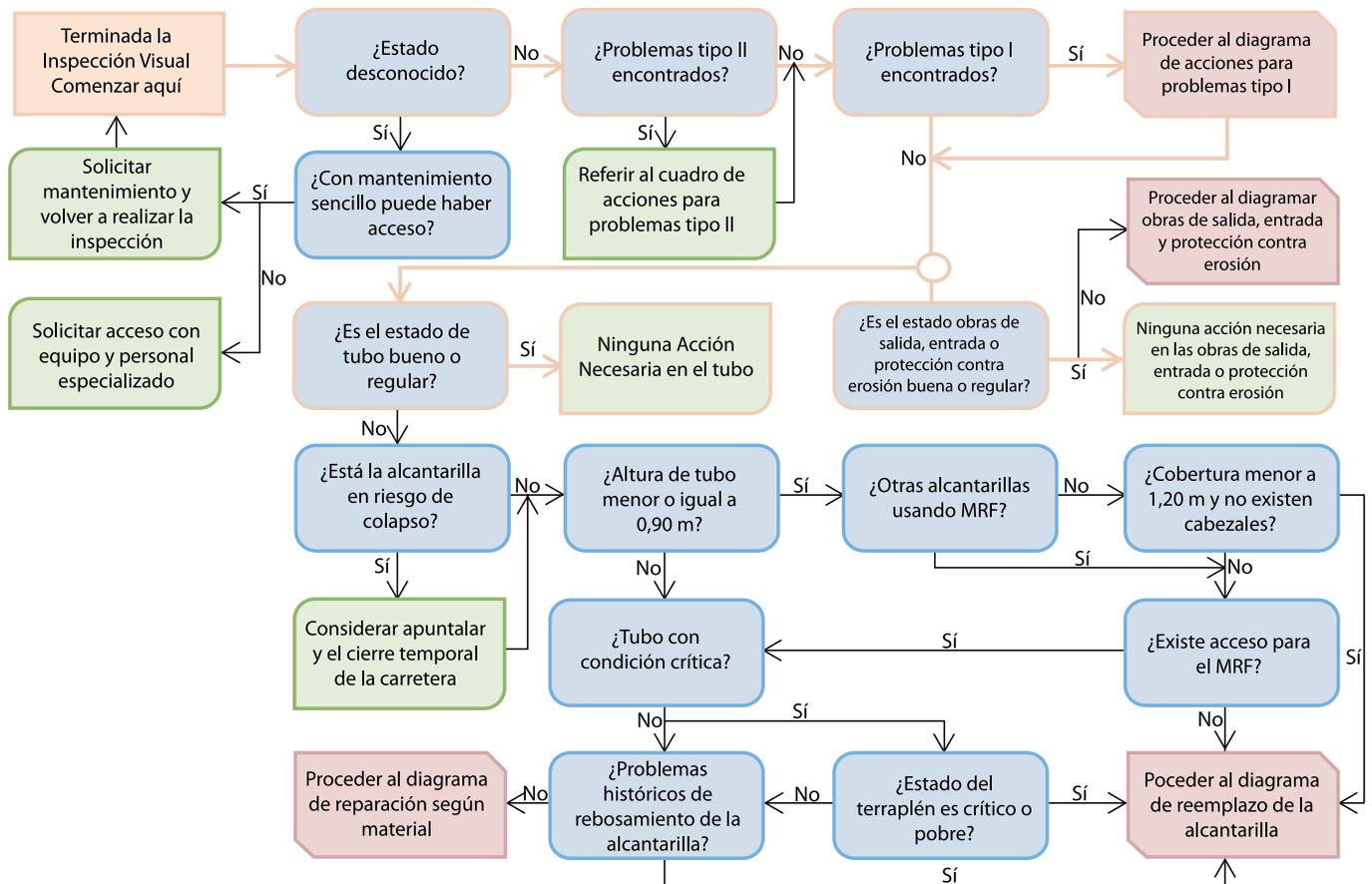


Figura 63. Toma de decisiones (pag 1)

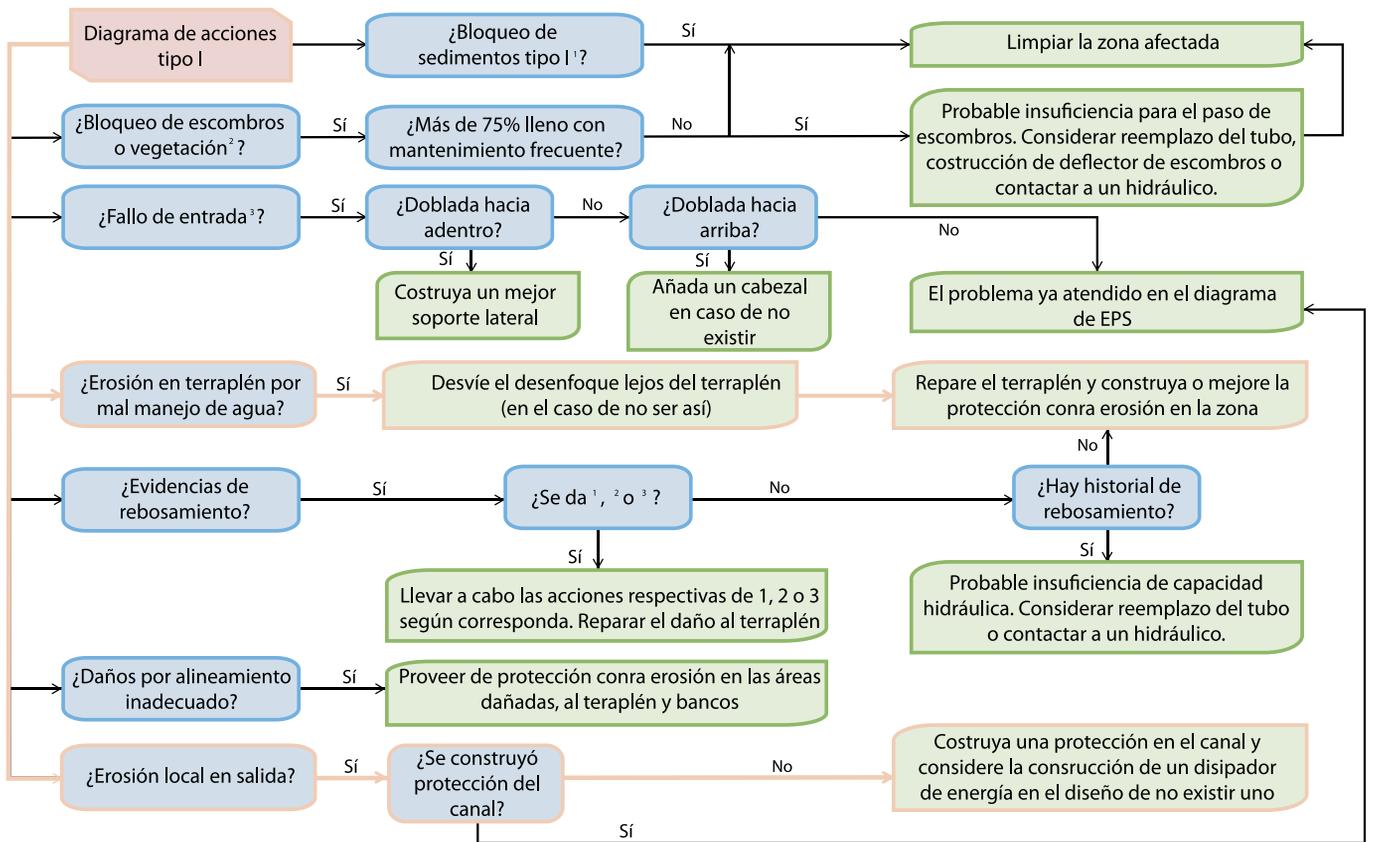


Figura 64. Toma de decisiones (pag 2)

5.3. Alcantarilla 303---001

5.3.1. Inventario

Inventario		Código o Nombre	303---001		Fecha	16	11	2015			
Encargados:		1.	Josué Quezada		2.	Andrey Chavarria					
Datos obtenidos previamente											
Fechas		día	mes	año	Ubicación						
Construcción					Coord.* N.	1095577		E. 448287			
Última reparación					Sist. Coord.	WGC	x	CRTM			
Último mantenimiento					Provincia	Cartago					
Inventario previo					Cantón	La Unión					
Inspección previa					Distrito	San Juan					
Datos Viales		Datos de la Vecindad									
Código de ruta					Zona*	x	Residencial	Industrial	x	Comercial	
Número de carriles		1					Agrícola			Turística	
Tránsito promedio diario (veh/día)					Infra-estructura		Telecomunicaciones			Ctro. Educación	
Porcentaje de pesados (%)							Hospitales	x		Edif. Habitadas	
Velocidad máxima demarcada (km/h)					cercana	x	Servicios		x	RN Alta Capacidad	
Importancia						x	Evidencia histórica de inundaciones				
Cálculo de importancia			PNT	x	IVTS		ARA			Cuerpo de agua que cruza	Rio Chagulte
					Otros					Paso de organismos acuáticos	Patrimonio histórico-cultural
					* Es necesario corroborar dicha información en campo						
Datos generales obtenidos in situ											
Características generales aguas arriba						Características generales aguas abajo					
Tipo de entrada		Proyectada		Ajustada		Tipo de salida		Proyectada		Ajustada	
		x	Cabezal		Tipo bocina			x	Cabezal		Tipo bocina
La entrada tiene			Delantal	x	Muros tipo ala	La salida tiene			Delantal	x	Muros tipo ala
Protección canal			Concreto	x	Concreto lanzado	Protección canal			Concreto		Concreto lanzado
			Gavion		Enrocado				Gavion		Enrocado
			Geotextil						Geotextil		
Protección terraplén			Concreto	x	Concreto lanzado	Protección terraplén			Concreto		Concreto lanzado
			Gavion		Enrocado				Gavion		Enrocado
			Geotextil						Geotextil		
Material de fondo		x	Piedra grde.		Piedra peq.	Material de fondo		x	Piedra grde.		Piedra peq.
			Arena		Limo o Arcilla				Arena		Limo o Arcilla
			Concreto		Lajas				Concreto		Lajas
Mediciones aguas arriba				Mediciones aguas abajo							
Cobertura (m)		0,25		Cobertura (m)		0,25					
Pendiente talud (*)		90		Pendiente talud (*)		90					
Pendiente talud margen derecha (*)		35		Pendiente talud margen derecha (*)		78					
Pendiente talud margen izquierda (*)		38		Pendiente talud margen izquierda (*)		75					
Ángulo río tubo(s) (*)		0		Ángulo río tubo(s) (*)		27					
Nivel de crecientes (m) **		1,4		Nivel de crecientes (m) **		1,4					
								**Añote en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes			

Figura 65. Inventario (pag 1).

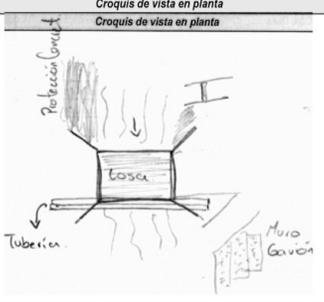
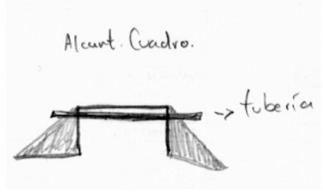
Características generales de la alcantarilla y de los tubos (entradas)												
Material de tubo(s)		x	Concreto		Metal		Plástico		Mampostería		Madera	
Forma de tubo(s)			Circular		Elíptico		Arco		Tubo con arc.	x	Cajón	
Calidad de agua			Clara		Jabonosa	x	Félica	x	Basura o escombros			
Otros			Los tubos (entradas) tienen forma, tamaño o material significativamente diferente								x	Tiene fondo libre
Medidas de los tubos (entradas)												
N° de tubos (entradas)		1		Ángulo tubo(s)-carretera (*)		0						
Largo del tubo(s) (m)		4,2		Pendiente de tubo(s) (*)		0						
Ancho del tubo(s) (m)		3,67		Separación entre tubos (m)								
Alto del tubo(s) (m)		2,9										
Fotos, diagramas y comentarios												
Mapa						Croquis de vista en planta						
												
Vista transversal												
												

Figura 66. Inventario (pag 2)

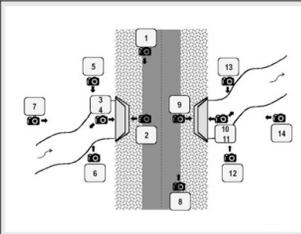
Comentarios	
La alcantarilla tiene fondo móvil aparentemente (es posible que sea una estructura tipo cajón con una cama de sedimento).	
Margenes con protección en concreto.	
Se observan tres defogues cerca de la entrada.	
	
	
N° 1	N° 2
	
N° 3.1	N° 3.2

Figura 67. Inventario (pag 3)

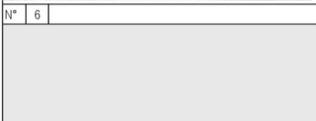
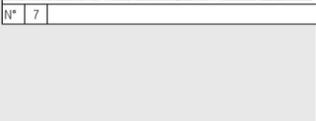
	
N° 3.3	N° 3.4
	
N° 4	N° 5
	
N° 6	N° 7

Figura 68. Inventario (pag 4)



Figura 69. Inventario (pag 5)

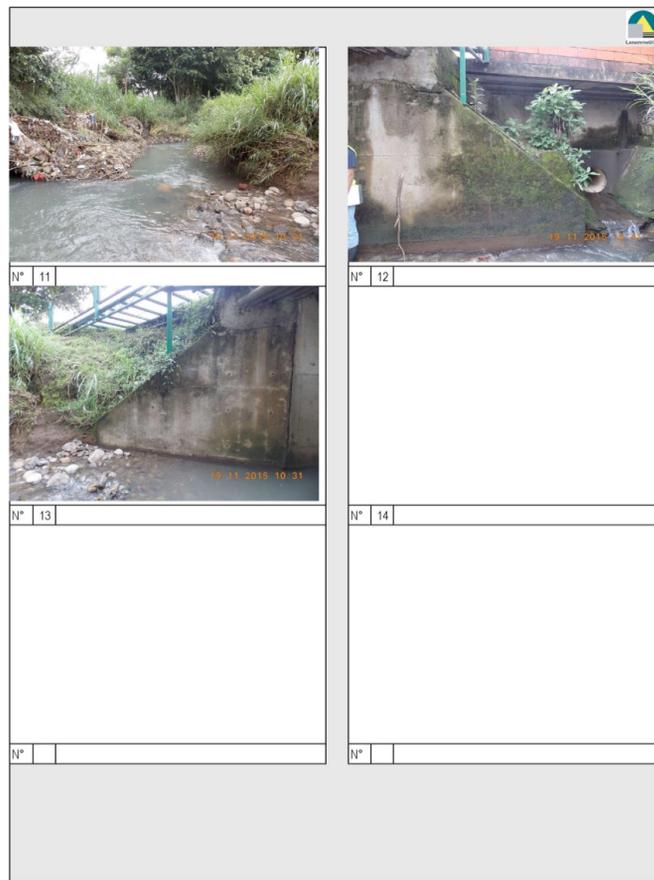


Figura 70. Inventario (pag 6)

5.3.3. Toma de decisiones

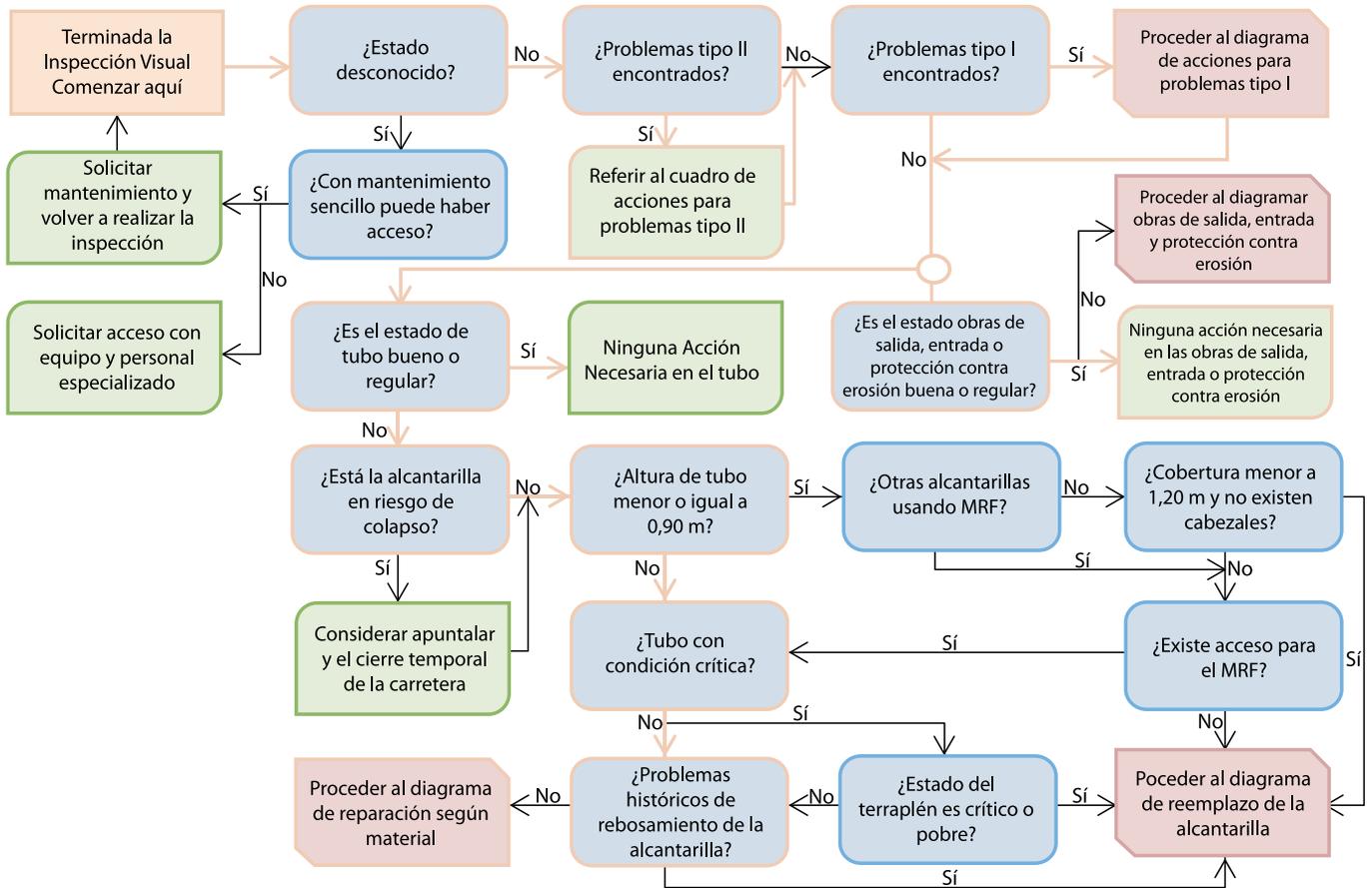


Figura 74. Toma de decisiones (pag 1)

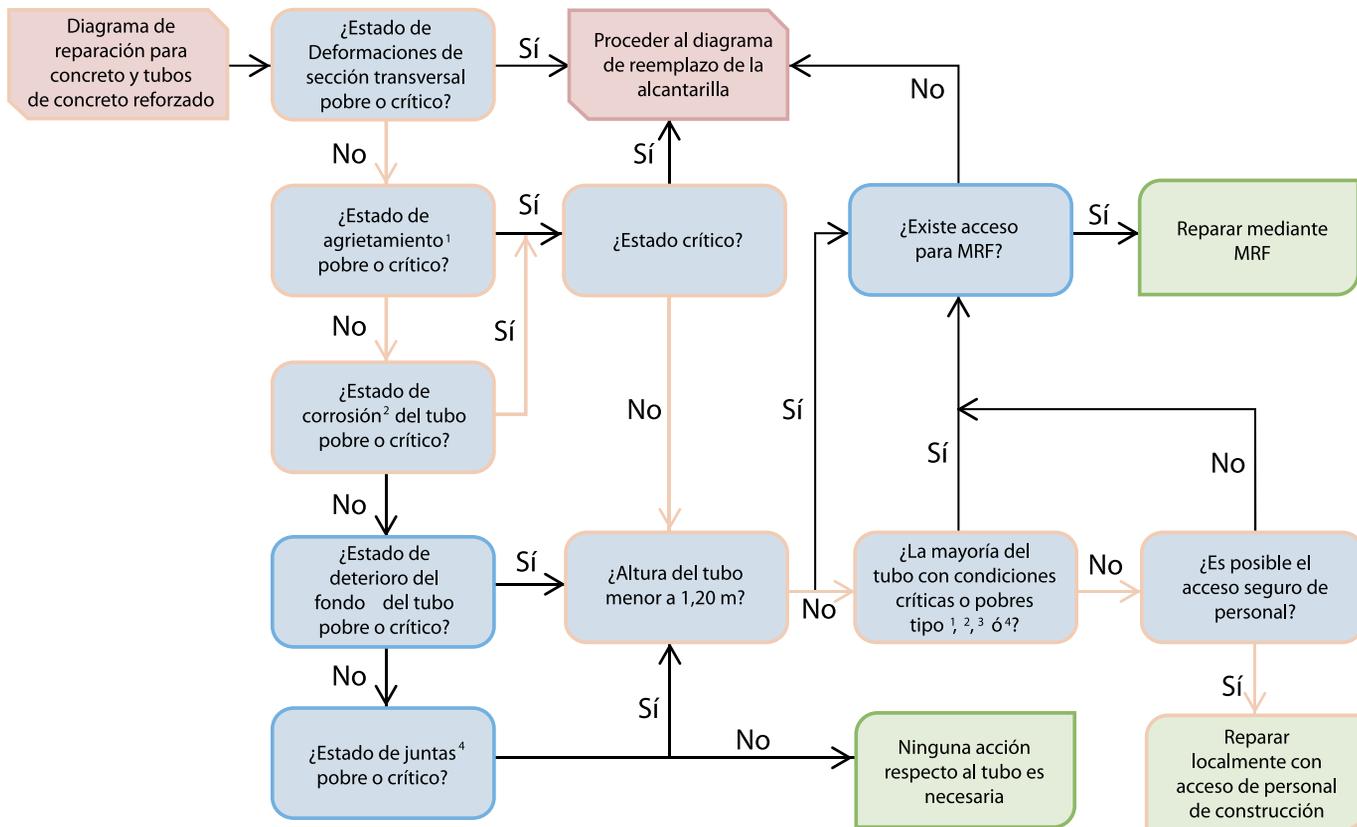


Figura 75. Toma de decisiones (pag 2)

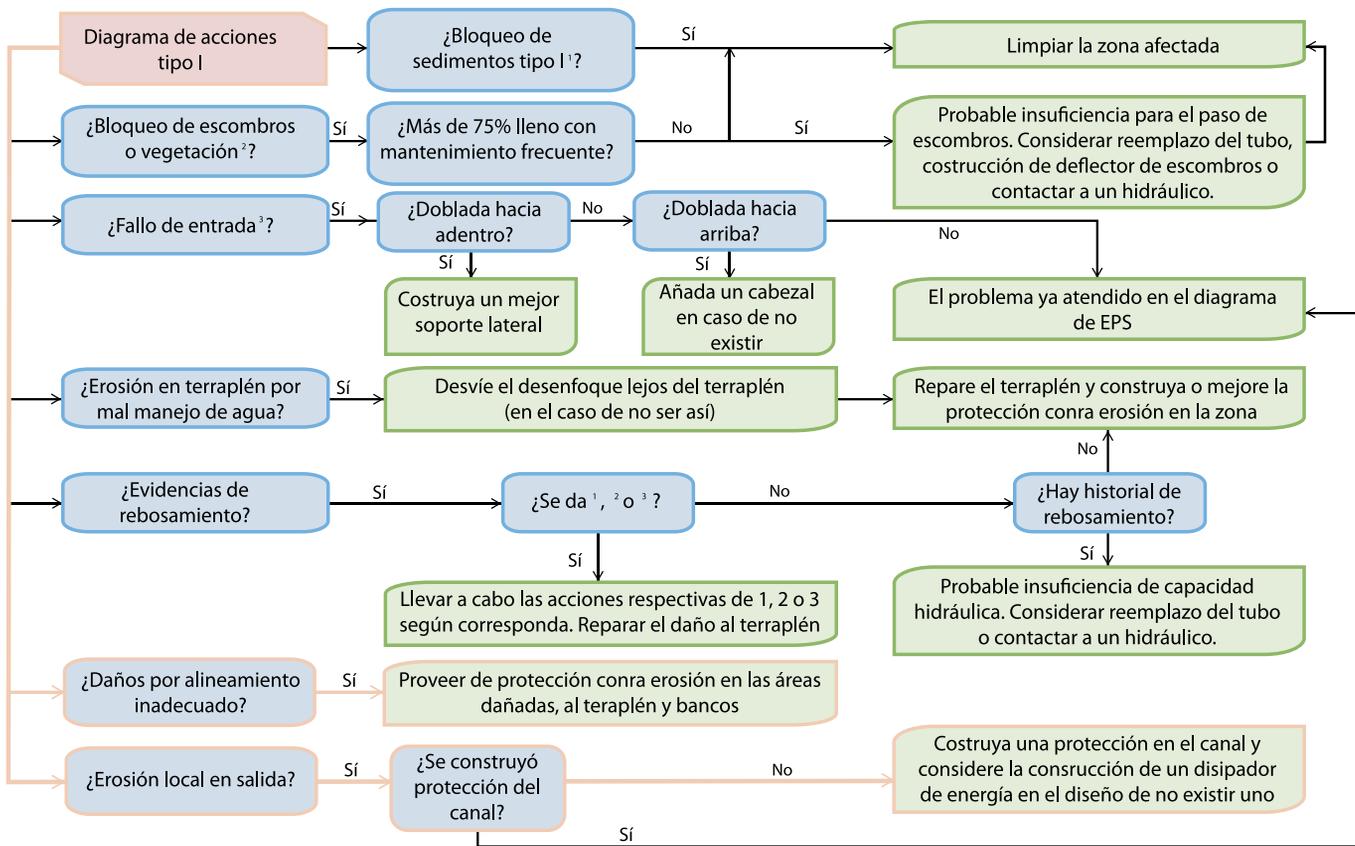


Figura 76. Toma de decisiones (pag 1)

Problema	Indicadores vistos en Campo	Disciplinas requeridas para la investigación
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 del tubo. 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, diseñadas para el paso de animales acuáticos o si pertenece al patrimonio histórico.	Cualquier problema crítico o malo encontrado y/o más de tres metros de fundación expuesta.	Hidráulico y geotecnista (fondo abierto). Hidráulico y ambiental (paso de organismos acuáticos). Hidráulico y Especialista en patrimonio (patrimonio histórico).

Figura 77. Toma de decisiones (pag 2)

5.4. Alcantarilla 203052001

5.4.1. Inventario

Inventario		Código o Nombre	203052001	Fecha	30 11 2015	
1.		Josué Quesada	2.		Andrey Chavarria	
Datos obtenidos previamente						
Fechas						
Construcción	dia	mes	año	Ubicación	* Es necesario corroborar dicha información en campo	
Última reparación				Coord.*	N. 10°24'48.1" E -84°09'51.4"	
Último mantenimiento				Sist. Coord.	x WGC CRTM Lamb.N Lamb.S	
Inventario previo				Provincia	Alajuela	
Inspección previa				Cantón	Grecia	
				Distrito	Río Cuarto	
Datos Viales			Datos de la Vecindad			
Código de ruta	2-03-052		Zona*	x Residencial	Industrial	Comercial
Número de carriles	2			x Agrícola	Turística	
Tránsito promedio diario (veh/día)			Infra-estructura	Telecomunicaciones	Ctro. Educación	
Porcentaje de pesados (%)				Hospitales	x Edif. Habitadas	
Velocidad máxima demarcada (km/h)			cercana	x Servicios		
Importancia	56			Evidencia histórica de inundaciones		
Cálculo de importancia	PNT	x	IVTS	ARA	Cuerpo de agua que cruza	Sin Nombre
					Otros	
* Es necesario corroborar dicha información en campo						
					Paso de organismos acuáticos	Patrimonio histórico-cultural
Datos generales obtenidos en sitio						
Características generales aguas arriba			Características generales aguas abajo			
Tipo de entrada	Proyectada	Ajustada	Tipo de salida	Proyectada	Ajustada	
	x Cabezal			x Cabezal	Tipo bocina	
La entrada tiene	x Delantal	x Muros tipo ala	La salida tiene	x Delantal	x Muros tipo ala	
Protección canal	Concreto	Concreto lanzado	Protección canal	Concreto	Concreto lanzado	
	Gavión	Enrocado		Gavión	Enrocado	
	Geotextil			Geotextil		
Protección terraplén	x Concreto	Concreto lanzado	Protección terraplén	x Concreto	Concreto lanzado	
	Gavión	Enrocado		Gavión	Enrocado	
	Geotextil			Geotextil		
Material de fondo	Piedra grde.	Piedra peq.	Material de fondo	Piedra grde.	Piedra peq.	
	Arena	x Limo o Arcilla		Arena	x Limo o Arcilla	
	Concreto	Lajas		Concreto	Lajas	
Mediciones aguas arriba			Mediciones aguas abajo			
Cobertura (m)	0,9		Cobertura (m)	0,98		
Pendiente talud (*)	90		Pendiente talud (*)	90		
Pendiente talud margen derecha (*)	31		Pendiente talud margen derecha (*)	36		
Pendiente talud margen izquierda (*)	28		Pendiente talud margen izquierda (*)	32		
Ángulo río tubo(s) (**)	12		Ángulo río tubo(s) (**)	34		
Nivel de crecientes (m) **	1		Nivel de crecientes (m) **	1		
**Anote en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes						

Figura 78. Inventario (pag 1).

Características generales de la alcantarilla y del los tubos (entradas)					
Material de tubo(s)	x Concreto	Metal	x Plástico	Mampostería	Madera
Forma de tubo(s)	x Circular	Elíptico	Aro	Tubo con aro	Cajón
Calidad de agua	x Clara	Jabonosa	Fétida	Basura o escombros	Bastiones y Vigas
Otros	Los tubos (entradas) tienen forma, tamaño o material significativamente diferente				Tiene fondo libre
Medidas de los tubos (entradas)					
N° de tubos (entradas)	1		Ángulo tubo(s)-carretera (*)	0	
Largo del tubo(s) (m)	10,53		Pendiente de tubo(s) (**)	2	
Ancho del tubo(s) (m)	2		Separación entre tubos (m)		
Alto del tubo(s) (m)	2				
Fotos, diagramas y comentarios					
Mapa			Croquis de vista en planta		
Vista transversal					

Figura 79. Inventario (pag 2)

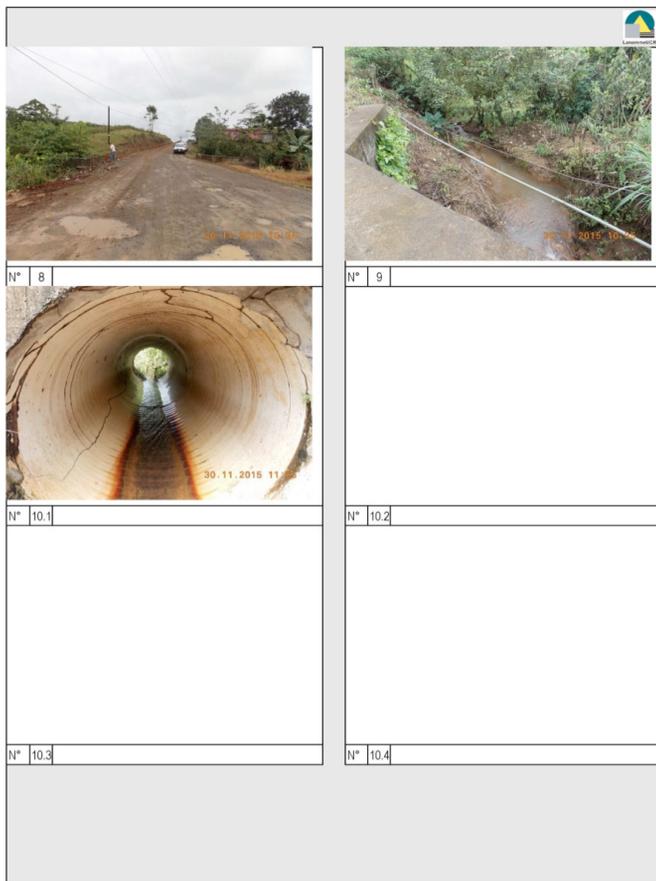


Figura 82. Inventario (pag 5)

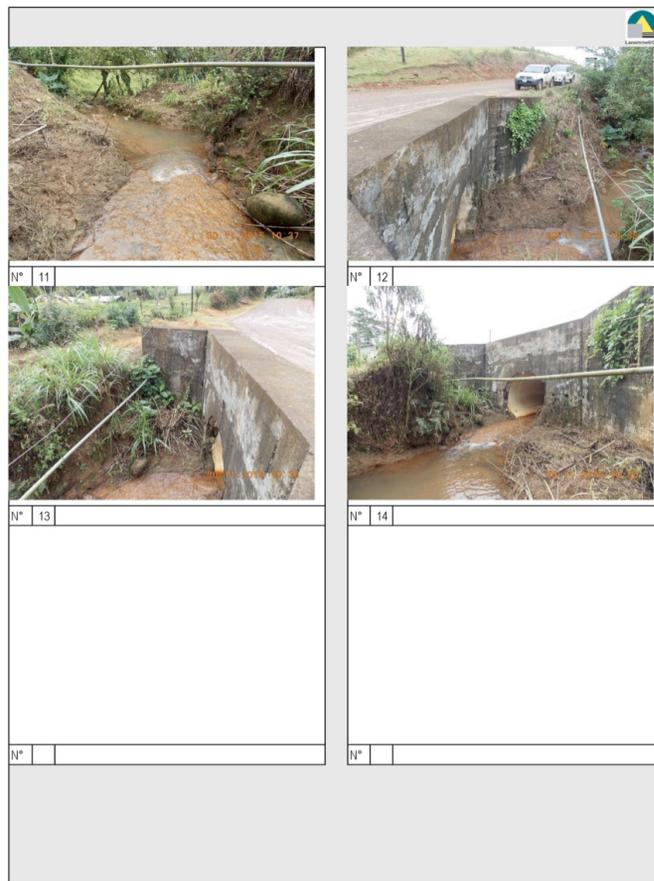


Figura 83. Inventario (pag 6)

5.4.2. Inspección

Inspección		Código o Nombre:	203052002	Fecha	30	11	15	
Encargados:	1. Josué Quesada	2. Andrey Chavarria						
Estado Gen. Alcantarilla:	Bueno-B	Regular-R	Malo-M	x	Critico-C	Desconocido-D		
x Es probable que la alcantarilla colapse en menos de 6 meses NO se puede acceder a toda la alcantarilla* Un mantenimiento sencillo NO puede generar acceso* NO existe acceso a maquinaria pesada*								
*debe explicarse en anotaciones								
Evaluación del estado								
				B	R	M	C	NA
Terraplén y Carretera				B	R	M	C	NA
Carretera							x	
Terraplén							x	
x Hay algún daño en el terraplén que invade la vía								
x Condiciones antes y después del paso son diferentes								
Tubo o apertura				B	R	M	C	NA
Fondo					x			
Uniones				x				
Deformación							x	
Arietamiento								x
Corrosión								x
Pared de corrugaciones							x	
Mampostería y mortero								
x Más de 50% malo o crítico								
Protección contra erosión				B	R	M	C	NA
x Más de 50% malo o crítico								
¿Pérdida de suelo en el terraplén canal o márgenes por falta de protección?								x
Evaluación del desempeño								
Problemas de desempeño tipo I				B	R	M	C	NA
Sedimentos entrada o salida > 33%								x
Escobros o vegetación de más de 33%								
Escobros más de 75% con mantenimiento reciente								
x Erosión local a la salida								
x Evidencia de rebosamiento en la alcantarilla								
x Erosión en el terraplén por mal manejo del agua								
Daños en alcantarilla o márgenes por mal alineamiento								
Fallo Entrada Flotabilidad								
Fallo Entrada Aplastamiento								
Problemas de desempeño tipo II				B	R	M	C	NA
Sedimentos: entrada o salida > 75%								
Sedimentos a lo largo de la alcantarilla > 33%								
Inestabilidad de taludes del terraplén sin otros problemas en la alc.								
Degradación del canal**								
Tubificación en el terraplén**								
Deterioro aparentemente generado por problemas de carga**								
Corrosión Agresiva**								
Abrasión Agresiva**								
Fundaciones expuestas o un estado malo o crítico en una alcantarilla: de fondo móvil, histórica o diseñada para paso de animales**								

Figura 84. Inspección. (pag 1)

Fotos, diagramas y comentarios	
Anotaciones sobre daños	
Alcantarilla en estado crítico, a puntod e colapsar.	
Tubos deformados considerablemente en la entrada, salida y sección central.	
Socavación crítica en la salida (delantal y hueco de socavación)	
Afectación por derrumbe en cono cercano (cambio en el sedimento del canal)	
Evidencia de que la alcantarilla es sobrepasada usualmente y que por tanto carece de capacidad suficiente.	
No hay cabezales, hay pérdida de relleno y existe afectación de la vía.	
Comentarios	
Es posible que el paso colapse en la próxima creciente.	
Diagramas	

Figura 85. Inspección. (pag 1)

5.4.3. Toma de decisiones

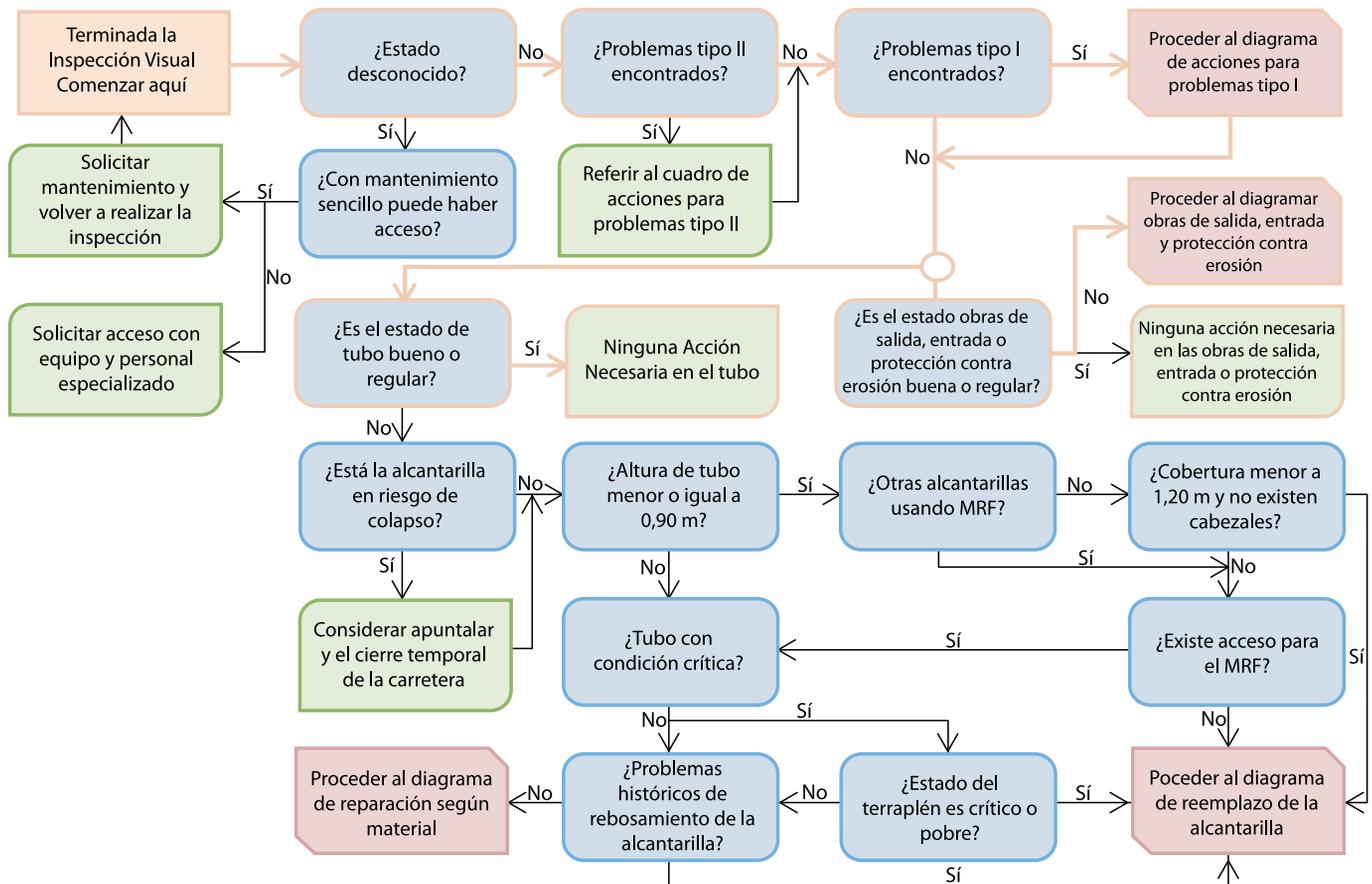


Figura 87. Toma de decisiones (pag 1)

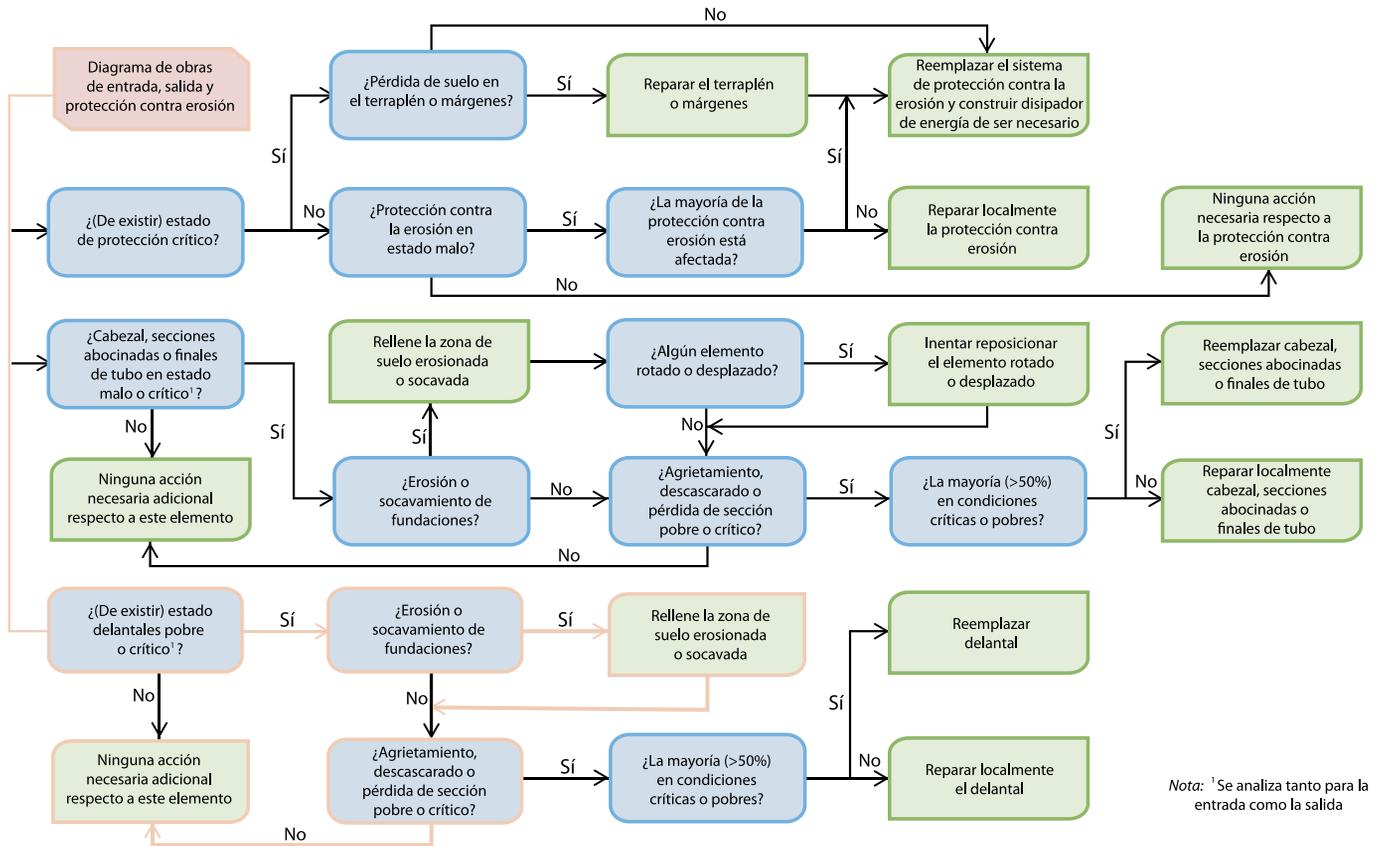


Figura 88. Toma de decisiones (pag 2)

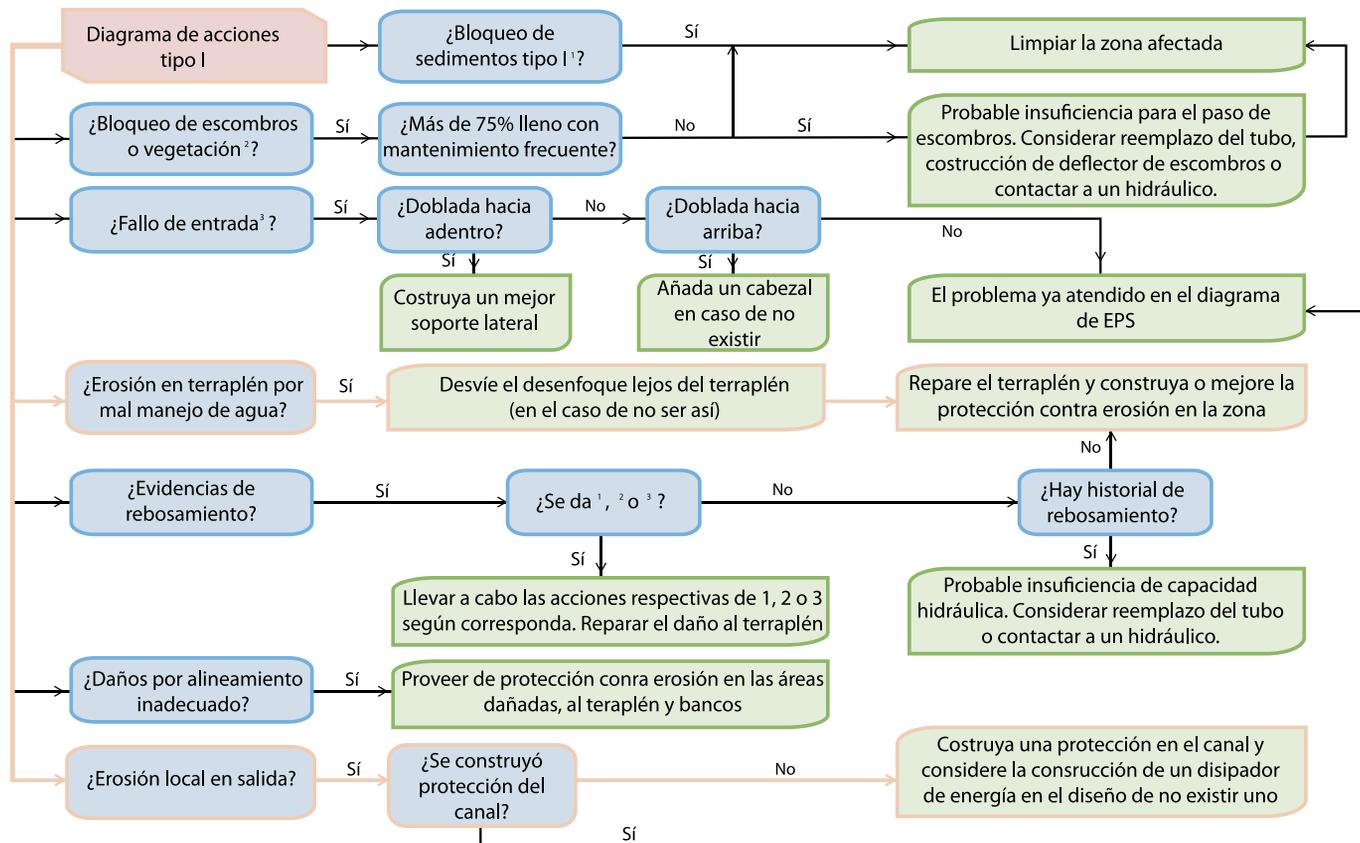


Figura 89. Toma de decisiones (pag 3)

5.5. Alcantarilla 203052002

5.5.1. Inventario

Inventario		Código o Nombre	203052002		Fecha	30	11	2015	
Encargados:	1.	Josué Quesada	2.	Andrey Chavarria					
Datos obtenidos previamente									
Fechas			Ubicación						
Construcción	dia	mes	año	Coord.*	N.	E.	* Es necesario corroborar dicha información en campo		
Última reparación				Sist. Coord.	x	WGC	CRTM	Lamb.N	Lamb.S
Último mantenimiento				Provincia	Alajuela				
Inventario previo				Cantón	Grecia				
Inspección previa				Distrito	Rio Cuarto				
Datos Viales			Datos de la Vecindad						
Código de ruta	2-03-052		Zona*	Residencial	Industrial	Comercial			
Número de carriles	1			x	Agrícola	Turística			
Tránsito promedio diario (veh/día)			Infra-estructura	Telecomunicaciones	Ctro. Educación				
Porcentaje de pesados (%)				Hospitales	Edif. Habitadas				
Velocidad máxima demarcada (km/h)			cercana	x	Servicios				
Importancia	56		x	Evidencia histórica de inundaciones					
Cálculo de importancia	PNT	x	IVTS	ARA	Cuerpo de agua que cruza		Quebrada Gómez		
* Es necesario corroborar dicha información en campo			Otros						
			Paso de organismos acuáticos			Patrimonio histórico-cultural			
Datos generales obtenidos en sitio									
Características generales aguas arriba				Características generales aguas abajo					
Tipo de entrada	x	Proyectada	Ajustada	Tipo de salida	x	Proyectada	Ajustada		
		Cabezal	Tipo bocina			Cabezal	Tipo bocina		
La entrada tiene		Delantal	Muros tipo ala	La salida tiene	x	Delantal	Muros tipo ala		
		Concreto	Concreto lanzado			Disipador de energía			
Protección canal		Gavion	Enrocado	Protección canal		Concreto	Concreto lanzado		
		Geotextil				Gavion	Enrocado		
Protección terraplén		Concreto	Concreto lanzado	Protección terraplén		Concreto	Concreto lanzado		
		Gavion	Enrocado			Gavion	Enrocado		
		Geotextil	x	Sacos con material		Geotextil	x	Sacos con material	
Material de fondo		Piedra grde.	Piedra peq.	Material de fondo		Piedra grde.	Piedra peq.		
		Arena	x	Limo o Arcilla		Arena	x	Limo o Arcilla	
		Concreto	Lajas			Concreto	Lajas		
Mediciones aguas arriba				Mediciones aguas abajo					
Cobertura (m)	0,4			Cobertura (m)	0,6				
Pendiente talud (*)	82			Pendiente talud (*)	90				
Pendiente talud margen derecha (*)	77			Pendiente talud margen derecha (*)	36				
Pendiente talud margen izquierda (*)	34			Pendiente talud margen izquierda (*)	24				
Ángulo río tubo(s) (**)	30			Ángulo río tubo(s) (**)	0				
Nivel de crecientes (m) **	2			Nivel de crecientes (m) **	2				
**Añote en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes									

Figura 90. Inventario (pag 1).

Características generales de la alcantarilla y de los tubos (entradas)									
Material de tubo(s)		Concreto	Metal	x	Plástico	Mampostería	Madera		
Forma de tubo(s)	x	Circular	Elíptico	Arco	Tubo con arc	Cajón	Bastiones y Vigas		
Calidad de agua	x	Clara	Jabonosa	Fétida	Basura o escombros				
Otros	Los tubos (entradas) tienen forma, tamaño o material significativamente diferente.							Tiene fondo libre	
Medidas de los tubos (entradas)									
N° de tubos (entradas)	2		Ángulo tubo(s)-carretera (*)	24					
Largo del tubo(s) (m)	6		Pendiente de tubo(s) (**)	3					
Ancho del tubo(s) (m)	1,2		Separación entre tubos (m)	0					
Alto del tubo(s) (m)	1,2								
Fotos, diagramas y comentarios									
Mapa				Croquis de vista en planta					
Vista transversal									

Figura 91. Inventario (pag 2)



Figura 94. Inventario (pag 5)



Figura 95. Inventario (pag 6)

5.5.2. Inspección

Inspección		Código o Nombre:	203052002	Fecha	30	11	15	
Encargados:	1. José Quesada	2. Andrey Chavarria						
Estado Gen. Alcantarilla:	Bueno-B	Regular-R	Malo-M	x	Critico-C	Desconocido-D		
x Es probable que la alcantarilla colapse en menos de 6 meses NO se puede acceder a toda la alcantarilla* Un mantenimiento sencillo NO puede generar acceso* NO existe acceso a maquinaria pesada*								
*debe explicarse en anotaciones								
Evaluación del estado								
				B	R	M	C	NA
Terraplén y Carretera				B	R	M	C	NA
Carretera								x
Terraplén								x
x Hay algún daño en el terraplén que invade la vía								
x Condiciones antes y después del paso son diferentes								
Tubo o apertura				B	R	M	C	NA
Fondo					x			
Uniones				x				
Deformación								x
Aгриamiento								x
Corrosión								x
Pared de corrugaciones							x	
Mampostería y mortero								
x Más de 50% malo o crítico								
Protección contra erosión				B	R	M	C	NA
Más de 50% malo o crítico								x
¿Pérdida de suelo en el terraplén canal o márgenes por falta de protección?								
Evaluación del desempeño								
Problemas de desempeño tipo I				B	R	M	C	NA
Sedimentos entrada o salida > 33%								x
Escombros o vegetación de más de 33%								
Escombros más de 75% con mantenimiento reciente								
x Erosión local a la salida								
x Evidencia de rebosamiento en la alcantarilla								
x Erosión en el terraplén por mal manejo del agua								
Daños en alcantarilla o márgenes por mal alineamiento								
Fallo Entrada Flotabilidad								
Fallo Entrada Aplastamiento								
Problemas de desempeño tipo II				B	R	M	C	NA
Sedimentos: entrada o salida > 75%								
Sedimentos a lo largo de la alcantarilla > 33%								
Inestabilidad de taludes del terraplén sin otros problemas en la alc.								
Degradación del canal**								
Tubificación en el terraplén**								
Deterioro aparentemente generado por problemas de carga**								
Corrosión Agresiva**								
Abrasión Agresiva**								
Fundaciones expuestas o un estado malo o crítico en una alcantarilla: de fondo móvil, histórica o diseñada para paso de animales**								

Figura 96. Inspección. (pag 1)

Fotos, diagramas y comentarios	
Anotaciones sobre daños	
Alcantarilla en estado crítico, a punto de colapsar.	
Tubos deformados considerablemente en la entrada, salida y sección central.	
Socavación crítica en la salida (delantal y hueco de socavación)	
Afectación por derrumbe en cono cercano (cambio en el sedimento del canal)	
Evidencia de que la alcantarilla es sobrepasada usualmente y que por tanto carece de capacidad suficiente.	
No hay cabezales, hay pérdida de relleno y existe afectación de la vía.	
Comentarios	
Es posible que el paso colapse en la próxima creciente.	
Diagramas	

Figura 97. Inspección. (pag 1)



Figura 98. Inspección. (pag 2)

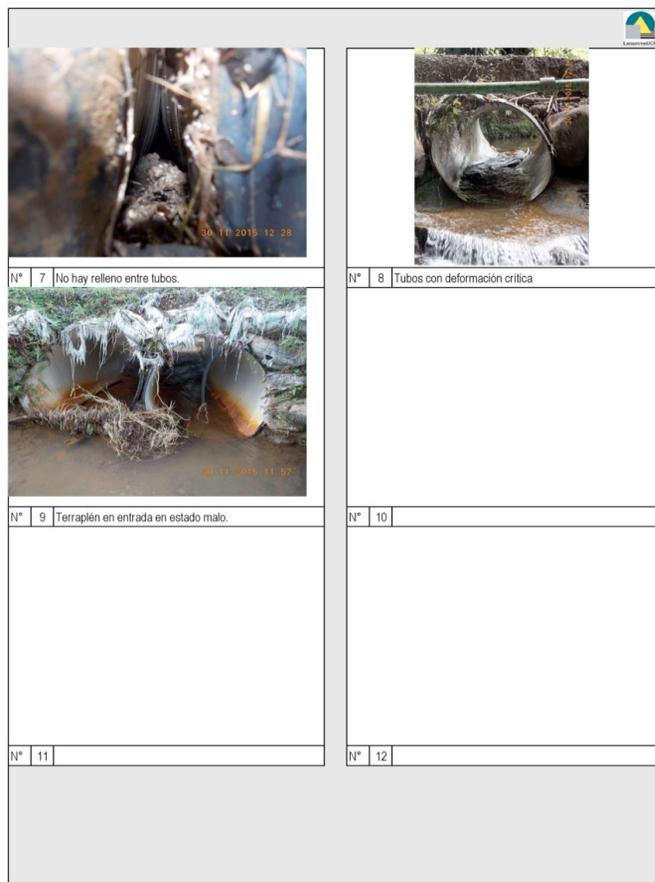


Figura 99. Inspección. (pag 3)

5.5.3. Toma de decisiones

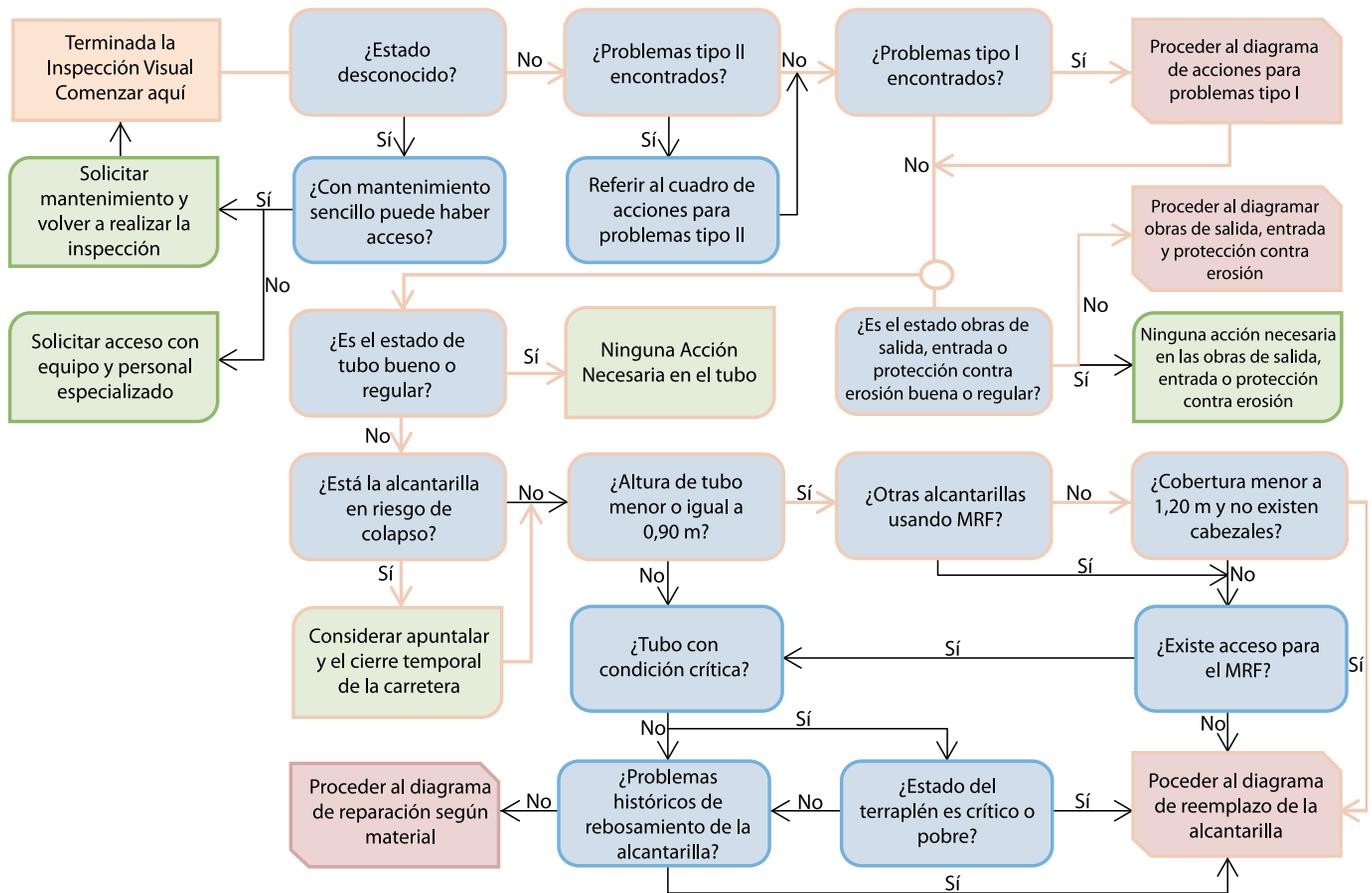


Figura 100. Toma de decisiones (pag 1)

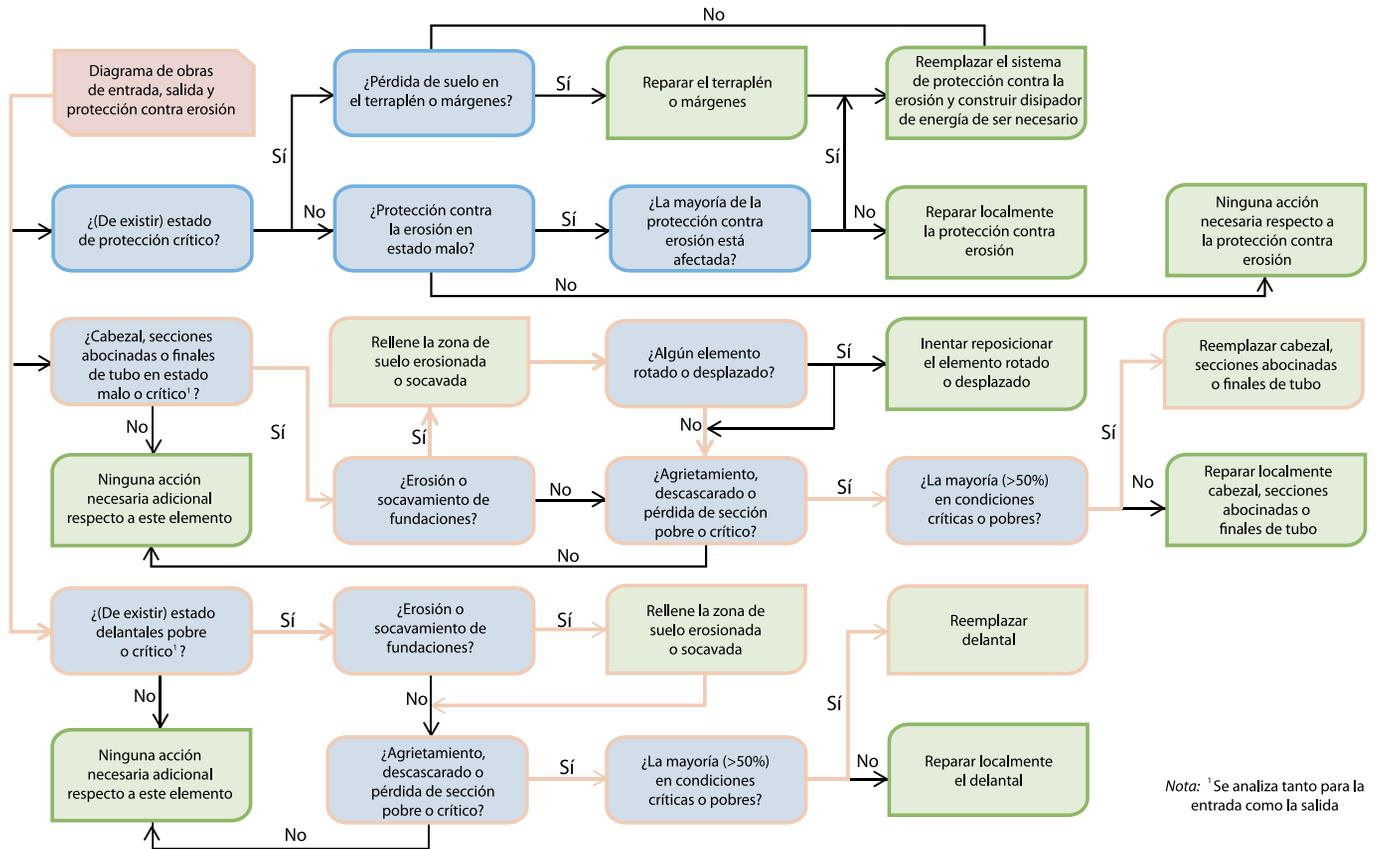


Figura 101. Toma de decisiones (pag 2)

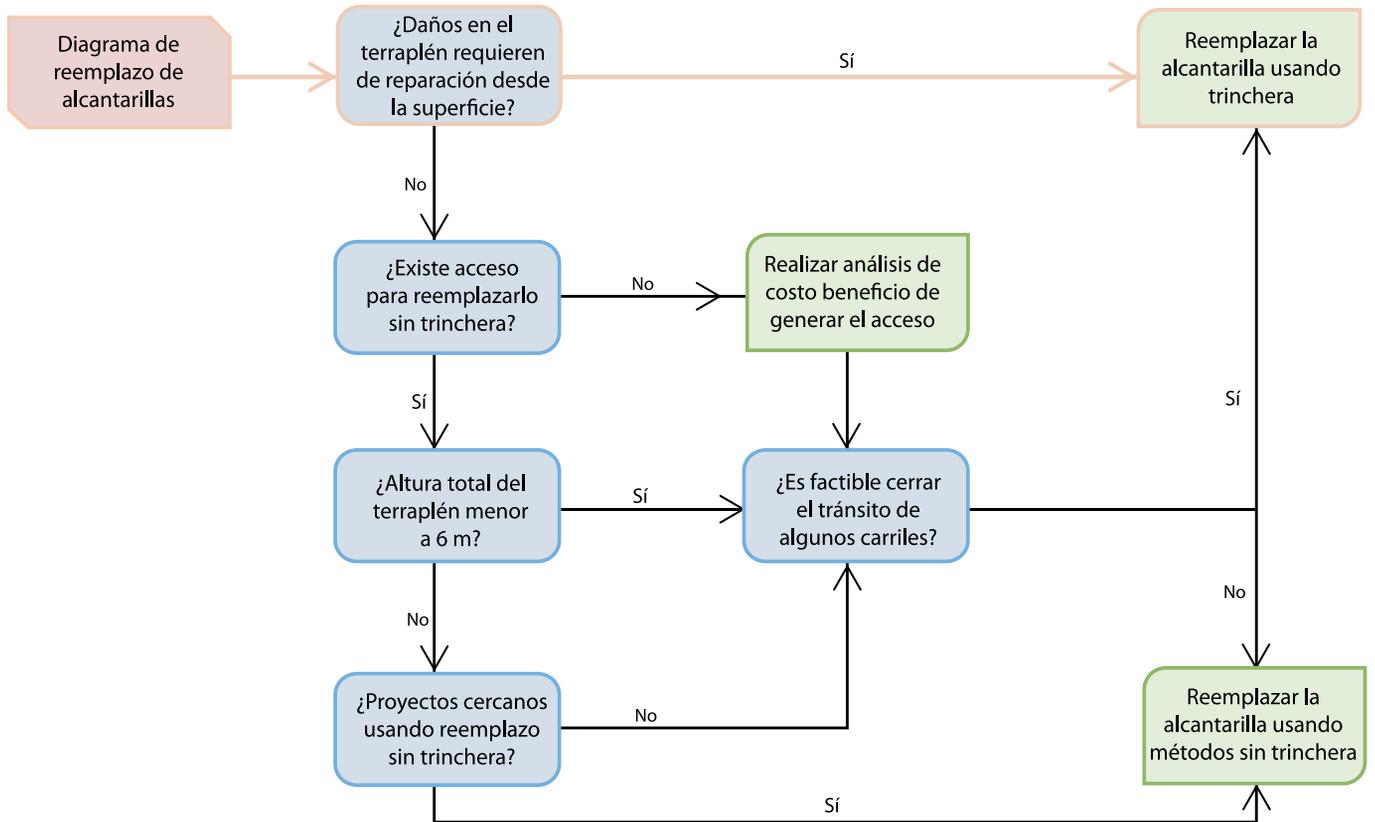


Figura 102. Toma de decisiones (pag 3)

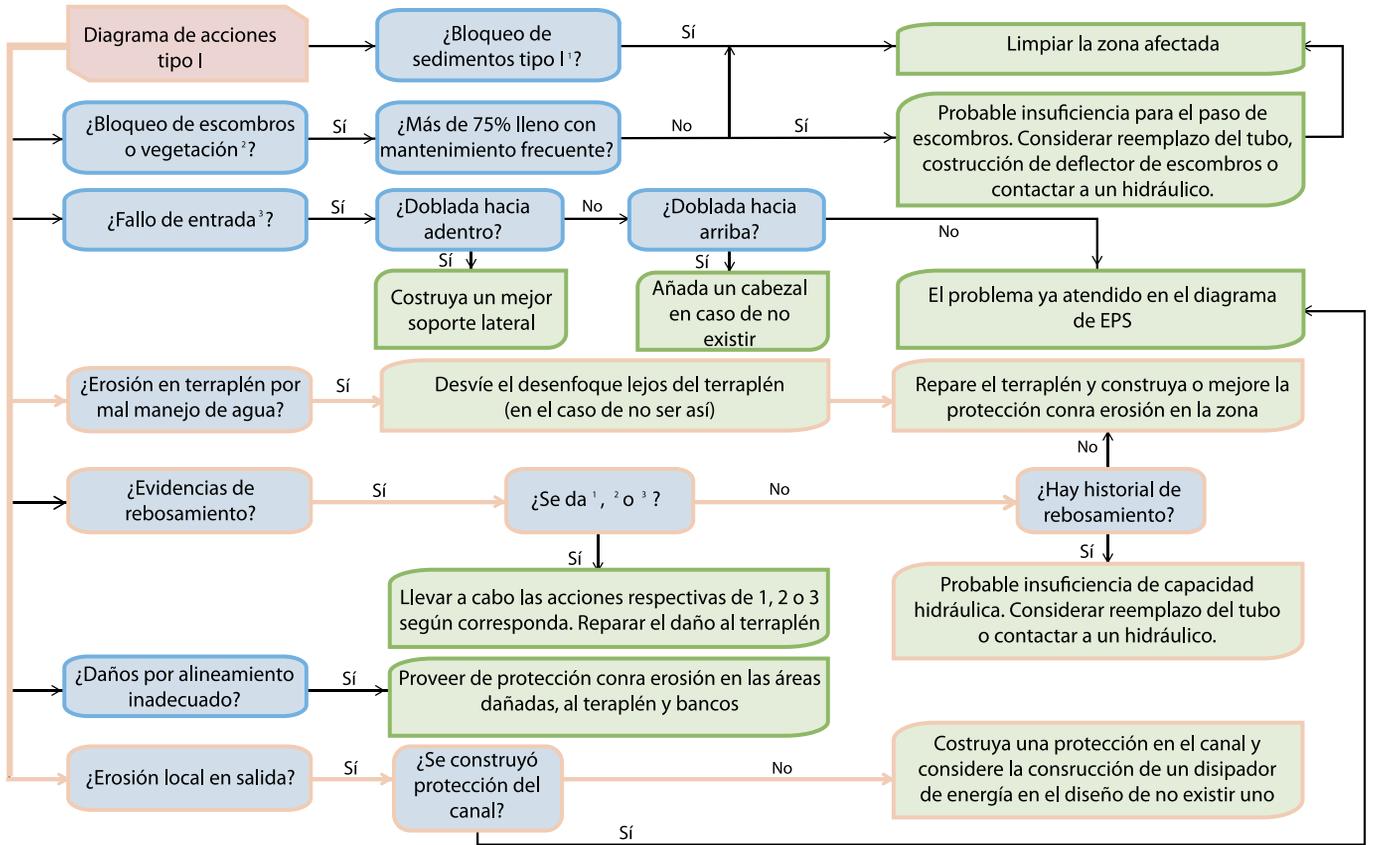


Figura 103. Toma de decisiones (pag 4)

5.6. Alcantarilla 03919101001

5.6.1. Inventario

Inventario		Código o Nombre	03919101001		Fecha	23	4	2015		
Encargados:	1.	David Jiménez González	2.	Miguel Ángel Jiménez Mercadál						
Datos obtenidos previamente										
Fechas			Ubicación							
Construcción	día	mes	año	Coord.*	N.	* Es necesario corroborar dicha información en campo				
Última reparación		2	2015	Sist. Coord.	WGC	CRTM	Lamb.N	Lamb.S		
Último mantenimiento		2	2015	Provincia	San José					
Inventario previo				Cantón	San José					
Inspección previa				Distrito	Zapote		San Francisco			
Datos Viales			Datos de la Vecindad							
Código de ruta			39-19101	Zona*	x	Residencial	x	Industrial	x	Comercial
Número de carriles			8			Agrícola		Turística		
Tránsito promedio diario (veh/día)			34857.5	Infra-estructura		Telecomunicaciones		Ctro. Educación		
Porcentaje de pesados (%)			20.54			Hospitales	x	Edif. Habitadas		
Velocidad máxima demarcada (km/h)			80	cercana	x	Servicios				
Importancia			0.353		x	Evidencia histórica de inundaciones				
Cálculo de importancia		x	PNT	IVTS	ARA	Cuerpo de agua que cruza		Río María Aguilar		
* Es necesario corroborar dicha información en campo				Otros		Paso de organismos acuáticos		Patrimonio histórico-cultural		
Datos generales obtenidos en sitio										
Características generales aguas arriba				Características generales aguas abajo						
Tipo de entrada	Proyectada	x	Ajustada	Tipo de salida	Proyectada	x	Ajustada			
	Cabezal		Tipo bocina		Cabezal		Tipo bocina			
La entrada tiene	x	Delantal	Muros tipo ala	La salida tiene	x	Delantal	Muros tipo ala			
							Disipador de energía			
Protección canal	Concreto		Concreto lanzado	Protección canal	Concreto		Concreto lanzado			
	Gavión		Enrocado		Gavión		Enrocado			
	Geotextil				Geotextil					
Protección terraplén	x	Concreto	Concreto lanzado	Protección terraplén	Concreto		Concreto lanzado			
		Gavión	Enrocado		x	Gavión	Enrocado			
		Geotextil			Geotextil					
Material de fondo	Piedra grde.	x	Piedra peq.	Material de fondo	Piedra grde.	x	Piedra peq.			
	Arena		Limo o Arcilla		Arena		Limo o Arcilla			
	Concreto		Lajas		Concreto		Lajas			
Mediciones aguas arriba				Mediciones aguas abajo						
Cobertura (m)	1.2			Cobertura (m)	1.4					
Pendiente talud (°)	40			Pendiente talud (°)	40					
Pendiente talud margen derecha (°)	30			Pendiente talud margen derecha (°)	55					
Pendiente talud margen izquierda (°)	45			Pendiente talud margen izquierda (°)	50					
Ángulo río tubo(s) (°)	<5			Ángulo río tubo(s) (°)	80					
Nivel de crecientes (m) **				Nivel de crecientes (m) **						

**Anotar en comentarios el punto donde se obtuvo el nivel de crecientes

Figura 104. Inventario (pag 1).

Características generales de la alcantarilla y de los tubos (entradas)								
Material de tubo(s)	Concreto	x	Metal		Plástico		Mampostería	
Forma de tubo(s)	x	Circular	Elíptico		Arco		Tubo con arco	
Calidad de agua	Clara	x	Jabonosa	x	Fétida	x	Basura o escombros	
Otros	Los tubos (entradas) tienen forma, tamaño o material significativamente diferente						Tiene fondo libre	
Medidas de los tubos (entradas)								
N° de tubos (entradas)	2		Ángulo tubo(s)-carretera (°)	<5°				
Largo del tubo(s) (m)	50		Pendiente de tubo(s) (°)					
Ancho del tubo(s) (m)	4.2		Separación entre tubos (m)	1				
Alto del tubo(s) (m)	4							
Fotos, diagramas y comentarios								
Mapa				Croquis de la vista en planta				
Croquis del perfil longitudinal								

Figura 105. Inventario (pag 2)

	
	
Nº 8	Nº 9
Nº 10.1	Nº 10.2
Nº 10.3	Nº 10.4

Figura 108. Inventario (pag 5)

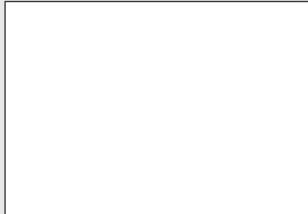
	
	
Nº 11	Nº 12
	
Nº 13	Nº 14
Nº	Nº

Figura 109. Inventario (pag 6)

5.6.3. Toma de decisiones

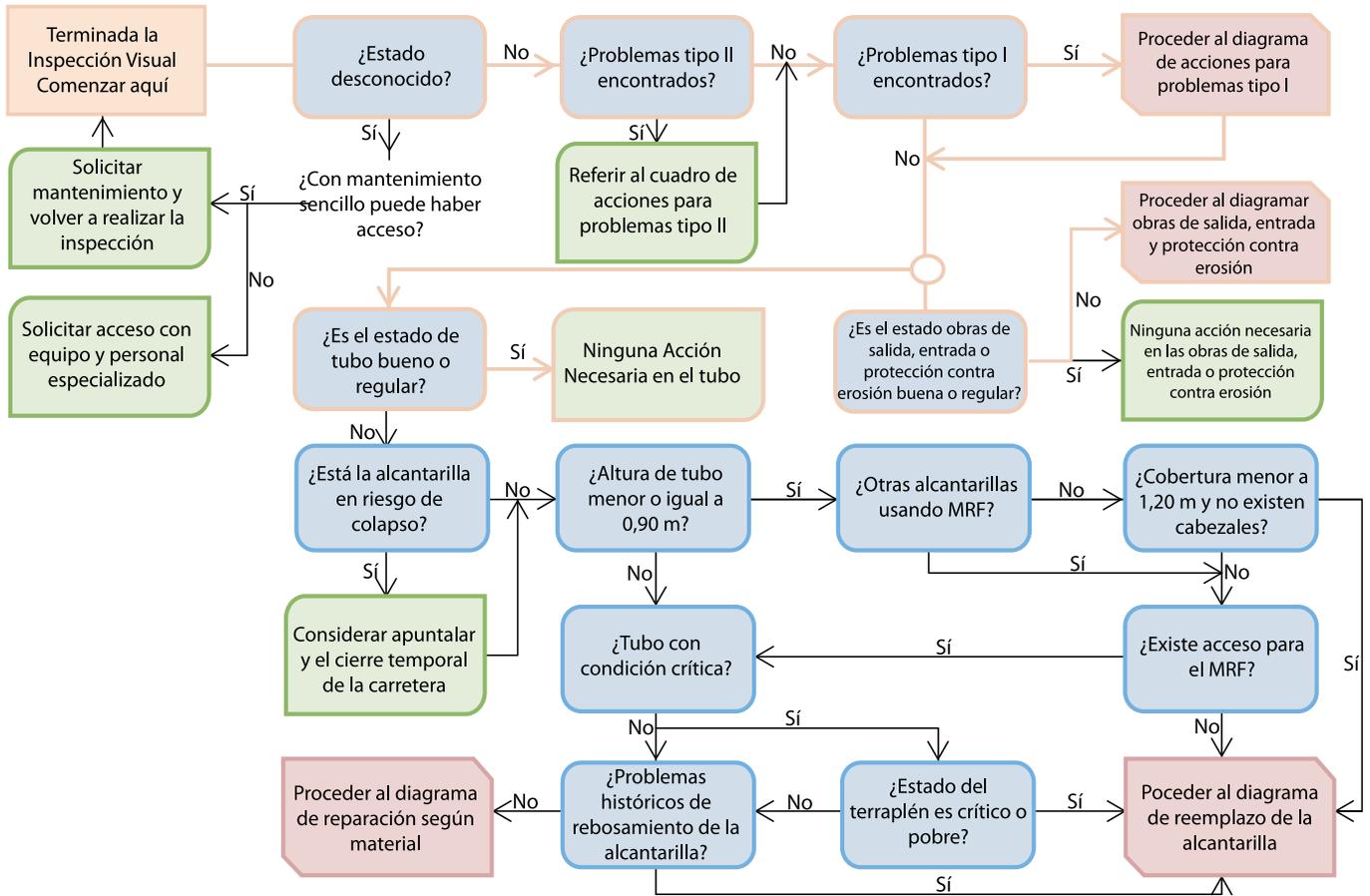


Figura 113. Toma de decisiones (pag 1)

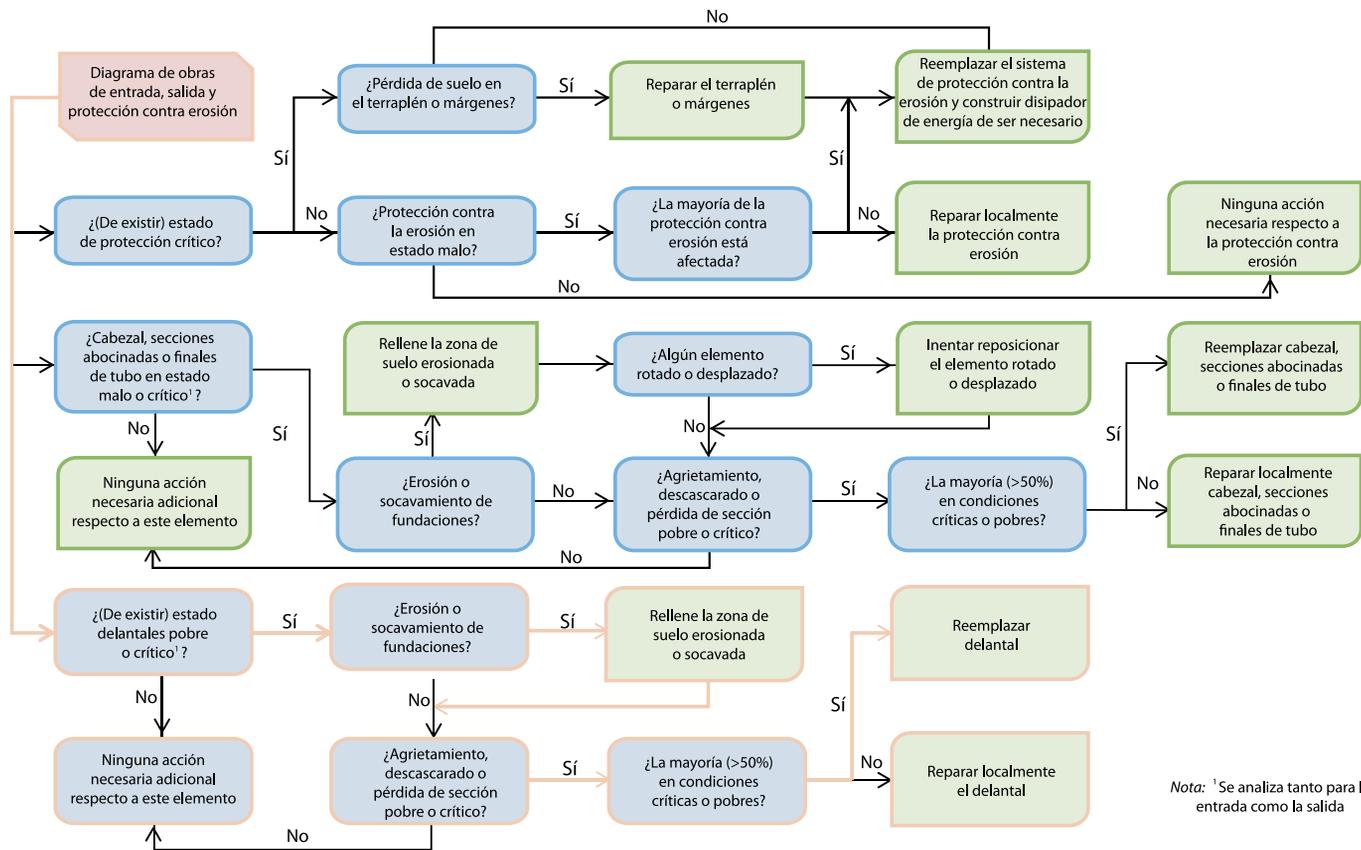


Figura 114. Toma de decisiones (pag 2)

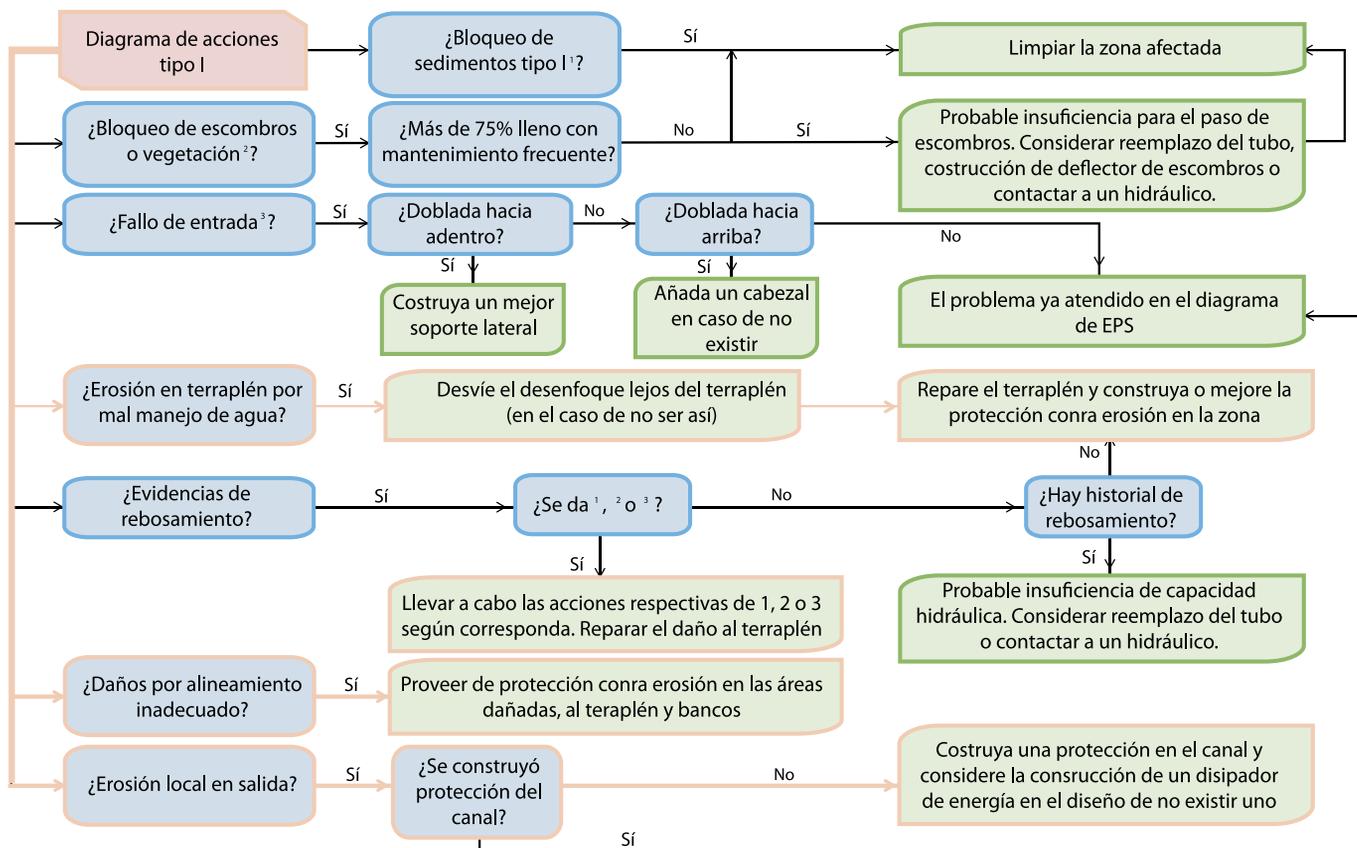


Figura 115. Toma de decisiones (pag 3)

Problema	Indicadores vistos en Campo	Disciplinas requeridas para la investigación
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 del tubo. 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, diseñadas para el paso de animales acuáticos o si pertenece al patrimonio histórico.	Cualquier problema crítico o malo encontrado y/o más de tres metros de fundación expuesta.	Hidráulico y geotecnista (fondo abierto). Hidráulico y ambiental (paso de organismos acuáticos). Hidráulico y Especialista en patrimonio (patrimonio histórico).

Figura 116. Toma de decisiones (pag 4)

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de la aproximación de la probabilidad de falla para cada uno de los casos descritos en este apartado.

Cuadro 18. Obtención de APF de cada una de las alcantarillas.

Código	F _{Te}	F _{Ts}	D _{Ee}	D _{Es}	PE	T	CT	Es	Da	MAN	EXP	APF
202---001	1.00	1.00			0.00	1.00	0.75	0.85	0.15		x	0.31
205---001	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.75	0.82	0.19			0.19
303---001	1.00	1.00			0.00	0.50	0.75	0.61	0.39		x	0.55
203052001	1.00	1.00	0.50	0.50	0.00	1.00	0.75	0.82	0.19			0.19
203052002	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	1.00			1.00
03919101001	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.75	0.82	0.19		x	0.35

Nota: FT:= Razón de estado de la salida o entrada del 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; Da:= Razón de daños, Ma:= mantenimiento, Ex:= Expertos, APF:= Aproximación de la probabilidad de falla.

6. ANEXOS

Cuadro 19. Glosario de términos técnicos.

Elemento	Explicación
Abrasión	Desgaste debido a choque o fricción del material de fondo del río.
Creciente	Aumento del nivel del río causa de un proceso de precipitación.
CRTM-05	Proyección geográfica específicamente diseñada para Costa Rica tipo Transversal Mercator.

Elemento	Explicación
Disipador de energía	Estructura usualmente encontrada luego de una estructura de control hidráulico (como una alcantarilla) para disminuir el impacto de la energía liberada en el salto hidráulico en el cuerpo de agua.
Eflorescencia	Exudación blanca en el concreto.
Erosión	Proceso de desgaste de los materiales.
Escarificación	Desgaste
Fondo móvil	Aquellas alcantarillas cuyo fondo no está construido. Es el mismo fondo que el del río.
Fundación	Estructura de apoyo usualmente presente en alcantarillas tipo arco o bastiones y vigas donde el fondo es móvil.
GPS	Sistema de posicionamiento global.
GSC WGS (1984)	Sistema Godésico Mundial empleado actualmente para obtener coordenadas en el mundo.
Lambert	Proyección tipo Lambert cónico conforme previamente empleado en Costa Rica.
MRF	Metodología de reparación por forro se refiere a una tecnología que permite arreglar la alcantarilla usualmente mediante una nueva cubierta en el tubo e inyección de concreto.
Reemplazo sin trinchera	Conjunto de procesos que sin necesidad de realizar una trinchera logran cambiar la alcantarilla.
Socavación	Tipo particular de erosión asociada a una excavación profunda en un cuerpo de agua como un río.
TPD	Cantidad de vehículos que pasan por un punto en un día. De medirse en un año es TPDA.
Tubificación	Proceso de infiltración de agua a lo largo de un cuerpo de suelo asociado a pérdida de material y posteriores colapsos.
Camino Rural	Se le dice rural a aquellos caminos de muy bajo volumen usualmente relacionado con zonas agrícolas o de poco desarrollo de infraestructura. Es usual encontrarlos hechos en lastre o en tierra.
Rebalse o rebosamiento	Fenómeno en que debido a una creciente el agua pasa por encima de la alcantarilla o estructura hidráulica (sin que esta esté diseñada para esto).
Tubo	Apertura de la alcantarilla por donde pasa el caudal del cuerpo de agua que va de un lado a otro del terraplén.

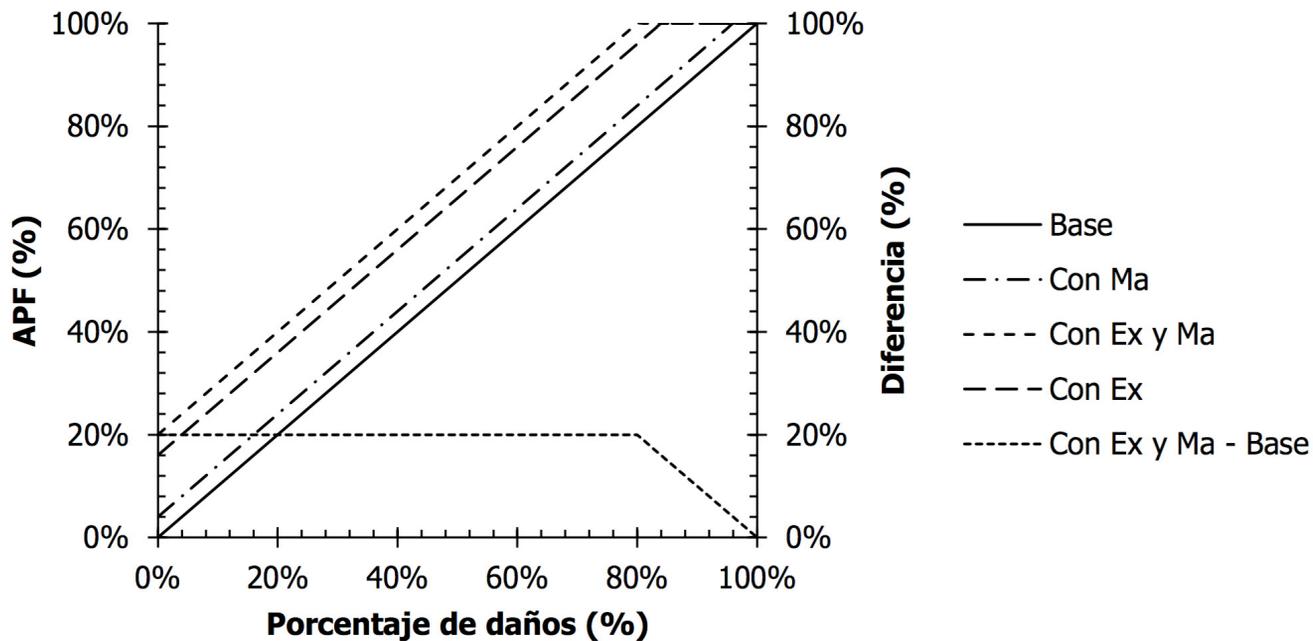


Figura 42. Aproximación de la probabilidad de falla como función del porcentaje de daños para varios casos de problemas de desempeño en el caso de la ecuación 9.



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica
Tel. (506) 2511-2500 / Fax (506) 2511-4440 / Código Postal 11501-2060
E-mail: direccion@lanamme.ucr.ac.cr / Sitio web: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr>

Diseño y Diagramación: Verónica Calderón Jiménez. / **Revisión:** Óscar Rodríguez Quintana.

Centro de Transferencia Tecnológica



GUÍA

DE EVALUACIÓN DE ESTADO Y DESEMPEÑO DE ESTRUCTURAS TIPO ALCANTARILLA



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES