

## GUÍA DE EVALUACIÓN DE ESTADO Y DESEMPEÑO DE ESTRUCTURAS TIPO ALCANTARILLA

**Ing. Josué Quesada Campos, M.Eng.**  
**Unidad de Gestión Municipal**

[josue.quesadacampos@ucr.ac.cr](mailto:josue.quesadacampos@ucr.ac.cr)

### INTRODUCCIÓN

En un país donde se cuenta con una alta densidad de vías y de cuerpos de agua como es el caso de Costa Rica es esperable encontrar una gran variedad de situaciones donde será necesario superar el obstáculo natural para dar continuidad a las vías. Para el caso donde se tienen volúmenes de agua relativamente bajos y se deben solventar pasos cortos las alcantarillas han sido históricamente la mejor solución al problema. Su facilidad constructiva y capacidad de aislar el flujo de agua de la estructura de pavimento generan poca afectación en general de la dinámica vehicular y del caudal.

Pese a la abundancia de este tipo de elementos en nuestras redes viales, el país ha carecido de una herramienta que permita guiar a los inspectores viales e ingenieros sobre cómo evaluar la condición de una alcantarilla y sobre cómo priorizar la intervención de las mismas en una red vial. Es por esta razón que se ha creado la “Guía de Evaluación de Estado y Desempeño de Estructuras Tipo Alcantarilla” por parte del LanammeUCR y como continuación al trabajo final de graduación denominado “Evaluación de Pasos de agua tipo alcantarilla” (Jimenez, 2015). La guía contiene dos metodologías asociadas a la evaluación de alcantarillas: inspección e inventario de alcantarillas y el proceso de toma de decisiones junto con la priorización de intervenciones.

### METODOLOGÍA DE INSPECCIÓN E INVENTARIADO DE ALCANTARILLAS

El proceso de obtención de información de una alcantarilla puede dividirse en dos partes: el inventario y la inspección. El inventario busca describir la alcantarilla mientras que la inspección busca determinar si el estado o el desempeño de la alcantarilla están bien o mal. La Guía propone obtener los datos básicos de la alcantarilla tanto en oficina como en campo; de esta manera aspectos como fechas de importancia, ubicación geográfica, códigos, tránsito promedio diario, historial de inundaciones e información similar se recopila en oficina a partir de informes y herramientas de información geográfica.

Los datos que se obtienen en campo referentes al inventario buscan caracterizar la alcantarilla, desde aspectos de forma, materiales, dimensiones generales y existencia de ciertos elementos como delantales y protecciones. Para la recopilación de los datos de inventario en campo la Guía cuenta con un formulario propuesto para la obtención de esta información donde de forma sencilla por medio de un formato de lista de chequeo el inspector puede marcar los elementos que encuentre en campo. Este formulario en general se puede subdividir en cuatro partes: los datos obtenidos previamente, características generales aguas arriba, características generales aguas abajo y un espacio para fotografías o diagramas. Así mismo se incluye un esquema propuesto para la toma de fotografías (mínimo 14). Un ejemplo del formulario de inventario completo se muestra a continuación (Figura 1):

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"
Última reparación					E		84°22'43,0"
Último mantenimiento					Sist. Coord.	x	WGC
Inventario previo		11	8	2015	Provincia		Alajuela
Inspección previa		11	8	2015	Cantón		Atenas
					Distrito		Concepción
Datos Viales				Datos de la Vecindad			
Código de ruta		Número de carriles		Zona*	Residencial	Industrial	Comercial
		2			x		
Tránsito promedio diario (veh/día)		Porcentaje de pesados (%)		Infra-estructura	Telecomunicaciones	x	Ctro. Educación
Velocidad máxima demarcada (km/h)		Importancia		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-cultur	
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				
La entrada tiene		x	Delantal	La salida tiene			Muros tipo ala
			x				
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.
		Arena		Limo o Arcilla			x
		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	

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

**Comentarios**

En la entada 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 crecienta. Al menos desde su reciente construcción por parte de los encargados del proyecto hidroeléctrico Chucuz.

N° 1

N° 2

N° 3.1

N° 3.2

Figura 1: Formulario de inventario incluyendo hoja de caracterización y comentarios con fotografías.

Fuente: LanammeUCR

En el caso de la inspección, lo que se busca es identificar situaciones riesgosas que puedan llevar al colapso parcial o total de la estructura o a la afectación de la vecindad de la alcantarilla y facilitar la labor de priorización. Se propone para el caso de las alcantarillas la utilización de la siguiente escala para clasificar la condición de cada alcantarilla (Tabla 1):

Es importante en este punto hacer notar que la guía contiene criterios separados para hacer la evaluación de la condición, tanto por componentes de la alcantarilla (terraplén, superficie de ruedo, cabezales de entrada y salida, delantales, protecciones) como para el tipo de material con el que está conformada la alcantarilla (tuberías de concreto, plástico, acero y mampostería).

Tabla 1: Puntajes para el análisis de estado de la alcantarilla

Calificación	Condiciones a la que responde
Bueno	Como nueva o poco deteriorada, estructural y funcionalmente adecuada
Regular	Con algún deterioro pero estructural y funcionalmente adecuada
Malo	Con deterioro significativo e/o inadecuada funcionalmente. Reparación Recomendada
Crítico	En muy pobres condiciones tales que podrían atentar contra la salud y seguridad de los usuarios. Reparación inmediata requerida

Con estos criterios es posible de forma visual identificar de forma independiente los problemas que podría tener prácticamente cualquier alcantarilla, pues no solo se abarcan los componentes usuales sino que también se cuenta con información para calificar la gravedad de los daños para cada tipo de material.

Adicional a las condiciones propias de los componentes y materiales es necesario realizar una evaluación del funcionamiento de la alcantarilla como tal, es decir, el desempeño de la misma ante las condiciones de tránsito vehicular y flujo al cual sirve. Para esto, la Guía propone la creación de dos niveles de problemas de desempeño: un primer nivel que reúne 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 (bloqueo por escombros, bloqueos por sedimentos, fallas en la entrada, alineamientos inadecuados, evidencia de rebosamientos, erosión en terraplén y erosión local en la salida). Por su parte, los problemas nivel dos 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 sortea la alcantarilla, en este caso solo se supone que se da el fenómeno y por ende se llama a un experto para que lo corrobore y dé una solución al respecto (bloqueo crítico por sedimentos, degradación del canal, inestabilidad del terraplén, tubificación del terraplén, abrasión o corrosión agresiva, fundación expuesta). Un ejemplo del formulario de inventario completo se muestra a continuación (Figura 2):

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







	N° 1	Terraplén y carretera colapsados
	N° 2	Ruta alterna del agua al darse un rebalse
	N° 3	Delantal con socavación crítica
	N° 4	Deslizamiento cercano puede generar sed
	N° 5	Delantal con socavación crítica
	N° 6	Profundidad de la socavación.

Figura 2: Formulario de inspección incluyendo hoja de evaluación y comentarios con fotografías.

Fuente: LanammeUCR

Finalmente, la sección dedicada a la inspección e inventario brinda recomendaciones y una guía breve sobre los aspectos a considerar al momento de hacer un ingreso a una alcantarilla para que se lleve a cabo de forma segura, esto de acuerdo a las recomendaciones OSHA (2011) y un listado de herramientas básico para realizar la inspección.

## METODOLOGÍA PARA LA TOMA DE DECISIONES Y PRIORIZACIÓN

Una vez que se cuenta con la información de inventario y condición de las alcantarillas se debe realizar un proceso de análisis para determinar la priorización de intervenciones. Para esto se propone la utilización de una serie de diagramas de decisión que contemplan posibles medidas de intervención (por ejemplo, una reparación mediante forro MRF), además de diagramas individuales por tipo de material. Las siguientes Figuras 3 y 4 muestran ejemplos de estos diagramas:

La forma de establecer un orden sobre las intervenciones a realizar en un grupo de alcantarillas en una red vial, una vía o un municipio se puede determinar a partir de la asignación de índices que permitan obtener un valor único que permita priorizar una alcantarilla sobre otra. En primera instancia se propone dividir la obtención de la importancia de una alcantarilla en dos ámbitos: Nacional y 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) para crear un índice de importancia. 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. Se propone crear un índice de importancia que considera la clasificación de la vía (alta capacidad, regional, conector, acceso). De forma alternativa se propone en la Guía un método para obtener factores de importancia entre

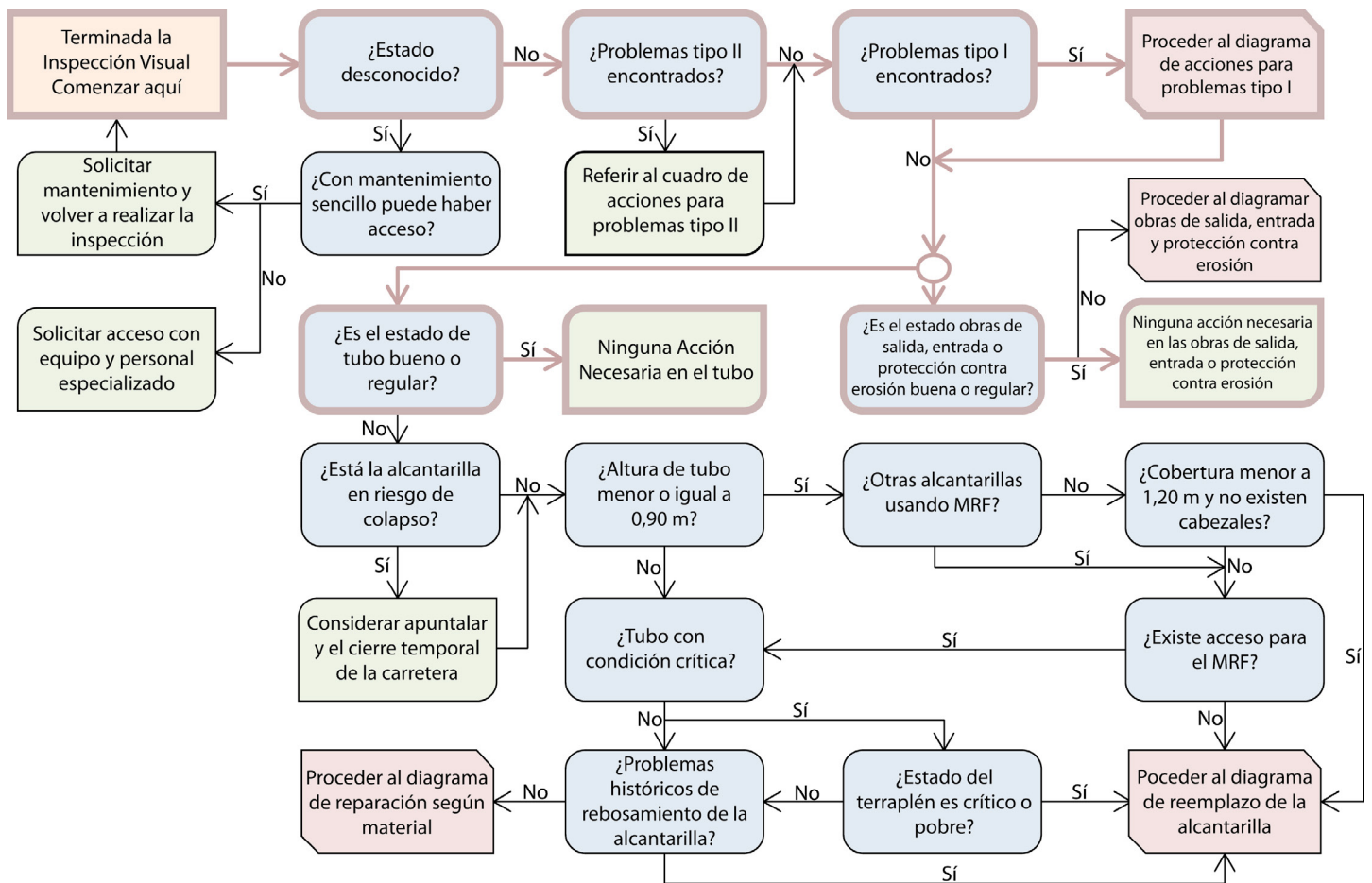


Figura 3: Ejemplo de uso del diagrama de entrada del análisis posterior a la inspección  
Fuente: Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla

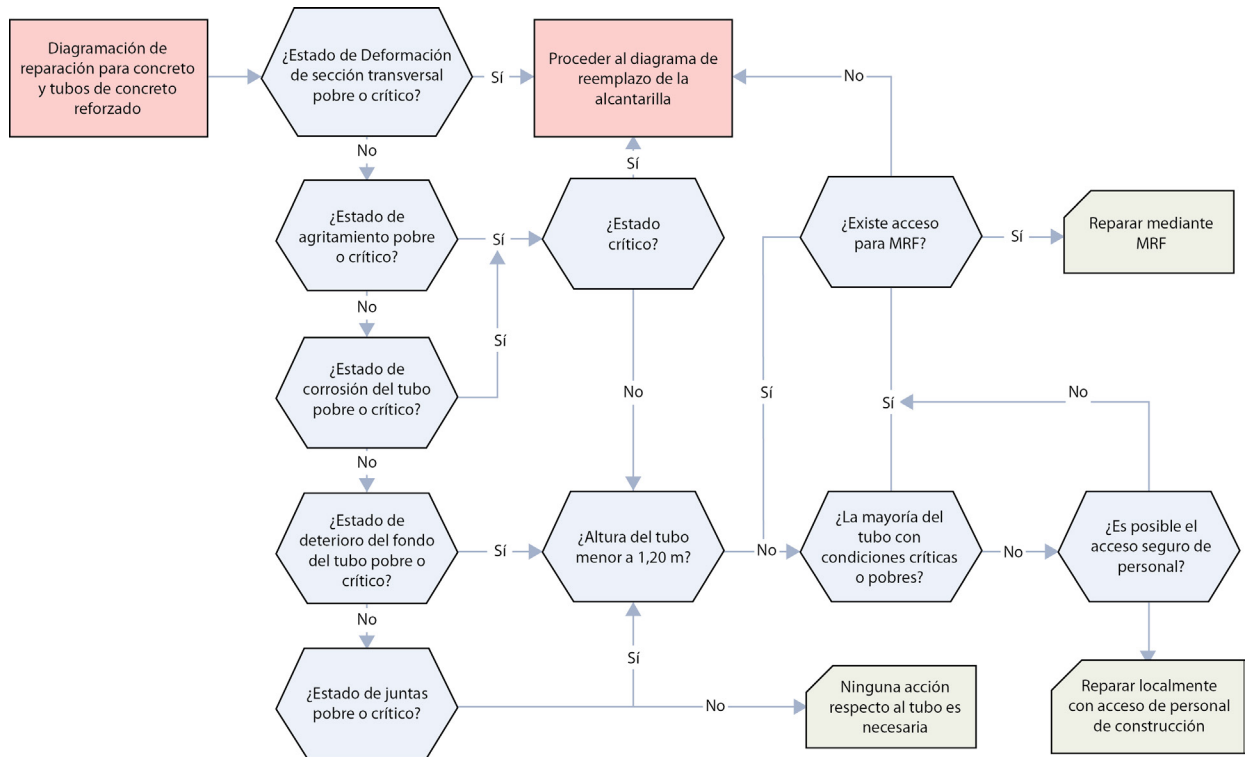


Figura 4: Diagrama de reparación para concreto y tubos de concreto.

Fuente: Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla

alcantarillas que cuenten con una misma clasificación de importancia considerando tránsito (TPD), cantidad de vehículos pesados, existencia de rutas alternas y distancias de las mismas; este tipo de análisis podría ser ideal a nivel de proyecto.

Para la ponderación de la condición de la alcantarilla se propone que se base en la información obtenida de las inspecciones, de tal manera que a los diferentes componentes de la alcantarilla

se les asigna una importancia relativa y se asigna un puntaje en caso de que se requiera o no reparación de acuerdo a las tablas de calificación. Esto conjugado con la necesidad o no de realizar mantenimiento (MA) o consultar un experto (EX) permite obtener un valor de probabilidad de falla de la alcantarilla (denominado APF) incluyendo un escenario base donde no hay necesidad ni de mantenimiento ni de consultar un experto (Figura 5).

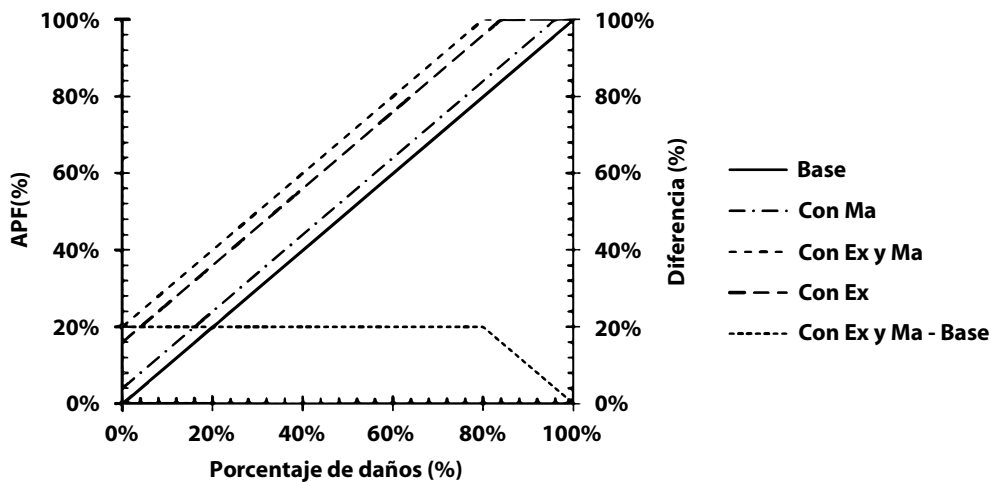


Figura 5: Aproximación de la probabilidad de falla como función del porcentaje de daños para varios casos de problemas de desempeño

Fuente: Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla.

Por último, los criterios de importancia (tanto para Red Vial Cantonal como Red Vial Nacional) y la aproximación de probabilidad de falla son multiplicados para obtener un índice final de priorización, con lo cual se puede maximizar la eficiencia de los recursos en las inversiones a realizar en este tipo de elementos viales.

## CONCLUSIONES

- La Guía de Evaluación de Estado y Desempeño de Estructuras tipo Alcantarilla constituye el primer documento generado a nivel nacional enfocado en labores de inspección y priorización de intervenciones en alcantarillas, partiendo de criterios técnicos que facilitan tanto a los inspectores viales como a los ingenieros las labores de evaluación de alcantarillas tanto a nivel de Red Vial Nacional y Cantonal.
- En conjunto con el Manual de Inspección de Puentes del MOPT, este documento permite el análisis del mayor porcentaje de estructuras de paso de agua en redes viales. Por lo que se espera el mismo sea de gran utilidad a los responsables de mantenimiento, planificación y estrategia vial al otorgar métodos de abordaje tanto para los inventarios, inspecciones como para tomar decisiones a nivel de inversión pública.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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
2. 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>
3. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). 2011. Permit-required confined spaces. Recuperado el 28 de julio de 2015, de: [https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9797](https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9797)