



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-1681-2022

INFORME DE ASESORÍA A UNIDAD DE NORMATIVA Y ACTUALIZACIÓN
TÉCNICA

CRITERIO TÉCNICO CON RESPECTO AL MÉTODO PROPUESTO PARA LA ESTIMACIÓN DEL PATRIMONIO VÍAL, APLICADO A ESTRUCTURAS DE PUENTES Y ALCANTARILLAS



Preparado por:
Unidad de Puentes
Programa de Ingeniería Estructural

Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el
Capít.7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto
DE-37016-MOPT.

San José, Costa Rica
21 de Noviembre, 2022



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Página intencionalmente dejada en blanco



1. Informe: EIC-Lanamme-INF-1681-2022		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE ASESORIA A LA UNIDAD DE NORMATIVA Y ACTUALIZACIÓN TÉCNICA: CRITERIO TÉCNICO CON RESPECTO AL MÉTODO PROPUESTO PARA LA ESTIMACIÓN DEL PATRIMONIO VÍAL, APLICADO A ESTRUCTURAS DE PUENTES Y ALCANTARILLAS.		4. Fecha del Informe 21 de Noviembre, 2022
5. Organización y dirección: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500		
6. Información general Este informe, que corresponde a una emisión de criterio técnico con respecto al “ <i>Método de Estimación del Patrimonio Vial</i> ”, es un producto de la Unidad de Puentes (UP) del Programa de Ingeniería Estructural (PIE) – Lanamme UCR, el cual se realiza mediante la solicitud de la Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT) mediante el memorando LM-PI-UNAT-27-2022 con fecha del 08 de agosto del 2022, de conformidad con las competencias asignadas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) mediante la Ley n.º 8114 y su reforma mediante la Ley 8603		
7. Palabras clave 2022, Puentes, Alcantarillas, Asesoría, EIC-Lanamme-INF-1681-2022, Unidad de Puentes, Patrimonio Vial, Estimación de costos, CONAVI, MP-2020, Depreciación, AASHTO.		8. Nivel de seguridad: Ninguno
9. Informe realizado por: Ingeniero Unidad de Puentes	10. Revisión legal por: Asesoría Legal LanammeUCR	11. Revisado y aprobado por: Coordinador General del Programa de Ingeniería Estructural



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Página intencionalmente dejada en blanco



RESUMEN EJECUTIVO

Este informe se elabora a raíz de una solicitud de la Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT), para brindar criterio técnico con respecto al documento “*Método de estimación del patrimonio vía*”, en lo que respecta al valor patrimonial de alcantarillas y puentes, según se indica en el Memorando LM-PI-UNAT-27-2022.

A partir del análisis técnico realizado se considera que el documento de “*Método de estimación del patrimonio vía*” requiere ser mejorado. Esto debido a que el documento propone dos enfoques para el cálculo del valor patrimonial, cuando debería estar alineado a un único enfoque, o que se indique bajo cuales circunstancias se debe utilizar cada uno de ellos. El cual debería estar consensuado con la Administración.

Las variables planteadas para estimar el valor patrimonial, tales como el costo por metro cuadrado de puentes y alcantarillas, y las curvas de depreciación asociadas con curvas de deterioro, no son presentadas con el detalle requerido. Adicionalmente, se hace alusión al uso de normativas para inspección y evaluación de la condición de puentes y alcantarillas que se encuentran desactualizadas.

En el presente informe se muestran una serie de recomendaciones para mejorar el documento.



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 Objetivo General.....	7
1.2 Objetivos específicos.....	7
1.3 Alcance y limitaciones	8
2. ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL PATRIMONIO VIAL.....	9
2.1 Cálculo de valor patrimonial de puentes y alcantarillas	11
2.1.1 Costo por metro cuadrado, en puentes y alcantarillas	11
2.1.2 Curvas de depreciación y curvas de deterioro, en puentes y alcantarillas ..	14
2.1.3 Inspección y evaluación de la condición de puentes.....	18
2.1.4 Inspección y evaluación de alcantarillas	19
3. CONCLUSIONES	21
4. RECOMENDACIONES.....	22
5. REFERENCIAS	23



1. INTRODUCCIÓN

El presente informe brinda criterio técnico sobre la metodología propuesta en el documento: “*Método de estimación del patrimonio vial*”, para estimar el costo de puentes y alcantarillas. El documento por revisar fue elaborado por la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (UGERVN), con colaboración de la Unidad de Gestión Municipal, según se indica en el Memorando LM-PI-UNAT-27-2022. La metodología propuesta en el documento en estudio pretende establecer el valor monetario actual de la infraestructura vial, incluyendo todos sus componentes principales tales como vías, estructuras conexas, territorios, puentes y alcantarillas.

1.1 Objetivo General

Emitir un criterio técnico sobre la metodología propuesta en el documento “*Método de estimación del patrimonio vial*”, específicamente en lo que respecta a su aplicación a estructuras de puentes y alcantarillas.

1.2 Objetivos específicos

- a) Determinar de manera general, si el método propuesto tiene una ruta clara, técnica y conceptual, en materia de puentes y alcantarillas, para la determinación del costo patrimonial a partir de costos de construcción por metro cuadrado, curvas de depreciación, curvas de deterioro, inspecciones rutinarias y evaluación de su condición.
- b) Identificar las publicaciones internacionales y nacionales más actualizadas que se esté utilizando, en materia de puentes y alcantarillas, para el establecimiento de costos por metro cuadrado de construcción, curvas de depreciación, curvas de deterioro, a partir de la inspección rutinaria y la evaluación de la condición del puente.
- c) Determinar, de manera general, si el método propuesto está alineado con lo establecido en las publicaciones internacionales y nacionales más actuales para la estimación del valor del patrimonio vial, en materia de puentes y alcantarillas.
- d) Brindar conclusiones y recomendaciones.



1.3 Alcance y limitaciones

El criterio técnico emitido en el presente informe se enfoca únicamente en los aspectos del documento “*Método de estimación del patrimonio vial*” cubiertos en las secciones: 3.2 Componente estructuras mayores de paso de agua, 3.3 Método alternativo para considerar la depreciación del costo del puente, 3.8 Creación del modelo, que en el documento proporcionado se indica como “Estimación de costos”, y 4. Conclusiones, establecidos en el documento en estudio.

Queda por fuera del presente informe lo relacionado con el territorio, las capas de rodaduras y los elementos conexos, y cualquier otro elemento que se describa en el documento en estudio.

Adicionalmente, se establece, que los criterios técnicos que se detallan en el presente informe corresponden únicamente a determinar si el documento propuesto es adecuado para estimar el valor del patrimonio vial, y en caso de no serlo, se brindan recomendaciones de mejora.



2. ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL PATRIMONIO VIAL

La Federal Highway Administration (FHWA) explica los conceptos de valoración financiera de patrimonio vial a través de un reporte especial publicado en el año 2016, denominado “*Incorporating Asset Valuation into Transportation Asset Management Financial Plans*”. En dicho documento, el valor del patrimonio vial de carreteras se define como la asignación del valor monetario a la infraestructura basado en su tamaño, edad, condición, costos de sustitución, y/o costos originales constructivos. Además, se menciona que el enfoque para la estimación del valor monetario del patrimonio varía según la región o país.

El documento de la FHWA hace alusión a dos tipos de enfoques para el cálculo del valor patrimonial de activos viales. El primero de ellos corresponde al que se aplica en los Estados Unidos, y el segundo al de Gran Bretaña y Australia, a continuación, se explica brevemente en qué consisten los enfoques.

De manera general, el enfoque estadounidense parte de hacer uso de un costo de sustitución de la estructura, el cual es llevado a valor pasado, en que el que se aplica una deducción por depreciación basada en la vida útil remanente.

Para ejemplificar adecuadamente como se aplica la metodología estadounidense, en la tabla 1 se presenta un ejemplo paso a paso de cómo calcular el valor patrimonial de un puente construido en el año 2001, al cual se le realiza la estimación de su valor monetario en el año 2016. Según la tabla 1, el Paso A consiste en determinar el costo presente de sustitución de un puente. Seguidamente, el Paso B consiste en determinar cuál ha sido el cambio en el índice de precios de la construcción, el cual abarca un periodo que va desde el año de construcción del puente al año en que se hace la determinación. Una vez obtenido el índice, se continúa con el Paso C el cual consiste en llevar a valor pasado el costo de sustitución de la estructura. Posteriormente, en el Paso D, se estima la pérdida de valor anual de la estructura, dividiendo el costo de la estructura por la cantidad de años de vida útil que posee. El Paso E consiste en multiplicar el valor de pérdida anual obtenido en el Paso D, por la cantidad de años que lleva en operación la estructura. Por último, el paso F, consiste en deducir la depreciación acumulada calculada en el paso E al valor monetario de la estructura determinado en el paso C.



Tabla 1. Ejemplo de determinación de patrimonio vial bajo el enfoque estadounidense

Paso	Factor o cálculo	Valor
A	Costo actual de sustitución	\$65 M
B	Índice de precios de la construcción para pasar del año 2016 al 2001	0.69
C	Estimación del costo de construcción de una nueva estructura del 2016 en el año 2001 (A x B)	\$44.9 M
D	Costo anual de depreciación, basada en una vida útil de 25 años (C / 25)	\$1.794 M
E	Años de depreciación acumulada (15 años para el caso del ejemplo) (D x 15)	\$26.9 M
F	Valor actual depreciado del activo (C – E)	\$17.95 M

Fuente: FHWA, 2016.

Por otro lado, el enfoque británico/australiano, es muy similar al enfoque estadounidense, en cuanto a que se parte del costo de sustitución de una estructura que fue llevada a valor pasado, con una diferencia sustancial en la determinación de las deducciones. La reducción del valor monetario en este enfoque está asociado a aspectos como lo es el estado físico de la estructura (Curvas de deterioro), así como por la obsolescencia o la optimización, y ya no solo atado a la vida útil de la estructura como se realiza en el enfoque estadounidense. Un ejemplo de obsolescencia es el caso de un puente que cuenta con dos carriles de tránsito mientras que la carretera cuenta con tres o más carriles. Un ejemplo de optimización es el caso de un puente de tres carriles, a lo largo de una carretera con dos carriles, la cual se espera ampliar en un futuro.

En el documento "*Método de estimación del valor patrimonial*", en lo que respecta a estructuras tipo puente y alcantarillas, se hace alusión a que se requiere la determinación del costo constructivo por metro cuadrado, posteriormente se realiza una evaluación de su condición actual, y a esta condición se le asocia curvas de deterioro, en las que se estima la pérdida de serviciabilidad, y a esa pérdida se le asocia a un valor monetario depreciado. De manera alternativa se plantea el uso de curvas de depreciación basado únicamente en los años que han transcurrido desde la construcción del puente. Por lo tanto, se observa que el documento propuesto recomienda el uso de la metodología estadounidense y la británica/australiana, lo cual no se considera apropiado, pues se estima que se debería especificar un solo enfoque o al menos indicar bajo cuales circunstancias se debe utilizar cada uno de ellos. Además, la decisión de cual metodología se debería especificar a utilizar debe ser consensuada con la Administración.



Dado que no existe claridad sobre cuál debería ser el enfoque a utilizar en Costa Rica, se recomienda realizar una investigación detallada de las diferentes metodologías, para analizar las ventajas y desventajas de cada una de ellas, y así presentar más información sobre cómo se aplicaría la metodología en el caso de puentes y alcantarillas de diferentes tipologías y materiales. Esta investigación permitiría determinar cuál sería el método que más le conviene al país para determinar el valor patrimonial de activos de puentes y alcantarillas.

2.1 Cálculo del valor patrimonial de puentes y alcantarillas

Para calcular el valor patrimonial de puentes y alcantarillas en Costa Rica, según el documento “*Método de estimación del patrimonio vial*”, se requiere (a) costos por metro cuadrado de construcción, (b) curvas de depreciación y curvas de deterioro, así la relación entre ellas, y (c) metodología para la inspección y evaluación de la condición de puentes y alcantarillas.

Para cada uno de los puntos antes expuestos es que, a continuación, se presentan las ideas principales extraídas del documento “*Método de estimación del patrimonio vial*” sobre cómo se planea implementar en el país la metodología propuesta, se indican las publicaciones y/o investigaciones internacionales y nacionales más actuales, y por último se emite un criterio técnico en cuanto a si lo indicado en la metodología propuesta es lo adecuado.

Se aclara que para efectos de evitar hacer un uso excesivo del nombre del documento “*Método de estimación del patrimonio vial*”, se va a hacer alusión a él como “*documento propuesto*”.

2.1.1 Costos por metro cuadrado de construcción de puentes y alcantarillas

a) Metodología según el documento “*Método de Estimación del Patrimonio Vial*”

El documento propuesto establece en su sección 3.8, que, para la estimación del valor patrimonial de puentes y alcantarillas, se necesita contar con costos por metro cuadrado de construcción. Se indica que, para obtener dichos costos, se debe recolectar la información de costos históricos de puentes construidos en años recientes y llevarlos a valor presente.



Adicionalmente, se menciona que los costos se deben calcular según el tipo material y la tipología del puente o alcantarilla.

b) Publicaciones internacionales y nacionales

A partir de una revisión general de publicaciones internacionales sobre la determinación de los costos de construcción de puentes se concluye que existe una gran cantidad de informes e investigaciones desarrolladas por Departamentos de Transporte de los Estados Unidos. Sin embargo, no se encontró un documento o manual de la FHWA o AASHTO donde se presente una metodología clara para calcular costos de construcción por metro cuadrado de puentes y alcantarillas.

A continuación, se presentan algunas investigaciones que se podrían utilizar como referencia para establecer un procedimiento para determinar los costos por metro cuadrado de construcción de puentes y de alcantarillas para estimar el valor del patrimonio vial:

- Federal Highway Administration. (2016). Incorporating Asset Valuation into Transportation Asset Management Financial Plans.
- Fragkakis, N., Lambropoulos, S., Pantouvakis, J.P. (2010) A cost estimate method for bridge superstructures using regression analysis and bootstrap. Organization, Technology and Management in Construction. International Journal. 2. 182–190.
- NCHRP (1996). Collecting and Managing Cost Data for Bridge Management Systems. Synthesis 227. Transportation Research Board. National Cooperative Highway Research Program. Washington, D.C., USA.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2011). Asset Management Guide, A Focus on Implementation.

A nivel nacional, sucede la misma situación que a nivel internacional, en cuanto a que no se encontró una publicación para la determinación de costos por metro cuadrado. En la Unidad de Puentes del LanammeUCR se está preparando un informe donde se propone una metodología para calcular el costo de intervención de puentes que puede ser utilizada como punto de partida para el desarrollo de una metodología para el cálculo de costos por metro cuadrado. El documento es el siguiente:



- Vargas, L., Álvarez, S. & Castillo, R. (s.f). Asesoría al CONAVI para el denominado “Programa de Intervención de Puentes en Estado Deficiente, Parte 3 – Estimación de costos de intervención de puentes priorizados” –. Unidad de Puentes. Programa de Ingeniería Estructural, LanammeUCR: San José, Costa Rica. (Pendiente de publicar).

c) Criterio de la Unidad de Puentes

El método propuesto en el documento “*Método de estimación del valor patrimonial*” no indica un procedimiento claro para la determinación del costo por metro cuadrado de puentes. Tampoco, se establece a cuáles organismos y/o instituciones se les puede solicitar la información requerida, como por ejemplo el MOPT, el CONAVI y/o Municipalidades. Además, no se indica cuales tipologías se van a utilizar y tampoco se indica el muestreo a seguir para establecer los costos.

Un aspecto fundamental para la determinación del costo por metro cuadrado de construcción, y que no se hace mención en el documento en estudio, es si debe contemplar o no el cálculo del costo de los accesos, como parte del costo total por metro cuadrado de la estructura, dado que este elemento puede incrementar considerablemente el valor, especialmente en aquellos casos donde los accesos son extensos.

Como recomendación, en aquellas obras con accesos de gran magnitud, una alternativa es que se contabilicen como una obra conexas separada de lo que se incluye como parte de los costos del puente, y que por ende existan dos tipos de costos, uno relacionado al puente propiamente, y otro a los accesos como un elemento independiente de todo lo que conforma la obra vial civil.

Por último, en cuanto a la creación de una base de datos de costos de construcción de puentes y alcantarillas, se debería valorar si se debe incluir, adicional a los costos constructivos, los costos por diseño, los costos de los estudios básicos y los costos de demolición de puentes y alcantarillas existentes. Para mayor claridad sobre este tema se recomienda revisar la literatura internacional y nacional mencionada en la sección 2.1.1.b del presente informe.



2.1.2 Curvas de depreciación y curvas de deterioro, en puentes y alcantarillas

Según el documento en estudio, una vez que se tienen los costos de construcción por metro cuadrado, se debe considerar la pérdida de valor debido al paso del tiempo y al uso, para lo cual se recomienda el uso de curvas de depreciación y/o curvas de deterioro.

Una curva de depreciación asocia la pérdida de costo de un elemento o estructura a lo largo del tiempo, basado en únicamente su vida útil esperada, como se muestra en la Figura 1.

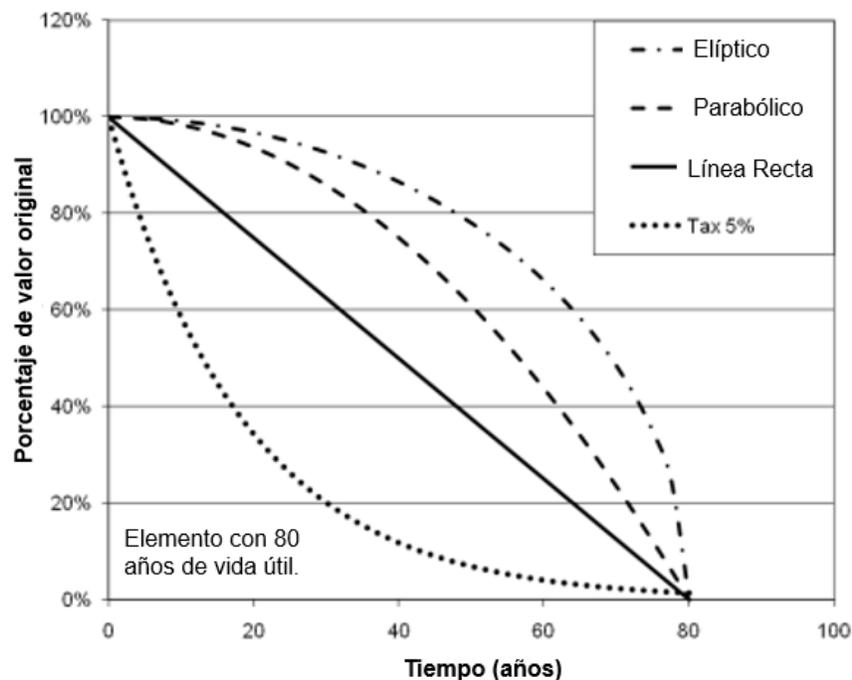


Figura 1. Ejemplo de posibles curvas de depreciación bajo diferentes arreglos matemáticos

Fuente: Kleywegt, 2010

Al ser las curvas de depreciación un modelo muy simplista, tal y como lo indica la FHWA (2016), estos modelos tienden a subestimar o sobreestimar el costo real actual de las estructuras o elementos a los que se les asocia.

Por otro lado, una curva de deterioro se define como aquella que permite comparar el estado de servicio actual de un elemento o estructura, con respecto a su estado ideal. A manera de ejemplo, se muestra en la Figura 2, una curva de deterioro en la cual la línea

punteada corresponde a un puente al que no se le brinda mantenimiento, mientras que la línea continua representa la situación contraria.

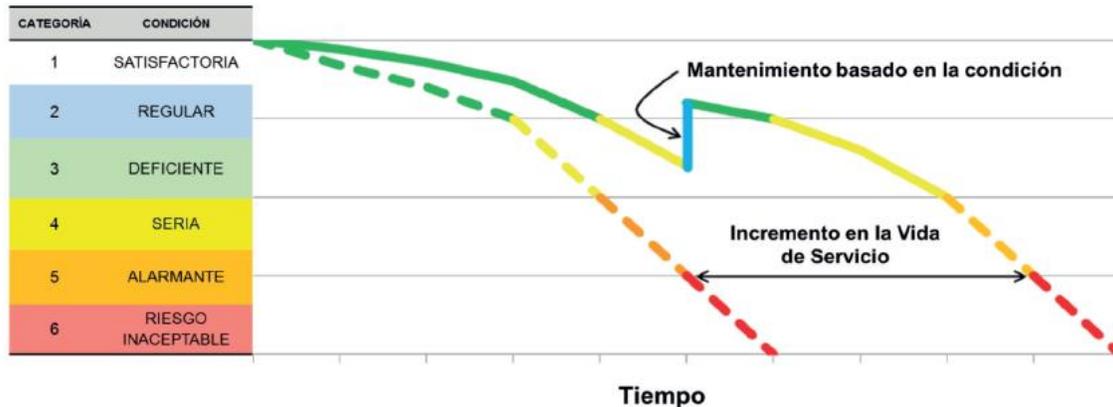


Figura 2. Ejemplo de una curva de deterioro/serviciabilidad

Fuente: Villalobos-Vega, E & Sánchez-Badilla, K. (2020)

La curva de depreciación y la curva de deterioro relacionan aspectos que no son comunes entre ellas. Por un lado, la curva de depreciación muestra la pérdida de valor a lo largo del tiempo, de manera que la estructura llega a perder todo el valor una vez alcanzada la vida útil del puente. Esta curva no considera la condición de los elementos ni el mantenimiento que pudo haber recibido durante su vida de servicio. Por su parte, la curva de deterioro relaciona la condición de un elemento y como esta condición varía a lo largo del tiempo. Es evidente que la curva de deterioro no relaciona condición de elemento con pérdida de valor, aspecto que si realiza la curva de depreciación. Sin embargo, hay que tener presente que la condición de un elemento puede cambiar si este recibe mantenimiento y por tanto incrementa el valor del elemento, por ende, el valor del puente. Por lo que, si se busca implementar el uso de curvas de deterioro para estimar el valor monetario del patrimonio vial, ineludiblemente una curva de deterioro debería asociar la condición del elemento o estructura en general con una pérdida de valor, es decir, debe implementar parte del concepto asociado a una curva de depreciación.

Otro aspecto importante por considerar si se quiere hacer uso del enfoque de curvas de deterioro para estimar el valor patrimonial, es la realización, de manera rutinaria, de inspecciones y evaluaciones a las estructuras para determinar su condición actual y relacionar dicha condición con una pérdida o incremento de valor.



a) Metodología según el documento “Método de Estimación del Patrimonio Vial”

En el documento propuesto, en la sección 3.3, se propone utilizar la curva de depreciación recomendada en el proyecto de investigación de tesis desarrollado por Vindas, I. (2019). En dicho documento se hace referencia a una curva de depreciación incluida en un artículo técnico de Kleywegt (2010), el cual se basa en el uso de un arreglo matemático de tipo parabólico. El tipo de arreglo matemático seleccionado se justifica en cuanto a que este refleja como la depreciación se incrementa conforme pasan los años. En los primeros años la pérdida de valor es mínima, mientras que en los últimos años la pérdida de valor se acelera.

Adicionalmente, en la sección 3.3 del documento propuesto, en cuanto al uso de curvas de deterioro, se resalta lo siguiente “*en caso de no conocer el año de construcción del puente, se propone analizar la depreciación de los elementos por medio de una inspección de su condición estructural*”. Posteriormente se menciona que “*se relaciona el estado de deterioro de la estructura con su valor actual de patrimonio*”, lo que conlleva a que, como se indica en la sección 4 de la metodología propuesta, “*se debe de considerar la curva de deterioro propia de los elementos*”. Por lo tanto, se observa que en el documento propuesto se busca asociar las curvas de deterioro y curvas de depreciación para la estimación del valor patrimonial de las estructuras de puentes y alcantarillas.

b) Publicaciones internacionales y nacionales

Se realizó una búsqueda bibliográfica para determinar si existe una guía que detalle el paso a paso a seguir para el establecimiento de curvas de depreciación y deterioro en materia de puentes y alcantarillas, sin embargo, no se encontró una que proviniera directamente de AASHTO o de la FHWA. A pesar de esto, se detallan algunas investigaciones que se podrían analizar para el desarrollo de las curvas de depreciación y deterioro:

Curvas de depreciación:

- Georgia Department of Transportation. (2019). Development of Depreciation Models Utilizing the NBI Condition Ratings Over 25 Years. Georgia, USA.



Curvas de deterioro:

- Nebraska Department of Roads, Nebraska Transportation Center & University of Nebraska-Lincoln. (2011). Developing Deterioration Models for Nebraska Bridges. Nebraska, USA.
- The Caltrans Division of Research, Innovation and System Information. (2020). Bridge Deterioration Models and Rates. California, USA.

A nivel nacional, también se realizó una búsqueda bibliográfica, pero al igual que como sucedió en la búsqueda de referencias internacionales, no se encontró una guía o metodología para la determinación de curvas de deterioro y depreciación, aplicado a puente y alcantarillas.

c) Criterio de la Unidad de Puentes

A partir de un análisis técnico del artículo de Kleywegt (2010), donde se describe el método para la creación de la curva de depreciación, se encuentra que la curva propuesta de Kleywegt para la estimación del valor patrimonial es muy simplista ya que solo considera la vida útil de las estructuras como factor depreciativo. Adicionalmente, la curva propuesta no contempla características como el tipo de material, el deterioro con el paso del tiempo y/o la obsolescencia, lo cual refuerza que efectivamente este tipo de curvas tienden a subestimar o sobrestimar el valor real de las estructuras, tal y como se destaca en el documento de la FHWA (2016). Por lo tanto, se concluye que el uso de curvas de depreciación no es el enfoque más adecuado.

Las curvas de deterioro, a diferencia de las curvas de depreciación, tienen la ventaja de que contemplan diferentes variables como lo son el tipo de elemento, el material, el paso del tiempo, la obsolescencia, la falta de mantenimiento, entre otras, pero, esto conlleva a que su modelación se puede volver complicada de acuerdo con la cantidad de variables que se busquen involucrar. Sin embargo, tienen la desventaja de que la condición del elemento no está asociada a una pérdida o aumento del valor patrimonial. Por lo tanto, la posibilidad de utilizar curvas de deterioro para determinar el valor patrimonial de las estructuras, implica que éstas curvas deben asociar la condición del elemento a un valor de



depreciación. Lastimosamente, en el documento en estudio no se indica cómo se debe realizar esta asociación.

2.1.3 Inspección y evaluación de la condición de puentes

a) Metodología según el documento “Método de Estimación de Patrimonio Vial”

En la metodología propuesta, en la sección 3.2, se establece que para la inspección visual de las estructuras existentes de puentes se haga uso del “Manual de inspección de puentes del MOPT”, y para evaluar la condición de los elementos de puentes se utilice recomendaciones incluidas en el documento “Actualización de los criterios de evaluación visual de puentes”, elaborado por la Unidad de Puentes del LanammeUCR

b) Publicaciones internacionales y nacionales

A nivel internacional, la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y la Federal Highway Administration (FHWA) cuentan con publicaciones relacionadas a la inspección visual y calificación de la condición de elementos y puentes. Estas publicaciones son:

- AASHTO: “*The manual for Bridge Evaluation (2018) & Manual for Bridge Element Inspection (2019)*”.
- FHWA: “*Bridge Inspector’s Reference Manual (2012)*”.

A nivel nacional, El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), como ente rector en materia de puentes, cuenta con un *Manual de inspección de Puentes del 2007*, y a su actualización del 2014, donde describe la metodología para realizar inspecciones, pero no brinda información sobre cómo calificar la condición de los puentes a partir de la condición de sus elementos. Además, la metodología establecida no está alineada con la metodología empleada por AASHTO.

Por otro lado, existe el documento *Manual de Puentes de Costa Rica (2020)*, denominado de aquí en adelante como el MP-2020, que una vez oficializado por el MOPT sería el reemplazo del Manual de Inspección de puentes (2007). Este documento incluye una metodología para inspección y evaluación de puente más completa y alineada con las



prácticas actuales de AASHTO, y además incluye el procedimiento para calificar la condición de elementos, componentes y el puente en general.

c) Criterio de la Unidad de Puentes

A criterio de la UP, no se considera adecuado la recomendación incluida en el documento “*Método de Estimación de Patrimonio Vial*” de utilizar el “*Manual de inspección de puentes del MOPT*” para realizar inspección de puentes, esto en vista de que el MP-2020 va a reemplazar pronto el manual vigente.

Adicionalmente, en cuanto al uso del documento “*Actualización de los criterios de evaluación visual de puentes*”, para calificar la condición de elementos, se aclara que este documento se encuentra desactualizado y más bien se recomienda especificar el procedimiento incluido en el MP-2020.

Por lo tanto, en lo que respecta a la inspección y determinación de la condición y calificación de puentes, se concluye, que lo indicado en la metodología propuesta no especifica los documentos adecuados.

2.1.4 Inspección y evaluación de alcantarillas

a) Metodología según el documento “Método de Estimación del Patrimonio Vial”

En la metodología propuesta, específicamente en la sección 3.2, se establece que para la inspección visual y la determinación de la condición de alcantarillas se haga uso de la “*Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla*”.

b) Publicaciones internacionales y nacionales

A nivel internacional, AASHTO publicó en el año 2020 un nuevo documento regente en materia de inspección y evaluación de la condición de estructuras tipo alcantarilla y similares, titulado “*Culvert & Storm Drain System Inspection Guide*”. Este documento, además de ser específico para inspeccionar y evaluar alcantarillas, está alineado con los manuales más actuales de AASHTO para inspección y evaluación de puentes, como lo es el “*The manual for Bridge Evaluation (2018) & Manual for Bridge Element Inspection (2019)*”. Al ir las publicaciones bajo una misma línea en cuanto a la inspección y la



evaluación de la condición de las estructuras de tipo puente y alcantarilla, facilita la realización de la inspección sin que exista un cambio significativo entre ellas.

A nivel nacional, el LanammeUCR, en el año 2016, publicó el siguiente documento “*Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla*”, el cual se basa en diversas publicaciones internacionales de la FHWA y los departamentos de transporte de Estados Unidos, y a nivel nacional se fundamenta en una publicación del MOPT y una tesis de licenciatura, donde el documento más reciente utilizado para su elaboración es del año 2015. Por ende, esta publicación nacional se encuentra desactualizada bajo las nuevas pautas dadas por AASHTO en el año 2020.

c) Criterio de la Unidad de Puentes

A criterio de la UP, no se considera apropiado hacer uso de “*Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla*”, dado que actualmente se cuenta con una guía actualizada de inspección de alcantarillas propiamente establecida por AASHTO, denominada “*Culvert & Storm Drain System Inspection Guide*”.

Se recomienda, por lo tanto, que se especifique el uso del documento “*Culvert & Storm Drain System Inspection Guide*” de AASHTO (2020), mientras se desarrolla una publicación nacional para la inspección y evaluación de la condición de estructuras tipo alcantarilla.



3. CONCLUSIONES

A partir de los criterios técnicos planteados se concluye lo siguiente:

- a) Se considera que el documento “*Método de estimación del patrimonio vial*” debe ser mejorado. Es necesario definir el enfoque a seguir para estimar el valor de puentes y alcantarillas, y describir con más detalle la metodología a emplear. Además, para efectos de facilitar su estandarización, el documento debe partir del consenso con la Administración sobre el tipo de enfoque a utilizar.
- b) El método propuesto requiere la determinación de costos de construcción por metro cuadrado de las estructuras, pero no se indica que información es requerida para determinarlos, a cuáles organismos y/o instituciones se les debe solicitar la información y no se hace referencia a una publicación que justifique el procedimiento a seguir.
- c) El método propuesto no deja claro cómo se contemplaría el costo de los accesos, dado que estos, según sea su extensión, pueden incrementar el costo final significativamente.
- d) La recomendación de utilizar curvas de depreciación para estimar el *patrimonio vial*, no es el enfoque más adecuado, dado que éstas curvas tienden a subestimar o sobrestimar los valores monetarios.
- e) El uso de curvas de deterioro para estimar el valor monetario del patrimonio vial no es suficiente por sí solo, esto dado que únicamente reflejan el cambio de condición de la estructura en el tiempo. Por lo tanto, si se busca realizar su asociación a una pérdida de valor en el tiempo, implica que es necesario que los deterioros estén asociados a curvas de depreciación. Sin embargo, el documento no explica cómo se debería realizar dicha asociación.
- f) En lo que respecta a la inspección y evaluación de la condición de puentes y alcantarillas, no se considera adecuado la recomendación de utilizar el “*Manual de inspección de puentes del MOPT*”, ni la “*Guía de evaluación de estado y desempeño de estructuras tipo alcantarilla*”, para la inspección y determinación de la condición de estructuras de puentes y alcantarillas, respectivamente, dado que se encuentran desactualizados.



4. RECOMENDACIONES

- a) Para la delimitación de las tipologías de las estructuras de puentes se recomienda hacer uso de la división en tipo de superestructuras que establece el Manual de Puentes de Costa Rica (MP-2020).
- b) Para el establecimiento de la metodología para la determinación del costo de construcción por metro cuadrado de las estructuras de puentes y alcantarillas, se recomienda consultar el informe elaborado por Vargas, L., Álvarez, S. & Castillo, R. (s.f). y definir costos por elemento, por componentes y del puente como un todo.
- c) Para el desarrollo de la asociación entre curvas de depreciación y curvas de deterioro, se sugiere consultar la literatura internacional recomendada en la sección 2.1.2.b.
- d) En cuanto a la inspección y evaluación de la condición de las estructuras, se recomienda, en el caso de los puentes, hacer uso del Manual de Puentes de Costa Rica MP-2020, mientras que, para las alcantarillas, se utilice el documento de AASHTO (2020) denominado "*Culvert & Storm Drain System Inspection Guide*".



5. REFERENCIAS

1. AASHTO. 1985. AASHTO Guide for the Design of Pavement Structures. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC
2. AASHTO. (2018). The Manual for Bridge Evaluation (3° ed.). Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.
3. AASHTO. (2019). Manual for Bridge Element Inspection (2° ed.). Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.
4. AASHTO. (2020). Culvert & Storm Drain System Inspection Guide. Washington, USA.
5. American Association of State Highway and Transportation Officials. (2011). Asset Management Guide, A Focus on Implementation.
6. FHWA. (2012). Bridge Inspector's Reference Manual BIRM (Publication n.º FHWA NHI 12-049/12-050). Washington, D.C: National Highway Institute, Federal Highway Administration.
7. FHWA. (2016). Incorporating Asset Valuation into Transportation Asser Management Financial Plans.
8. Georgia Department of Transportation. (2019). Development of Depreciation Models Utilizing the NBI Condition Ratings Over 25 Years. Georgia, Usa. Documento recuperado de: https://rosap.nhl.bts.gov/view/dot/49137/dot_49137_DS1.pdf
9. Hveem & Carmany. (1948). The Factors Underlying a Rational Design of Pavements. Proceedings. Highway Research Board. Imagen recuperada de: <https://pavementinteractive.org/reference-desk/pavement-management/pavement-evaluation/present-serviceability-index>
10. Kleywegt, H.S. (2010). Maximizing Return on Investment Utilizing a Bridge Depreciation. Proceedings of the 5th IABMAS International Conference on Bridge Maintenance Safety, and Management. Filadelfia, EUA.
11. Ministerio de Obras Públicas y Transportes (s.f). Manual de Puentes de Costa Rica, Tomo I - Gestión, Inspección y Conservación de Puentes. Documento el cual, está en proceso de oficialización por parte del Ministerio de Obras Públicas y transportes [MOPT]. (Documento en proceso de oficialización).



12. Vargas, L., Álvarez, S. & Castillo, R. (s.f). Asesoría al CONAVI para el denominado “Programa de Intervención de Puentes en Estado Deficiente, Parte 3 – Estimación de costos de intervención de puentes priorizados” –. Unidad de Puentes. Programa de Ingeniería Estructural, LanammeUCR: San José, Costa Rica. (Pendiente de publicar).
13. Villalobos-Vega, E & Sánchez-Badilla, K. (2020). “Conservación de puentes: una necesidad impostergable”. Boletín Estructuras, Vol. 5 (1), Programa de Ingeniería Estructural, LanammeUCR, Universidad de Costa Rica.
14. Vindas, I. (2019). Diseño de una metodología para calcular el valor patrimonial de corredores viales. San Pedro: UCR. Documento recuperado de: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/10372>