

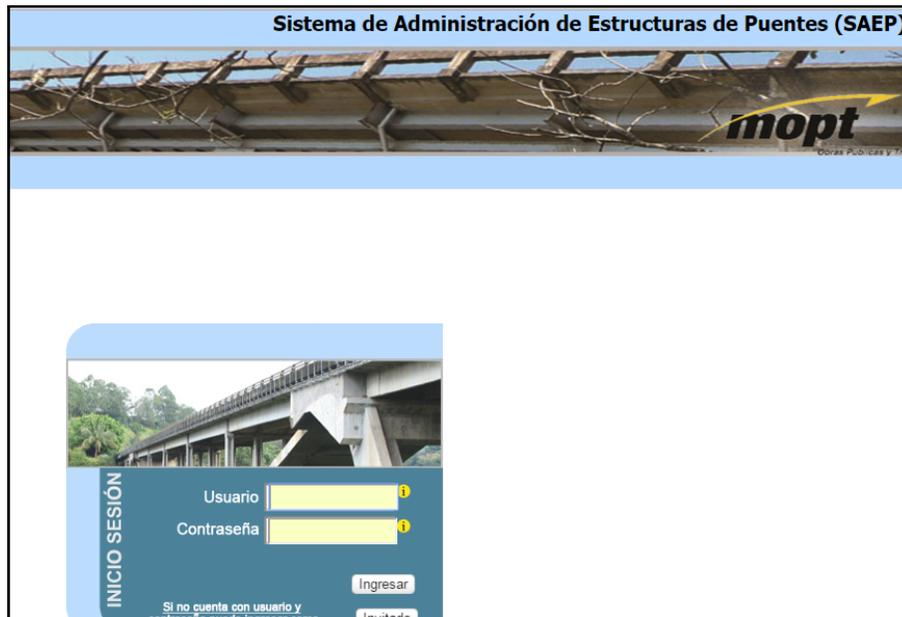
# Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

LM-PI-UP-06-2016

## ANALISIS DE LA HERRAMIENTA INFORMATICA SAEP CON BASE EN DATOS DE 327 PUENTES

Preparado por:

Unidad de Puentes



San José, Costa Rica

Octubre de 2016



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



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE  
INFRAESTRUCTURA DEL  
TRANSPORTE

*Página intencionalmente dejada en blanco*



<b>1. Informe:</b> LM-PI-UP-06-2016		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> ANÁLISIS DE LA HERRAMIENTA INFORMATICA SAEP CON BASE EN DATOS DE 327 PUENTES		<b>4. Fecha del Informe</b> 03 de Octubre de 2016
<b>5. Organización y dirección</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
<b>6. Notas complementarias</b> Ninguna		
<b>7. Resumen</b> Este informe de fiscalización presenta el análisis de la herramienta informática SAEP y su gestión, es un producto de la Unidad de Puentes del PITRA –LanammeUCR en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. El Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) es la herramienta informática que el MOPT utiliza desde el año 2007 para dar apoyo para la toma de decisiones en la gestión de puentes ubicados en la Red Vial Nacional (RVN) de Costa Rica. El conocimiento de los indicadores que calcula la herramienta es de vital importancia para determinar los alcances y limitaciones de dicha herramienta informática ya que los resultados de ambos indicadores servirán como base para la toma de decisiones de intervención de mantenimiento, rehabilitación y sustitución de puentes. El MOPT y CONAVI han destinado recursos para actualizar el código de la herramienta e implementarla alimentando la base de datos maestra, por lo que se realizó un análisis de la gestión del SAEP para determinar posibles oportunidades de mejora.		
<b>8. Palabras clave</b> PITRA, puentes, inventario, inspección visual, SAEP, Gestión	<b>9. Nivel de seguridad:</b> Ninguno	<b>10. Núm. de páginas</b> 39
<b>11. Informe preparado por:</b> Ing. Pablo Agüero Barrantes Unidad de Puentes   <b>Fecha:</b> 30/08/2016		
<b>12. Revisado por:</b> Lic. Miguel Chacón Alvarado Asesor Legal LanammeUCR   <b>Fecha:</b> 19/09/2016	<b>13. Revisado por:</b> Ing. Roy Barrantes Jiménez Coordinador Unidad de Puentes   <b>Fecha:</b> 09/09/2016	<b>14. Aprobado por:</b> Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, Ph.D. Coordinador General PITRA   <b>Fecha:</b> 09/09/2016

Página intencionalmente dejada en blanco

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	7
2.	JUSTIFICACIÓN .....	7
3.	OBJETIVOS .....	8
4.	ALCANCE Y LIMITACIONES .....	8
5.	ANTECEDENTES .....	9
6.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.....	11
7.	GESTION DE PROCESOS EN EL USO DE LA HERRAMIENTA SAEP .....	13
7.1	Sistemas de Gestión de Puentes.....	13
7.1.1	<i>Sobre la gestión de puentes en Costa Rica.....</i>	15
7.2	Proceso de implementación de la herramienta SAEP .....	17
7.3	Distribución de puentes según importancia de la ruta .....	19
7.4	Vigencia de la información .....	19
8.	ASPECTOS FUNCIONALES DE LA HERRAMIENTA SAEP .....	21
8.1	Capacidad de almacenamiento de datos.....	21
8.2	Indicador: índice de Deficiencia .....	21
8.3	Influencia del tipo de estructura .....	27
8.4	Influencia de la asignación de subestructuras a las superestructuras .....	28
8.5	Calificación de la deficiencia por superestructura.....	29
8.6	Indicador: Punto de evaluación.....	30
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
10.	REFERENCIAS .....	36
11.	ANEXOS .....	39

Página intencionalmente dejada en blanco

## 1. INTRODUCCIÓN

Este informe de fiscalización presenta el análisis de la herramienta informática SAEP es un producto de la Unidad de Puentes del PITRA –LanammeUCR en el marco de las competencias asignadas mediante el artículo 6 de la ley 8114. Este análisis corresponde con elementos de gestión de activos alrededor de la implementación de la misma.

El Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) es la herramienta informática que el MOPT-CONAVI tiene a su disposición desde el año 2007 para generar información que sirva como insumo para la toma de decisiones en la gestión de puentes ubicados en la Red Vial Nacional (RVN) de Costa Rica.

Los Sistemas de Gestión de Puentes (SGP) modernos se apoyan en herramientas informáticas que manejan grandes bases de datos para generar información de calidad que permita a los propietarios del inventario de puentes tomar decisiones para gestionar los limitados recursos disponibles de la forma más eficiente. Se debe enfatizar que una herramienta informática no constituye un Sistema de Gestión de Puentes por sí solo.

El MOPT y CONAVI han destinado recursos para actualizar el código fuente de la herramienta e implementarla alimentando la base de datos maestra, por lo que se realizó un análisis de la gestión del SAEP para determinar posibles oportunidades de mejora.

El SAEP calcula dos indicadores numéricos (MOPT, 2007):

- la deficiencia ( $D_{total}$ ),
- el punto de evaluación (EP) para priorización de reparación de puentes.

El conocimiento de dichos indicadores es de vital importancia para determinar los alcances y limitaciones de dicha herramienta informática ya que los resultados de ambos indicadores servirán como base para la toma de decisiones de intervención de mantenimiento, rehabilitación y sustitución de puentes.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio se fundamenta en el artículo 6 del Reglamento al artículo 6 de la Ley de simplificación y eficiencia tributaria No. 8114, que establece:

Informe No. LM-PI-UP-06-2016	Fecha de emisión: 03 de Octubre de 2016	Página 7 de 39
------------------------------	---	----------------

*La evaluación de los puentes de la Red Vial Nacional Pavimentada responderá a una programación anual desarrollada por el LanammeUCR, de acuerdo con su capacidad instalada y tomando en consideración la lista de priorización que se generará en forma conjunta entre el LanammeUCR, CONAVI y MOPT a través de las Direcciones de Planificación Sectorial y de Puentes. La priorización se llevará a cabo con base en criterios técnicos sobre el tipo de estructura e importancia de las rutas, entre otros.*

**Las evaluaciones tomarán en consideración aquellos procedimientos y herramientas para evaluación y diagnóstico que el MOPT defina como oficiales y que sirvan para que la Administración mantenga un sistema de gestión de puentes.**

*El MOPT deberá brindar acceso a los procedimientos y a las herramientas de administración de la información que se definan como oficiales, con el fin que el LanammeUCR pueda utilizarlas en sus evaluaciones y proponer las mejoras que se consideren pertinentes.*

Con base en lo anterior, la Unidad de Puentes del PITRA-LanammeUCR ha realizado un análisis de la información disponible para los usuarios registradores en la herramienta SAEP. Además se analiza la gestión alrededor de la herramienta dentro de los conceptos modernos de Gestión de Infraestructura.

### 3. OBJETIVOS

1. Analizar una muestra de datos de puentes aprobados en el SAEP disponibles para los usuarios registradores.
2. Analizar las variables, la metodología de cálculo y los resultados numéricos de los indicadores de la herramienta.
3. Analizar la gestión de la herramienta con base en las mejores prácticas internacionales de gestión de infraestructura del transporte.
4. Identificar oportunidades de mejora en la gestión de la herramienta.

### 4. ALCANCE Y LIMITACIONES

Los datos utilizados para el análisis se limitan a datos de inventario y datos de calificación de daño de 327 puentes aprobados en la herramienta SAEP.

Los datos utilizados son los que puede

visualizar y descargar un usuario registrador. La Unidad de puentes del PITRA-LanammeUCR cuenta con 4 usuarios registradores con acceso al módulo de visualización de la herramienta SAEP. Los usuarios registradores no tienen acceso a la base de datos maestra del SAEP, por lo que los datos utilizados son los que el sistema permite descargar desde el modo de visualización de la herramienta desde internet.

Para la revisión del cálculo de la deficiencia ( $D_{total}$ ) y el punto de evaluación (EP) de los puentes de la muestra se utilizó como referencia los parámetros publicados en el Lineamiento para Mantenimiento de Puentes (MOPT, 2007) a sabiendas de que el desarrollador de la herramienta puede modificarlos.

## 5. ANTECEDENTES

La Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) realizó, a solicitud del Gobierno de Costa Rica, entre los años 2005 y 2007 un estudio de la gestión de puentes en Costa Rica (JICA, 2007). Uno de los principales hallazgos del estudio fue la falta de profesionales competentes en materia de gestión de puentes. El estudio propone un plan para subsanar dicha debilidad y desarrollar capacidad individual e institucional para poder implementar un Sistema de Gestión de Puentes (SGP) en Costa Rica.

En el año 2010 la Contraloría General de la República publicó el informe de fiscalización DFOE-OP-IF-12-2010 “Informe sobre los resultados del estudio relacionado con la gestión de administración de puentes del MOPT” (CGR, 2010) relacionado con la gestión de puentes del MOPT con base en las recomendaciones del estudio de JICA (2007). En el informe se indica que:

*“...se determinó que el cumplimiento de las recomendaciones del informe de JICA es mínimo, en aspectos tales como, implementación de proyectos propuestos relativos al desarrollo de la capacidad individual e institucional; de los recursos humanos; de las regulaciones y estándares; y de la defensa del proyecto (relaciones públicas) que permitan al país contar con un sistema integral de mantenimiento de puentes.”*

Además como parte de las conclusiones se menciona que:

*“La falta de operación efectiva del Sistema de Administración Estructural de Puentes SAEP, provoca que la Administración carezca de información valiosa para efectuar una toma de decisiones eficiente y oportuna en torno a la priorización de las necesidades y la disposición de los recursos que demandaría una intervención efectiva, con el propósito de solventar sistemáticamente la crítica condición en que se encuentra la generalidad de los puentes de la red vial nacional del país.”*

En el oficio AG-1983-2014 la Auditoría General del MOPT advierte al Ministro de Obras Públicas y Transportes sobre aspectos relacionados con la designación de los usuarios aprobadores de la herramienta SAEP. Las recomendaciones proponen el aumento de personal en el CONAVI que se dedique a las labores de usuario aprobador y promover el cumplimiento del Manual de inspección de puentes del MOPT (2007, 2014) y del Procedimiento (MOPT, 2013). Además, se recalca que según el artículo 6 del Reglamento al artículo 6 de la Ley 8114 las inspecciones de puentes deben coordinarse de forma conjunta entre el LanammeUCR, CONAVI y MOPT.

En el año 2015 la Contraloría publicó el informe DFOE-IFR-IF-05-2015 “Informe de auditoría especial sobre la gestión relacionada con puentes de la red vial nacional” (CGR, 2015). Se concluye que:

**“3.1 El CONAVI ha sido incapaz de atender la gestión de puentes de la red vial nacional siquiera de manera aceptable, debido a que no se dispone de planes de mediano y largo plazo y programa de inversión quinquenal en materia de puentes. Lo cual también se evidencia en la ausencia, dentro de sus planes anuales institucionales, de proyectos de intervención de estructuras de puentes que han sido evaluadas desde hace años en condición crítica.**

**3.2 Si bien, los puentes por su longitud constituyen una parte pequeña de la red vial nacional, son eslabones o enlaces fundamentales para garantizar la continuidad y funcionamiento de esa red; sin embargo, estas estructuras no han sido una prioridad en términos de inversión de recursos por parte del CONAVI, pues se han canalizado prioritariamente a atender los pavimentos y otros elementos de las carreteras, lo cual se traduce en un deterioro creciente de su estado de capacidad y funcionalidad.**

**3.3 A criterio de esta Contraloría General, los hallazgos determinados sobre la carencia de un sistema de administración de estructuras de puentes debido a la existencia de un conflicto de competencias de entre el MOPT y el CONAVI, así como la inexistencia de un inventario actualizado y completo de esas estructuras, le impide a ese Consejo tener un control sobre la condición o estado en que se encuentran las estructuras viales a su cargo e impide garantizar la seguridad de los usuarios de las carreteras nacionales; proteger la inversión patrimonial; determinar el monto de los recursos necesarios para la conservación y rehabilitación de las obras; garantizar la continuidad y la calidad del servicio y optimizar la aplicación de los recursos públicos.**

**3.4 Asimismo, resulta preocupante para este órgano contralor que con el nivel de recursos que se asigna al CONAVI a través, entre otras fuentes, de la Ley Nro. 8114, el país carezca de un marco normativo oficial completo en materia de puentes.”**

El resaltado en negrita no es del original.

## 6. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Hasta la fecha de publicación del presente informe la herramienta SAEP contaba con datos accesibles para un usuario registrador de 327 puentes aprobados. La herramienta asigna un consecutivo (llamado “Número” en el modo de visualización de la herramienta) a cada puente o superestructura ingresados. Se observó que existen puentes de varias superestructuras que cuentan con un consecutivo único (ver tabla No. 1) y en otros casos puentes con varios consecutivos asignados a cada una de las superestructuras (ver tabla No. 2). En la tabla No. 3 se resume la cantidad de puentes, superestructuras y consecutivos aprobados en el SAEP.

**Tabla No. 1.** Ejemplo de puentes que cuentan con varias superestructuras y se asignó un consecutivo único.

Número	Nombre del puente	Cantidad de Superestructuras
32	Río Belén	3
357	Río Tusubres	5
581	Río Barranca	5

**Tabla No. 2.** Ejemplo de puentes que cuentan con varias superestructuras y se asignó un consecutivo por superestructura.

Número	Nombre del puente
556	Río Ciruelas 1/4
557	Río Ciruelas 2/4
558	Río Ciruelas 3/4
559	Río Ciruelas 4/4
261	Río Tacares 1/2
262	Río Tacares 2/2

**Tabla No. 3.** Cantidad de puentes, consecutivos y superestructuras aprobados en el SAEP.

Descripción	Cantidad
Puentes	327
Consecutivos	368
Superestructuras	487

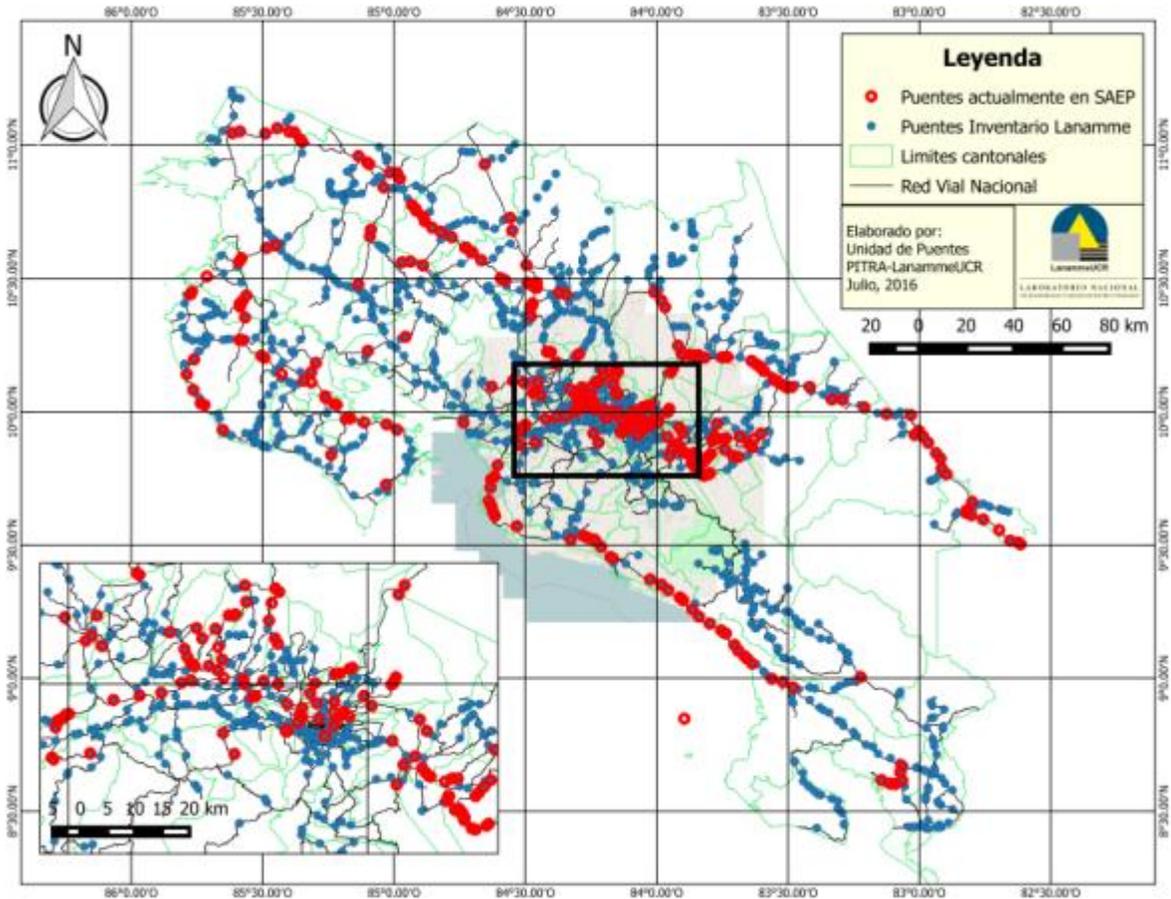
En la tabla No. 4 se resume la ubicación de los puentes en función del tipo de ruta de la Red Vial Nacional y la Red Vial Cantonal. Se puede observar que el SAEP incluye 2 puentes de la Red Vial Cantonal, se desconoce el criterio para incluirlos en la base de datos. En la figura 1 se presenta la ubicación de los puentes aprobados en la herramienta SAEP (puntos rojos) y el resto de los puentes de la Red Vial Nacional (puntos azules).

**Tabla No. 4.** Ubicación por tipo de ruta de los puentes aprobados en el SAEP.

Clasificación de la ruta	Cantidad de puentes	Porcentaje (%)
Primaria	212	65,1
Secundaria	95	29,1
Terciaria	18	5,5
Cantonal	2	0,3
<b>Total</b>	<b>327</b>	<b>100</b>

En los manuales oficiales del MOPT (2007, 2013, 2014) no hay un criterio para ingresar la información a la herramienta, por lo que el usuario registrador decide si ingresa un puente con varias superestructuras en un solo formulario o una superestructura por formulario. Lo anterior genera confusión para identificar los puentes según la información de las tablas No. 1 a 3.

La identificación de los puentes por superestructura, o sea un formulario por superestructura, crea una confusión en la identificación y la tendencia a visualizar cada superestructura de un puente como si fueran independientes. Para efectos de gestión de estos activos, presupuestación y priorización de intervención dicha clasificación puede confundir a tomadores de decisión en estratos de mayor jerarquía.



**Figura 1.** Ubicación de los puentes aprobados en la herramienta SAEP (puntos rojos).

## 7. GESTION DE PROCESOS EN EL USO DE LA HERRAMIENTA SAEP

A continuación se presentará un análisis de gestión de los procesos que incluyen el uso de la herramienta SAEP con base en las mejores prácticas internacionales de gestión de puentes (FHWA, 2016; ISO, 2014; AASHTO, 2002; Yanev, 2007; Ryall, 2001).

### 7.1 Sistemas de Gestión de Puentes

La gestión de activos de infraestructura de transporte, como por ejemplo los puentes, es un enfoque estratégico que busca tomar las mejores decisiones para distribuir y utilizar recursos basadas en información de calidad y objetivos claramente establecidos (AASHTO, 2002).

Las herramientas analíticas (programas informáticos, por ejemplo) por si solas no comprenden un Sistema de Gestión de Puentes (SGP) exitoso (FHWA, 2016). Estas herramientas sirven como apoyo al sistema de gestión para la generación de información calculada con base en grandes bases de datos. Dicha información permite analizar el estado de los puentes como un inventario en lugar de a nivel individual, o sea, puente por puente.

Según la FHWA (2016) los sistemas modernos de gestión de puentes deben contar con al menos los siguientes ocho elementos:

- **Elemento 1:** Participación activa y compromiso ejecutivo.
- **Elemento 2:** Estructura organizacional.
- **Elemento 3:** Recolección de datos.
- **Elemento 4:** Coordinación con los responsables de Planificación y Programación.
- **Elemento 5:** Herramienta analítica.
- **Elemento 6:** Mantenimiento programado.
- **Elemento 7:** Priorización de intervenciones.
- **Elemento 8:** Rendición de cuentas y transparencia a las audiencias externas.

Además la implementación de un Sistema de Gestión de Puentes es un proceso ordenado que conlleva la ejecución de la siguiente secuencia de tareas (AASHTO, 2016):

- **Tarea 1:** Obtener y mantener el apoyo ejecutivo.
- **Tarea 2:** Definir objetivos y políticas.
- **Tarea 3:** Definir roles y responsabilidades.
- **Tarea 4:** Establecer líneas de comunicación.
- **Tarea 5:** Seleccionar la herramienta analítica.
- **Tarea 6:** Implementar la herramienta analítica.
- **Tarea 7:** Evaluación de la efectividad.

El proceso de implementación descrito implica que debe existir un plan de implementación documentado que detalle las tareas mencionadas anteriormente y que defina los responsables de llevarlas a cabo.

### **7.1.1 Sobre la gestión de puentes en Costa Rica**

Al revisar el esquema anterior de elementos de un SGP y la secuencia de tareas para implementarlo, no existe suficiente evidencia que indique que el MOPT y CONAVI cuenten con un Sistema de Gestión de Puentes formalmente establecido, ni con un sistema documental basado en normas o manuales internacionales (ISO, 2014; AASHTO, 2002) que establezca las políticas y objetivos de la gestión de puentes en Costa Rica.

De los ocho elementos mencionados en el apartado anterior se pudo identificar claramente que la gestión de puentes en Costa Rica tiene únicamente dos:

- la herramienta informática a partir del 2007 (elemento 5 de un SGP);
- la recolección de datos a partir del 2013 (elemento 3 de un SGP).

Se debe hacer hincapié que en el SAEP es una herramienta informática para apoyo de gestión. El nombre “Sistema de Administración de Estructuras de Puentes” crea confusión generando una expectativa que el MOPT cuenta con un Sistema de Administración o Gestión de Puentes. Debido a lo anterior, en este informe el SAEP es llamado “herramienta” o “herramienta SAEP”.

Según lo indicado en el apartado anterior, la elección de la herramienta y su incorporación dentro del sistema de gestión comprenden las tareas 5 y 6 de un proceso de implementación de un SGP. Es evidente que tanto la herramienta usada como el proceso de recolección de datos debe estar inmerso dentro de una estructura organizacional y funcional formalmente establecida, esto corresponde con la primera tarea o paso de la implementación de un SGP la cual es “obtener el apoyo ejecutivo” (elemento 1 de un SGP), o sea de las altas jerarquías de CONAVI y el MOPT. En términos concretos, este apoyo ejecutivo debería traducirse en una decisión de alto rango que defina el proceso de implementación del sistema y eventualmente la conformación de un departamento o división dentro del MOPT-CONAVI (Tarea 3: definición de roles y responsabilidades) cuya función primordial sea la implementación y mantenimiento del sistema, incluyendo la herramienta y la recolección de datos. El análisis realizado por el LanammeUCR hasta la fecha de emisión de este informe revela que dicho departamento o división no existe con esta función específica dentro de la estructura organizativa del MOPT-CONAVI lo cual es un indicativo de la falta de compromiso y apoyo institucional.

Así mismo, el retraso observado en la incorporación de la herramienta SAEP y del proceso de recolección de datos es un indicativo adicional de la falta de apoyo de los diferentes funcionarios que han ocupado cargos de decisión a partir del año 2005 cuando inició la consultoría donada por

JICA (2007). Se han identificado esfuerzos aislados como la creación de la Dirección de Puentes del MOPT en el año 2006 y del Departamento de Conservación de Puentes en el CONAVI en el 2010. Sin embargo, se ha evidenciado que dichos organismos no han sido fortalecidos como lo demanda un SGP. Lo anterior se ha documentado en los hallazgos y conclusiones de los apartados 2.1.7.1 y 2.1.7.2 del informe DFOE-OP-IF-12-2010 de la CGR, en las recomendaciones del oficio AG-1983-2014 de la Auditoría General del MOPT y en el inciso A del informe DFOE-IFR-IF-05-2015 de la CGR.

Tal cómo se mencionó anteriormente y para mayor abundamiento, tampoco hay evidencia de la existencia de una estructura organizacional (elemento 2 de un SGP) con objetivos, políticas, roles, responsabilidades y líneas de comunicación definidas. En el proceso de implementación de un Sistema de Gestión de Puentes estos elementos se logran en las etapas 2, 3 y 4. Tampoco existen documentos oficiales publicados que detallen toda esta estructura organizacional. Por ejemplo, en el contexto de la normativa ISO 55000 el documento base de un Sistema de Gestión de Activos es el Plan Estratégico de Gestión de Activos (PEGA) el cual es definido como (ISO, 2014):

*“información documentada que especifica de qué manera los objetivos organizacionales se convierten en objetivos de gestión de activos, el enfoque para desarrollar los planes de la gestión de activos y el rol del sistema de gestión de activos como apoyo para alcanzar los objetivos de la gestión de activos”*

A su vez el PEGA sirve de base para otros documentos como el Plan de Gestión de Activos (PGA), que se define como (ISO, 2014):

*“información documentada que especifica las actividades, los recursos y los plazos de ejecución requeridos para que un activo individual o un agrupamiento de activos logren los objetivos de la gestión de activos de la organización”.*

Continuando, la gestión de puentes debe estar alineada con la gestión del resto de activos de infraestructura del sistema de transporte, por ejemplo los pavimentos. En general todos, los sistemas de gestión de activos se deben alinear al plan organizacional (ISO, 2014).

A lo anterior se suma el conflicto de competencias entre el CONAVI y el MOPT que concluyó la Contraloría General de la República en el informe DFOE-IFR-IF-05-2015 (CGR, 2015). A la fecha no hay claridad de cuál entidad es la responsable de la herramienta SAEP y a un nivel más alto, cuál es la responsable de la gestión de los puentes de la Red Vial Nacional de Costa Rica. Se determinó que el CONAVI está administrando el contrato CONAVI-TEC, sin embargo se desconoce cuál entidad será la responsable del análisis de los datos y la generación de información para priorización de intervención de los puentes del inventario.

Informe No. LM-PI-UP-06-2016	Fecha de emisión: 03 de Octubre de 2016	Página 16 de 39
------------------------------	---	-----------------

El hecho de que a la fecha la base de datos de la herramienta SAEP no está completa conlleva a que las labores de mantenimiento programado (elemento 6 de un SGP) y la priorización de intervenciones (elemento 7 de un SGP) no se estén llevando a cabo. La Contraloría General de la República lo ha documentado en los párrafos 2.1 a 2.28 del informe DFOE-IFR-IF-05-2015.

Tampoco se conoce el criterio para empezar la priorización de la intervención de los puentes del inventario. No hay claridad en cuanto al momento en que la priorización sugerida por la herramienta SAEP empiece a generar resultados. No hay una definición clara de la estrategia planteada, por ejemplo, si es necesario tener incluida la totalidad de los puentes del país y con datos que cumplan los criterios de actualización de inspecciones rutinarias o si se realizará con una parte del inventario.

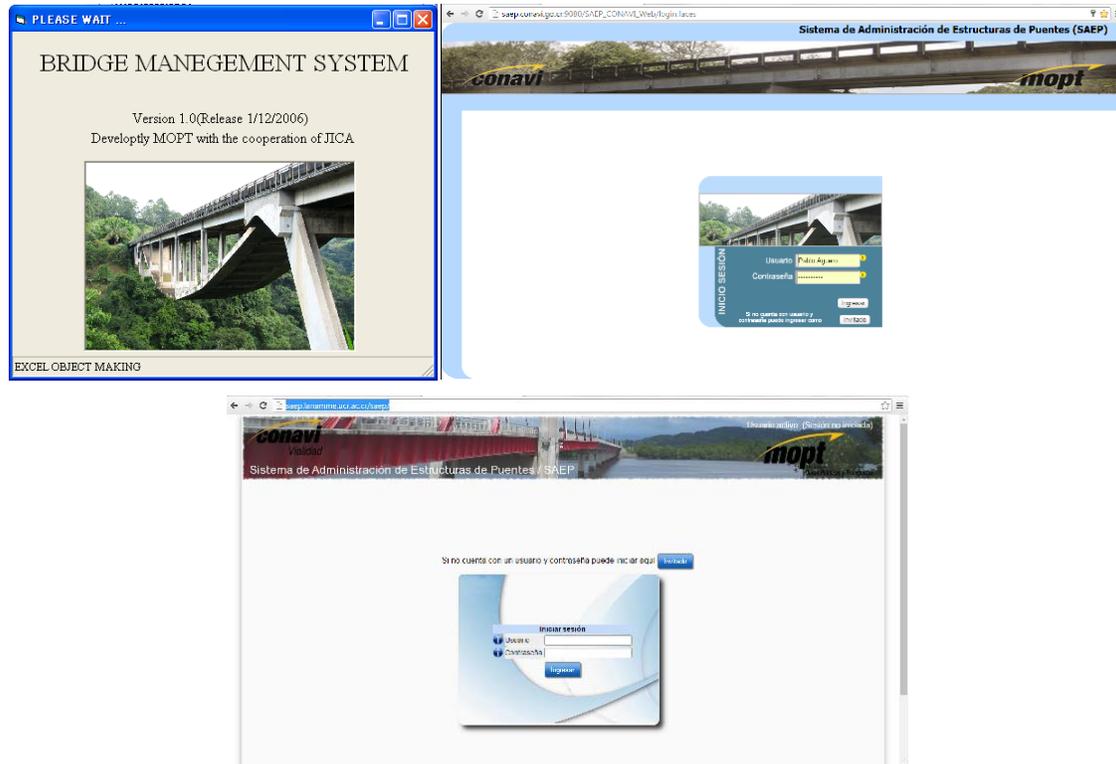
Finalmente, no se dispone de informes de rendición de cuentas (elemento 8 de un SGP) publicados por el MOPT o el CONAVI, accesibles al público general, que justifiquen la inversión de recursos que se ha realizado en materia de gestión de puentes. Dicho aspecto se incluye en los párrafos 2.43 y 2.78 del informe DFOE-IFR-IF-05-2015 de la CGR.

## 7.2 Proceso de implementación de la herramienta SAEP

La herramienta SAEP fue entregada al MOPT en el 2007 como parte del aporte solicitado a la Agencia Internacional de Cooperación del Japón (JICA 2007) y posteriormente fue reescrita en un lenguaje que permita el acceso por medio de Internet (ver figura 2). También existió una versión académica solicitada por el LanammeUCR, la cual sería compatible con la nueva versión web, pero luego los funcionarios del MOPT encargados del desarrollo de la herramienta SAEP comunicaron al LanammeUCR que los datos ingresados a la versión académica no podrían ser importados a la versión web debido a la incompatibilidad de los datos entre ambas versiones de la herramienta. En la tabla No. 5 se presenta la forma de acceso a las versiones de la herramienta SAEP.

**Tabla No. 5.** Cantidad de superestructuras en función de los elementos de la subestructura asignados para cálculo de la deficiencia.

Versión	Acceso
2007	Archivo ejecutable
Académica	<a href="http://saep.lanamme.ucr.ac.cr/saep/">http://saep.lanamme.ucr.ac.cr/saep/</a>
2013	<a href="http://saep.conavi.go.cr:9080/SAEP_CONAVI_Web/paginas/pagIdentificarPuente.faces">http://saep.conavi.go.cr:9080/SAEP_CONAVI_Web/paginas/pagIdentificarPuente.faces</a>



**Figura 2.** Pantalla de inicio de las versiones de la herramienta SAEP, arriba la 2007 y 2013 y abajo la versión académica.

Entre los años 2007 y 2010 la Administración dedicó recursos principalmente a la actualización del código de la herramienta SAEP, con una inclusión de datos significativos que alimenten la base de datos maestra de la herramienta. Lo anterior fue evidenciado en el apartado 2.1.4 del informe DFOE-OP-IF-12-2010 de la CGR.

En el mes de noviembre del año 2013 se estableció un contrato entre el Consejo Nacional de Vialidad y el Instituto tecnológico de Costa Rica (CONAVI, 2013) con el objeto de *“contribuir a la implementación del Sistema de Administración de Puentes (SAEP) para lograr el mejoramiento de la infraestructura del país.”*

El contrato tiene un plazo de 4 años y establece la inspección de 150 puentes al año para un total de 600 puentes. El monto del contrato es de doscientos veintisiete millones ochocientos setenta y ocho mil trescientos ochenta y seis colones por año, lo que suma novecientos once millones

quinientos catorce mil novecientos cincuenta y siete colones (¢911 514 954,57) durante los cuatro años de la contratación.

La ejecución del contrato llevó a la necesidad que el MOPT y CONAVI publicaran los siguientes documentos:

- Procedimiento Actualización del Inventario Técnico de los puentes de la Red Vial Nacional por Medio del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP).
- Revisión al Manual de Inspección de Puentes, Primera Edición 2007. Actualización del capítulo 5 (MOPT, 2014).

Dichos documentos establecen una serie de especificaciones que no existían en la primera edición del Manual de Inspección de Puentes (MOPT, 2007). Se infiere que la ejecución del contrato CONAVI-TEC produjo una serie de dudas y ante la ausencia de criterios fue necesaria la publicación de los documentos citados.

### 7.3 Distribución de puentes según importancia de la ruta

A la fecha de la redacción del presente informe se han aprobado los datos de inventario e inspección rutinaria de 327 puentes de los cuales el 65,1% se ubican en la red primaria, 29,1% en la red secundaria y el resto en la red terciaria (ver tabla No. 4).

Sin conocer los criterios de elección y priorización que utiliza el CONAVI para la inspección de los puentes se infiere que se ha dado prioridad a los puentes ubicados en rutas primarias. Llama la atención que en la Ruta Nacional No.1 se han inspeccionado únicamente 3 puentes y 3 pasos a desnivel, según se corroboró en el módulo de visualización del SAEP.

Con el fin de realizar inspecciones de puentes de forma eficiente, tomando en cuenta criterios para definir la importancia de los puentes y evitando la duplicidad de inspecciones la Unidad de Puentes del LanammeUCR definió un criterio para priorizar las inspecciones de los puentes de la Red Vial Nacional y le comunicó a las autoridades del MOPT y CONAVI mediante oficio LM-PI-117-2016 con fecha del 14 de julio del 2016 un listado de los 30 puentes prioritarios para evaluación y la programación de inspecciones de 10 puentes para el segundo semestre del año en curso.

### 7.4 Vigencia de la información

El documento Procedimiento Actualización del Inventario Técnico de los Puentes de la Red Vial Nacional por Medio del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (MOPT, 2013)

Informe No. LM-PI-UP-06-2016	Fecha de emisión: 03 de Octubre de 2016	Página 19 de 39
------------------------------	---	-----------------

establece que las inspecciones rutinarias deben realizarse cada 2 años. Además, indica que en el caso de ser puentes nuevos o con poco deterioro, este periodo puede ser ampliado a 5 años. Finalmente, el usuario registrador debe recomendar el plazo en que debe realizar la próxima inspección rutinaria.

La recomendación que debe hacer el usuario registrador para definir el plazo de la próxima inspección de un puente es subjetiva y debilita la priorización de las inspecciones. La priorización debería definirse con base en un algoritmo que tome en cuenta todo el portafolio de activos, es decir, datos de inventario y datos de daño de todos los puentes evaluados. La norma establecida por el MOPT permite que el inspector, el cual es un ente externo contratado por el CONAVI, realice una recomendación basada en su criterio personal considerando únicamente la condición individual lo cual es una práctica que no promueve el principio de gestión global equilibrada de los activos, adicionalmente se verificó en la documentación oficial que no existe un proceso formal complementario de valide la recomendación del inspector contratado.

La inspección de 150 puentes al año, según está establecido en el contrato CONAVI-TEC, implica que se completará el inventario de daño en aproximadamente 10 años, sin prever que la información del daño debe actualizarse en periodos de 2 a 5 años. Lo anterior implica que al completarse el inventario en un periodo de 10 años y no se actualizan los datos de inspección rutinaria, la información entre 750 a 1200 puentes aproximadamente estará obsoleta.

En la tabla No. 6 se presenta la cantidad de puentes que cuentan con datos de evaluación de daño de sus elementos, obtenidos en la inspección rutinaria, con más de 2 años para diferentes ventanas de tiempo. Se evidencia una debilidad en el proceso de evaluación definido en el contrato (CONAVI, 2013) ya que el plazo de 4 años para incluir 600 puentes en el sistema induce a la obsolescencia de los datos. Además el criterio para definir la re-inspección de los puentes es subjetivo y se basa en datos que la Administración desconocía al indicarse que “en el caso de ser puentes nuevos o con poco deterioro, este periodo puede ser ampliado a 5 años”.

**Tabla No. 6.** Cantidad de puentes aprobados con datos de inspección rutinaria con más de dos años en diferentes ventanas de tiempo.

Fecha	Cantidad	Porcentaje (%)
1/7/2016	67	20,5
30/09/2016	106	32,4
31/12/2016	150	45,9
1/7/2017	214	65,4

## 8. ASPECTOS FUNCIONALES DE LA HERRAMIENTA SAEP

### 8.1 Capacidad de almacenamiento de datos

Según la Revisión al manual de inspección de puentes (MOPT, 2013) únicamente se puede incluir ocho (8) fotografías de daño en la base de datos de la herramienta SAEP. Pero también se menciona que se debe tomar cuantas fotos sean necesarias y relevantes para mantener el inventario del puente.

Se desconoce si dicha limitación se debe a falta de espacio de almacenamiento para la base de datos. El servidor que almacena la base de datos de la herramienta SAEP debería tener suficiente espacio para almacenar toda la información necesaria durante el plazo de la gestión de los puentes de la Red Vial Nacional y esa decisión es parte de la correcta gestión de la herramienta y del SGP, en el área de tecnologías de la información (TI).

### 8.2 Indicador: índice de Deficiencia

El índice de deficiencia ( $D_{total}$ ) es un indicador propuesto en el informe JICA que mediante una escala numérica de daño del 1 (sin daño) al 5 (daño grave) y un sistema de pesos relativos permite calcular numéricamente el estado de cada puente del inventario. Utiliza el Proceso Analítico de Jerarquías (PAJ) para establecer un criterio de importancia para evaluación de deficiencias del puente (JICA, 2007; MOPT 2007).

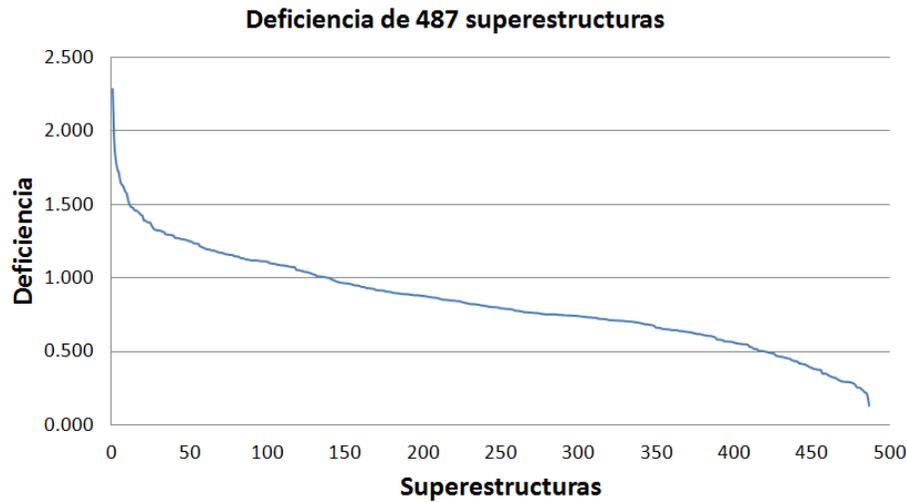
En la Tabla No. 7 se presentan los elementos de la jerarquía 2. La Jerarquía 1 divide los elementos anteriores en tres grupos: Accesorios, Superestructura y Subestructura. Debe hacerse hincapié en que el indicador no incluye criterios para evaluar la seguridad vial de los puentes, lo que se considera una debilidad del catálogo de elementos definidos por el MOPT.

En la Tabla No. 7 se presenta el faltante de todos los grupos de la jerarquía 2 para las 489 superestructuras aprobadas en el SAEP, estos son los elementos que presentan daño con calificación igual a cero. Calificaciones igual a cero pueden deberse a errores en el llenado de la base de datos cuando el ingeniero inspector detecta la inexistencia de algún elemento. Dichos errores podrían minimizarse con la publicación de un documento que defina de manera detallada la recolección de datos, la calificación del daño y el llenado de la base de datos en la herramienta SAEP.

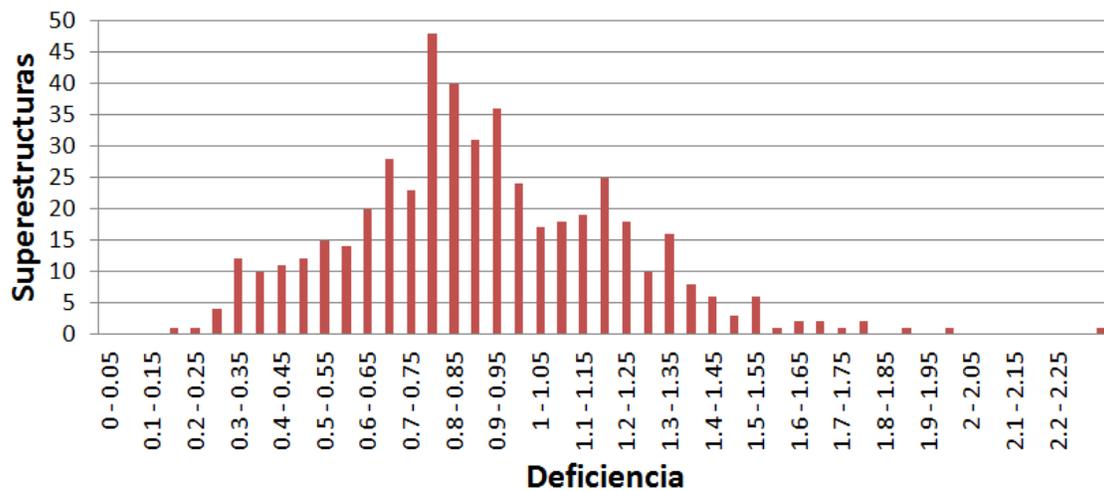
**Tabla No. 7.** Faltante de información de grupos de elementos de la jerarquía 2.

<b>Elementos de la jerarquía 2</b>	<b>Cantidad de puentes con faltante</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Pavimento	241	49,5
Baranda de acero	310	63,4
Baranda de Concreto	216	44,2
Juntas de expansión	155	31,7
Losa	111	22,7
Viga de acero	378	77,3
Sistema de arriostamiento	386	78,9
Pintura	393	80,4
Viga de concreto	118	24,1
Viga diafragma de concreto	245	50,1
Apoyos	204	41,7
Pared y viga cabezal de los bastiones	95	19,4
Cuerpo principal del bastión	146	29,9
Martillo de la pila	346	70,8
Cuerpo principal de la pila	333	68,1

En la figura 3 se presenta la distribución del índice de deficiencia de 487 superestructuras luego de realizar este análisis no existe claridad sobre el criterio para priorizar puentes a partir de la calificación de las superestructuras. En la figura 4 se presenta un histograma de los valores de deficiencia calculados.



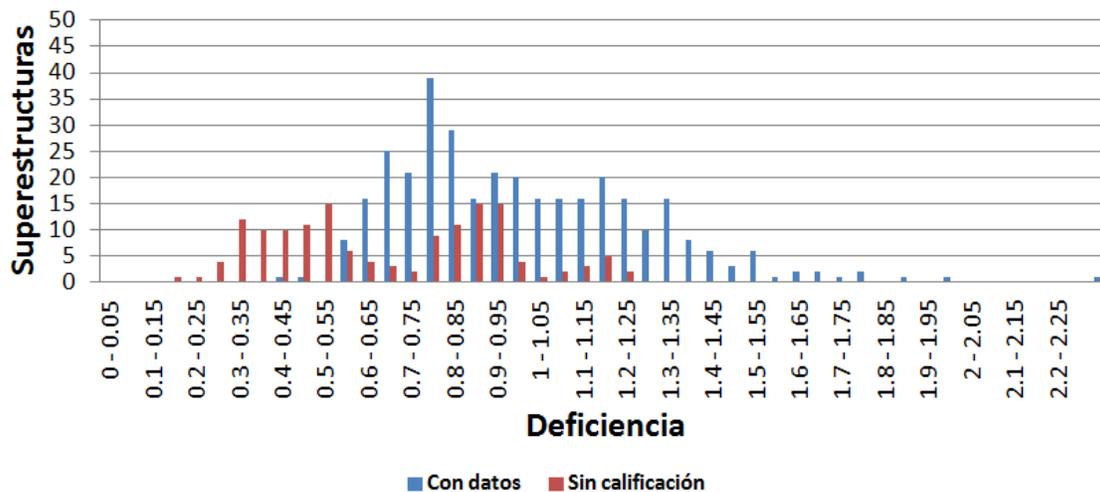
**Figura 3.** Deficiencia en orden descendente de las 487 superestructuras aprobadas del SAEP



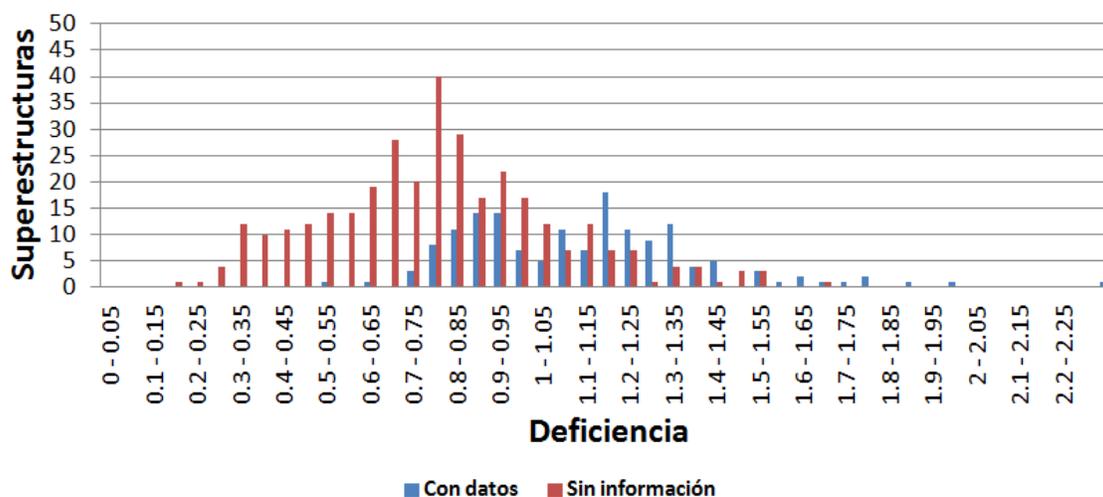
**Figura 4.** Histograma de la deficiencia de las 487 superestructuras aprobadas del SAEP

A modo de ejemplo en las figuras 5 y 6 se presentan los histogramas de las 487 superestructuras diferenciando las que cuentan con datos del cuerpo del bastión y el cuerpo de la pila respectivamente, y las que no poseen calificación en dichos grupos según la Tabla No. 7.

Se puede observar que las 146 superestructuras que no tienen datos de calificación del cuerpo del bastión se ubican en el rango de valores de  $D_{total}$  entre 0,20 a 1,25, mientras los 341 que si cuentan con los datos varían entre 0,40 y 2,30.



**Figura 5.** Histograma de la deficiencia de las 487 superestructuras separado por la disponibilidad de datos del cuerpo del bastión



**Figura 6.** Histograma de la deficiencia de las 487 superestructuras separado por la disponibilidad de datos del cuerpo de la pila

En el caso de las 333 superestructuras que no cuentan con datos de la calificación del cuerpo de la pila se ubican principalmente en el rango de valores de  $D_{total}$  entre 0,15 a 1,65, mientras las 154 que si tienen datos del cuerpo de la pila varían 0,70 a 2,30.

Se puede observar la tendencia a disminuir los valores del índice de deficiencia al existir faltante de información, o sea, calificación del daño igual a cero. Lo anterior implica que la priorización de la

intervención de los puentes puede sufrir afectación con respecto a puentes con daños de menor valor pero sin calificaciones iguales a cero.

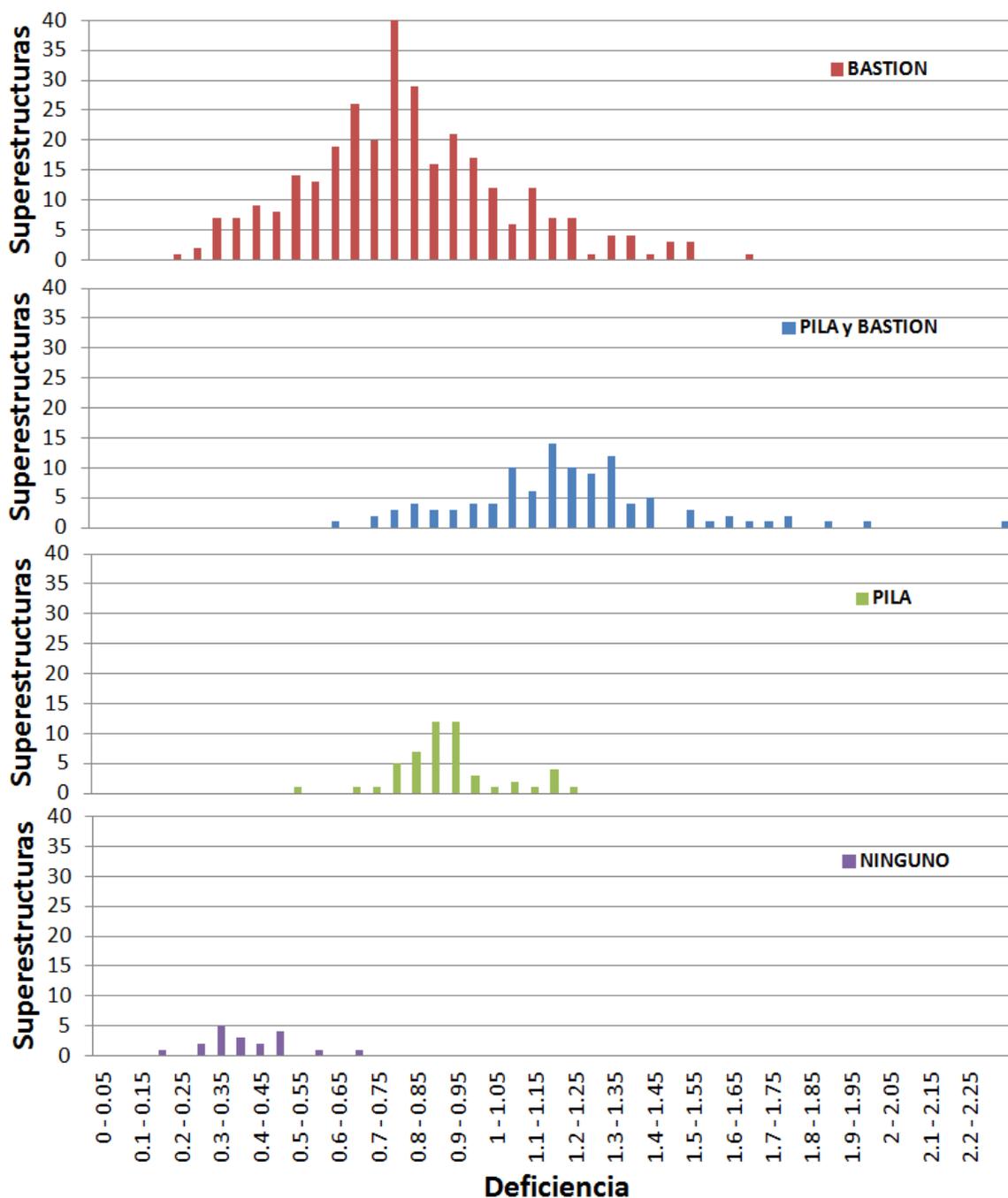
Se observó que en caso de los puentes que no tienen datos del bastión se encuentran algunos casos particulares:

- superestructuras apoyadas en bastiones tipo cabezal,
- alcantarillas,
- puentes tipo Bailey, y
- superestructuras tipo colgante, y
- superestructuras a las cuales no se les calificó el cuerpo del bastión.

En la Tabla No.8 se presenta un resumen de las superestructuras aprobadas en el SAEP agrupadas por las subestructuras asignadas para el cálculo de la deficiencia  $D_{total}$ . En la figura 7 se presentan los histogramas de los cuatro grupos de la Tabla No. 8. Se puede observar que existe sesgos en los valores de deficiencia con una tendencia a que los valores más altos correspondan a estructuras que se califican asignando bastiones y pilas. Lo anterior debido a que dichos elementos tiene asignados los mayores pesos en la metodología de cálculo de  $D_{total}$ .

**Tabla No. 8.** Cantidad de superestructuras en función de los elementos de la subestructura asignados para cálculo de la deficiencia.

Bastión	Pila	Cantidad
Si	Si	107
Si	No	310
No	Si	51
No	No	19
<b>Suma</b>		<b>487</b>



**Figura 7.** Histogramas de la deficiencia de las 487 superestructuras separado por la asignación de subestructuras para el cálculo de la deficiencia

Con base en la información de las figuras 5, 6 y 7 se concluye que tanto los faltantes de información como la asignación de subestructuras a la superestructura influyen en el cálculo del indicador  $D_{total}$ , induciendo valores más altos a los puentes que se califican asignando tanto una pila como un bastión y valores más bajos a puentes que solo se les asignó una pila o un bastión.

En los documentos oficiales del MOPT no se establecen rangos de valores para  $D_{total}$  para clasificar el estado de las estructuras. Tampoco se cuenta con información de los valores mínimos y máximos que puede obtenerse del cálculo del  $D_{total}$ . Dichas carencias pueden inducir a administrar el inventario priorizando con el criterio del “peor primero” (worst first), lo cual no es una práctica aceptable de gestión.

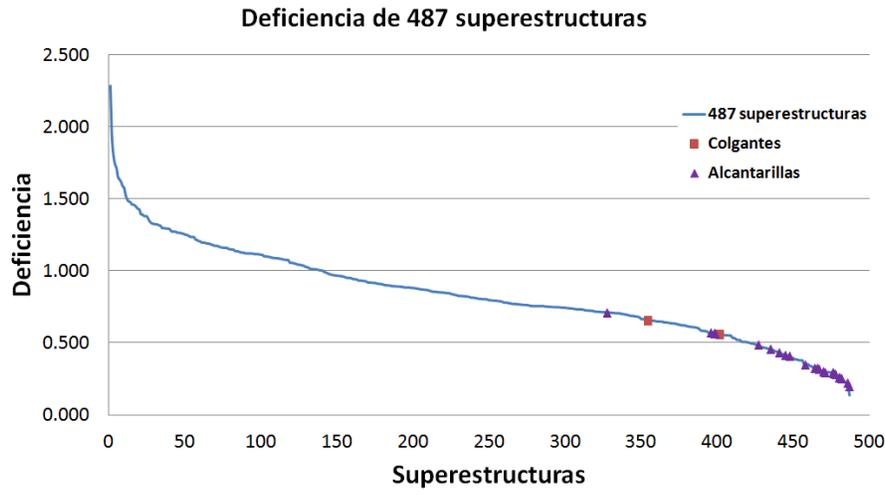
Además, se evidencia que no se ha realizado un análisis de calibración del indicador que establezca rangos para agrupar los puentes con base en el estado calculado con dichos indicadores.

### 8.3 Influencia del tipo de estructura

En la sección 5.8 del documento de Revisión al manual de inspección de puentes (MOPT, 2013) se especifican criterios para ingresar los datos obtenidos en la inspección rutinaria de puentes colgantes y de alcantarillas. En el caso de las alcantarillas no existen pilas para evaluar y en el de puentes colgantes se especifica (MOPT, 2013):

*“en el caso de puentes colgantes, siendo que la Hoja de Inspección no incluye la evaluación de todos los elementos que la conforman ... se debe ingresar en el campo de observaciones cualquier dato o condición importante y relevante que se observe durante la inspección.”*

En la figura 8 se destaca el índice de deficiencia de puentes colgantes y alcantarillas aprobados en la curva de las 487 superestructuras. Se puede notar que los valores obtenidos son menores a 0,80, debido a que el cálculo del indicador da peso a las pilas y dichas estructuras carecen de pilas. La ausencia de pilas subestima a ciertas estructuras como las alcantarillas, los puentes colgantes o los puentes de un tramo.



**Figura 8.** Ubicación de los puentes colgantes y las alcantarillas en los valores de deficiencia de 487 superestructuras aprobadas del SAEP

La inclusión de alcantarillas y puentes colgantes en el cálculo de indicadores de la herramienta SAEP induce a confusión ya que los elementos estructurales de éstos no se amoldan al cálculo de indicadores y dicha carencia se subsana por medio de un espacio de comentarios en los formularios.

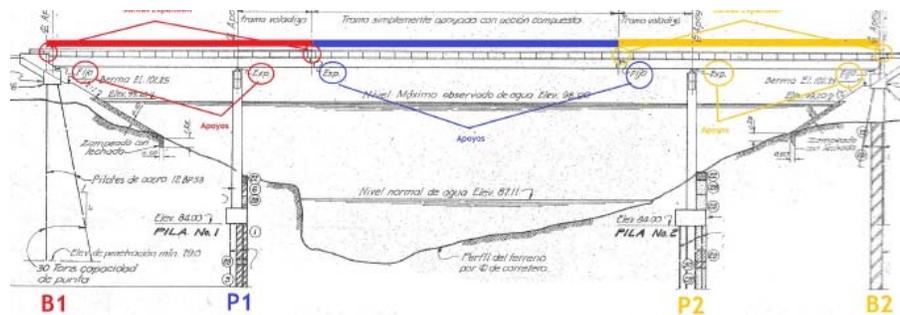
Se evidenció en la figura 8 que los valores de  $D_{total}$  son subestimados y a nivel de inventario no reflejarán la condición real de la alcantarilla o puente colgante. De nuevo se identifica que no se realizó un proceso de calibración del indicador  $D_{total}$  de la herramienta SAEP al realizar la actualización del Manual de Inspección de Puentes (MOPT, 2013).

#### 8.4 Influencia de la asignación de subestructuras a las superestructuras

En la figura 7 se presentan los valores de la deficiencia  $D_{total}$  en función de la cantidad de subestructuras asignadas a cada superestructura evaluada. Se observa que hay una tendencia a valores mayores de  $D_{total}$  para los puentes que tienen asignados pilas y bastiones simultáneamente en el cálculo del indicador. Cuando los puentes cuentan con varias superestructuras se asignan de la siguiente manera (ver figura 9):

- La primer superestructura no se asignan datos de grado de daño en los elementos de pila (MOPT, 2013).

- En las intermedias se asignan los datos de la pila (1 tramo) o la pila más crítica (varios tramos).
- A la superestructura final se le asigna la pila y el bastión.



**Figura 9.** Ejemplo de asignación de subestructuras a las superestructuras (tomado de MOPT, 2013)

Al asignarse los datos de daño de los elementos de la subestructura a las superestructuras según lo mencionado anteriormente, se obtendrán varios valores de  $D_{total}$  para cada puente que cuente con varias superestructuras. Lo anterior conlleva a confusión y no existe un criterio en los documentos de la herramienta SAEP de cómo se asignará una calificación global a los puentes de varias superestructuras a partir de las calificaciones individuales de cada superestructura.

Además, la superestructura a la que se le asigne aleatoriamente una pila y un bastión presentará el mayor valor del índice con respecto a las superestructuras que solo tienen asignado un bastión o una pila (ver figura 7). Dependiendo del estado de cada superestructura el mayor valor de  $D_{total}$  obtenido podría ser menor a un valor de  $D_{total}$  si se calcula para el puente incluyendo todas sus pilas y bastiones.

## 8.5 Calificación de la deficiencia por superestructura

En la sección 5.8 del documento de Revisión al manual de inspección de puentes (MOPT, 2013) se define una serie de criterios para ingresar los datos de la inspección rutinaria a la base de datos de la herramienta SAEP.

La evaluación de la condición de los puentes se realiza por superestructura y se puede asignar un valor de  $D_{total}$  y de EP para cada una. Según lo expuesto en la sección anterior una de las

superestructuras tendrá asignada una pila y un bastión aumentando la calificación en los indicadores, mientras el resto tendrán asignada una pila o una columna.

No hay claridad en la forma en que se priorizará la intervención de puentes: por superestructura o si se utilizará el valor máximo de los indicadores para cada puente. La intervención por superestructura es poco práctica y estaría afectada por la forma de calcular el indicador según lo explicado en la sección anterior, sin embargo en los documentos oficiales de la herramienta SAEP no se detalla el proceso para obtener una calificación global del puente a partir de las calificaciones individuales de las superestructuras.

## 8.6 Indicador: Punto de evaluación

Según el Lineamiento para mantenimiento de puentes (MOPT, 2007) los puentes deben ser priorizados no solo por la deficiencia ( $D_{total}$ ) sino también considerando otros aspectos. Debido a lo anterior se define un indicador llamado el punto de evaluación (EP).

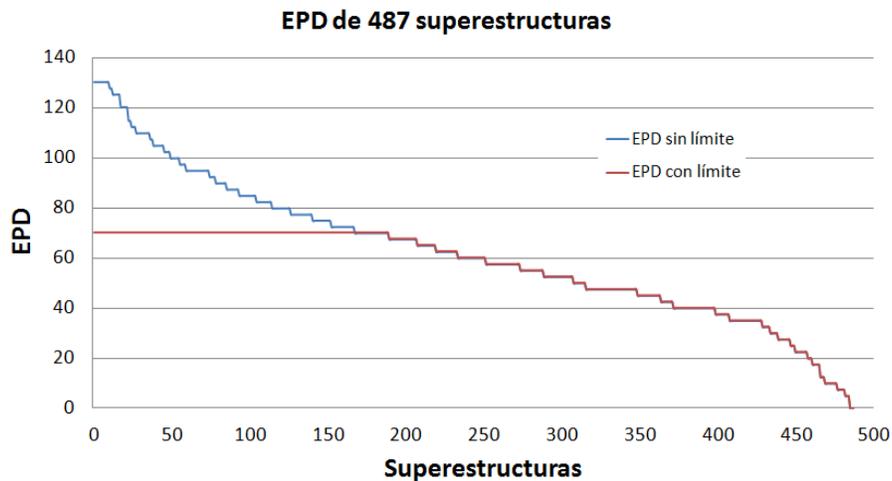
El EP considera el estado de la condición de 4 grupos de elementos (losa, superestructura, subestructura y accesorios), tomando el valor más alto, o sea la peor condición del grupo. Además toma en cuenta 4 aspectos funcionales: capacidad de carga, ancho de la superficie de rodamiento con respecto a la vía y altura libre superior e inferior. El tercer grupo es llamado “características prioritarias” y considera el tránsito sobre el puente, el tipo de ruta, la longitud de desvío y si el puente tiene adosados servicios públicos. Finalmente, se considera un grupo de materiales obsoletos para puentes con estructura de madera y alcantarillas corrugadas.

A cada elemento del grupo se le asigna un puntaje máximo y se aplican dos niveles máximos por grupos para obtener el EP el cual presenta un valor máximo de 100. En la Tabla No. 9 (MOPT, 2007) se presentan los puntos de evaluación máximos de los diferentes grupos que se califican para calcular el EP.

En el caso del punto de evaluación del daño estructural (EPD) en la Herramienta SAEP se cuenta con toda la información necesaria para calcular esa parte del indicador. Dicho indicador tiene una calificación máxima de 70 de 100 puntos del EP. En la figura 10 se presenta el punto de evaluación del daño estructural de 487 superestructuras aprobadas en la herramienta SAEP. Un total de 189 superestructuras (38,9%) presentan el puntaje máximo.

**Tabla No. 9.** Puntos de evaluación máximo para priorización de intervención de puentes.

Grupo	Elementos	Máximo 1	Suma 1	Suma 2
Estructural	Losa	20	130 ≤ 70	170 ≤ 100
	Superestructura	50		
	Subestructura	50		
	Accesorios	10		
Funcional	Capacidad de carga	70	115 ≤ 70	
	Ancho de la vía	15		
	Altura superior	15		
	Altura inferior	15		
Características prioritarias	Volumen del tránsito	20	55 ≤ 20	
	Tipo de ruta	10		
	Longitud de desvío	20		
	Servicios públicos	5		
Materiales obsoletos	Madera	10	20 ≤ 10	
	Alcantarilla corrugada	10		



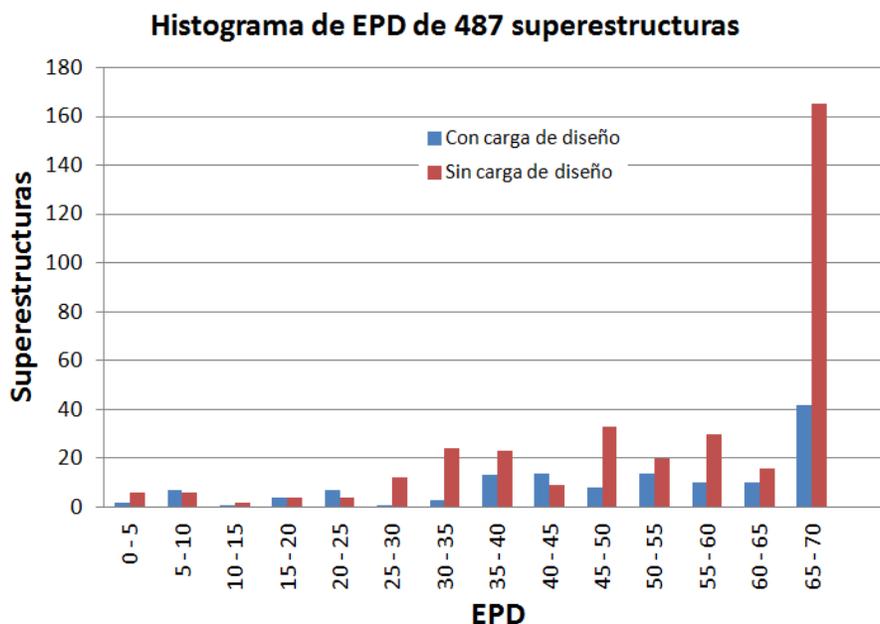
**Figura 10.** Punto de evaluación del daño estructural (EPD) de 487 superestructuras aprobadas en la herramienta SAEP

En la Tabla No. 10 se presenta la carga de diseño de los 327 puentes aprobados en la herramienta SAEP. La carga de diseño del puente se utiliza para determinar el punto de evaluación de obsolescencia funcional del puente. Se puede observar que para el 78,3% de los puentes

aprobados no se cuenta con la información de la carga de diseño. En la Tabla No. 9 se observa que la capacidad de carga tiene asignado un peso importante en el cálculo del EP. El faltante de datos presentado en la Tabla No. 10 implica que si se asigna el puntaje máximo los puentes sin información afectará el cálculo del EP y por lo tanto la priorización de intervención.

**Tabla No. 10.** Cantidad de superestructuras en función de los elementos de la subestructura asignados para cálculo de la deficiencia.

Carga de diseño	Cantidad de puentes	Porcentaje (%)
H10-44	1	0,3
H15-44	15	4,6
H20-44	2	0,6
HS15-44	10	3,1
HS20-44	32	10,0
HS20+25%	11	3,4
No se tiene información	256	78,3
<b>Suma</b>	<b>327</b>	<b>100</b>



**Figura 11.** Punto de evaluación del daño estructural (EPD) de 487 superestructuras en función de la disponibilidad del dato de la carga de diseño

En la figura 11 se presenta un histograma de los valores del punto de evaluación del daño estructural (EPD) de 487 superestructuras agrupadas en los puentes que se tiene el dato de la carga de diseño y los que no se tienen información. Si el faltante de información se afrontara de forma conservadora el 66% de las superestructuras tendrían la calificación máxima de 100 para el indicador EP.

Lo anterior implica que el 66% de los puentes tendrían la calificación máxima para intervención, lo que dificulta la elección de los puentes para un proceso de priorización e intervención eficiente. Nuevamente se evidencia que no se realizó una calibración de los posibles resultados numéricos de los indicadores.

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en el análisis realizado se concluye lo siguiente:

1. Costa Rica no cuenta con un Sistema de Gestión de Puentes (SGP) formalmente establecido. Se cuenta con una herramienta informática de apoyo y la recolección de datos a partir del año 2013. No hay evidencia de que la gestión de puentes de Costa Rica cuente con los otros elementos indispensables para un SGP: compromiso y apoyo ejecutivo, estructura organizacional, coordinación con los responsables de Planificación, mantenimiento programado con base en la información del SGP, priorización de intervenciones y transparencia para rendir cuentas.
2. De acuerdo con lo expuesto en el informe, se ha determinado que la implementación de un Sistema de Gestión de Puentes en Costa Rica ha iniciado por etapas intermedias en un proceso de implementación no acorde con las mejores prácticas de gestión de activos: la selección de la herramienta analítica (etapa 5) y su implementación (etapa 6). Tal como se mencionó en el cuerpo del documento, las cuatro etapas previas no han sido ejecutadas formalmente y documentadas, estas son en orden: obtener y mantener el apoyo ejecutivo, definir objetivos y políticas, definir roles y responsabilidades y finalmente, establecer líneas de comunicación.
3. La selección de la herramienta SAEP (etapa 5 de la implementación de un SGP) se realizó sin una calibración de los indicadores que evalúan el estado de la condición de los puentes, como por ejemplo la inclusión de alcantarillas y puentes colgantes en un catálogo para puentes tipo viga. Se han detectado deficiencias en posibles resultados que pueden

afectar la priorización de la intervención de puentes. Además, no se evidencia documentación que explique de forma clara la metodología de cálculo y posibles resultados de los indicadores, así como rangos para agrupar los puentes con base en su estado.

4. El catálogo de elementos de la herramienta SAEP está claramente enfocado a los elementos de puentes con superestructura tipo viga. Lo anterior conllevó a la publicación de criterios (MOPT, 2014) para incluir en la base de datos de la herramienta SAEP puentes tipo colgante y alcantarillas, por ejemplo. Además, no están incluidos dentro del catálogo elementos como los dispositivos de seguridad vial y apoyos elastoméricos.
5. La implementación de la herramienta SAEP (etapa 6 de la implementación de un SGP) es deficiente considerando el plazo de ejecución propuesto en el contrato CONAVI-TEC lo cual induce a la obsolescencia de los datos utilizados para calcular los indicadores para priorización. Además, se identificaron errores en el llenado de la base de datos que afectan los resultados debido a la falta de documentación que defina de forma clara todo el proceso de inspección, evaluación de daño y llenado de la base de datos.

Debido a lo anterior se han identificado oportunidades de mejora, por lo que se recomienda lo siguiente.

- a) Implementar un Sistema de Gestión de Puentes (SGP) para los puentes de la Red Vial Nacional de Costa Rica con el respaldo de un Plan de Implementación desarrollado con base en los conceptos internacionales de gestión de activos de infraestructura del transporte. Las etapas que aún no se han llevado a cabo son necesarias antes de la elección de la herramienta y su implementación. Además es altamente recomendable que el SGP esté alineado con los sistemas de gestión del resto de los activos de infraestructura del transporte, por ejemplo los pavimentos. Finalmente, con base en las políticas y objetivos definidos en la etapa 2 se debe realizar un análisis (etapa 5) y reevaluar si la herramienta SAEP es la herramienta de apoyo idónea para gestionar los puentes de Costa Rica.
- b) En aras de la eficiencia de la gestión de puentes del país se recomienda a la Administración corregir y completar el inventariado de puentes y la calificación del daño de la totalidad de los puentes de la RVN en un periodo de dos años. Lo anterior implica que se debe crear un organismo competente que se responsabilice de la gestión de puentes del país. Dicho organismo debe contar con los recursos necesarios para entregar la información para tomar decisiones de forma oportuna y periódica.

- c) Para lograr el plazo propuesto del párrafo anterior se recomienda aumentar el número de profesionales con competencias en la inspección de estructuras de puentes. En mayo del presente año LanammeUCR remitió a la Administración el documento LM-PI-UP-03-2016 “Propuesta de plan de capacitación en inventario, evaluación de la condición y administración de estructuras de puentes”, con el objetivo de capacitar al personal de planta del MOPT-CONAVI en evaluación de puentes existentes. La Administración podría disponer del personal de planta o de la figura de los Administradores Viales, los cuales pueden hacer la inversión de capacitarse, para prestar el servicio al CONAVI. A la fecha la Administración no ha contestado a la propuesta del LanammeUCR.
- d) Revisar y calibrar los resultados de los indicadores de la herramienta SAEP, tomando en consideración posibles escenarios de intervención de puentes. Se debe prestar especial atención al catálogo de elementos que actualmente está enfocado a puentes con superestructura tipo viga. Se debe tomar la decisión de ampliar el catálogo de elementos para puentes con otros tipos de superestructuras o gestionar los puentes con otro tipo de superestructura con indicadores específicos, dicha decisión conlleva nuevamente a un proceso de calibración. Dichas calibraciones deben culminar en la publicación de un informe donde se detallen los resultados y los alcances de los indicadores, estableciendo rangos para agrupar los puentes según su estado.
- e) Publicar documentos que establezcan de forma clara y completa el proceso de inspección, la calificación del daño y el llenado de la base de datos de la herramienta SAEP con el objetivo de minimizar los criterios subjetivos y los errores que podrían incurrir los inspectores y usuarios registradores.
- f) Publicar documentos de rendición de cuentas que presenten los avances en el proceso de implementación del SGP. Se recomienda al menos dos informes al año. Dichos documentos deben ser accesibles al público general fomentando la transparencia que caracteriza a los sistemas modernos de gestión de activos de infraestructura.

## 10. REFERENCIAS

1. AASHTO (2002). *Transportation Asset Management Guide*. American Association of State Highway and Transportation Officials. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Project 20-24(11). Washington, D.C., USA.
2. Auditoría General (2014). *Advertencia: Inventario Técnico de Puentes y Reestructuración del Proceso de Planificación Institucional y Sectorial*. Auditoría General del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
3. CONAVI (2013). *Contrato Interadministrativo entre el Instituto Tecnológico de Costa Rica y el Consejo Nacional de Vialidad*.
4. Contraloría General de la República (2010). *Informe sobre los resultados del estudio relacionados con la gestión de Administración de puentes del MOPT*. Informe NRO. DFOE-OP-IF-12-2010. Área de fiscalización servicios de obras públicas y transporte. División de fiscalización operativa y evaluativa.
5. Contraloría General de la República (2015). *Informe de la Auditoría Especial sobre la Gestión Relacionada con puentes de la Red Vial Nacional*. Informe NRO. DFOE-OP-IF-05-2015. Área de fiscalización servicios de obras públicas y transporte. División de fiscalización operativa y evaluativa.
6. FHWA (2016). *FHWA-NHI-130109A Bridge Management Fundamentals*. On line course.
7. INTECO (2015). *INTE ISO 55000:2015 Gestión de activos – Aspectos generales, principios y terminología*. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.
8. INTECO (2015). *INTE ISO 55001:2015 Gestión de activos – Sistemas de gestión - requisitos*. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.
9. INTECO (2015). *INTE ISO 55001:2015 Gestión de activos – Sistemas de gestión – Directrices para la aplicación de la INTE ISO 55001s*. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.

Informe No. LM-PI-UP-06-2016	Fecha de emisión: 03 de Octubre de 2016	Página 36 de 39
------------------------------	---	-----------------

10. JICA (2007). The Study on Capacity Development in Bridge Rehabilitation Planning, Maintenance and Management base on 29 Bridges of National Highway Network in Costa Rica. Japan International Cooperation Agency.
11. MOPT (2007). *Manual de Inspección de Puentes*. Primera Edición. Dirección de Puentes. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
12. MOPT (2007). *Lineamiento para Mantenimiento de Puentes*. Primera Edición. Dirección de Puentes. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
13. MOPT (2013). *Procedimiento Actualización del Inventario Técnico de los Puentes de la Red Vial Nacional por Medio del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)*.
14. MOPT (2014). *Revisión al Manual de Inspección de Puentes, Primera Edición 2007. Actualización del capítulo 5*. Primera Edición. Dirección de Puentes. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
15. Ryall, M.J. (2001). *Bridge Management*. Butterworth-Heinemann, Oxford, Great Britain.
16. Yanev, Y. (2007). *Bridge Management*. John Wiley and Sons, Inc., New Jersey, USA.

*Página intencionalmente dejada en blanco*

## 11. ANEXOS

Oficio LM-IC-D-0363-2016. Asunto: Remisión de informe LM-PI-UP-03-2016 “Propuesta de plan de capacitación en inventario evaluación de la condición y administración de estructuras de puentes. (en disco adjunto)

Oficio LM-PI-117-2016. Asunto: Priorización de evaluaciones de la condición de puentes por realizar en el LanammeUCR. (en disco adjunto)