

Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)

Elaborado por:

Licda. Yorleny Gutiérrez Corrales, Informática, Dirección de Puentes MOPT
ygutierrez@mopt.go.cr

Ing. Gabriela Muñoz Peralta, Ingeniera Civil, Dirección de Puentes MOPT
gmunozpe@mopt.go.cr

Revisado por:

Msc. María Ramírez González, Directora, Dirección de Puentes MOPT
mramireg@mopt.go.cr

Resumen

El siguiente documento se extiende para divulgar el Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP), herramienta informática de ingeniería de puentes que brinda información importante a los ingenieros especialistas para emitir un criterio técnico en lo referente al mantenimiento, rehabilitación y construcción de estas estructuras.

EL SAEP es el único programa informático oficial para realizar el levantamiento del inventario de los puentes en la Red Vial Nacional y permite compartir información técnica e identificar el grado de deterioro de las estructuras, con el propósito de planificar una intervención de mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción de puentes de forma eficiente.

Este sistema fue diseñado específicamente para las condiciones naturales y humanas de nuestro país y acorde con los tipos de estructuras de puentes existentes en Costa Rica.

La herramienta se encuentra desarrollada en WEB y se puede ingresar desde cualquier dispositivo con conexión a internet por medio de la página oficial del MOPT www.mopt.go.cr mediante un usuario invitado.

Palabras claves: SAEP, SGPU, MOPT, JICA, CONAVI, MANUALES.

Introducción

Un Sistema de Información de Puentes consiste en un grupo de datos recopilados y almacenados siguiendo lineamientos específicos, que contribuyen en la toma de decisión para la administración de puentes de un país. Debe estar compuesto por

tres elementos principales: Inventario de puentes, Inspección de puentes y Archivos que contengan información relevante de estas estructuras.

Este tipo de sistemas se han utilizado desde hace muchos años, mediante la organización y resguardo de datos de inventario e inspección, primero en tarjetas o formularios en un archivo físico y después con los avances tecnológicos, crecimiento en la cantidad de infraestructura y el aumento de la edad de los puentes; con un programa informático que permite el acceso ágil a la numerosa cantidad de información disponible.

Un Sistema de Administración de Puentes, acorde con la Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos (FHWA), asiste a los administradores de puentes, que en nuestro caso es el CONAVI para las Rutas Nacionales y las Municipalidades para las Rutas Cantonales; en la selección y elaboración de los trabajos idóneos, al puente correcto, en el tiempo adecuado y a un costo razonable. Estos sistemas son considerados como una herramienta de apoyo para los encargados de los puentes, que permite la selección de estrategias y acciones, así como la asignación óptima de recursos para el mantenimiento, rehabilitación y construcción de puentes acorde con las restricciones presupuestarias existentes.

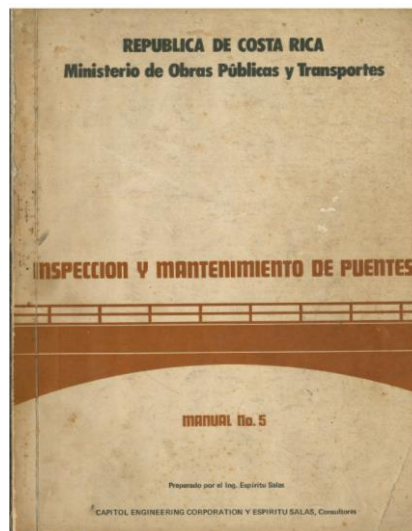
En Estados Unidos, previo al colapso del “Silver Bridge” en Ohio en 1967, las actividades de intervención en los puentes del país estaban enfocadas en la construcción y mejoramiento de la infraestructura. El colapso generó una preocupación nacional sobre la seguridad y condición de la red de sus puentes, por lo que en 1968 solicitaron a las autoridades federales recopilar y mantener un inventario de los puentes.

El congreso de los Estados Unidos estableció dos grandes programas: Programa Especial de Reemplazo de Puentes (SBRP: Special Bridge Replacement Program) en 1970, que ayudaba a los diferentes estados en las labores de reemplazo y rehabilitación de puentes y el Programa Nacional de Inspección de Puentes (NBIS: National Bridge Inspections Standards) en 1971, para asegurar que se realizaran

inspecciones periódicas en las estructuras. El SBRP fue actualizado y su nombre cambió a Programa de Puentes de Carretera (HBP: Highway Bridge Program).

En la década de los 90 surgieron en Estados Unidos los Sistemas de Administración de Puentes (BMS: Bridge Management System) y fue en 1991 que la Asociación Americana de Carreteras y Transportes (AASHTO por sus siglas en inglés), patrocinó la creación del BMS denominado “Pontis” que desde el 1992 hasta la fecha ha tenido diferentes actualizaciones iniciando con la versión 3.0 a la más reciente 5.2.3.

En Costa Rica se inició en 1974 el Programa de Mantenimiento de Carreteras MOPT-AID, que generó el Manual de Inspección y Mantenimiento de Puentes basado en el Manual “Bridge Inspector’s Training Manual 70” preparado por “U.S. Department of Transportation”, “Federal Highway Administration” y “Bureau of Public Roads” de Estados Unidos.



**Figura 1. Manual N°5 Inspección y Mantenimiento de Puentes.
Ministerio de Obras Públicas y Transportes.**

Posteriormente, a partir de 1980 el MOPT ha utilizado un sistema de base de datos centralizado, que contiene información de inventario de los puentes (identificación, geometría, materiales de la estructura) y da una calificación a cada elemento (piso, superestructura y subestructura), así como una calificación del estado general del puente, como se muestra en la siguiente figura:

CALIFICACION DEL ESTADO DEL PUENTE		
#	ESTADO	MANUAL DE INSPECCION
10	BUENO	--
9	BUENO	Condición Nueva
8	REGULAR	Buena condición. No se necesitan reparaciones
7	REGULAR	Pequeñas reparaciones por cuadrillas de mantenimiento
6	REGULAR	Reparaciones mayores por cuadrillas de mantenimiento
5	MALO	Reparaciones mayores por contrato o por cuadrillas de construcción
4	MALO	Condiciones mínimas para soportar el tránsito presente, necesita
3	MALO	Inadecuado para cargas pesadas => CIERRE PARA CAMIONES
2	MALO	Inadecuado para CUALQUIER CARGA => CIERRE TOTAL
1	MALO	Puente reparable, si fuera deseable reabrirlo al tránsito
0	MALO	Puente que no admiten reparación. PELIGRO DE COLAPSO

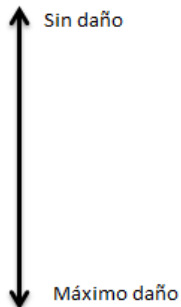


Figura 2. Calificación del Estado de Puentes.

Estos datos a pesar de incorporar variables importantes a nivel de planificación, no incluyen información relacionada con la vulnerabilidad a los efectos sísmicos e hidrológicos a los que están sujetos los puentes, ni tampoco brinda costos de intervención. Es por esto que en el año 1999 la Administración decidió llevar a cabo la tarea de atender los Puentes de la Red Vial Nacional mediante la implementación de un Sistema de Administración de Puentes, el cual debería funcionar como un método racional y sistemático capaz de organizar, priorizar la intervención para colaborar con el encargado de estas estructuras a llevar a cabo las actividades relacionadas con planificación, diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación y reemplazo de puentes.

Como se expone en la diferente literatura relacionada con los BMS, la forma de gestionar el patrimonio constituido por las obras de una red específica, depende de múltiples factores tanto de índole natural como humano. Entre los cuales cabe citar: la extensión de la red, el número de puentes, el volumen del tráfico, la climatología, edad de las estructuras, así como los recursos disponibles, el nivel técnico del personal dedicado a la conservación y hasta la tradición.

Esto quiere decir que para que un Sistema de Administración funcione eficientemente, el mismo tiene que estar estrictamente adecuado a la realidad específica del país en cuanto a los factores mencionados anteriormente.

Con el fin de tomar una decisión sobre la implementación de un Sistema de Administración de Puentes que cumpliera con la necesidad de la Administración y acorde con la realidad del país, se realizó un proceso de análisis de las siguientes tres alternativas:

1. Adquisición de una licencia de un programa de administración de puentes ya utilizado a nivel internacional.
2. Contratar a una empresa para desarrollar el sistema acorde con las necesidades del país.
3. Delegar el desarrollo del Sistema a la Dirección de Informática del MOPT.

Para la selección de una de las opciones anteriores, la Administración contó con un equipo de trabajo conformado por profesionales del MOPT/CONAVI encargados de la administración de puentes, quienes analizaron opciones como la relevancia de tener un programa que no dependería de consultores internacionales para poder modificarlo como sucedía con el programa utilizado en ese momento; así como la opción de adquirir un software de los existentes y utilizados por otros países como Pontis, Bridgit y Danbro.

Como resultado del análisis llevado a cabo, la Administración decidió en el año 2001 incluir dentro de sus planes, la contratación de una firma consultora para el desarrollo de este Sistema.

Sin embargo, en junio del 2001 el Gobierno de Japón a través de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) ofreció al Ministerio de Obras Públicas, el otorgamiento de una Cooperación Técnica en materia de infraestructura de puentes.

A solicitud del Ministerio, JICA decidió enviar a un experto japonés especialista en para realizar un estudio analítico de la situación del tráfico en Costa Rica. Durante

sus visitas de campo, el ingeniero japonés detectó el estado deficiente de algunos puentes de la Red Vial Nacional y la falta de un Programa de Administración de Puentes; por lo que recomendó al Gobierno considerar la posibilidad de aprovechar los nexos de cooperación, a fin de obtener asesoría técnica en este campo.

Fue así como el Gobierno de la República, a través del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), concretó una iniciativa de Cooperación Técnica con el Gobierno Japonés, por medio de JICA en coordinación con la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT, la Dirección de Puentes del MOPT y el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), denominada “El Estudio sobre el Desarrollo de Capacidad en la Planificación, Rehabilitación, Mantenimiento y Administración de Puentes, Basado en 29 Puentes de la Red de Carreteras Nacionales en Costa Rica” (referido de aquí en adelante como el Estudio), la cual incluyó el establecimiento del Sistema de Administración de Puentes, SAEP.

Desarrollo

El Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP) es una herramienta de apoyo para el personal gerencial, profesional y técnico encargado de la administración de las estructuras de puentes de la red vial nacional, con el objetivo principal de complementar el criterio técnico para la toma de decisiones responsables en lo referente al mantenimiento, rehabilitación y construcción de puentes.

El SAEP se concibió como un programa que busca mejorar la gestión de puentes en Costa Rica, mediante el conocimiento de su estado de conservación y a través de planes de mantenimiento oportunos que permitan aumentar su vida útil mediante intervenciones (reparaciones y/o reforzamientos) a lo largo del ciclo de vida de la estructura, como se demuestra en las siguientes figuras:

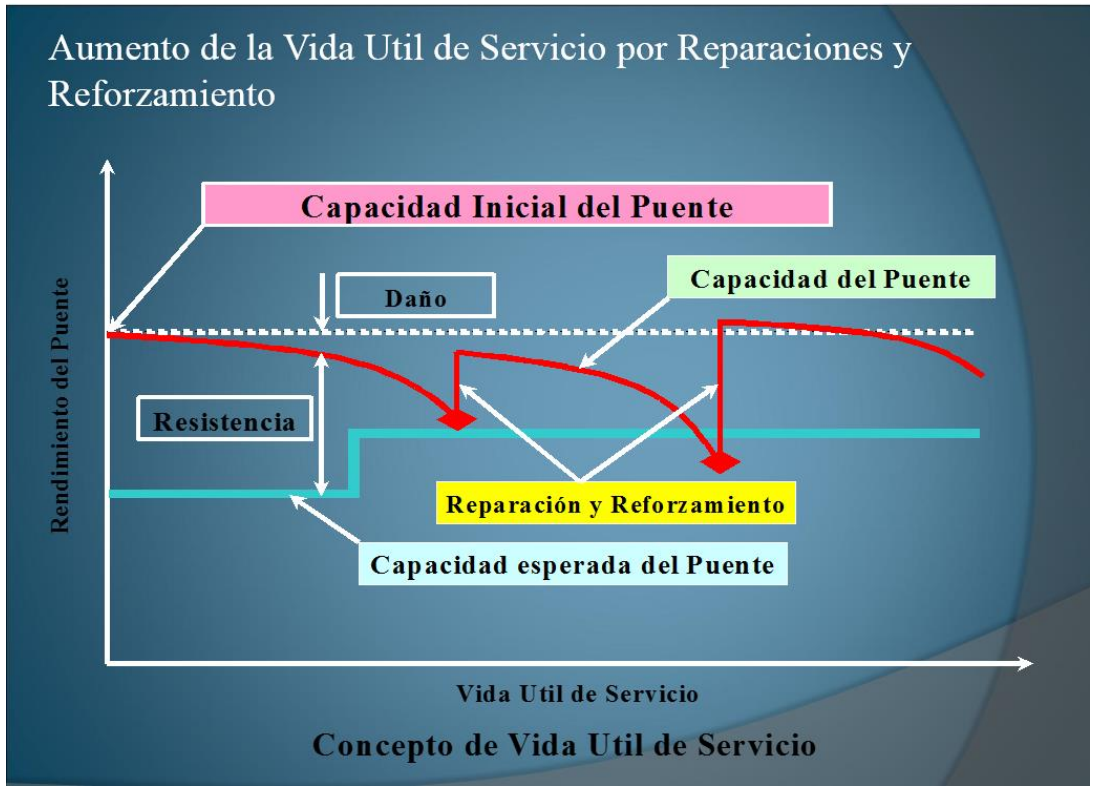


Figura 3. Diagrama Vida Útil de Servicio.
 Presentación Administración de Bienes, Estudio JICA-MOPT

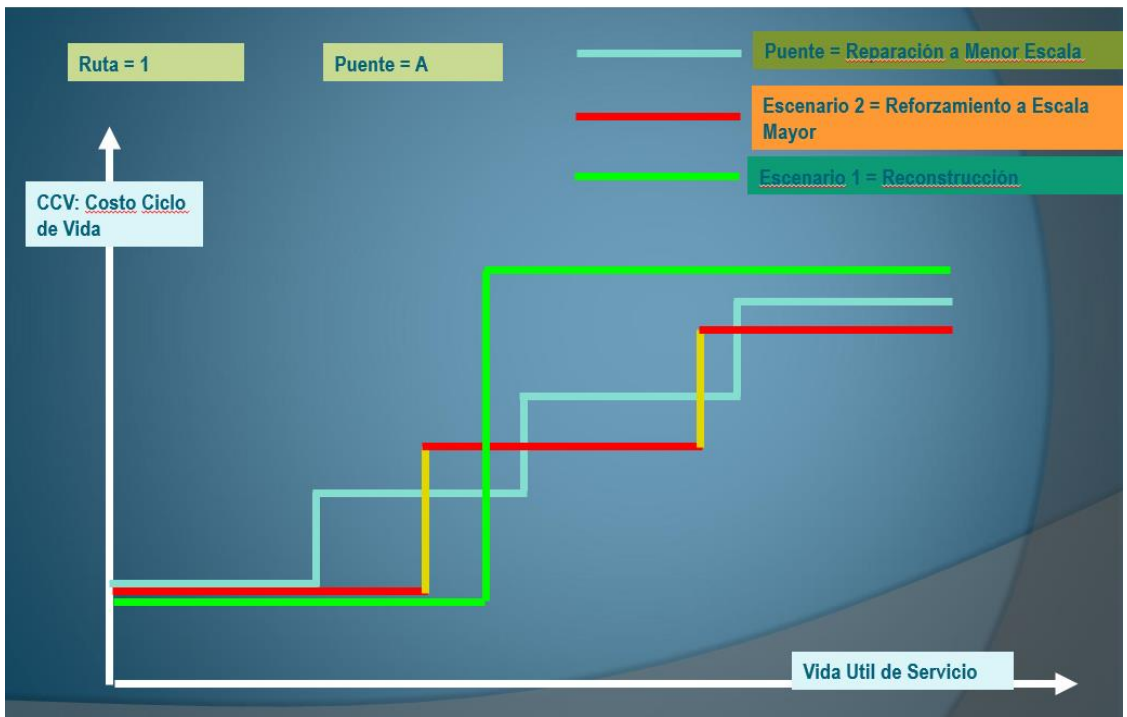


Figura 4. Diagrama Vida Útil de Servicio vs Costo Ciclo de Vida.

Presentación Administración de Bienes, Estudio JICA-MOPT

En apego a los componentes con que debe contar un Sistema de Gestión, el SAEP contiene información general de la estructura, información de la condición de deterioro de sus diferentes componentes y es capaz de evaluar el estado general de conservación de los puentes de la red, brindar el costo estimado de las reparaciones necesarias y ordenar las estructuras en función de su urgencia de reparación.

En el año 2007 la misión japonesa concluyó con el Estudio, el cual incluyó el proceso de análisis, diseño y desarrollo del SAEP, llevado a cabo de manera conjunta entre los expertos japoneses y el equipo de trabajo del MOPT, conformado por ingenieros de la Dirección de Puentes y de la Dirección de Planificación Sectorial.

Es así que como parte de la asistencia técnica de la cooperación brindada por JICA, se generó la primera versión del SAEP. Acorde con las herramientas informáticas disponibles y los recursos con los que contaba la Administración en ese momento, se decidió utilizar el lenguaje de programación Visual Basic 6.0 y como Gestor de datos se utilizó la aplicación Access 2000 incluida en el paquete ofimático Microsoft Office, dicho desarrollo se realizó mediante la plataforma tecnológica tipo Cliente/Servidor, lo que implica que cada dato es administrado por un servidor y las peticiones son generadas a través del cliente.

El producto de ese desarrollo fue entregado en idioma inglés, con algunas etiquetas traducidas al español e instalado en un equipo asignado a la Dirección de Puentes del MOPT. El entorno de la operación y de los datos almacenados en el SAEP v.1 se muestran en la siguiente figura:

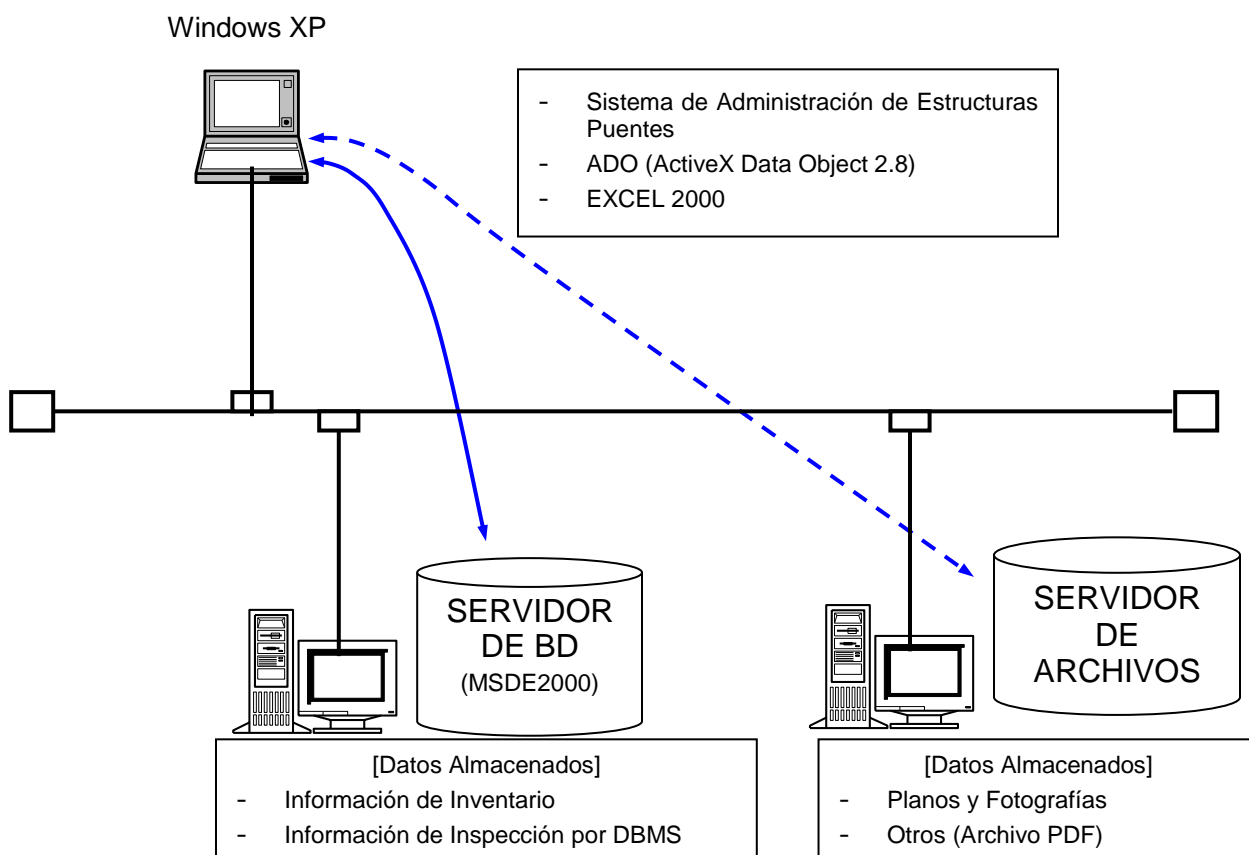


Figura 5. Componentes del Sistema de Hardware.

Manual de Operación para el Sistema de Administración de Puentes, 1° edición.

Las funciones del SAEP v.1 incluían, el registro y la actualización de datos de inventario, inspección y mantenimiento de puentes, registro de campos de texto e imágenes tales como fotografías y planos de los puentes, una carpeta para cada puente en la cual se puede almacenar archivos relacionados con la estructura inspeccionada y un módulo de Sistema de Evaluación que realiza el análisis de las deficiencias de puentes, prioriza reparaciones y estima el costo aproximado de reparación. El sistema permitía además realizar la búsqueda de datos mediante consulta, visualizar la ubicación del puente en un mapa utilizando las coordenadas de cada estructura y generar impresiones en formato Excel, esta versión estaba estructurada de la siguiente manera:

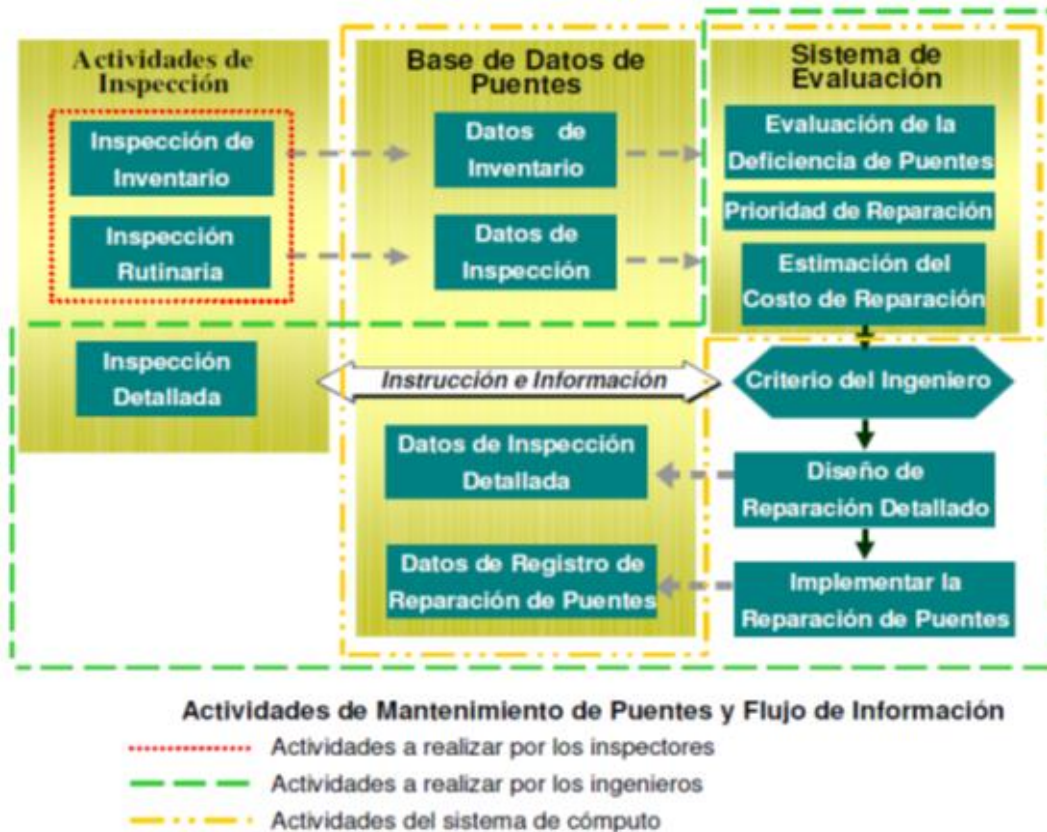


Figura 6. Diagrama de funcionamiento del SAEP.
Manual de Operación para el SAEP, 1° edición.

En el periodo 2007-2009, el SAEP v.1 fue utilizado por los ingenieros de la Dirección de Puentes del MOPT para ingresar la información de inventario e inspección de los 29 puentes parte del Estudio de JICA, además se inició con las labores de traducción del sistema al idioma español y como es usual en un sistema informático, se detectaron defectos en su desarrollo los cuales fueron corregidos de manera conjunta entre los expertos de informática del MOPT y el experto japonés.

Durante los dos primeros años de uso del sistema, se detectó la necesidad de realizar cambios en el conjunto de componentes físicos (hardware) y en el componente lógico intangible (software), como el tipo de plataforma tecnológica bajo la cual estaba desarrollado, la limitación de la aplicación de base de datos utilizada, el tipo de lenguaje de programación, la conectividad, la ausencia de un

módulo de seguridad de la información y además se concluyó que la aplicación estaba instalada en un equipo de cómputo con características básicas que no eran las ideales para funcionar como “servidor”.

Por estas razones, en enero del 2010 la Administración Superior del MOPT decide solicitar colaboración al CONAVI para que sea la Dirección de Tecnologías de Información (TI/CONAVI), la que se encargue de brindar el soporte técnico necesario al Sistema y así poder realizar cualquier mejora informática que se detecte; es así como a partir del año 2010 TI/CONAVI asumió de manera permanente el mantenimiento del Sistema.

Como producto de la cooperación de TI/CONAVI, se generó la versión 1.2 del SAEP, que incluyó la traducción de las etiquetas del inglés al español, creación de módulos de seguridad, mantenimientos para administrar desde la aplicación información técnica y se realizó la conexión con Internet Explorer que permitió visualizar la ubicación del puente por medio de Google Maps.

Posteriormente, se decide crear una capa de presentación en WEB que permite el ingreso en línea de los datos de inventario e inspección, fotografías y planos para contrarrestar las barreras tecnológicas al usuario final; es así como en noviembre del año 2011 se implementa la Versión 1.2.1 del SAEP, mediante la migración de la aplicación al Lenguaje de Programación C# -Visual Studio .NET 2008 y se genera el respectivo Manual Técnico y Manual de Operación versión 1.2.1.

Siendo que el módulo de evaluación seguía funcionando tipo cliente/servidor, para el año 2013 se acordó realizar la contratación denominada “Readecuación e Implementación del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)” promovida por TI del CONAVI, que dio origen a la última y actual versión del SAEP (SAEP v.1.3).

Los siguientes cuadros detallan los cambios y mejoras realizadas al SAEP en sus diferentes versiones

CUADRO N.1 MEJORAS DE TECNOLOGÍA Y HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS				
Características Informáticas	SAEP V 1 2007	SAEP V 1.2 2010	SAEP V 1.2.1 2011	SAEP V 1.3 2013
Lenguaje de Programación	Visual Basic 6.0.	Visual Basic 6.0.	C# -Visual Studio. NET 2008.	Java (J2EE versión 1.7),
Versión	Cliente/Servidor (Stand Alone)	Cliente/Servidor (Stand Alone)	WEB: capa de presentación (registro datos de inventario e inspección)	WEB enable IDE de desarrollo MyEclipse versión 7.5.
Base de Datos	Access 2000	SQL Server 2008 R2.	SQL Server 2008 R2.	IBM DB2 versión 9.7.
Interfaz de Comunicación	ActiveX Data Objects (ADO) por sus siglas en ingles.	String de Conexión desde la aplicación a la base de datos.	String de Conexión desde la aplicación a la base de datos.	Conexiones manejadas por el Servidor WEB.
Instalación	Equipo de cómputo Pentium IV, 80 gigas DD, 1 giga memoria RAM, Windows XP	Instalación de la Base de Datos en un Servidor.	Instalación de la Base de Datos en un Data Center con los respectivos respaldos.	Data Center con los respectivos módulos de seguridad y respaldos.
Servidor de Aplicaciones	Windows	Windows	AIS Microsoft	IBM Websphere versión 7.0.
Desarrollo de páginas web	No aplica	No aplica	C# 2008	ICEfaces versión 1.8.1.
Manejo de Clases	No aplica	No aplica	No aplica	Spring 2.5.
Acceso a datos	No aplica	No aplica	No aplica	Hibernate 3.2.
Formato de reportes	Excel	Excel	Crystal Report	Jasper 2.0.5.
Metodología de desarrollo				RUP (Rational Unified Process).

**CUADRO N.2
MEJORAS EN LA APLICACIÓN**

Características Informáticas	SAEP V 1 2007	SAEP V 1.2 2010	SAEP V 1.2.1 2011	SAEP V 1.3 2013
Seguridad	Sin módulos de seguridad, únicamente con usuarios internos: Administrador del software, Ingeniero y Consulta.	Módulo de Seguridad con 5 usuarios: Consulta General, Registrador, Ingeniero, Consulta Especial y Administrador (usuario y contraseña) Creación de roles por Instituciones	Módulo de Seguridad en web con 5 usuarios: Consulta General, Registrador, Ingeniero, Consulta Especial y Administrador (usuario y contraseña) Roles por Instituciones Creación de bitácora	A través del LDAP (Lightweight Directory Access Protocol), 6 usuarios: Invitado, Registrador, Aprobador, Administrador de Puentes, Consulta Especializada y Administrador del Software. Roles por instituciones Bitácora
Interfaz Gráfica	Visual Basic 6.0	Visual Basic 6.0	Mejora en la interfaz gráfica, para la capa de presentación.	Modificación de la interfaz gráfica de todo el diseño.
Idioma	Inglés, Español (solo etiquetas).	Inglés, Español (etiquetas y algunos combos)	Inglés, Español (etiquetas y algunos combos)	Inglés y Español.
Mantenimientos	No existía módulo de mantenimientos	Desarrollo módulo mantenimientos para 22 combos.	Mejora módulo de mantenimientos para los 22 combos.	Creación de todos los mantenimientos para el sistema.
Localización	GIS: Map Object Leadtools	GIS: Map Object Leadtools	Conexión Google Maps	Conexión Google Maps
Formularios	Inventario e Inspección, actividades de mantenimiento	Inventario e Inspección, actividades de mantenimiento	Inventario e Inspección, actividades de mantenimiento n	Inventario, Inspección, Inspección detallada, Inspección por Rehabilitación, Inspección por colapso, Actividades de mantenimiento.
Sistema de Evaluación	Cálculo de deficiencia, prioridad y costo	Cálculo de deficiencia, prioridad y costo	Cálculo de deficiencia, prioridad y costo en cliente/servidor	Cálculo de deficiencia, prioridad y costo

El SAEP v.1.3 desde enero del año 2014, es el programa informático oficial desarrollado y utilizado por la Administración para la actualización del inventario técnico de los puentes de la Red Vial Nacional

El sistema cuenta con una base de datos que además de almacenar la información de inventario, inspección y mantenimiento, permite ingresar también los datos de rehabilitación de los puentes y es capaz de mantener información histórica en caso de colapso o rehabilitación.

En nuestro país actualmente el 79% de los puentes de la Red Vial Nacional son estructuras con longitudes inferiores a los 35 metros, aproximadamente un 82% son puentes de superestructuras de concreto. Es necesario indicar que los tipos de estructuras más comunes en nuestro país son los construidos con sistemas a flexión, compuestos por vigas de acero, concreto o madera y actualmente **representan aproximadamente el 97% de los puentes de la Red Vial Nacional**, el otro 3% restante corresponde a puentes con sistemas de suspensión (puentes colgantes para cargas livianas, 1 puente tipo arco invertido y 1 puente atirantado).

El SAEP se diseñó tomando en consideración lo anteriormente expuesto, es decir, acorde con el sistema estructural de puentes existente en Costa Rica y tomando en cuenta las condiciones naturales y humanas de nuestro país.

El sistema de evaluación que utiliza el SAEP desde su creación, fue desarrollado de manera conjunta entre expertos japoneses y los ingenieros de la Dirección de Puentes del MOPT basado en el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP); el cual es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios, se basa en el principio que la experiencia y el conocimiento de los actores son tan importantes como los datos utilizados en el proceso.

El sistema de evaluación permite a través de tres módulos determinar el grado de deterioro de las estructuras, la prioridad de intervención y el costo aproximado de las reparaciones que debe realizarse a cada puente.

El primer módulo, determinación del grado de deterioro; se obtiene de los grados de daños detectados en cada uno de los elementos inspeccionados (pavimento, baranda, juntas de expansión, losa, viga principal, sistema de arriostramiento, viga diafragma, pintura, apoyos, viga cabezal y aletones, martillo y cuerpo principal de la subestructura), en concordancia con el nivel de importancia de cada grupo (Accesorios, Superestructura y Subestructura) y finalmente con respecto a la estructura en general. Esta valoración de deficiencia, genera una calificación que indica la condición estructural del puente acorde con los daños encontrados por el ingeniero durante los trabajos de inspección en la estructura.

El segundo módulo, genera un listado de los puentes con una prioridad de intervención, contemplando los siguientes aspectos:

- Deficiencia estructural: considera el tipo de daño más relevante para cada elemento del puente y toma el grado de daño que tenga la calificación más alta. Es decir, el valor final depende del daño más crítico encontrado en los diferentes elementos del puente.
- Obsolescencia funcional: incorpora condiciones de capacidad hidráulica, capacidad funcional mediante la valoración de la geometría del puente según la capacidad de la vía y capacidad de carga del puente tomando en cuenta la carga viva de diseño.
- Características prioritarias: considera el tránsito promedio diario (TPD), importancia de la vía, longitud de desvío y servicios públicos que se puedan ver afectados por cierre temporal o colapso del paso. Estos valores influyen en la evaluación de la estructura tomando en cuenta que su cierre pueda afectar el tránsito en corredores principales.

- Características estructurales: valora el tipo de estructura del puente, si presenta una condición temporal como el caso de un puente tipo Bailey provisional y valora también el caso de puentes en trozas de madera o alcantarillas corrugadas con el propósito que la Administración analice la opción de sustituirlos.

Es así como, la prioridad de intervención no solo toma en consideración el deterioro de la estructura sino otras valoraciones de gran relevancia (obsolescencia funcional, importancia y características estructurales), que permite que esta herramienta brinde información completa para la toma de decisiones.

El último módulo del sistema de evaluación, es la estimación de costos de reparación para cada estructura, el cual se obtiene partiendo de la información de inventario y de los datos de inspección.

Acorde con el método de reparación seleccionado para cada elemento según el grado de daño detectado, el sistema asigna un precio y realiza el cálculo que genera un valor estimado de reparación. Este costo aproximado permite a los encargados definir la modalidad de ejecución a través de la cual podría llevarse a cabo la intervención (por administración o por contratación).

Es importante mencionar que el sistema de evaluación es revisado y actualizado por los ingenieros de puentes, acorde con la condición de la infraestructura en el momento que se genera la información técnica. Estos datos se utilizan como un insumo preliminar para la toma de decisiones y deben ser revisados y analizados técnicamente en detalle para definir el costo final a efectos de realizar las intervenciones de mantenimiento, rehabilitación, diseño y/o construcción.

Si bien es cierto los valores obtenidos mediante los diferentes módulos contribuyen a la planificación del mantenimiento y rehabilitación de los puentes de forma eficiente, es de suma importancia aclarar que los datos generados por el sistema de evaluación están estrictamente relacionados con la calidad de la

información ingresada al sistema; que debe ser recolectada bajo un mismo esquema y comprendida por los encargados de realizar las inspecciones.

Por tal motivo, para que los datos que son incluidos en el SAEP sean congruentes y recolectados correctamente, deben ser adquiridos por un grupo de inspectores calificados que comprendan todos los conceptos, responsabilidades y deberes que encierran las actividades de una inspección, para ello la Administración elaboró el Manual de Inspección de Puentes 2007 y la Actualización del Capítulo 5 del Manual de Inspección 2014.

Estos dos documentos brindan los lineamientos a seguir durante las diferentes etapas de una inspección de puentes, describen la información que debe recopilarse tanto de los planos como durante las inspecciones de campo, definen los diferentes elementos que componen el puente y brindan una guía con el puntaje asociado al grado de deterioro encontrado en cada uno de los elementos que deben ser inspeccionados.

Mediante el documento código 01-02-01-06-v1, denominado “Actualización del Inventario técnico de los puentes de la Red Vial Nacional por medio del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)”, se define la responsabilidad de los participantes en todo el proceso de la evaluación técnica del estado de los puentes, incluyendo durante la inclusión de los datos en el programa informático.

Para el caso específico del “Usuario Registrador”, inspector de puentes encargado de recopilar e ingresar los datos al SAEP, en este documento la Administración expresamente indica, que es el responsable de la obtención de la información, así como de los datos materializados en los informes de cada actividad e ingresados en el SAEP, que debe ser un Ingeniero Civil o en Construcción incorporado en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, con grado mínimo de licenciatura y con tres años de experiencia como mínimo en diseño estructural, construcción y/o

inspección de puentes. Además, debe haber llevado un curso de inspección de puentes, el cual debe cumplir como mínimo con el contenido del curso de Inspección de Puentes impartido por el MOPT.

La Administración cuenta además con varios manuales como herramientas de apoyo para los inspectores de puentes y demás involucrados en el proceso: Manual de Usuario SAEP (Versión 1.3) y el Manual de Lineamientos de Puentes.

Es necesario reiterar que el papel del Inspector de Puentes es sumamente importante, cada uno de los datos que se levantan en el sitio deben ser corroborados con los planos de la estructura en caso de que existan, el profesional encargado de la inspección tiene la responsabilidad técnica de cumplir con cada uno de los lineamientos mencionados.

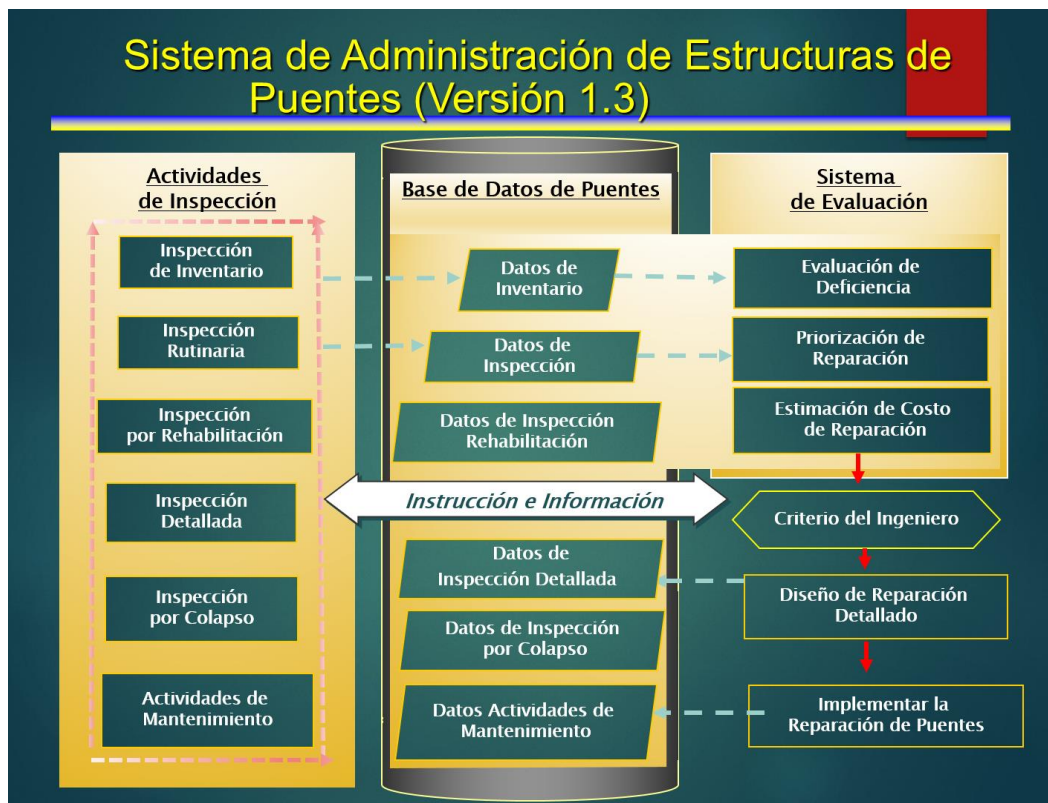
Una mejora relevante implementada en el SAEP v.1.3, es el módulo de seguridad, mediante la creación de usuarios y asignación de roles que permite realizar diversas tareas acordes con la labor que le corresponde desempeñar. A continuación, se define cada uno de los roles o usuarios que contiene esta versión:

- **Usuario Invitado:** Permite el ingreso al sistema en modo consulta, este usuario puede visualizar la información básica del inventario de los puentes (no requiere contraseña, está abierto para todo público).
- **Usuario Registrador:** Es utilizado por los ingenieros responsables de realizar la inspección, permite que puedan registrar, modificar y eliminar los datos de los puentes a su cargo (requiere de un usuario y una contraseña).
- **Usuario Aprobador:** Es utilizado por los ingenieros responsables de revisar y como su nombre lo indica, de aprobar los datos de los puentes ingresados por el usuario registrador (requiere de un usuario y una contraseña).

- **Usuario Administrador del Sistema:** Es utilizado por los ingenieros informáticos encargados de la administración y mantenimiento del sistema (requiere de un usuario y una contraseña).
- **Usuario Administrador de Puentes:** Es utilizado por los ingenieros de la Dirección de Puentes del MOPT para administrar el Sistema de Evaluación (requiere de un usuario y una contraseña).

Otra característica del sistema, es la generación de un directorio llamado “bitácora”, que permite llevar un registro de las diversas acciones que realizan cada uno de los usuarios en el sistema, es una herramienta clave para contar con la trazabilidad tanto del ingreso de la información como algún cambio que uno de los usuarios pueda realizar al sistema.

El SAEP v.1.3 se puede acceder mediante cualquier dispositivo con conexión a internet, por medio de la página web oficial de MOPT www.mopt.go.cr y a continuación se muestra una figura que describe de manera general como está estructurado el SAEP actualmente:



**Figura 7. Diagrama de funcionamiento del Sistema de Administración de Puentes.
SAEP Versión 1.3.**

En conocimiento de las condiciones de deterioro que presentan los puentes de nuestro país debido a la falta de mantenimiento a lo largo de su vida útil, la Administración por medio del SAEP busca contar con información técnica de utilidad para la completa puesta en práctica de un Sistema de Gestión de Puentes idóneo.

Una de las grandes ventajas de este sistema es que cuenta con un equipo de profesionales (ingenieros de puentes e ingenieros informáticos) que conocen el sistema desde su concepción y quienes están estrechamente familiarizados con el funcionamiento de cada una de sus aplicaciones, lo que permite su constante revisión y actualización logrando modernizar, optimizar el sistema desde el punto de vista informático así como incluir mejoras desde el punto de vista técnico en materia de puentes acorde con las necesidades encontradas por los diferentes usuarios.

El Ministerio desde el año 2012 a través del Grupo Consultivo de Puentes, ha promovido el aporte positivo de observaciones tanto para el fortalecimiento del SAEP como para la implementación de un Sistema de Gestión de Puentes a nivel País, este grupo que busca una interacción fluida entre las dependencias del MOPT-CONAVI y las diferentes instituciones académicas (LANAMME, ITCR) y organizaciones con competencia técnica en puentes.

La implementación y el funcionamiento del SAEP requiere el apoyo de la jerarquía superior en cuanto a la provisión de recurso humano y económico dirigido a la eficiencia del Sistema, pero también es necesario que tanto las dependencias del MOPT-CONAVI, así como las instituciones académicas (LANAMME, ITCR, entre otros) y entes competentes (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos CFIA, Cámara Costarricense de la Construcción CCC, entre otros) no dividan los esfuerzos para crear o proponer una nueva herramienta de Administración de Puentes, al contrario al ser un área tan especializada es necesario trabajar en alianza y recibir la colaboración de todos ellos mediante la formulación de soluciones constructivas que contribuyan al desarrollo del país.

Conclusiones

El Sistema de Administración de Estructuras de Puentes de Costa Rica **es el único programa oficial utilizado por la Administración** desde enero del 2014 para realizar el levantamiento del inventario de los puentes de la Red Vial Nacional.

EL SAEP es una herramienta informática de ingeniería de puentes con el objetivo principal de complementar el criterio técnico de los ingenieros para la toma de decisiones responsables en lo referente al mantenimiento, rehabilitación y construcción de puentes.

Los resultados del SAEP se utilizan como un insumo preliminar valioso para la determinación de las acciones que se deben llevar a cabo en las estructuras de puentes.

Este sistema fue diseñado específicamente para las condiciones naturales y humanas de nuestro país y principalmente acorde con los tipos de estructuras de puentes existentes en Costa Rica.

El SAEP analiza el grado de deterioro de los elementos del puente y considera aspectos como edad, capacidad de carga, capacidad hidráulica, importancia y obsolescencia funcional; **todos estos factores permiten que el sistema genere una evaluación acorde con la realidad general de la estructura y con la necesidad de intervención.**

La elaboración de los diferentes documentos técnicos como el Manual de Inspección de Puentes y la Actualización del Capítulo 5 **busca que el levantamiento del inventario y la evaluación de daño sean realizados de una manera estándar y no subjetiva.**

En el procedimiento “Actualización del Inventario técnico de los puentes de la Red Vial Nacional por medio del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)”, se **indica que la recopilación de la información debe ser llevada a cabo por un Ingeniero con experiencia en materia de puentes.**

Como sucede con cualquier herramienta informática a nivel nacional e internacional, conforme son utilizadas y en el caso específico de los Sistemas de Administración de Puentes acorde con la aparición de nueva tecnología en la construcción y nuevos conocimientos de los mecanismos de falla; las herramientas son sometidas a cambios por lo que se generan diferentes versiones.

El SAEP a través de los años ha requerido modificaciones, lo que ha permitido que en este momento se cuente con la versión número 3; **es el conocimiento de este sistema por parte de los expertos del MOPT-CONAVI lo que ha hecho posible que el sistema pueda actualizarse cuando se requiera**, por este motivo no se considera al SAEP como una herramienta muy limitada, como han afirmado en alguna ocasión.

Para un país tan pequeño como el nuestro, es conveniente que todos los esfuerzos y los recursos económicos disponibles para la atención de los puentes del país por parte de las diferentes instituciones involucradas, se unifiquen mediante la formulación de soluciones para un mismo objetivo como es el fortalecimiento de un Sistema de Gestión de Puentes a nivel País.

Literatura Consultada

Consejo Nacional de Vialidad-Infosgroup. 2013. Manual Usuario SAEP versión 1.3. San José, C.R.

Hartle, R. (2002). Bridge inspector's reference manual. 1st ed. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Transportation, Federal Highway Administration, National Highway Institute.

Ing. José M. Simón-Talero Muñoz, Ing. Pedro P. Sánchez Martínez- Falero, José A. Torroja, oficina Técnica S.A (agosto 2003). Puentes de Hormigón.

Jim J Zhao, P.E., F.ASCE & Tonia Demetrios (2012). PE Bridge Engineering 3rd Edition.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes/Consejo Nacional de Vialidad. (2015). *Actualización del Inventario técnico de los puentes de la Red Vial Nacional por medio del Sistema de Administración de Estructuras de Puentes (SAEP)*. San José, C.R:CONAVI.

Ministerio de Obras Públicas y Transporte-JICA. 2007. Manual de Inspección de Puentes. San José, C.R: MOPT.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes-JICA. 2007. Lineamiento para Mantenimiento de Puentes. San José, C.R.: MOPT.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 2014. Revisión del Manual de Inspección, Dirección de Puentes. San José, C.R.: Dirección de Puentes,

Michel Demarre (1988), The World Bank Policy Planning and Research Staff, Infrastructure and Urban Development Department. A basic guide for bridge management.