

# GESTIÓN DE EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS DE PUENTES DE CONCRETO ARMADO ANTE DESASTRES POR CAMBIOS CLIMÁTICOS

## MANAGEMENT OF ASSESSMENT OF PATHOLOGIES OF ARMED CONCRETE BRIDGES IN THE EVENT OF DISASTERS DUE TO CLIMATE CHANGES

Mstr. Ing. Dennys Giovanni Calderón Paniagua<sup>1</sup>  
MBA Ing. Grisely Rosalie Quispe Vilca<sup>2</sup>

Aceptada: 05-12-19.

### RESUMEN

La presente investigación abarcó el estudio de puentes de concreto armado en el departamento de Tacna, ya que no se cuenta con un instrumento estandarizado, especialmente ante la ocurrencia de desastres producido por cambios climáticos, es en ese sentido que se plantea la creación de un modelo de gestión de evaluación de patologías de puentes de concreto armado ante desastres por cambios climáticos, de esta forma se podrá identificar rápidamente posibles daños producto de crecidas de caudal u otro factor climático. El principal objetivo fue desarrollar un modelo de gestión de evaluación de puentes de concreto armado que sirva para la evaluación de las patologías que se presenten ante un desastre ocasionado por cambios climáticos en el departamento de Tacna. Ahora bien, la metodología empleada para este trabajo ha sido de tipo aplicada, considerando un diseño de investigación cuasi experimental [14]. Finalmente se llegó a la conclusión, se logró desarrollar un modelo de gestión de evaluación de patologías de puentes de concreto armado para diagnosticar posibles daños ocasionados en estos ante la presencia de un desastre natural producido por cambios climáticos, en el departamento de Tacna, de manera más práctica y efectiva.

**Palabras clave:** Metodología, gestión, patología, concreto, puente.

### ABSTRACT

This research covered the study of reinforced concrete bridges in the department of Tacna, since there is no standardized instrument, especially in the face of the

<sup>1</sup> Contraloría General de la República, Universidad Nacional Jorge Basadre, Orcid: 0000-0002-6569-0634, Email: dennyscalderon13@hotmail.com

<sup>2</sup> Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables, Universidad Nacional Jorge Basadre, Orcid: 0000-0003-0526-4366, Email: grisely\_rqv@hotmail.com Presentada: 01-07-2019.

occurrence of disasters caused by climatic changes, it is in this sense that the creation of a model is proposed management evaluation of pathologies of reinforced concrete bridges in the face of climate change disasters, in this way it will be possible to quickly identify possible damages due to floods or other climatic factors. The main objective was to develop a management model for evaluating reinforced concrete bridges that serves to evaluate pathologies that arise in the face of a disaster caused by climatic changes in the department of Tacna. However, the methodology used for this work has been applied, considering a quasi-experimental research design [14]. Finally, the conclusion was reached, it was possible to develop a management model for evaluating pathologies of reinforced concrete bridges to diagnose possible damage caused to these in the presence of a natural disaster caused by climatic changes, in the department of Tacna, more practical and effective.

*Key words: Methodology, management, pathology, concrete, bridge.*

## INTRODUCCIÓN

Los puentes son obras de ingeniería diseñadas con la finalidad de intercomunicar anexos o lugares distantes, a través de un circuito vial, es un punto fundamental dentro de la red de carreteras nacionales, ya que por medio de estos se da el transporte de mercancías, personas y en consecuencia se convierte en un eje de desarrollo de los habitantes de un determinado sector, por tal sentido la conservación de este tipo de estructuras debe ser de vital importancia, en especial porque pueden verse afectados con el aumento del caudal cuando por debajo de él, exista un río, debido a los cambios climáticos; como las mayores precipitaciones en determinados periodos de tiempo presentados en los últimos años.

Lamentablemente a nivel nacional, son diversas las causas de colapsos y fallas en puentes vehiculares y peatonales; siendo una de ellas ocasionadas por desastres naturales a causa de cambios climáticos [1], lo que genera máximas avenidas; este es un problema que produce daños en los elementos de concreto armado; así como para el desarrollo de actividades productivas, comerciales y estatales en distintas zonas del país.

Ahora bien, al producirse un desplome o la inhabilitación de un puente, esta causa enormes pérdidas, ya sean económicas y de interconectividad, un caso ejemplar se palpa en la problemática del Puente Solidaridad en la ciudad de Lima, el cual colapso tras los embates del fenómeno del niño producido en el año 2017, produciendo un perjuicio de más de s/. 5 millones de soles y según las auditorias de la Contraloría General de la República, detectaron que los ingenieros que estuvieron durante el desarrollo de esta obra, no contaban con la experiencia requerida, los estudios hidrológicos, protección de la estructura y estabilidad del puente, habían sido modificados, lo que a lo largo contribuyó en un fatídico desenlace.

De igual manera en la región del Cusco, en el mes de agosto del 2018, el colapso del Puente Mesacancha, hizo que se declare en emergencia distritos de Vilcabamba e Inkahuasi, según las autoridades locales, la caída de esta infraestructura generó la paralización y riesgo para el tránsito de vehículos y población.

En este sentido la región de Tacna no es ajena a esta problemática, por citar un caso; en el distrito de Pocollay, se encuentra el puente denominado "Peschay" que cuenta con una serie de fallas y deterioros, debido a que no fue diseñada en un principio para la constante carga vehicular que sobre ella transita, y en segundo lugar ocasionado por el efecto de socavación

al encontrarse en el Río Uchusuma, el cual durante el 2017 tuvo un incremento de caudal producido por los cambios climáticos que produjo una excesiva precipitación pluvial en la región.

Asimismo, la región de Tacna, cuenta con una cantidad considerable de puentes vehiculares de concreto armado, los cuales se encuentran presentes durante el desarrollo del circuito vial de transporte terrestre que interconecta a las cuatro provincias de la región; Tacna, Tarata, Candarave y Jorge Basadre, las mismas entre los años 2018 y 2019, fueron víctimas de daños a causa de máximas avenidas producidas por precipitaciones pluviales debido a los cambios climáticos originados en la región, ante lo cual es imprescindible conocer de forma ágil y certera el estado situacional en el que se encuentran para tomar las acciones preventivas o correctivas de ser el caso necesarias, uniformizando criterios de evaluación.

Por lo que, frente a esto, se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿Existe una falta de modelo de gestión de evaluación de patologías de puentes de concreto armado ante desastres naturales generados por cambios climáticos, en la provincia de Tacna?

Para contestar esta interrogante se consideró establecer como objetivo principal desarrollar un modelo de gestión de evaluación de patologías de puentes de concreto armado ante desastres por cambios climáticos, así como tres objetivos específicos; primeramente determinar las patologías que pueden presentarse en los elementos estructurales de puentes de concreto armado, en el departamento de Tacna, para posterior diseñar los procedimientos y formatos estandarizados para analizar las patologías en los elementos estructurales de puentes de concreto armado, en el departamento de Tacna y culminar con la implementación de una propuesta de modelo de evaluación para analizar los puentes de concreto armado en caso de desastres por cambios climáticos, en el departamento de Tacna.

A nivel internacional, por medio de su investigación, Giraldo, J; Ospina, J; Graciano, E.[2], determinaron que la composición estructural más empelada en puentes de característica de concreto reforzado es que tiene una longitud de mayor repetición entre 5 m y 10 m, de los cuales el 11% requiere una acción inmediata de intervención por el daño que presenta y el 48% de ellos se encuentran en un funcionamiento clasificado como adecuado. De León, D; Honorato, J. [3] , diseñaron un modelo que delimita el tiempo de inspección para puentes de tal forma que pueda prevenir el riesgo por fallas y daños producidos por corrosión, así mismo implementaron en su propuesta la incertidumbre en cargas y las tendencias de la corrosión.

Respecto a investigaciones a nivel nacional, Bardales, H. [4], determinó que con la existencia de diferentes estructuras, resulta imprescindible el análisis para explicar la geometría que presentan, así como la correcta caracterización y propiedades predominantes, de igual forma el procesamiento de información del puente es posible gracias a la utilización de los elementos finitos. López, C [5], concluyó que la determinación de los deterioros más incidentes, establecer las áreas dañadas, utilizar los métodos de remoción que no dañan la estructura de los pavimentos, son los pasos para dar seguridad a una correcta reparación. Asimismo, el valor del índice de condición de pavimento es de 50%, en el puente del distrito de San Juan Bautista de la provincia de Huamanga, por lo que esta estructura analizada se encuentra en un nivel de daño regular.

En nuestra realidad local destacan las investigaciones de; Del Carpio, E [6], quien una propuesta de gestión basada en formatos y manuales, para el trabajo de campo y administrativo en la etapa de mantenimiento de instituciones de educación superior, e

identificó que la relación que se presenta entre las dos variables de estudio es de forma directa y significativa, lo que demuestra una vinculación entre la metodología planteada y el eficiente mantenimiento que pueda darse a las instituciones de educación superior.

Respecto a la base teórica considera se tiene los siguientes sustentos:

*Gestión de proyectos:* Un proyecto es un conjunto de acciones secuenciales que se interrelacionan, contienen un punto de inicio y uno final. En este entender son ejecutadas por trabajadores para satisfacer un objetivo concreto, asimismo define el alcance del proyecto y los plazos[8].

*Gestión de la calidad:* El desarrollo de este tema abarca un procedimiento que incluye los pasos y secuencias que determinan responsabilidades, visión y acciones de calidad a fin de que el trabajo cumpla con satisfacer las necesidades para las cuales fue concebido. Estos se pueden concatenar mediante el flujograma de la figura 1.

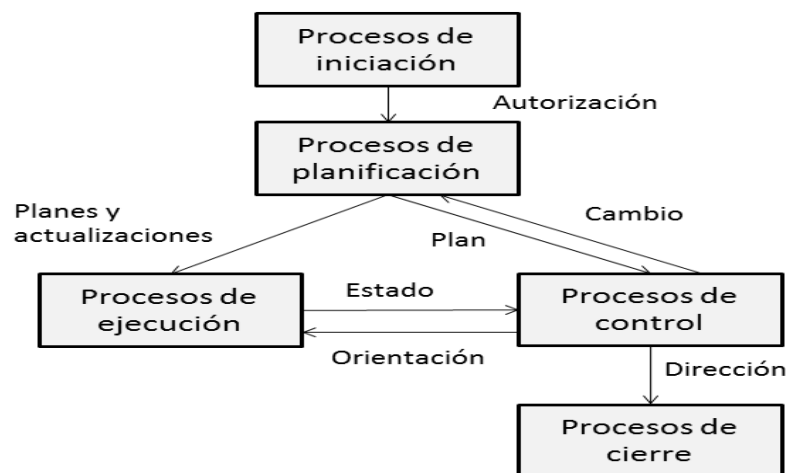


Figura 1: Ciclo de vida de un proyecto, obtenida de Campo Arranz[8]

*Puentes tipo viga losa:* Se encuentra compuesto por una losa apoyada sobre vigas dispuestas longitudinalmente. El sistema se apoya a su vez en estribos laterales, adicionándose pilares, en el caso de puentes de varios tramos, sin que exista continuidad entre ellos [9].

*Patologías del concreto armado:* Se puede definir que la patología del concreto es un proceso que se caracteriza por la detección de enfermedades y/o daños, que sufre los elementos de concreto, cuáles son las causas de su origen, que consecuencias ocasionan, y los posibles remedios que puedan darse [10].

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este artículo de investigación se consideró el método investigativo aplicado. Según Hernández, Fernández y Baptista [7], indica que este tipo de investigación está orientado a la resolución de problemas existentes sobre situaciones prácticas, en este caso fue la evaluación de patologías en puentes de concreto armado ante la ocurrencia de

daños por desastres ocasionados por cambios climáticos específicamente las precipitaciones pluviales; asimismo se consideró un diseño de investigación cuasi experimental [7], el cual tiene la peculiaridad de estudiar situaciones en las cuales no se puede tener control absoluto de los eventos que se originan alrededor, ante lo cual se pretende generar un mayor control del mismo de esta forma mitigarlo. Lo referente al diseño muestral, para el desarrollo de esta investigación se consideró como población y muestra la cantidad de 16 puentes viga losa que se encuentran construidos en la región de Tacna y que representan el 100%, el criterio que se tomó para la elección de estos puentes fue que todos ellos tienen como material predominante el concreto armado en sus elementos tanto en la subestructura como superestructura y se encuentran dentro de la red vial regional.

Respecto a la propuesta de gestión de evaluación planteada, esta tiene la principal importancia de sistematizar la información de una forma estandarizada y rápida, que le dé la posibilidad a la entidad de reaccionar velozmente con acciones correctivas o preventivas según el resultado encontrado. Este método partió de un primer análisis de levantamiento de información de campo de los 16 puentes viga losa de concreto armado que se encuentran distribuidos en la región de Tacna, en el cual se tomó nota de todas las posibles causas de patologías y cantidad de tramos, para posteriormente materializar el trabajo mediante un flujograma de procesos (Figura 2).

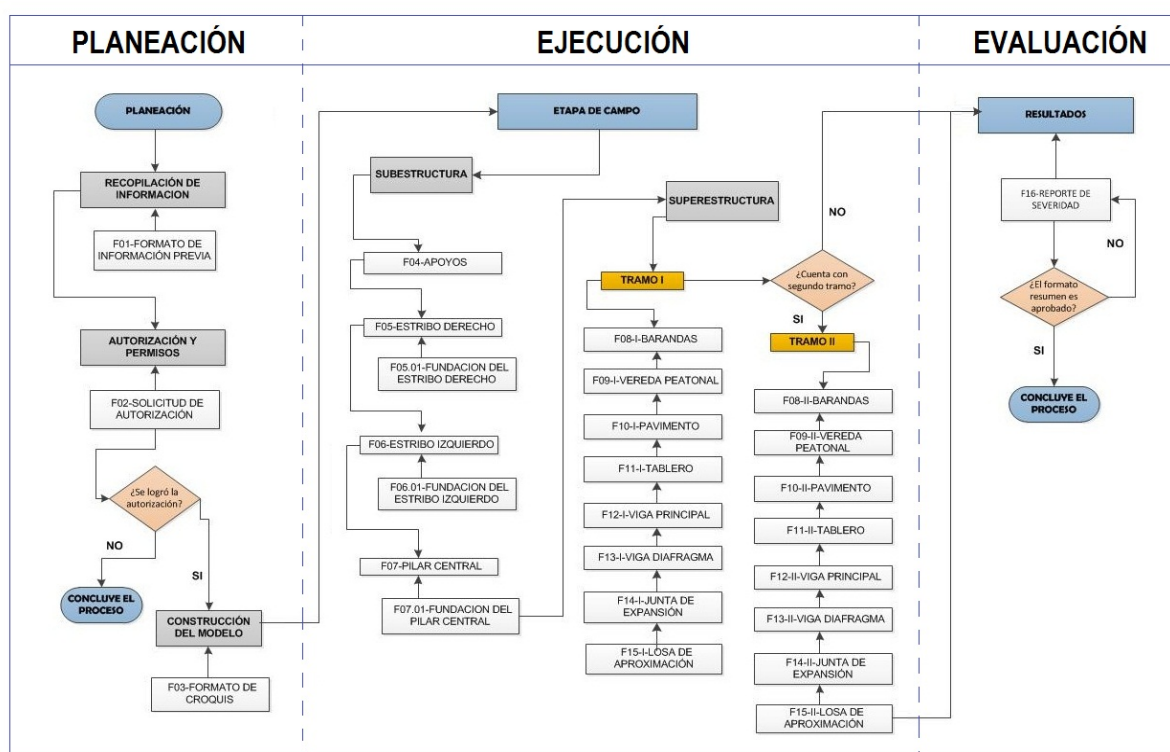


Figura 02: Flujograma de procesos de la propuesta de gestión para evaluar las patologías

Este modelo cuenta con tres grupos de procesos; planeación, ejecución y evaluación, los cuales se procede a detallar:

**La etapa de planeación** comprende los siguientes aspectos: En una primera instancia tenemos el proceso de “Recopilación de información”; Posteriormente la gestión de “Autorizaciones y

permisos” correspondientes a la entidad a la cual le pertenece el puente tipo viga losa a evaluar; Culminando con la etapa de “Construcción del modelo” en el cual se ha de idealizar la estructura con las características necesarias para el despliegue de los formatos correspondientes a la segunda etapa.

**La etapa de ejecución (campo)** corresponde a las actividades de evaluación de las partes de los puentes tipo viga losa, las cuales fueron agrupadas en dos bloques, las que corresponden a la subestructura y las que pertenecen a la superestructura.

**La etapa de evaluación;** culminada la evaluación de la subestructura y la superestructura del puente de tipo viga losa, seleccionado para el proceso de aplicación de los formatos elaborados, se procede a la consolidación de la información dependiendo del tipo de patología encontrada y el porcentaje de incidencia de patologías en los elementos estructurales.

El planteamiento del presente trabajo trae como impacto esperado de la metodología propuesta los siguientes aspectos:

- Desarrollar un modelo de gestión de evaluación de patologías de puentes de concreto armado ante desastres ocasionados por cambios climáticos
- Generar formatos con los cuales los responsables de la evaluación puedan ejecutar y realizar las acciones correspondientes al levantamiento de la información.
- Reducir el tiempo y uniformizar criterios para la ejecución del levantamiento de información del proceso de evaluación de las patologías que se presenta en los elementos de concreto en puentes vehiculares.
- Generar un ambiente optimista para diseñar un modelo de evaluación que simplificará acciones y estandarizará procesos, eliminando problemas de diversos criterios utilizados por los ingenieros, que conlleven a una mala ejecución y posteriores resultados inexactos.

## RESULTADOS

### **Respecto a la determinación de las patologías en los elementos estructurales de puentes de concreto armado en el departamento de Tacna.**

Se ha evaluado los 16 puentes de concreto armado que se encuentran en la región de Tacna, determinando que las siguientes patologías son las más recurrentes, por lo que fueron considerados en los formatos del modelo de gestión de evaluación desarrollado:

- Patologías mecánicas (desprendimiento, impactos, vibraciones excesivas, erosión por cavitación, socavación, fisuras, grietas, fracturas, erosión por abrasión, daños en juntas, asentamiento, pulimento).
- Patologías mecánicas (lixiviación, carbonatación, efluorescencia, oxidación, corrosión, humedad, colonización).

Asimismo, sobre los elementos a evaluar en los puentes de concreto armado se encontró los siguientes:

- Se encontró puentes de un tramo y de dos tramos.

- Se encontró los siguientes elementos; apoyos, estribos, fundación de los estribos, pilares, barandas, vereda peatonal, pavimento, tablero, viga principal, viga diafragma y junta de expansión.

**Respecto al diseño de procedimientos y formatos estandarizados para el análisis de patologías en los elementos estructurales de puentes de concreto armado, en el departamento de Tacna.**

Se diseñó la cantidad de 17 formatos que forman parte del modelo de gestión de evaluación de puentes de concreto armado, el cual puede utilizarse ante los daños que se ocasionan por efectos de las precipitaciones pluviales en ciertas épocas del año a causa de cambios climáticos, estos se proceden a describir:

- Formato 1: Información previa del puente.
- Formato 2: Solicitud de autorización.
- Formato 3: Croquis del puente.
- Formato 4: Evaluación de los apoyos.
- Formato 5: Evaluación del estribo derecho
- Formato 6: Evaluación del estribo izquierdo.
- Formato 7: Evaluación del pilar central.
- Formato 8: Evaluación de barandas primer y segundo tramo.
- Formato 9: Evaluación de vereda peatonal primer y segundo tramo.
- Formato 10: Evaluación de pavimento primer y segundo tramo.
- Formato 11: Evaluación del tablero primer y segundo tramo.
- Formato 12: Evaluación de la viga principal primer y segundo tramo.
- Formato 13: Evaluación de la viga diafragma primer y segundo tramo.
- Formato 14: Evaluación de la junta de expansión primer y segundo tramo.
- Formato 15: Evaluación de la losa de aproximación primer y segundo tramo.
- Formato 16: Resumen de tipos de patologías y áreas afectadas del puente.
- Formato 17: Reporte final de evaluación de patologías.

**Respecto a la implementación de la propuesta de modelo de evaluación para analizar los puentes de concreto armado en caso de desastres por cambios climáticos en el departamento de Tacna.**

Se ha desarrollado el caso de aplicación de la metodología de gestión de evaluación en el puente vehicular ubicado en Cerro blanco, el cual se encuentra ubicado en el distrito de Calana, provincia y región de Tacna.

Este caso tiene su razón de ser, debido a que producto de los cambios climáticos, se ha presentado durante los meses de enero a marzo del 2018 y 2019, gran cantidad de precipitaciones pluviales, lo que generó máximas avenidas en el caudal del río, y este a su vez, ha producido daños en los elementos de concreto armado del puente en mención.

De la aplicación del formato N°01, recopilación de información, se ha determinado que el puente está conformado por un tramo único, el mismo que presente los siguientes elementos en su subestructura; apoyos, estribos derecho e izquierdo. Asimismo, en la superestructura cuenta con los siguientes elementos; barandas, vereda peatonal, pavimento, tablero, viga principal, viga diafragma, juntas de expansión y losa de aproximación. Seguidamente se aprecia la vista panorámica del puente materia de la aplicación de la metodología de gestión de evaluación de las patologías.



*Figura 3:* Vista frontal del puente Calana, material del presente caso aplicativo.

De la aplicación de los formatos de apoyos, se observó la presencia de apoyos derechos con un índice de severidad de 5 (pésimo), de similar forma que el apoyo izquierdo, con el mismo valor de nivel de severidad de la muestra.

Respecto a los estribos derecho e izquierdo, estos presentaron un índice de severidad de 2 (regular), siendo las grietas, fisuras, erosión por cavitación, lixiviación, socavación y humedad las patologías más predominantes. Asimismo, las barandas presentaron un nivel de severidad de 3 (malo), las cuales se caracterizan por la presencia de desprendimiento, impactos, fisuras, corrosión del concreto y erosión por abrasión. Ahora bien, lo correspondiente a la evaluación de la vereda, se ha determinado un índice de severidad de 5 (pésimo).

Por otra parte, en el pavimento se determinó un nivel de severidad de 2 (regular), caracterizado por la presencia de grietas, fisuras, impactos y erosión por abrasión. Lo referente al tablero del puente su nivel de severidad encontrada fue de 3 (malo), con un 42,10% del elemento en mal estado de conservación. La viga principal, presente un nivel de severidad de 2 (regular), caracterizado por la presencia de grietas, fisuras, eflorescencia, desprendimiento y corrosión del concreto, con un 53.05% del elemento afectado; por su parte la viga diafragma cuentan con el 51,20% del elemento en mal estado de conservación, con un nivel de severidad de 2 (regular).

En lo referente a las juntas de expansión, se ha evidenciado el nivel de severidad de 2 (regular), con un porcentaje de área afectada de 60.11 %, caracterizado por la presencia de grietas, fisuras, impactos, y erosión por abrasión.

Por su parte la losa de aproximación luego de la aplicación de los formatos diseñados, ha arrojado un nivel de severidad de 3 (malo); lo que se evidencia claramente cuando se aprecian fisuras, grietas y erosión por abrasión como sus patologías más representativas.



Para concluir la evaluación, se ha evidenciado que las patologías más predominantes, luego de la evaluación del puente son humedad con un 18,21%, erosión por abrasión con un 19,17%, grietas con un 15.36% y eflorescencia con un 13.23 %, y que en todos los elementos analizados el porcentaje de daño supera el 50%, siendo el elemento que en peor estado de conservación se encuentra las barandas.

## DISCUSIÓN

### **De la identificación de patologías y elementos de puentes en la región Tacna:**

Se logró identificar una cantidad de 19 patologías que se presentan de forma recurrente en los elementos de concreto armado en los 16 puentes existentes en la región de Tacna, los cuales fueron clasificados en patologías mecánicas y químicas.

Asimismo, se ha evidencia, que los puentes en la región de Tacna tienen entre uno y dos tramos, presentando 11 elementos para ser considerado en la propuesta de modelo de evaluación.

### **De la metodología propuesta:**

Se desarrolló eficientemente un modelo de gestión de evaluación de patologías de puentes de concreto armado ante desastres por cambios climáticos, en el departamento de Tacna; acorde a la normativa vigente sobre la inspección de puentes.

La metodología guía el desarrollo para una adecuada evaluación de elementos estructurales de los puentes de concreto, de tal manera que se despeja las dudas existentes de los diversos profesionales afines que desarrollen este tipo de trabajos.

Se generaron formatos estandarizados, uniformizando el criterio técnico de los profesionales para la evaluación de patologías en puentes de tipo viga losa, lo que será de vital importancia en el momento que se requiera realizar alguna evaluación masiva, ya que los resultados serán estandarizados posibles de comprar por su igual desarrollo.

Se logró reducir el tiempo para la evaluación de patologías de elementos estructurales de concreto armado ante desastres por cambios climáticos, como la recurrente presencia entre los años 2018 y 2019 de grandes precipitaciones pluviales.

### **De la aplicación del caso práctico:**

Se desarrolló de una manera ordenada y simple la evaluación de patologías en el puente seleccionado (Puente Cerro Blanca, en Calana), desde la etapa de planeación, pasando por el trabajo de campo y culminando con la presentación de los resultados, siguiendo la cronología de formatos, obteniendo como resultado que más del 50% de los elementos evaluados presenta patologías, siendo el nivel promedio de severidad de 3 (MALO), asimismo las patologías que más se presentan son; fisuras (18.21%), grietas (15.36%), erosión por abrasión (19.17%) y eflorescencia (13.13%), donde se resalta lo siguiente:

El formato de información previa, permitió una rápida elección de los elementos a evaluar, por lo que mediante este se seleccionó los formatos necesarios para el procedimiento de campo y culminar con el entregable final.

Los formatos para la evaluación de la subestructura, permitieron conocer el estado de conservación de los apoyos, estribos y fundaciones sobre la cual descansa la estructura del puente de tipo viga losa evaluado.

Los formatos para la evaluación de la superestructura se diseñaron para evaluar puentes que tengan un tramo y dos tramos, para el caso específico evaluado, solo se consideró un tramo a evaluar, descartando de esta manera el tramo dos.

El formato de reporte de severidad muestra de manera práctica la cuantificación de daños sobre los resultados a los cuales se concluyen luego de haber realizado la inspección del puente tipo viga losa seleccionado.

#### **De los resultados de juicio de expertos:**

*Se ha logrado* un promedio de valoración de 95%, considerado como muy bueno, a la propuesta de metodología de gestión de evaluación de las patologías del concreto armado en puentes vehiculares de tipo viga – losa en la región de Tacna.

## **CONCLUSIONES**

Se logró desarrollar un modelo de gestión de evaluación, la cual permite examinar las patologías del concreto armado en puentes vehiculares, en el departamento de Tacna, de una manera más práctica y efectiva.

Por medio de una visita de recopilación de información se logró identificar las patologías del concreto armado y los elementos estructurales que presentan los puentes vehiculares de tipo viga – losa en la región de Tacna, de tal forma que permitió tener un mejor criterio para el desarrollo de la metodología.

Se diseñó los procedimientos y formatología en base a los procesos previamente definidos en la etapa de recopilación de información, necesarios para analizar las patologías de los puentes en el caso de ocurrencia de desastres a causa de cambios climáticos.

Se implementó la metodología de gestión de evaluación, en el puente Cerro Blanco en el distrito de Calana de la provincia de Tacna, el mismo que durante la época de máximas avenidas de inicios del año 2019, presentó daños en los elementos de concreto armado, ante lo cual la presente metodología evaluó de una manera eficiente a la estructura, brindando resultados accesibles y comprensibles, en un corto tiempo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] J. P. Boulanger Neira, «Determinación y evaluación de patologías en el puente Debora norte, ubicado en la progresiva km 66+282 de la carretera pe - 01n, distrito de Pariñas, provincia de Talara, departamento de Piura, Mayo 2018.», Tesis para optar título profesional, Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Chimbote, Perú., 2018.
- [2] J. M. García Giraldo, J. Ospina Giraldo, y E. A. Graciano Gómez, «La infraestructura de puentes en las vías secundarias del departamento de Antioquía», *Rev. EIA*, N.º 22, pp. 119-131, dic. 2014, Accedido: ago. 29, 2020. [En línea]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1794-12372014000200010&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1794-12372014000200010&lng=en&nrm=iso&tlng=es).

- [3] D. De León y J. C. Honorato, «Tiempo estimado para mantenimiento de un puente de concreto reforzado expuesto a corrosión en el Valle de Toluca aplicando criterios probabilistas», *Concreto Cem. Investig. Desarro.*, vol. 6, n.º 2, pp. 80-96, jun. 2015, Accedido: ago. 29, 2020. [En línea]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-30112015000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-30112015000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es).
- [4] A. H. Bardales Salazar, «Conservación de puentes de piedra en el Perú: criterios para su intervención estructural», Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú., 2014.
- [5] C. A. Lopez Huaman y R. M. Lopez Huaman, «Determinación y evaluación de las patologías en el concreto de pavimentos rígidos, Distrito San Juan Bautista Provincia de Huamanga - Ayacucho», Tesis, Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú, 2014.
- [6] E. S. Del Carpio Alarcón, «Metodología de Gestión para Mejorar la Eficiencia del Mantenimiento en los Institutos de Educación Superior Tecnológica Pública de la Región Moquegua, 2016», Tesis, Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú, 2017.
- [7] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, y P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, Sexta edición. México, D.F.: McGraw-Hill Education, 2014.
- [8] R. Campo Arranz, M. del C. Domínguez, y V. R. Raya, *Gestión de Proyectos*. Bogotá: Ediciones de la U, 2013.
- [9] A. J. Apaza Vizcarra, «Aplicación de metodología BIM para mejorar la gestión de proyectos de edificaciones en Tacna», Tesis, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú, 2015.
- [10] A. P. Piedrahita, «Patologías por acciones Biológicas. En revista Noticreto de la Asociación Colombiana de Productores de Concreto», *Colombia*, n.º 70, pp. 42-50, 2004.