

## Evaluación del riesgo de falla en infraestructuras existentes aplicando la metodología AMEF

Pablo Benítez<sup>a</sup>; Antonella Espinoza<sup>b</sup>; Andrés Díaz<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Universidad Nacional de Itapúa. Encarnación, Paraguay. [pablo.benitez@fiuni.edu.py](mailto:pablo.benitez@fiuni.edu.py)

<sup>b</sup> Universidad Nacional de Itapúa. Encarnación, Paraguay. [taniaantonella93@gmail.com](mailto:taniaantonella93@gmail.com)

<sup>c</sup> Universidad Nacional de Itapúa. Encarnación, Paraguay. [diaz.andress@gmail.com](mailto:diaz.andress@gmail.com)

---

### Resumen

En Paraguay se destina una parte considerable del presupuesto nacional al mantenimiento y reparación de los edificios públicos. La falta de una planificación adecuada de las tareas de inspección y la aplicación del mantenimiento correctivo en lugar del mantenimiento preventivo propicia una inadecuada gestión del estado de conservación de las infraestructuras. El Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) ha sido ampliamente difundido en diferentes áreas de la ciencia como una herramienta para la gestión de riesgos asociados a procesos, sistemas, diseños y servicios de una organización. Este método permite evaluar y clasificar de manera objetiva los efectos, causas y elementos de identificación para evitar la ocurrencia de una falla y tener un método documentado de prevención. En este proyecto se desarrolla una metodología de inspección basada en el AMEF que permite tomar la decisión adecuada y oportuna para establecer las tareas de mantenimiento de los edificios públicos. Por lo tanto, este método permite finalmente obtener un índice de prioridad de riesgo de falla para la estructura evaluada. La aplicación de este método aporta un conocimiento práctico para el análisis del nivel de daño ya que permite obtener, a través de índices cuantitativos de degradación, una escala de prioridad de intervención. De esta manera, se lograría contribuir al uso optimizado y eficiente de los recursos del estado destinados al mantenimiento de instituciones públicas.

Palabras clave: AMEF, degradación, mantenimiento, edificios, fallas.

---

### Abstract

In Paraguay, a considerable part of the national budget is allocated to the maintenance and repair of public buildings. The lack of adequate planning of inspection tasks and the application of corrective maintenance instead of preventive maintenance leads to inadequate management of the state of conservation of the infrastructure. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) has been widely disseminated in different areas of science as a tool for managing risks associated with processes, systems, designs, and services of an organization. This method allows you to objectively evaluate and classify the effects, causes and identification elements to avoid the occurrence of a failure and have a documented prevention method. In this project, an inspection methodology based on FMEA is developed that allows making the appropriate and timely decision to establish maintenance tasks for public buildings. Therefore, this method finally allows obtaining a failure risk priority index for the

evaluated structure. The application of this method provides practical knowledge for the analysis of the level of damage since it allows obtaining, through quantitative degradation indices, a priority scale for intervention. In this way, it is possible to contribute to the optimized and efficient use of state resources destined for the maintenance of public institutions.

Keywords: FMEA, degradation, maintenance, buildings, failures.

### **Introducción**

En nuestro país, la gestión de la vida útil de las infraestructuras se realiza sin una política de mantenimiento integral que permita optimizar los recursos y la durabilidad de éstas. En la mayoría de los casos, los mantenimientos se realizan de forma correctiva, es decir cuando se presentan fallas o el deterioro de la edificación es avanzado, haciendo que el costo de reparación sea elevado o causando pérdidas más graves a la infraestructura y a la integridad de sus ocupantes.

Es importante realizar inspecciones en las edificaciones para tener un control sobre las mismas, identificar las causas o efectos de fallas de las estructuras y de esta manera intervenir a tiempo y evitar que las fallas reincidan. Las edificaciones son construidas para que duren por cierto tiempo, pero si las tareas de control y mantenimiento no son desarrolladas de forma correcta, la vida útil del edificio se puede acortar considerablemente, deteriorándose en el tiempo. Además, por medio de la prevención de forma continua, las intervenciones pueden disminuir notablemente el costo.

En este contexto, la eliminación de las fallas potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, representa ahorros de los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo empleado en el tratamiento de la falla. El beneficio a largo plazo es mucho más difícil de medir puesto que

relaciona la satisfacción del cliente con el producto y sus percepciones de la calidad [1]. Una metodología de inspección visual basada en el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) busca obtener el nivel de degradación de la edificación lo cual permite conocer el momento en el cual intervenir, así como también identificar las causas y efectos de las anomalías detectadas para evitar que reincidan en la edificación.

Esta metodología ha sido aplicada y evaluada en diferentes campos de la ciencia y lo que se pretende con esta investigación es evaluar la capacidad del método AMEF para la toma de decisiones respecto a la intervención de las edificaciones.

### **Objetivos**

Este trabajo fue realizado con el objetivo principal de adecuar la aplicación del Análisis del Modo y Efecto de Fallas como metodología de inspección visual para determinar el nivel de daño de una edificación.

Dentro de las actividades comprendidas en la investigación, utilizando el AMEF, se busca desarrollar un esquema de inspección visual; identificar las anomalías, causas y efectos más frecuentes, aplicar la metodología a un caso de estudio, y determinar el nivel de daño en la edificación.

## Materiales y Métodos

El AMEF, es un ciclo metódico para la identificación de posibles modos de fallas de un producto, sistema o un proceso para eliminarlos o minimizar los riesgos asociados a ellos [6]. Con la utilización de este método se puede determinar el modo de falla y el impacto correspondiente que éstas provocan en el producto analizando cualitativamente, pudiéndose relacionar con un método de cuantificación, de modo a medir el riesgo de dicho impacto, por lo que se deben definir objetivamente los atributos cuantificables correspondientes.



Fig. 1. Estructura para la aplicación del AMEF.

De esta forma, este método puede ser utilizado para respaldar la toma de decisiones relacionadas con la prioridad de intervención en la edificación y para ayudar en el diagnóstico y planificación de inspecciones en la infraestructura.

La metodología aplicada en este trabajo está basada en el AMEF de producto y su estructura puede observarse en la Fig. 1. Es una investigación cualitativa ya que se realiza el análisis de la bibliografía existente sobre el tema estudiado y se acude al enfoque cuantitativo para valorar a través de una escala numérica el nivel de degradación de los elementos componentes de una edificación. Por lo tanto, el

enfoque metodológico es mixto cuali-cuantitativo, y se evalúan las anomalías presentes en la edificación a través de un caso de estudio. Esta evaluación se realiza en cinco etapas, las cuales se describen a continuación.

### **Etapa I: Estructuración**

Primeramente, se elabora una tabla de inspección basado en el AMEF en el cual se indica el elemento a analizar, la función de dicho elemento, el modo de falla, las causas y los efectos directos e indirectos de estas fallas. Este cuadro es elaborado en base a un exhaustivo análisis de la bibliografía y de los mecanismos de falla de los elementos.

### **Etapa II: Inspección visual de los elementos a analizar**

Esta etapa comprende el relevamiento de todos los datos posibles de la infraestructura a inspeccionar de modo a poder realizar un análisis fundamentado de las condiciones, causas y efectos de los elementos inspeccionados de la edificación. Estos elementos son inspeccionados de manera visual, se describen las funciones de cada uno y se realiza un análisis refiriendo si cumplen o no la función deseada para documentar los posibles modos de fallas en la matriz de observación basada en el AMEF, y que fue elaborada en la etapa anterior.

Un modo de falla potencial se considera como la forma en que un producto o elemento puede no ser capaz de lograr o entregar la funcionalidad requerida. Son las condiciones que se presentan como desgaste, rotura, desprendimiento, fisura, erosión, entre otros; es decir, lo que hace que el producto no realice la función deseada. Para determinar los modos de falla existentes se debe analizar el cumplimiento de la función de cada elemento. Los modos de falla considerados fueron: no funciona,

funcionamiento parcial, funcionamiento intermitente y funcionamiento no deseado. De esta forma, las causas refieren en este caso a los motivos por los cuales se producen los modos de falla, mientras que los efectos son aquellos que se observan al presentarse un modo de falla.

### ***Etapas III: Identificación de las causas de los modos de falla y los efectos directos e indirectos***

Después de haber inspeccionado la edificación, se procede en esta etapa a realizar la documentación de las causas y los efectos de los modos de falla en la matriz de observación de manera cualitativa. Esta identificación permite entonces poder determinar los elementos constructivos que están más comprometidos desde el punto de vista de la degradación para que de esta manera sea posible establecer un plan de intervención que garantice un mantenimiento optimizado en la infraestructura.

Una vez que son identificados los modos de fallas y los efectos que estos producen en el desempeño de la infraestructura, es posible entonces contar con los elementos necesarios para un apropiado análisis del riesgo de falla.

### ***Etapas IV: Análisis de riesgo de los modos de falla, sus causas y efectos***

Dentro del proceso de aplicación del método AMEF, esta etapa es la más importante ya que evalúa la criticidad del daño en los elementos en base al cual se estima consecuentemente el nivel de daño en la edificación. Es decir, esta etapa comprende la cuantificación de la gravedad de las anomalías y la evaluación de éstas según un rango establecido. Lo que se establece entonces en esta etapa es la determinación del modo y efecto de la falla, su severidad, la probabilidad de ocurrencia a lo

largo de su vida útil, la probabilidad de que el daño sea detectado durante las intervenciones y, por último, la obtención de un índice de prioridad de riesgo.

La principal limitación para la aplicación del AMEF es la no integración de una escala cuantificable, lo cual es fundamental para conocer el nivel de daño del producto. Por ello, es empleado el método de análisis de riesgo con el cual se pretende clasificar los escenarios de degradación a través de una escala de gravedad de la falla que permite la identificación de situaciones de falla más críticas. De esta forma, el nivel de daño de cada elemento se determina en función del Índice de Prioridad de Riesgo (IPR), el cual se obtiene mediante el producto entre la probabilidad de ocurrencia (P) de la falla, la severidad (S), y la probabilidad de detección (D) de los modos de falla. Toda esta información debe ser contenida dentro de una tabla para formar la matriz de observación basada en el AMEF [7].

La probabilidad de ocurrencia (P) se evalúa considerando la frecuencia con la que aparecen las fallas en el elemento y la probabilidad de que suceda o no la falla considerada [2]. La escala de valoración de la probabilidad de ocurrencia es establecida según la Tabla 1 cuyo rango va del 1 (uno) al 10 (diez).

Por otro lado, la severidad indica la gravedad de la falla en el elemento una vez determinada las lesiones identificadas en la edificación. Este procedimiento tiende a ser subjetivo y depende del profesional que realiza la clasificación del daño. Con el propósito de establecer el nivel de severidad de los modos de falla identificados en los elementos, se aplica una escala de valoración [7], indicada en la Tabla 2.

Tabla 1. Escala de valoración de la probabilidad de ocurrencia [7].

No es probable que ocurra la falla	1
Muy poco probable que la falla ocurra	2
Poco probable que la falla ocurra	3
Baja probabilidad de falla	4
Media probabilidad de falla	5
Moderada probabilidad de falla	6
Considerable probabilidad de falla	7
Alta probabilidad de falla	8
Muy alta probabilidad de falla	9
Elevada probabilidad de falla	10

Tabla 2. Escala de severidad de la falla.

Ningún efecto en el elemento	1
Bajo efecto en el elemento, sin ningún efecto en su función	2-3
Riesgo moderado de falla en la función y uso del elemento	4-6
Alto riesgo de falla en la función y uso del elemento	7-9
Falla que puede afectar la seguridad de las personas	10

Para la probabilidad de detección se procede de una manera similar a los criterios anteriores. La escala para la determinación de la probabilidad de detección de fallas está indicada en la Tabla 3, cuyo rango va desde 1 (uno) hasta 10 (diez) [6]. Cabe mencionar que para la utilización de esta tabla en la clasificación de la probabilidad de detección es imprescindible la experiencia del técnico, ya que es un valor que depende por un lado del potencial del equipamiento para detectar el daño como así también del nivel de daño de la estructura al momento de la inspección. Este proceso se hace aún más crítico si el procedimiento de detección del daño depende de la calidad de la inspección visual realizada durante la intervención.

Tabla 3. Escala de valoración de Probabilidad de Detección de la Falla [2].

Probabilidad de detección $P \geq 99.99\%$	1
Probabilidad de detección $90\% \leq P < 99.99\%$	2
Probabilidad de detección $80\% \leq P < 90\%$	3
Probabilidad de detección $70\% \leq P < 80\%$	4
Probabilidad de detección $60\% \leq P < 70\%$	5
Probabilidad de detección $50\% \leq P < 60\%$	6
Probabilidad de detección $40\% \leq P < 50\%$	7
Probabilidad de detección $30\% \leq P < 40\%$	8
Probabilidad de detección $10\% \leq P < 30\%$	9
Probabilidad de detección $P < 10\%$	10

#### ***Etapa V: Determinación del nivel de daño en la edificación***

Como se mencionó anteriormente, el nivel de daño en la edificación se obtiene en base al índice de prioridad de riesgo (IPR). Este índice se determina a su vez en función de la severidad, la ocurrencia y la detección de la falla. De esta forma, el resultado obtenido permite determinar el nivel de daño en cada elemento de la edificación, el cual es categorizado según los criterios de la Tabla 4 [7]. Por lo tanto, una vez obtenido el IPR es posible determinar la urgencia de la intervención de cada elemento inspeccionado. No obstante, es importante resaltar que este valor se obtiene promediando el nivel del daño, por lo que la dispersión en los valores debe ser tenido en cuenta al momento de la toma de decisiones respecto a la urgencia de la intervención.

Tabla 4. Nivel de daño y grado de urgencia de intervención.

Valor de IPR	Nivel de Daño	Grado de urgencia de la intervención
$IPR \geq 200$	<i>Muy elevado</i>	Requiere acción inmediata para eliminar las causas
$100 \leq IPR < 200$	<i>Elevado</i>	Se deben tomar medidas urgentes para eliminar las causas
$40 \leq IPR < 100$	<i>Moderado</i>	Se deben tomar medidas lo antes posible para disminuir la probabilidad de una degradación mayor
$IPR < 40$	<i>Bajo</i>	Se deben tomar medidas de mejora sin urgencia

## Resultados

Una vez estructurada la metodología de evaluación de la infraestructura, ésta fue aplicada a una institución educativa ubicada en la ciudad de Encarnación. El inmueble fue construido aproximadamente en el año 1949 y cuenta con un área construida de aproximadamente 1032,76 m<sup>2</sup>. De esta infraestructura se tomaron como caso de estudio dos pabellones, identificados en este trabajo como pabellón 1 y pabellón 2.

La cimentación de la infraestructura está constituida por piedra bruta colocada (PBC) y mampostería de nivelación, sobre la cual se elevan los cerramientos con ladrillo cerámico de 15 cm de espesor, revocado y pintado. El pavimento está conformado con pisos de baldosas de 20x20 cm y la cubierta de tejas cerámicas del tipo colonial y tejuelitas sobre una estructura de madera. En el corredor de los pabellones la cubierta está realizada con tejas

francesas y tejuelitas sobre estructura de madera. A continuación, se describen brevemente los principales modos de falla detectados en los elementos estudiados.

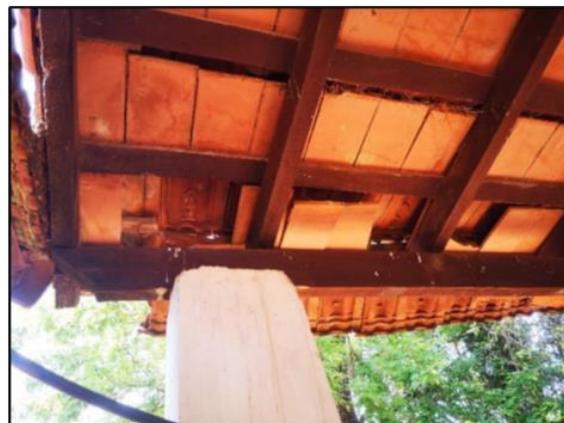


Fig. 2. Lesiones en el Pabellón 1.

Para la mampostería, se ha detectado principalmente fisuras y eflorescencias causadas por la humedad por capilaridad, humedad por absorción, la mala ejecución en el cerramiento del vano, dilataciones y contracciones por efecto térmico en las uniones con la cubierta, como así también en otras uniones constructivas mal resueltas. Esta falla propicia el desprendimiento del material, la filtración de agua, deterioro por manchas y moho.

En lo que respecta a la cubierta, se ha evidenciado principalmente el deslizamiento de los materiales cerámicos, eflorescencias, roturas de material y separación de la canaleta. Estas fallas fueron causadas probablemente por la falta de mantenimiento, la humedad por filtración y la sobrecarga de impacto sobre estos elementos. Estos daños y fallas en la cubierta propician el ingreso de humedad, goteras, pérdida de la estanqueidad y aceleración en la degradación superficial de otros elementos.



Fig. 3. Lesiones en el Pabellón 2.

Por otro lado, en el pavimento se ha detectado prioritariamente el levantamiento, desprendimiento, rotura y deterioro del elemento. Estas fallas fueron causadas, probablemente, por un defecto constructivo en la elaboración del contrapiso, evidenciando una mala compactación del suelo. También las erosiones mecánicas y la falta de calidad del mortero de asiento podrían haber causado estas fallas en los pavimentos. Los daños por agentes climáticos también son causa frecuente de las fallas, principalmente en aquellos elementos expuestos a la intemperie. Estas fallas producen un efecto directo en la aparición de microorganismos y vegetación en los pavimentos, la rotura de los pisos, problemas estéticos y las filtraciones de humedad proveniente del terreno.

Después de haber identificado los principales modos de falla, sus causas y efectos en los elementos principales de la edificación, se realizó una clasificación de estas fallas según su origen principal. Es decir, se determinó después de la revisión de los documentos disponibles si estas fallas eran originadas por errores del proyecto, por errores constructivos, o bien, por falta de mantenimiento.

En la Figura 4 puede observarse que en la

cubierta y las columnas ubicadas en el corredor del pabellón 1 la falta de mantenimiento fue la principal falla observada. Por otro lado, en los cerramientos y pavimentos, el origen principal de las fallas fue un error en el proceso constructivo, es decir, una mala compactación del terreno, mala elaboración del contrapiso, o la mala ejecución del aparejo de la mampostería. Estas consideraciones reflejan lo que señala la mayoría de las referencias bibliográficas, donde se menciona la falta de control de calidad al momento de la elaboración de los proyectos.

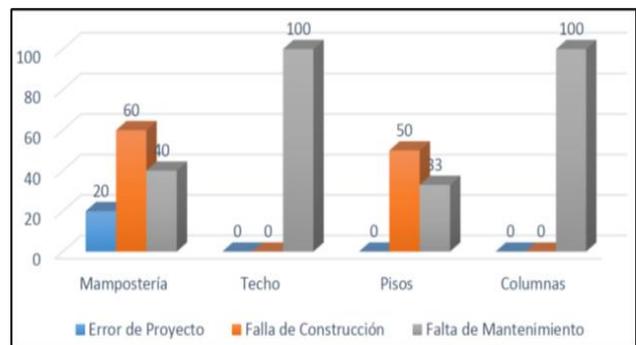


Fig. 4. Incidencia de las fallas según su origen en el pabellón 1.

Por otro lado, en el pabellón 2 se pudo detectar el mismo patrón que en pabellón 1 respecto al origen de las fallas en las cubiertas y columnas del corredor, según se muestra en la Figura 5. La falta de mantenimiento ha propiciado una falla acelerada en los elementos estudiados poniendo incluso en riesgo la seguridad de sus ocupantes. Además, en este pabellón no se observó una incidencia del proyecto en la manifestación de las fallas, siendo más influyentes los errores de construcción y la falta de mantenimiento.

Durante la fase de uso de un edificio, es más difícil determinar la probabilidad de ocurrencia de una falla en particular ya que pueden ser múltiples las causas. De esta forma, es más confiable determinar la probabilidad de

ocurrencia de la falla en función a la probabilidad de que ocurran los efectos de un modo de falla dado según la escala establecida en la sección Materiales y Métodos. Por lo tanto, el análisis del riesgo de los modos de falla ha sido realizado para cada uno de los elementos evaluados previamente, es decir, cerramientos, cubierta, pavimentos y las columnas que conforman la estructura portante de la cubierta del corredor.

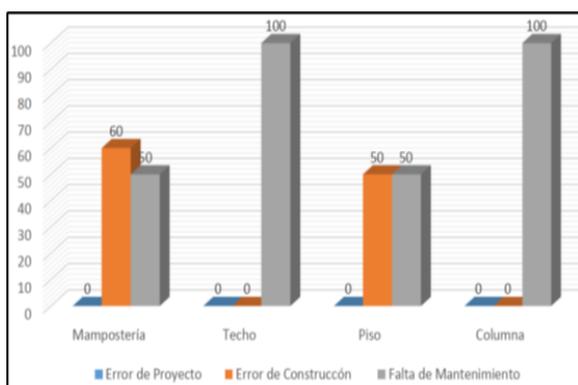


Fig. 5. Incidencia de las fallas según su origen en el pabellón 2.

A continuación, se muestra en la Tabla 5 un resumen de los valores obtenidos.

Tabla 5. IPR promedio para cada uno de los elementos de ambos pabellones.

Elemento	IPR Promedio	
	Pabellón 1	Pabellón 2
Mampostería	54	126
Cubierta	80,5	200
Pavimento	72	79
Columnas	48	54

En términos generales, se ha encontrado que el pabellón 2 presentaba una mayor criticidad desde el punto de vista de los daños observados durante la intervención. El elemento más comprometido ha sido la cubierta, donde se requiere una acción inmediata para eliminar las

causas de las fallas en estos elementos. El mismo elemento ha sido el más comprometido en el pabellón 1, sin embargo, en este sector las medidas necesarias para evitar una degradación mayor son urgentes, pero no inmediatas.

Finalmente, con los datos obtenidos para cada elemento es posible determinar el nivel de daño general de la edificación y el grado de urgencia para la toma de medidas que permitan recuperar la funcionalidad original de la edificación. El resultado obtenido después de realizar esta evaluación puede verse resumido en la Tabla 6. De esta manera es posible, cuantitativamente, establecer un orden de prioridad de intervención, en este caso resultó que el pabellón 2 requiere intervención urgente.

Tabla 6. Nivel de daño global para cada uno de los pabellones.

Pabellón N°	IPR Prom.	Nivel de daño	Grado de urgencia de intervención
1	$40 \leq IPR < 100$	Moderado	Tomar medidas lo antes posible para disminuir la probabilidad de una degradación mayor
2	$100 \leq IPR < 200$	Elevado	Se deben tomar medidas urgentes para eliminar las causas

Esta escala de valoración constituye entonces un instrumento de trabajo fundamental para caracterizar el nivel de degradación de los

elementos constructivos. A su vez, esta caracterización permite una toma de decisiones optimizada, la que posibilita preservar no solo la durabilidad de la infraestructura, sino también que los recursos sean utilizados de manera eficiente.

### **Conclusiones**

La metodología de evaluación basada en el AMEF puede resultar muy útil aplicada tanto desde el inicio de una obra o en la etapa de uso del edificio. Se trata de un análisis sistemático donde se documentan las fallas más frecuentes para poder determinar las causas de manera más precisa y eliminarlas con el fin de mejorar la calidad y durabilidad de las obras. En este trabajo se ha observado que gran parte de las anomalías encontradas con la aplicación del AMEF, en un caso de estudio, se deben a la falta de mantenimiento. Este aspecto es de consideración atendiendo que es de suma importancia abordar las obras de reparación desde el mantenimiento preventivo, ya que disminuyen los costos y los riesgos de falla.

La aplicación de esta metodología puede además resultar muy útil en la caracterización del nivel de daño en una edificación ya que se aplica una valoración graduada que permite priorizar la intervención. Esta cualidad es muy útil en el caso del mantenimiento de infraestructuras públicas donde el presupuesto destinado a las intervenciones suele ser limitado. Se concluye entonces que este método permite conocer el estado de conservación y el grado de urgencia de intervención en la edificación de manera clara, pudiendo resultar muy útil como instrumento de inspección periódica.

En relación con las debilidades de la metodología propuesta, debe señalarse que la

correcta utilización e interpretación de los resultados depende en gran medida de la experiencia del profesional encargado de la tarea de inspección. Es importante que el criterio técnico utilizado para determinar la probabilidad de ocurrencia, la severidad y la detección de la falla esté fundamentado en el parecer de un profesional de experiencia. Por otro lado, se recomienda que para la obtención del Índice de Prioridad de Riesgo de una edificación se obtenga un valor promedio a través de un método de agregación que proporcione un valor global basado en un análisis multicriterio. Este valor global debería contemplar el criterio de decisión, la evaluación de cada ítem con relación a estos criterios y la agregación de estos valores para la clasificación del riesgo de falla de cada edificación. Esta evaluación deberá ser siempre cualitativa a través de una escala más detallada que las indicadas en esta investigación, considerando atributos secundarios.

### **Recomendaciones**

Es importante resaltar la necesidad de establecer una guía de inspección técnica para los municipios con régimen de aplicación periódica. Esta guía permitirá además la elaboración futura de un sistema informático donde pueda cargarse como base de datos las inspecciones realizadas con éste u otro método. Se podría establecer para ello un indicador por colores, como sistema de monitoreo, teniendo en cuenta el grado de urgencia de intervención y el nivel de daño de las instituciones inspeccionadas del país. De esa forma, se pueden conocer de antemano los recursos que precisan ser orientados a la preservación y conservación de infraestructuras públicas con mayor grado de urgencia en su intervención.

### Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Dirección de Investigación y Ambiente de la Universidad Nacional de Itapúa según Resolución N° 122/2021.

### Referencias

- [1] D. Hernández, *Análisis del modo y efecto de fallas potenciales aplicado a un caso de estudio*, México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México., 2005.
- [2] Á. Aguilar y L. Tandazo, *Análisis de modo de falla, efectos y criticidad (AMEFC) del sistema de inyección de un motor de encendido provocado Corsa Evolution 1.4L empleando herramientas de aprendizaje y clasificación para la programación del mantenimiento*, Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana , 2017.
- [3] A. Almaza, «Análisis modal de Fallas y Efectos - AMFE - en taludes,» *Revista de iniciación científica*, 2005.
- [4] E. Galeano y H. Perez, *Análisis de modo y efecto de falla en el proceso de extrusión*, Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.
- [5] C. Martínez, *Implementación de un analisis de modo y efecto de falla en una linea de manufactura para juguetes*, Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León, 2004.
- [6] L. Miranda, *Seis Sigma: Guía para principiantes*, México D.F.: Panorama Editorial, 2006.
- [7] F. Rodrigues, *Estado de conservacao de edificios de habitacao a custos controlados*, Aveiro: Universidad de Aveiro, 2008.