



SIMPOSIO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCIONES

Propuesta de Metodología para la Evaluación Constructiva de Edificios

Methodology Proposal for the Constructive Evaluation of Buildings

Liyen Pérez Quiñones¹, Marietta Llanes Pérez²

1- Liyen Pérez Quiñones. Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cuba. E-mail: liyenperez7@gmail.com

2- Marietta Llanes Pérez. Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Cuba. E-mail: marietta@civil.cujae.edu.cu

Resumen: El estado actual de un gran número de edificios, donde las lesiones se encuentran en la totalidad de los sistemas que lo conforman y las escasas herramientas de estimación en el área de la construcción, conllevó a la conformación de un procedimiento para la valoración de las edificaciones. Se propuso que, a partir de inspecciones realizadas a los edificios para obtener la información necesaria, se aplicaran herramientas de la confiabilidad operacional. Para ello se presentaron tres métodos que darán como resultado el nivel de criticidad de las lesiones identificadas. El estudio para determinar las causas-consecuencias de las fallas se planteó por el Diagrama de Ishikawa y para la tabla resumen de los resultados se sugirió el uso del Análisis de Modos de Fallos y Efecto de su Criticidad (FMECA), concediendo un orden a partir de los valores y niveles de criticidad obtenidos o de la valoración cualitativa de los parámetros analizados. Como últimos puntos se declararon, realizar una propuesta de intervención y las soluciones para la reparación del edificio. Estos procedimientos ofrecen la información suficiente y fundamentada para la toma de decisiones, después de la valoración exhaustiva o no de los sistemas o partes componentes de la edificación.

- **Problemática:** Escasas herramientas para la evaluación jerarquizada de edificaciones.
- **Objetivo(s):** Conformar una metodología para la evaluación general de edificios.



- **Metodología:** Se emplean métodos científicos teóricos, haciendo uso del análisis-deducción y la abstracción- concreción para la transferencia de conceptos.
- **Resultados y discusión:** Metodología para la evaluación general jerarquizada de una edificación.
- **Conclusiones:** La metodología propuesta puede ser aplicada a cualquier tipo de edificación y llegar a la evaluación detallada de cualquier elemento o sistema de la misma.

Abstract: The current state of a large number of buildings, where injuries are found in all the systems that comprise it and the few estimation tools in the construction area, led to the establishment of a procedure for the assessment of the buildings. It was proposed that, based on inspections made to the buildings to obtain the necessary information, operational reliability tools be applied. For this, three methods were presented that will result in the level of criticality of the identified lesions. The study to determine the causes-consequences of the failures was proposed by the Ishikawa Diagram and for the summary table of the results the use of the Failure Modes Analysis and Effect of Criticality (FMECA) was suggested, granting an order based on of the values and levels of criticality obtained or of the qualitative assessment of the parameters analyzed. As last points it was declared to make a proposal for intervention and solutions for the repair of the building. These procedures offer sufficient and well-founded information for decision-making, after exhaustive evaluation or not of the systems or component parts of the building.

Palabras Clave: Metodología; Deterioro; Crítico; Jerarquización; Evaluación

Keywords: Methodology; Deterioration; Critical; Hierarchization; Evaluation

1. Introducción

La aparición y evolución de deterioros en una edificación puede estar sujeta a un sinnúmero de factores, entre los que se encuentran el prolongado uso del inmueble una vez que culminó con el tiempo de vida útil de proyecto, el cambio de uso, con la posible variación de cargas para las cuales fueron diseñados, eventos meteorológicos, que no fueron tomados en cuenta en su concepción, equivocaciones cometidas, en cualquiera de



las etapas de proyecto, entre otras; pero sin dudas, los daños provocados por las causas antes mencionadas pueden ser minimizados si se lleva a cabo un adecuado mantenimiento, el cual se define como el conjunto de técnicas o tecnologías que aseguran la correcta utilización de las instalaciones y el continuo funcionamiento de un sistema para conseguir a un costo competitivo la disponibilidad del mismo. (Serpa, Ballina, & Fraga Guerra, 2009) (Concepción, García, Serpa, & Gómez, 2016)

El mantenimiento en muchas instituciones que cuentan con personal para acometer estas tareas, se resume en corregir aquellas lesiones que aparecen en la edificación, siendo en muchos casos acciones tardías que ocultan las verdaderas causas de las fallas, las que llegan a evolucionar hasta una tercera generación. Esto ocurre debido a la falta de personal calificado para la inspección, detección y evaluación de los deterioros que aparecen en el edificio.

El primer paso, para acometer una correcta intervención, es realizar un adecuado diagnóstico y evaluación de la misma. Donde se identifique el total de lesiones en cada uno de los sistemas presentes en el inmueble, así como el análisis de las causas que condujeron a ello. Además es de suma importancia el reconocimiento de las posibles consecuencias asociadas a dichos deterioros para los casos donde la intervención no resulta una acción inmediata.

Es necesario contar o contratar personal capacitado para aplicar técnicas de evaluación que garanticen el correcto proceder en el diagnóstico e intervención de la edificación, con la solución que mejor se adapte a las condiciones del inmueble. Lo cual conllevaría a un buen manejo, desde el punto de vista económico, en un plazo conveniente para evitar la desmedida evolución patológica de las lesiones existentes.

Existen herramientas muy útiles para determinar el estado más o menos crítico de cualquier sistema, incluso pueden ser aplicadas a elementos tan simples como se quiera. Estos métodos son usados generalmente en sistemas complejos asociados a industrias, parques automotores, sistemas de automóviles, etc. Pero no por ello se pueden desestimar, pues ofrecen valores importantes para la toma de decisiones. (Serpa, Ballina, & Fraga Guerra, 2009) (Concepción, García, Serpa, & Gómez, 2016) (Quevedo, Paredes, & Chinchayan, 2017) (Leonardo, 2018) (Pérez, Borjas, & Quiñones, 2013) (Pérez, Borjas, Asencio, & Quiñones, 2014)



Sin embargo, las metodologías que más se destacan en la literatura para la evaluación de edificaciones, están dirigidas fundamentalmente a edificios patrimoniales de gran valor histórico o a aquellas construcciones vulnerables a desastres naturales. Siendo en las primeras, procedimientos muy específicos para determinados materiales o elementos y en el segundo caso, enfocadas generalmente en la estructura portante del edificio.

De ahí, combinando estas y otras herramientas, se propone un proceder que permita de una manera diferente, evaluar el estado técnico constructivo de cualquier tipo de edificación, siendo aplicable a todos sus sistemas y elementos. Con lo cual se puede obtener una valoración general y un análisis detallado de todas las partes contempladas, tanto pertenecientes al sistema estructural o al no estructural, incluso a las instalaciones hidrosanitarias.

2. Metodología

La investigación está sustentada en los métodos teóricos fundamentalmente, aunque, algunas de las herramientas antes mencionadas, han sido aplicadas por la autora en otras investigaciones. Basado en el análisis- deducción y la abstracción- concreción de conceptos, entre otros, se han transferido métodos y herramientas para su aplicación en el patrimonio construido, lo que ha influenciado en la propuesta de una metodología para la evaluación de una edificación. (Pérez, Borjas, & Quiñones, Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga, 2013) (Quiñones & Taquechel, Evaluación de riesgos en la estructura de edificios de vivienda en explotación, 2014) (Pérez, Borjas, Asencio, & Quiñones, 2014) (Quiñones, 2021) (Brito, González, Pacheco, & Quiñones, 2021)

3. Resultados y discusión

A partir de consultas a bibliografía especializada y de la aplicación práctica de herramientas se propone la siguiente metodología.

- Inspección preliminar
- Inspección detallada
- Agrupamiento de los deterioros dependiendo del sistema que afectan
- Selección de las herramientas más convenientes para el objeto de estudio
- Aplicación de la herramienta Delphi para la ponderación de los impactos



- Aplicación de las herramientas seleccionadas
- Análisis causa- consecuencia
- Jerarquización de los deterioros según nivel de criticidad
- Propuesta de intervención
- Propuesta de soluciones

3.1 Inspección preliminar

En estas inspecciones se debe llevar a cabo la revisión de antecedentes para determinar los datos técnicos de la edificación. Debe quedar registrado el año de construcción, el sistema constructivo, materiales, intervenciones anteriores, etc. Es decir, todas las características y datos que aporten para el conocimiento del edificio. (Schierloh, Souchetti, Alza, & Almeida, 2019)

Además se deben realizar varias inspecciones visuales para la identificación y ubicación de los deterioros que presente el caso de estudio.

3.2 Inspección detallada

Las inspecciones detalladas estarán dirigidas a los elementos de mayor complejidad, tanto estructural como patológica, haciendo un reconocimiento profundo de las características de estos. En estas inspecciones no son suficiente los métodos organolépticos, por lo que es necesario la realización de ensayos para determinar con mayor certeza el grado de deterioro de cada uno. (Schierloh, Souchetti, Alza, & Almeida, 2019)

3.3 Agrupamiento de los deterioros dependiendo del sistema que afectan

Al identificar todos los sistemas de la edificación, entre los que pueden estar sistema de impermeabilización, sistema estructural, sistema de abastecimiento, sistema de evacuación, sistema eléctrico, entre otros; es conveniente asociar los deterioros identificados al sistema que afecta, o lo que es lo mismo, hacer grupos de deterioros que afectan a un mismo sistema.

3.4 Selección de las herramientas más convenientes para el objeto de estudio

Para esta metodología se proponen tres herramientas de la confiabilidad operacional, Análisis de Criticidad, Técnica de Pareto y Método de los impactos. De forma general



con las tres herramientas se obtiene el nivel de criticidad del elemento o sistema analizado.

3.4.1 Análisis de Criticidad

Existen dos vías para la utilización de este método, a través de la ecuación o haciendo uso de la matriz. En la aplicación de cualquiera de los métodos es necesario completar la siguiente secuencia: (Frías, Rivas, & Matthews, 2011)

- Segmentación en sistema de poca complejidad
- Identificación de eventos o peligros (deterioros)
- Estimación de frecuencia de fallas (ocurrencia de deterioros)
- Estimación de consecuencia de fallas (impacto de los deterioros)

Cuando se decide realizar el análisis por la ecuación se obtiene el nivel de criticidad de cada deterioro identificado en el sistema. (Concepción, García, Serpa, & Gómez, 2016) (Quevedo, Paredes, & Chinchayan, 2017)

$$C = F * I * D \quad (1)$$

Donde:

C- Nivel de criticidad que presenta el objeto de estudio

F- Frecuencia con que aparece el deterioro

I- Impacto o consecuencia provocada por el deterioro

D- Dificultad de detección de la lesión en cuestión

Si se decide el uso de la matriz criticidad al interpolar la frecuencia de aparición con el impacto, se obtiene el grado de criticidad para el deterioro analizado.

3.4.2 Técnica de Pareto

Para la aplicación de esta herramienta, también conocida como 80- 20, es necesario identificar el porcentaje de deterioros más críticos, siendo estos los que provocan los mayores impactos. “Un diagrama de Pareto es una gráfica que representa en forma ordenada en cuanto a importancia o magnitud, la frecuencia de la ocurrencia de las distintas causas de un problema” (Pérez, Borjas, Asencio, & Quiñones, 2014) (Burgasí Delgado, Cobo Panchi, Pérez Salazar, Pilacuan Pinos, & Rocha Guano, 2021)



3.4.3 Método de los impactos

Este método se basa en analizar diversos parámetros técnicos – económicos y en función de su importancia se categoriza cada parámetro en A, B o C. Con la observación que cada parámetro se valora individualmente sin pensar en la influencia en los demás, como si él solo decidiera la clasificación. Al final se suman por categoría y se decide cuál de ellas es la que corresponde al deterioro analizado. (Pérez, Borjas, & Quiñones, 2013)

3.5 Aplicación de la herramienta Delphi para la ponderación de los impactos

El método Delphi, es utilizado para el pronóstico y la evaluación, es considerado como uno de los métodos subjetivos más confiables. Constituye un procedimiento para confeccionar un cuadro de la evolución de diferentes situaciones. Con la utilización de tablas estadísticas se procesan las opiniones de expertos en el tema tratado. Este método es capaz de rebasar el marco de las condicionantes actuales más señaladas de un fenómeno y alcanzar una imagen integral y más amplia de su posible evolución. (Ramírez & Vázquez, 2018)

En la aplicación del Análisis de Criticidad se deben definir los intervalos para los diferentes niveles frecuencia de ocurrencia y de detección de los deterioros identificados, además de definir los campos que son afectados por los deterioros, y a su vez se debe asignar un valor, procurando que la sumatoria de todos los campos sea igual a 5 (valor máximo del impacto establecido en la matriz de criticidad).

Se sugiere la utilización de este método de criterio de expertos para la determinación de estos parámetros y su ponderación, lo que requiere de especialistas para asegurar un resultado confiable en el análisis y evaluación de la edificación.

3.6 Aplicación de las herramientas seleccionadas

Una vez seleccionada la herramienta que más se ajuste a las condiciones e información existente de los deterioros y sistemas del objeto de estudio, se procede a su aplicación.

3.6.1 Análisis de Criticidad a través de la ecuación

Para desarrollar este análisis el primer paso es la determinación de la frecuencia de ocurrencia de cada deterioro identificado en el sistema que se quiere evaluar, para ello se propone el uso de la Tabla 1, teniendo en cuenta que los porcentajes de ocurrencia pueden



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
TÍTULO

ser ajustados para cada caso particular de evaluación, pero no cuando se pretenden hacer comparaciones, ya que puede falsear los resultados para la valoración.

Tabla 1. Índice de Frecuencia (Elaboración propia)

Frecuencia	% de ocurrencia	Valor del deterioro	Descripción
Muy alta	>90	5	Se busca el % del total de veces que aparece un deterioro con respecto al total de los mismos
Alta	75- 90	4	
Media	50- 75	3	
Baja	25- 50	2	
Poco frecuente	<25	1	

A partir de esta tabla patrón (o ajustada) cada deterioro obtiene un valor dependiendo de la cantidad de veces que aparece en el sistema. Hay que tener presente que no siempre se puede efectuar el conteo de deterioros, también hay que tener en cuenta el área afectada por el mismo, en este caso se otorga un porcentaje directamente a partir de mediciones de la zona dañada con respecto a la superficie total donde se encuentra la lesión.

Para determinar el impacto que genera cada deterioro es imprescindible identificar todos los aspectos sobre los cuales puede influir negativamente la existencia del deterioro. En la Tabla 2 se aprecian algunos campos importantes en edificios y a partir de ello se otorga un valor a cada uno, teniendo en cuenta las características, condiciones y funcionalidad de la edificación en cuestión.

Tabla 2. Índice de Impacto (Elaboración propia)

Impacto del deterioro	Peso del deterioro	Campos que afecta el deterioro		Descripción
		Campo	Valor	
Catastrófico	5	Funcionalidad	1,5	El impacto se tendrá en cuenta según la cantidad de campos que afecte un mismo deterioro.
Grandes daños	4	Estructura	1,25	
Daños medios	3	Salud	1	
Daños bajos	2	Confort	0,75	
Perceptibles	1	Estética	0,5	

El índice de impacto entonces quedará determinado por la sumatoria de los valores de los campos definidos y que son afectados por cada deterioro.

Al igual que para el caso de la tabla patrón de frecuencia de ocurrencia, esta también puede ser ajustada por lo que se propone el Método Delphi antes explicado.



De forma semejante se procede para determinar el valor de la detección, el cual está referido a la dificultad de detectar la presencia de una lesión, para ello se trabaja con la Tabla 3, que otorga un valor dependiendo de dicha dificultad.

Tabla 3. Índice de Detección (Elaboración propia)

Detección	Peso del deterioro	Descripción
Incierta	5	La detección de ocurrencia de la lesión primaria es solo por medio de tecnología
Baja	4	Hay pocas posibilidades de detectar la aparición de la lesión primaria (opinión de expertos o tecnología)
Mediana	3	La probabilidad de detección de la lesión primaria es moderada (opinión de expertos)
Alta	2	Casi siempre se puede detectar la aparición de la lesión primaria (no es necesario la opinión de expertos)
Casi cierta	1	Por lo general es fácil de detectar la aparición de la lesión primaria (cualquiera puede detectar la aparición)

Una vez obtenidos los valores de Frecuencia, Impacto y Detección de las tablas anteriores, se procederá a calcular el valor de criticidad del deterioro a través de la ecuación (1), para obtener un valor cuantitativo y determinar el grado de criticidad de los deterioros.

3.6.2 Análisis de Criticidad usando la matriz

Similar al procedimiento anterior se debe realizar el análisis cuando se pretende hacer uso de la Matriz Criticidad (Tabla 4), con la diferencia que no se requiere de la determinación del índice de detección, pues la matriz solo considera la frecuencia de ocurrencia y el impacto o consecuencia de los deterioros. (Leonardo, 2018) (Galán & Alfonso, 2017)

Al realizar la interpolación entre estos dos índices y usando la escala de colores se obtiene el grado de criticidad según la localización de los deterioros en la matriz.



Tabla 4. Matriz patrón de criticidad (Elaboración propia)

Matriz de criticidad		Impacto				
		1	2	3	4	5
Frecuencia	5	MC	AC	AC	MAC	MAC
	4	MC	MC	AC	AC	MAC
	3	BC	MC	MC	AC	MAC
	2	BC	BC	MC	AC	AC
	1	MBC	BC	MC	MC	AC
Escala de colores						
		MAC	AC	MC	BC	MBC
		Muy alta criticidad	Alta criticidad	Media criticidad	Baja criticidad	Muy baja criticidad

3.6.3 Técnica de Pareto (Delgado, Solano, & Álvarez, 2017) (Pérez, Borjas, Asencio, & Quiñones, 2014)

Esta técnica se basa en un análisis estadístico, en este caso, a partir de las frecuencias que presentan los deterioros identificados en un sistema o en la edificación, con lo que se obtiene la clasificación de los mismos en clase A, B o C. La clase A estará asociada a los deterioros de mayor nivel de criticidad, la clase B, a los de mediano nivel de criticidad y clase C a los de menor nivel de criticidad. A partir de lo cual se establece la relación de importancia entre los porcentajes obtenidos en cada clase.

En el Diagrama de Pareto se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas, de modo, que se pueda asignar un orden de prioridades.

Pasos para determinar los rubros que se incluirán en el programa. En este caso los rubros serán los deterioros críticos

Paso 1. Determinación de los rubros que se incluirán en el programa

Rubros que se incluirán en el análisis:

1. Los 10 fallos más frecuentes en los sistemas analizados
2. Período analizado
3. Unidad empleada: cantidad de deterioros
4. Localización de la información

Este paso es de vital importancia porque:

1ro – Define qué se va a investigar en este caso, los deterioros más frecuentes, pero puede ser otro rubro.



2do – Es importante declarar bien el período y el mismo tiene que ser coincidente, ya que Pareto es repetitivo, se aplican las acciones propuesta y después se comprueba en los períodos siguientes la efectividad de las medidas tomadas.

3ro – La unidad empleada es la decisión ingenieril más importante, la cual responde a los intereses de la investigación y de la empresa que la está realizando. Cuando se toma cantidad de deterioros de cualquier tipo no tiene en cuenta el valor de cada elemento, las afectaciones a la seguridad o al medio ambiente, etc.

4to – Siempre hay que tomar los datos estadísticos por el mismo método (activo o pasivo) y en el mismo lugar.

Paso 2. Construir la tabla estadística a partir de las sumas totales de las magnitudes observadas y registradas.

Existen dos formas de determinar la categoría de los rubros en la tabla estadística:

1- Por el 20% de los rubros

2- Por el 80% del valor acumulado

Por el 20 %, serán

Categoría A, el 20 % de los rubros

Categoría B, entre el 30 y 40 % de los rubros y

Categoría C, entre el 50 y 40 % de los rubros

Por el 80 % serán (es el que recomienda usar en la fiabilidad o sea se busca alrededor del 80 % de los problemas para determinar qué por ciento lo provoca, por lo tanto no tiene por qué coincidir con el 20 %)

Categoría A, el 80 % de los rubros

Categoría B, el 15% de los rubros y

Categoría C, el 5% de los rubros

En este caso se propone determinar la categoría por el 80% del valor acumulado

Tabla 5. Resumen estadístico de Pareto

Frecuencia de deterioros	Magnitudes sumadas por cada rubro (frecuencia absoluta)	% acumulado por rubro (frecuencia relativa)	Suma acumulada de las magnitudes	Suma acumulada del % por rubro (frecuencia acumulada)	Clasificación por categorías
1	-	-	-	-	A
2	-	-	-	-	A
3	-	-	-	-	A
4	-	-	-	80	A
5	-	-	-	-	B



...	-	-	-	-	...
10	-	-	-	-	C
Total	-	-	-	-	

En el Método de Pareto generalmente se construye un gráfico de columnas para representar la frecuencia de los deterioros en el eje y, contra los rubros evaluados en el eje x, además en el mismo gráfico se construye un histograma de los porcentos acumulados del total que representa cada rubro.

3.6.4 Método de los impactos

El método cuenta con una serie de parámetros que no se ajustan a las condiciones de una edificación por lo que fueron suprimidos, ajustando los seleccionados a las características de los componentes de un edificio. A partir de los parámetros presentados a continuación y las categorías definidas para cada uno, se realiza la clasificación de cada elemento afectado por uno o más deterioros. Con lo cual se puede interpretar que la categoría A se corresponde a los elementos deteriorados de mayor nivel de criticidad, la categoría B a los de mediano nivel de criticidad y la categoría C a los de bajo nivel de criticidad. (Pérez, Borjas, & Quiñones, 2013)

1. Intercambiabilidad: Consiste en la facilidad de ser sustituido el elemento deteriorado por otro similar.

(A) Un deterioro se denomina "A" si el elemento afectado por dicho deterioro es irremplazable, o su labor no puede realizarse por ningún otro componente.

(B) Se caracterizaría "B" si es reemplazable su función por otro elemento.

(C) Toma categoría "C" si su función puede ser ejecutada por cualquier otro elemento semejante.

2. Régimen de Operación: Se refiere a la posibilidad que el elemento pueda cumplir su función con presencia del deterioro.

(A) Son aquellos deterioros que impiden el funcionamiento del elemento que afecta.

(B) Asumen esta categoría los deterioros que afectan en alguna medida el funcionamiento del elemento.

(C) Son los deterioros que no afectan el funcionamiento del elemento.



3. Mantenibilidad: Es una de las propiedades de la fiabilidad del elemento y corresponde con la facilidad para ejecutarle el mantenimiento, la accesibilidad a sus partes y componentes, según sus características constructivas.

(A) Se categorizan en este grupo deterioros en elementos de poca mantenibilidad, de difícil acceso a sus partes, es decir, de difícil detectabilidad y reparación.

(B) Son de complejidad media, donde el acceso no es tan difícil a todos los componentes.

(C) Deterioros en elementos de poca complejidad y elevada mantenibilidad, donde el acceso es fácil a casi todos los componentes.

4. Conservabilidad: Es otra propiedad de la fiabilidad del elemento que refleja la sensibilidad de su resistencia al medio que la rodea, es decir los deterioros producidos por la agresividad del medio.

(A) Son categoría "A" aquellos deterioros que aparecen debido a la agresividad del medio en que se encuentra el elemento.

(B) Son los deterioros que aparecen debido a la inadecuada explotación del elemento.

(C) Se refiere a los deterioros que aparecen producto a condiciones normales de explotación y tiempo de uso del elemento.

5. Valor del deterioro: Es el valor en el momento de diagnosticar y reparar un deterioro, está referido a equipos y materiales para su detección, evaluación y reparación.

(A) Los deterioros que requieren de más alto valor se hallan en esta categoría.

(B) Los de valor moderado.

(C) Los de menor valor.

6. Factibilidad de aprovisionamiento: Se refiere a la facilidad que exista para garantizar los suministros de equipos y materiales para el mantenimiento y reparación de un deterioro.

(A) Se categorizan como "A" aquellos con dificultades serias en su aprovisionamiento.

(B) Los que tienen asegurado el abastecimiento de algunos renglones.

(C) Los que poseen grandes posibilidades con los suministros de equipos y materiales.

7. Condiciones de explotación: Tiene en cuenta las condiciones que caracterizan la explotación del elemento.

(A) Son deterioros que imposibilitan la explotación del elemento.

(B) Deterioros que modifican en alguna medida las condiciones de explotación del elemento.



(C) Serán los que no interfieren en la explotación del elemento.

8. Protección del medio ambiente: Se refiere a la posible afectación al medio que produce la existencia del deterioro.

(A) Son los deterioros que afectan directamente al medio ambiente.

(B) Los que lo afectan en alguna medida, indirectamente.

(C) Las que no afectan al medio en ningún momento.

9. Comportamiento precedente: Se refiere a la aparición repetida de un deterioro en un mismo elemento.

(A) Deterioro que aparece periódicamente en el mismo elemento.

(B) Deterioro que aparece esporádicamente en un elemento.

(C) Deterioro que aparece por vez primera.

10. Calificación del operario: Está relacionado con el nivel y habilidad del operario que tiene la responsabilidad del mantenimiento y reparación del elemento.

(A) El operario requiere de gran especialización para acometer la reparación de un deterioro.

(B) El operario no requiere especialización.

11. Caracterización de los trabajos de reparación: Se refiere a la necesidad de controlar rigurosamente la actividad que realiza el operario en la reparación de un deterioro.

(A) Máxima exigencia en el control de un trabajo.

(B) Requiere control moderado.

(C) No requiere control durante la realización de los trabajos.

3.7 Análisis causa- consecuencia

Es obvio que los diagramas son una herramienta útil y efectiva para representar visualmente un fenómeno determinado, numérico o no. Por ello, la utilización de estos es muy socorrida en casi todos los diseños de experimentación y tácticas de investigación en todos los campos de la ciencia. Para cada campo o para cada problemática analizada, es casi seguro que existe un tipo de diagrama adecuado que, utilizado con propiedad, proporciona ayuda invaluable para la comprensión y entendimiento de los múltiples vértices que por lo general presenta todo fenómeno lo suficientemente interesante para ser investigado. (Silva, Ángeles, & Flores, 2019)



3.7.1 Diagrama de Ishikawa (Delgado, Panchi, Salazar, Pinos, & Guano, 2021)

El objetivo de Ishikawa es obtener un gráfico de fácil interpretación que ponga de manifiesto las relaciones entre un efecto y las causas que lo producen, de manera que queden expuestas visualmente todas las causas que contribuyen a un efecto hasta el nivel deseado; aunque en la mayoría de los casos la intención es llegar hasta la causa raíz.

Paso 1. Definir el efecto cuyas causas han de ser identificadas.

Paso 2. Dibujar el eje central y colocar el efecto dentro de un rectángulo al extremo derecho del eje.

Paso 3. Identificar las posibles causas que contribuyen al efecto o fenómeno de estudio.

Paso 4. Identificar las causas principales e incluirlas en el diagrama.

Paso 5. Añadir causas para cada rama principal.

Paso 6. Añadir causas subsidiarias para las subcausas anotadas.

Paso 7. Comprobar la validez lógica de cada cadena causal y hacer eventuales correcciones.

Paso 8. Comprobar la integración del diagrama.

Paso 9. Conclusión y resultado.

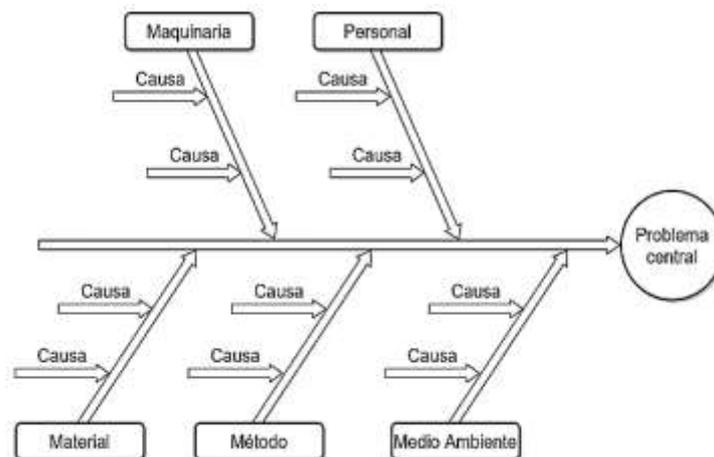


Figura 1. Diagrama General Ishikawa. (Morillo & Muñoz, 2004)

3.8 Jerarquización de los deterioros según el nivel de criticidad

Obtenidos los niveles o valores de criticidad de cada deterioro estudiado se establece un orden, lo que se denomina jerarquización. Este listado estará encabezado por el deterioro con el nivel más alto de criticidad desde la valoración individual, pues el más crítico puede ser el que más frecuencia presente pero no el de mayor impacto en el sistema. Por



ello, a pesar del uso acertado de las herramientas propuestas no se pueden absolutizar los resultados obtenidos, sino que se requiere de un análisis riguroso de las variables de cada situación.

Es conveniente a la hora de realizar dicha evaluación que la lesión vaya acompañada por su nivel de criticidad y el análisis causa- consecuencia, lo que facilitaría la toma de decisiones. Por ello se propone el uso la Tabla de Análisis de Modos de Fallas y Efectos de su Criticidad (FMECA). (Tabla 6) (Quevedo, Paredes, & Chinchayan, 2017)

Tabla 6. FMECA

Sistema	Identificación del deterioro	Descripción del deterioro	Nivel de criticidad	Posibles causas	Consecuencias
-	-	-	-	-	-

3.9 Propuesta de intervención

A partir de la jerarquización de los deterioros se puede elaborar un plan de intervenciones constructivas, tomando en cuenta el nivel de criticidad, pero este no debe ser el único aspecto a valorar, también se impone un análisis económico y no menos importante será la secuencia de los trabajos a realizar, debido a que en la construcción en muchos casos no se puede acceder a tratar o reparar un deterioro de forma puntual, a veces es necesario afectar zonas en mejor estado para llegar al deterioro o sistema crítico. Como ejemplo a lo antes planteado se tiene el caso de instalaciones cuando estas se encuentran empotradas, que para lograr su reparación o sustitución, es necesario intervenir losas, muros, pisos, etc.

De ahí que los resultados de los métodos y herramientas anteriormente explicados solo ofrecen información para la toma de decisiones, luego queda por parte de los especialistas hacer las correctas valoraciones de las condiciones particulares a cada edificación o sistema, para establecer un orden de intervención a las zonas dañadas.

3.10 Propuesta de soluciones

Para llevar a cabo una secuencia lógica de trabajo, una vez que esté definido el orden para la intervención a la edificación se debe realizar un estudio a las posibles soluciones a cada uno de los defectos identificados y que requieran un tratamiento inmediato. Las



soluciones propuestas no solo deben ser efectivas desde el punto de vista constructivo, también tienen que estar avaladas por un análisis económico exhaustivo y un cronograma de trabajo donde el plazo garantice el tiempo requerido para la correcta ejecución de los trabajos pero el justo para evitar, en la medida de lo posible, la aparición de nuevas lesiones o el empeoramiento de los deterioros que fueron identificados, que en algún caso pudieran evolucionar hasta provocar el colapso de un elemento o parte de la estructura de la edificación.

4. Conclusiones

La metodología propuesta puede ser aplicada a cualquier elemento o sistema de un edificio y proporciona los resultados suficientes para una eficiente evaluación. Además puede llevarse al nivel de detalle deseado o usarse de forma global, que servirá como base fundamentada para la toma de decisiones y la asignación de recursos. Esta propuesta debe ser validada en la práctica, por lo que se propone que se aplique a diversas edificaciones con diferentes combinaciones de las herramientas planteadas para su futura corroboración.

5. Referencias bibliográficas

- 1- Brito, M. R., González, J. L., Pacheco, E. H., & Quiñones, L. P. (2021). Análisis de criticidad a la cubierta del pabellón Lidia Doce del Hospital Dr. Salvador Allende. Camaguey, Cuba.
- 2- Burgasí Delgado, D. D., Cobo Panchi, D. V., Pérez Salazar, K. T., Pilacuan Pinos, R. L., & Rocha Guano, M. B. (2021). El Diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años. *TAMBARA*, 1212-1230.
- 3- Concepción, A. D., García, M. T., Serpa, A. d., & Gómez, J. C. (2016). Obtención de un modelo de criticidad para los equipos y sistemas tecnológicos de una termoeléctrica. *Ingeniería Energética*, 217-227.
- 4- Delgado, Á. D., Solano, A. F., & Álvarez, A. M. (2017). Producción de biomasa y proteínas de *Chlorella vulgaris* Beyerinck (Chlorellales: Chlorellaceae) a través del diseño de medios de cultivo selectivos. 451- 461.



- 5- Delgado, D. D., Panchi, D. V., Salazar, K. T., Pinos, R. L., & Guano, M. B. (2021). El Diagrama de Ishikawa como herramienta de calidad en la educación: una revisión de los últimos 7 años. *TAMBARA*, 1212-1230.
- 6- Frías, J. E., Rivas, A. E., & Matthews, R. J. (2011). Análisis de criticidad de plataformas. *Asociación Argentina de Materiales*, 29-42.
- 7- Galán, M. H., & Alfonso, Y. D. (2017). Validación de procesos con análisis inicial de criticidad aplicado a la obtención del principio activo policosanol (PPG). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 124-132.
- 8- Leonardo, M. N. (2018). Análisis de criticidad aplicado a sistemas productivos en la industria. *Notas Técnicas de Prevención, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*.
- 9- Morillo, J. A., & Muñoz, M. C. (2004). Justificación de los requisitos de la Norma UNE - EN ISO 9001:2000 mediante análisis de causas por el Diagrama de Ishikawa. *Industrial ICAI*, 2.
- 10- Pérez, E. R., Borjas, C. M., & Quiñones, L. P. (2013). Propuesta de sistema de mantenimiento a los vehículos de transporte urbano y agrícola de una base de transporte de carga. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 61-67.
- 11- Pérez, E. R., Borjas, C. M., Asencio, O. C., & Quiñones, L. P. (2014). Estudio de componentes críticos del sistema de alimentación de vehículos automotores. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, 65-74.
- 12- Quevedo, J. P., Paredes, L. E., & Chinchayan, R. G. (2017). Programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para optimizar la disponibilidad operacional de la máquina con mayor criticidad. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*.
- 13- Quiñones, L. P. (2021). Análisis de criticidad a deterioros en la impermeabilización de una cubierta del Hospital Hermanos Ameijeiras. *Revista Ciencia y Construcción*, 45-54.
- 14- Quiñones, L. P., & Taquechel, S. F. (2014). Evaluación de riesgos en la estructura de edificios de vivienda en explotación. *17 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura*. La Habana, Cuba.
- 15- Ramírez, M. C., & Vázquez, J. A. (2018). Surgimiento y desarrollo del Método Delphi: una perspectiva cenciométrica. *Biblios*, 91-107.



Título Convención 2021
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas
TÍTULO

- 16- Schierloh, M. I., Souchetti, R., Alza, L., & Almeida, A. (2019). Evaluación del daño en estructuras de hormigón armado y mampostería. Salta, Argentina.
- 17- Serpa, A. d., Ballina, M. B., & Fraga Guerra, E. (2009). Análisis de criticidad personalizados. *Ingeniería Mecánica*, 1-12.
- 18- Silva, J. L., Ángeles, J. A., & Flores, L. S. (2019). La actividad agrícola en localidades rurales en procesos conurbatorios: Una aproximación mediante el diagrama de Ishikawa. *Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración*.