

Evaluación integral de edificios, una necesidad social

Comprehensive evaluation of buildings, a social need

Liyen Pérez Quiñones¹, Marietta Llanes Pérez², Alejandro López Llanusa³

¹²³Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”. Calle 114 No. 11901 e/ Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba.

*Liyen Pérez Quiñones: email: liyenpq@civil.cujae.edu.cu

Resumen

Las edificaciones, sin importar el tiempo de explotación, carecen de perfección, lo que se traduce en la presencia de lesiones que afectan al inmueble y a los usuarios de este. Las causas de la aparición de estas lesiones pueden deberse a un gran número de factores concomitantes o no, que de no ser debidamente atendidos aceleran los procesos patológicos, y en su mayoría generan nuevas lesiones. La existencia de lesiones y la evolución de los deterioros no solo afectan a las partes componentes de una edificación, sino que también influyen en el desempeño de las actividades que en estos espacios se realizan y en los usuarios que en ellos se desarrollan. Esta investigación se sustenta en criterios medioambientales y psicosociales, con el objetivo de construir una metodología con herramientas que permitan la evaluación constructiva, tomando en consideración, la influencia de las lesiones existentes sobre campos estructurales, funcionales, ambientales, sanitarios y económicos, lo que enriquece la valoración que se brinda sobre el caso de estudio. Con la información obtenida una vez aplicada la metodología, se facilita la toma de decisiones para mejorar las condiciones de habitabilidad de la edificación y el bienestar de los usuarios.

Palabras claves: Metodología de evaluación constructiva, criterios medioambientales y psicosociales, lesiones constructivas, afectación a los usuarios

Abstract

Buildings, regardless of the length of operation, lack perfection, which translates into the presence of injuries that affect the property and its users. The causes of the appearance of these lesions may be due to large number of concomitant factors or not, that if they are not properly attended to, they accelerate the pathological processes, and most of them generate new lesions. The existence of injuries and the evolution of deterioration not only affect the component parts of a building, but also influences the performance of the activities carried out in these spaces and the users who carry out them. This research is based on environmental and psychosocial criteria, with the aim of constructing a methodology with tools that allow constructive evaluation, taking into account the influence of existing injuries on structural, functional, environmental, sanitary and economic fields, which enriches the assessment provided on the case study. With the information obtained once the methodology has been applied, decision-making is facilitated to improve the habitability conditions of the building and the well-being of the users.

Keywords: Constructive evaluations methodology, environmental and psychosocial criteria, constructive injuries, impact on users.

1. Introducción

El hombre, como usuario de las edificaciones, es víctima de las condiciones del entorno donde se desarrolla y algunos factores que inciden directamente sobre el individuo, son: la ventilación, la velocidad de las corrientes de aire, la humedad relativa reducida y la temperatura elevada, así como la presencia de compuestos volátiles [1]. Para estudiar y brindar soluciones a estas condicionantes, existe la psicología ambiental, que se encarga de analizar tanto los efectos del ambiente sobre la conducta humana como aquellos otros producidos por la conducta del hombre sobre el ambiente, es decir, de los efectos de los ambientes en los cuales vive y trabaja el hombre, las exigencias ambientales de la aglomeración y el ruido, así como la dimensión espacial en las relaciones interpersonales. La importancia de este nuevo campo de estudio se ha destacado aún más a raíz del interés social suscitado por el deterioro de la calidad del ambiente físico [2].

Si se tiene en cuenta el número de personas que se ven afectadas por el estado lesivo de viviendas, instituciones educativas y de salud, o cualquier otro centro que visite o permanezca, puede entonces este problema, clasificarse como un problema social. No obstante, las especialidades conocedoras de las técnicas, los materiales, la economía y la ejecución, deben sentirse plenamente capacitadas para desempeñar cuantos estudios previos se necesiten para complementar y ampliar los actuales contenidos mínimos de los informes de evaluación de edificaciones, introduciendo capítulos que evalúen el desempeño actual y futuro de los edificios existentes, en materia de sostenibilidad y salud del hábitat, más allá de las materias de obligado cumplimiento (conservación, acústica, eficiencia energética y accesibilidad). Todas estas actividades de la ciencia y la tecnología impactan en la dimensión social del desarrollo en la medida en que contribuyen a alcanzar metas sociales, mejorar los sistemas de salud y educación y en la protección del medio ambiente [3].

Es por eso que para conocer el estado técnico de una edificación es necesario realizar una evaluación técnica- constructiva y para ello, se debe partir del estudio diagnóstico a cada uno de los sistemas componentes, dígame, las partes constituyentes de un edificio (sistema estructural, sistema no estructural y sistema de instalaciones), siempre con el objetivo final de devolver o modificar las características iniciales definidas en el diseño de la edificación. En este sentido, se requiere, para organizar los trabajos de diagnóstico de un edificio, sistema o parte componente, establecer una metodología que guíe al equipo evaluador durante todo el proceso. Estas metodologías pueden estar definidas (construidas científicamente) o ser elaboradas por el propio equipo para cada objeto de estudio, dependiendo de las características de la edificación, la precisión en los resultados y la necesidad de intervención [4].

Las metodologías para la evaluación constructiva que más se destacan en la literatura, están dirigidas fundamentalmente a edificios patrimoniales de gran valor histórico o a aquellas construcciones vulnerables a desastres naturales [5], siendo las primeras, procedimientos muy específicos para determinados materiales o elementos y en el segundo caso, están generalmente enfocadas en la estructura portante del edificio [6, 7], sin tomar en cuenta otros factores como la funcionalidad, la salud, la explotación, la contaminación y vulnerabilidad ante factores ambientales. Sin embargo, en los últimos años, debido a factores como el cambio climático y la escasez de recursos, se han desarrollado estudios del edificio más allá de las buenas prácticas, tomando en consideración problemas de ahorro de los recursos, el confort y la selección de los materiales según criterios medioambientales.

Además, en estas metodologías no se aprecia el análisis del comportamiento humano, el cual es pieza fundamental para analizar los procesos del diseño, considerando que sus indicadores de funcionalidad deben estar sujetos a las condiciones de habitabilidad que promuevan una optimización del desarrollo biopsicosocial de los usuarios [8]. De esta manera, las correlaciones ejercidas por el binomio entorno sociofísico-ser humano exponen la importancia de una

aproximación psicológica respecto de la naturaleza artificial de los entornos circundantes, y cómo estos presentan características particulares que pueden favorecer o ir en detrimento de las condiciones y calidad de vida percibida de los usuarios [9]. Un ejemplo de ello son los edificios destinados a la docencia, donde tiene gran influencia el ruido, temperatura inadecuada, iluminación deficiente, entre otros, los que afectan negativamente el comportamiento y el desempeño escolar [10]. Otra problemática muy recurrente es el recalentamiento de las instalaciones eléctricas en edificios residenciales debido a malas conexiones o exceso de carga en la red, lo que puede provocar incendios o electrocución de los usuarios [11].

A nivel internacional existen metodologías que fomentan la creación de entornos sanos, seguros, cómodos y accesibles, tanto interna como externamente para todos los usuarios [12] y evalúan el ambiente interior, con el objetivo de lograr construcciones sustentables, pero en la mayoría de los casos no se analiza la interacción o influencia del entorno deteriorado sobre los individuos. Algunas de las metodologías con enfoque ambiental son: BREEAM “Building Research Establishment” (Reino Unido) [12], LEED “Leadership in Energy and Environment Design” (EEUU), VERDE “Green Building Council, GBCE” (España), CASBEE “Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency” (Japón) y QUALITEL “Habitat & Environment” (Francia) [13].

El nuevo compromiso de la ciencia con la sociedad está en la búsqueda de estrategias a mediano o largo plazo, que permitan afrontar problemas de mayor envergadura, como los ligados al medio ambiente, la seguridad, la salud, el espacio, el cambio climático, la dirección empresarial, entre otros, y esto exige un esfuerzo mayor para desarrollar la visión futura de la evolución de los fenómenos en estudio; donde los científicos juegan un papel primordial. Sin embargo, no se ha encontrado en Cuba una metodología de evaluación de edificios que contemple la incidencia de los deterioros en otros campos de gran importancia, fuera de los grandes impactos que provocan dichas lesiones en los elementos constructivos, ya sean estructurales o no (ver Figura 1 y 2).



Figura 1. Desprendimiento del recubrimiento en una losa de hormigón armado



Figura 2. Moho y manchas de humedad en techo y muros

Sin pretender establecer una crítica sobre el diseño de los edificios, se requiere proponer una metodología de evaluación que tenga en cuenta la incidencia de los deterioros existentes en el edificio sobre la salud, el confort y la estética, además de los campos constructivos, económicos y medioambientales. Este trabajo se sustenta sobre la investigación de las relaciones de los individuos con las edificaciones donde se desarrollan.

2. Materiales y Métodos

Metodologías de evaluación de edificios más empleadas en Cuba

En Cuba existe un gran número de metodologías para la evaluación de edificios, que van desde las propias elaboradas por los evaluadores y que varían con los objetos a estudiar, hasta las elaboradas con respaldo científico. En muchos casos las evaluaciones técnicas constructivas de edificaciones se realizan solamente a partir de inspecciones organolépticas, lo que pudiera considerarse una deficiencia en el estudio de los objetos a evaluar cuando no se cuenta con indicadores para la clasificación de la lesión. En la mayoría de los casos, las metodologías no son de dominio nacional, pues se emplean en determinadas instituciones dedicadas a la evaluación, pero no son publicadas, ni las metodologías, ni los informes de evaluación. A continuación, se relacionan algunas de las metodologías consultadas.

Metodología para el Diagnóstico y Restauración de Edificaciones. Autor: Dr. C. Ing. Odalys Álvarez Rodríguez.

Esta metodología fue diseñada para el diagnóstico de edificaciones y propone un procedimiento que comienza con la inspección hasta el registro del caso. Incluye entre sus pasos aspectos tan importantes como inspecciones visuales y realización de ensayos, recopilación de antecedentes, confección de fichas y planos, diagnóstico y pronóstico, terapia, ejecución y evaluación de las intervenciones y propuesta de mantenimiento. Es una metodología muy abarcadora a escala arquitectónica, lo que resulta muy positivo para la conservación de la edificación y que permite la realización de proyectos de reparación.

Metodología de diagnosis de edificaciones. Uso de fichas de diagnóstico. Autor: Dr. C. Arq. Pedro Tejera Garófalo.

El conocimiento profundo sobre la edificación en cuestión, es la premisa fundamental de esta metodología, por lo que propone como primer paso el reconocimiento detallado del problema desde la visión de un equipo multidisciplinario, solo con inspecciones organolépticas. Seguidamente, el análisis de la lesión observada, que conduce al diagnóstico y clasificación de esta, determinando los niveles de daños existentes en la edificación. Además, incluye la propuesta de tratamientos en función de los niveles de daños, determinados en la etapa anterior. Otras etapas dentro de la metodología son, los proyectos de rehabilitación y ejecución, y, por último, la propuesta de mantenimiento. Esta metodología también resulta abarcadora, pero no se adentra en el estudio patológico de la lesión, se queda en la inspección organoléptica del edificio.

Metodología de diagnóstico del Instituto Nacional de la Vivienda

Se enfoca no solo en el edificio, sino también en las condiciones del entorno y características sociales de los usuarios de la edificación. Propone el estudio de antecedentes y la revisión de los elementos fundamentales del inmueble. Además, involucra a la población, como elemento de importancia en la rehabilitación, aspecto que la diferencia de otras metodologías, al igual que la jerarquización de los problemas identificados. Propone la realización de ensayos, revisión de cálculos de los elementos, para el diagnóstico, pronóstico y definición de las acciones a acometer en niveles, urgentes, emergentes, proyectos y otras.

Manual de inspección y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado, Red Durar.

Este documento ofrece una serie de criterios que, sobre la base de indicadores definidos para acometer la evaluación de elementos de hormigón armado, se puede determinar el estado del elemento. Con estos criterios se puede evaluar la porosidad y determinar la calidad, compacidad y permeabilidad del hormigón. También ofrece criterios sobre sorptividad y resistividad eléctrica. Estos criterios son específicos, pero muy utilizados en Cuba para este tipo de evaluaciones de elementos de hormigón armado.

Índice de seguridad hospitalaria. Guía de evaluadores.

Esta guía ofrece un procedimiento y recomendaciones para la evaluación de hospitales, además, propone la aplicación del índice de seguridad hospitalaria. En este documento se propone la composición y responsabilidades del equipo evaluador, que debe ser multidisciplinario; además, establece la organización del equipo, el material y los equipos que son necesarios para llevar a cabo la evaluación. La evaluación se realiza a partir de una lista de verificación definida en la guía. Esta lista de verificación está dividida en cuatro módulos, los que recogen: amenazas que afectan a la seguridad del hospital y función del hospital en la gestión de emergencias y desastres, seguridad estructural, seguridad no estructural y gestión de emergencias y desastres. Esta metodología propone una evaluación integral de la edificación y establece formularios para la toma de datos durante las inspecciones.

Metodologías para la inspección general de edificaciones.

En esta metodología se establecen los pasos a seguir para una exhaustiva inspección general de la edificación, para lo que se definen las condiciones que se requieren al llevar a cabo la inspección general y por especialidades del edificio. Esta metodología está seccionada por etapas donde se evalúan la estructura, la corrosión, los materiales y las instalaciones. Además, se propone una metodología para la confección del Reporte Final del Estudio-Diagnóstico.

La mayoría de las metodologías estudiadas no toman en consideración la afectación directa del estado de deterioro de las edificaciones sobre los usuarios de estas, por lo que se propone una metodología que contiene herramientas para realizar el análisis integral de aspectos constructivos y medioambientales y su incidencia sobre los individuos.

3. Resultados y Discusión

Metodología propuesta para la evaluación de edificios

Las metodologías para determinar el estado constructivo de las edificaciones, son las guías de los ingenieros civiles y los arquitectos para realizar los estudios de diagnóstico. Estos especialistas están capacitados en estas actividades, pues poseen amplios conocimientos sobre las características de los suelos como material que soporta y distribuye las cargas ejercidas por las construcciones, de los diseños estructurales y arquitectónicos acorde a las necesidades funcionales y de bienestar de los usuarios y, de los materiales tradicionales y novedosos; es decir, son los especialistas que mejor conocen la edificación y por tanto, mejor pueden establecer un criterio sobre su estado técnico constructivo y su influencia en los individuos usuarios de esta y el entorno circundante. Sin embargo, no es suficiente, se requiere de un equipo multidisciplinario para estudiar y evaluar las lesiones existentes y sus posibles causas. En cambio, la guía, debe propiciar los elementos necesarios para llevar a cabo un adecuado estudio diagnóstico y, dependiendo de su alcance, es conveniente que contenga indicadores y parámetros que evalúen la relación entre los diferentes campos presentes en las edificaciones.

En esta metodología se emplean herramientas de la confiabilidad operacional que fueron ajustadas a través del método de expertos Delphi. La necesaria adaptación de estas herramientas estuvo determinada por la incompatibilidad en la terminología, parámetros, atributos y categorías definidas en la literatura para otras aplicaciones, fundamentalmente en el campo de la ingeniería mecánica, ingeniería del mantenimiento o áreas de la industria. Con el empleo de las herramientas análisis de criticidad, el método de los impactos y la técnica de Pareto se obtiene un análisis cualitativo e integral, proporcionando un nivel de criticidad a las lesiones identificadas en los elementos componentes de los sistemas de la edificación definidos para esta investigación, sistema estructural,

sistema de instalaciones y sistema no estructural. A partir del análisis de la aplicación de estas herramientas en la evaluación de las lesiones constructivas, se propone el empleo del análisis de criticidad para el sistema estructural, la técnica de Pareto para el sistema de instalaciones y el método de los impactos para el sistema no estructural.

A continuación, se describen cada una de las etapas contempladas en la metodología.

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, y todas las características y datos que aporten para el conocimiento del edificio [14]. 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 suficientes los métodos organolépticos, por lo que es necesaria la realización de ensayos para determinar con mayor certeza el grado de deterioro o la influencia que tiene sobre otros elementos o campos del edificio.

3.3. Elaboración del listado de deterioros

Después de realizar varias inspecciones organolépticas, al sistema o la edificación que se pretende evaluar, se debe proceder al conteo de deterioros y la toma de datos de las características de las lesiones identificadas por el evaluador. En caso que las lesiones afecten un área o una longitud, será conveniente determinar el porcentaje de área o longitud afectada con respecto a los mismos parámetros del elemento afectado. Luego se elabora el listado del total de deterioros identificados.

3.4. Agrupamiento de los deterioros dependiendo del sistema que afectan

Al identificar los sistemas componentes de la edificación y los subsistemas que los componen, es conveniente asociar los deterioros identificados al sistema donde aparece, o lo que es lo mismo, hacer grupos de deterioros que se encuentran en el mismo subsistema.

3.5. Aplicación de las herramientas ajustadas

3.5.1. Análisis de criticidad

A partir de estudios anteriores se considera conveniente el empleo de esta herramienta en la evaluación del sistema estructural de las edificaciones. Con ella se evalúa la criticidad de un daño a partir de la ecuación (1) en función de la frecuencia de ocurrencia, el impacto y la facilidad de detección de las lesiones. Con este valor es posible la jerarquización de las lesiones por elementos, sistemas o la edificación; sin embargo, no permite la clasificación por niveles de criticidad por lo que se incorpora, además, el análisis por la matriz de criticidad que está en función de la frecuencia de ocurrencia de las lesiones y el impacto que estas generan sin tomar en consideración el factor detectabilidad.

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

a) Determinación del índice de frecuencia

Frecuencia de ocurrencia: Se define como la cantidad de veces que aparece un deterioro en el sistema o subsistema analizado.

El índice de frecuencia se determina como la frecuencia relativa del deterioro analizado, es decir, el porcentaje que representa la frecuencia de ocurrencia de un deterioro con respecto al total de los deterioros identificados (Tabla 1). Para este tipo de evaluación se considera suficiente establecer tres niveles, alto, medio y bajo, para los que se proponen diferentes intervalos.

Tabla 1. Índice de frecuencia patrón. Fuente: elaboración propia

Frecuencia de ocurrencia	Índice de frecuencia	Porcentaje de ocurrencia (%)	Descripción
Alta	3	> 60	% de veces que aparece un deterioro respecto al total de las lesiones del sistema analizado
Media	2	15 – 60	
Baja	1	< 15	

b) Determinación del índice de impacto

Impacto: Está dado por las consecuencias negativas que genera la existencia de un deterioro en un elemento o sistema determinado.

Para determinar el índice de impacto, se identifican los campos o áreas afectadas por un deterioro, estableciendo valores que dependan de su importancia. (Tabla 2).

A continuación, se presenta un grupo de campos que pueden ser afectados por un deterioro en un edificio y que se deben tener en cuenta para la valoración del impacto o consecuencia de cada una de las lesiones existentes.

Estructura: Este campo se tomará en cuenta cuando la lesión identificada afecte directamente cualquier elemento de los sistemas componentes de la edificación, sean estructurales o no.

Funcionalidad: Se tomará en cuenta cuando la lesión existente afecte alguno de los procesos o flujos que forman parte indispensable de la funcionalidad de la edificación, interrumpiendo o entorpeciendo las actividades propias según su misión.

Salud y seguridad: Se tomará en cuenta si la lesión provoca afectaciones en la salud y la seguridad de los usuarios o visitantes de la edificación.

Medio ambiente: Se tomará en cuenta cuando la lesión afecte de forma directa el espacio en que se desarrolla la vida de los organismos y su interacción.

Afectación económica: Este campo se tomará en cuenta cuando se afecten directamente la producción, los servicios, la actividad económica u otros sistemas independientes del analizado.

Confort: Se tomará en cuenta este campo cuando la lesión afecte directamente el bienestar y la comodidad de la persona en su medio, que puede ser su centro de trabajo, su vivienda o el lugar que suele frecuentar.

Estética: Se tomará en cuenta cuando la lesión afecte la armonía arquitectónica del conjunto de elementos del sistema o edificio.

Disponibilidad: Este campo se tomará en cuenta si se requieren recursos materiales y/o tecnológicos para el restablecimiento de la zona afectada por la lesión.

Costo por reparación: Se tomará en cuenta si se requieren gastos no planificados en la detección, estudio y/o reparación del área afectada por la lesión.

Valor: Se tomará en cuenta cuando la lesión afecte alguno de los elementos o sistemas de la edificación que representa un conjunto de creencias, lenguas, costumbres, tradiciones y relaciones que identifican a una sociedad o grupo de personas.

Calidad: Se tomará en cuenta este campo cuando la lesión identificada modifique al elemento en cuanto a los estándares o normas establecidas de calidad en función de las necesidades y requerimientos del usuario de la edificación.

En estos campos se recoge la mayor cantidad de aspectos que pueden ser afectados directamente por las lesiones constructivas de los sistemas o componentes de la edificación. Para lo cual se establecen atributos que deben ser tomados en cuenta en cada uno de los campos definidos. Cada campo tiene asignado un valor en función de su nivel de importancia y, cada atributo fue ponderado a partir de su nivel de importancia dentro del campo al que pertenece, de forma tal que:

$$Pa_{(Nia=3)} = 0,75$$

$$Pa_{(Nia=2)} = 0,50$$

$$Pa_{(Nia=1)} = 0,25$$

Donde:

Pa: Ponderación del atributo

Nia: Nivel de importancia del atributo

Tabla 2. Importancia de los campos y atributos. Fuente: elaboración propia

Campos	Nivel de importancia	Atributos	Ponderación
Estructura	3	Cargas	0,75
		Capacidad resistente	0,75
		Uniones	0,75
		Elementos estructurales	0,75
		Elementos no estructurales	0,50
		Instalaciones eléctricas	0,50
		Instalaciones hidráulicas	0,75
		Instalaciones sanitarias	0,75
		Instalaciones de combustibles	0,75
		Instalaciones tecnológicas	0,75
Funcionalidad	3	Procesos	0,75
		Flujos	0,75
Salud y seguridad	3	Contaminación del aire	0,75
		Contaminación del agua	0,75
		Contaminación lumínica	0,50
		Contaminación visual	0,50
		Contaminación sonora	0,50
		Contaminación electromagnética	0,50
		Contaminación térmica	0,50

		Efectos psicológicos	0,50
		Peligro de electrocución	0,75
		Peligro de enfermedades	0,75
		Peligro a accidentes	0,75
Medio ambiente	3	Seres vivos	0,75
		Clima	0,50
		Recursos naturales	0,50
Afectación económica	2	Actividad económica	0,50
		Proceso de producción	0,50
		Afectación a terceros sistemas	0,50
Confort	2	Confort visual	0,50
		Confort higrotérmico	0,50
		Confort acústico	0,50
		Confort olfativo	0,50
		Confort psicológico	0,50
		Confort por oscilaciones	0,50
Estética	1	Conceptos	0,50
		Formas	0,50
		Colores	0,50
Disponibilidad	2	Mano de obra especializada	0,75
		Materiales especiales	0,75
		Tecnología de avanzada	0,75
Costo por reparación	2	Mano de obra	0,75
		Materiales	0,75
		Tecnología	0,75
Valor	2	Patrimonial	0,75
		Potencial arqueológico	0,50
		Cultural	0,50
		Significación social	0,50
		Autenticidad	0,50
Calidad	2	Propiedad de los materiales	0,50
		Diseño del elemento	0,50
		Integridad	0,75

Con la ponderación de los campos y atributos se procede al cálculo del nivel de importancia por la ecuación (2), para lo cual se tiene:

$$\sum Ni = \sum [Nic + \sum Pa]$$

(2)

Donde:

Ni: Nivel de importancia

Nic: Niveles de importancia de los campos

Pa: Ponderación de los atributos

Para la obtención del índice de impacto se empleará la Tabla 3, ubicando la suma de los niveles de importancia de los campos afectados por cada una de las lesiones identificadas en el intervalo correspondiente. Es en este índice donde se tiene en cuenta la afectación a las personas residentes o visitantes de los inmuebles estudiados, pues dentro de los campos salud y seguridad, medio

ambiente, confort, estética y valor se destacan atributos tan importantes como la contaminación del aire, del agua, el bienestar psicológico y la significación que tiene la edificación para sus usuarios.

Tabla 3. Índice de impacto patrón. Fuente: elaboración propia

Impacto	Índice de impacto	Σ Niveles de importancia	Descripción
Severo	3	> 20	El impacto se tendrá en cuenta según la cantidad de campos que afecte un mismo deterioro
Moderado	2	15 - 20	
Perceptible	1	< 5	

c) Determinación del índice de detectabilidad

Detectabilidad: Parámetro asociado a la dificultad para detectar y/o analizar el estado de un deterioro, tomando en consideración los recursos para acometer estas actividades. El índice de detectabilidad se determina a partir de los recursos necesarios para la detección de la lesión, tal cual se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Índice de detectabilidad patrón. Fuente: elaboración propia

Detección	Índice de detectabilidad	Descripción
Baja	3	Hay pocas posibilidades de detectar la aparición de la lesión primaria (se requiere opinión de expertos y tecnología)
Media	2	La probabilidad de detección de la lesión primaria es moderada (se requiere opinión de expertos)
Alta	1	Por lo general es fácil de detectar la aparición de la lesión primaria (cualquiera puede detectar la aparición)

d) Determinación del índice y nivel de criticidad

Una vez determinados los índices de frecuencia, impacto y detección, se procede al cálculo del índice de criticidad por la ecuación (1). El valor obtenido por la ecuación no brinda límites para los intervalos de los diferentes niveles de criticidad, es por ello que se recomienda el análisis a través de una matriz patrón (Tabla 5).

Matriz patrón: Es una matriz con base en un código de colores, donde la intersección de los índices de frecuencia e impacto, según su posición en la matriz, define un nivel de criticidad.

Tabla 5. Matriz de criticidad patrón. Fuente: elaboración propia

Matriz de criticidad		Impacto		
		1	2	3
Frecuencia	3			
	2			
	1			
Niveles de criticidad				
Alto (A)		Medio (M)		Bajo (B)

Con los resultados de la matriz por cada una de las lesiones analizadas se tiene la combinación de la cantidad de veces que aparece un daño y el impacto que este genera sobre los campos y los atributos, por lo que se contribuye a la toma de decisiones.

3.5.2. Técnica de Pareto

Este método plantea que el 20% de las causas provocan el 80% de las consecuencias por lo que se considera que, a partir del análisis estadístico de las frecuencias, aquellos daños con frecuencia acumulada igual o superior a 80, presentan criticidad alta. A partir de aplicaciones previas durante el estudio de aplicabilidad de esta herramienta, se considera que su empleo es conveniente para la evaluación del sistema de instalaciones. Para el análisis por la Tabla 6, se toman como valores de frecuencia el conteo de deterioros o el porcentaje del área afectada, y se propone, además, el análisis del impacto generado por los daños identificados, tomando como dato para este, el nivel de importancia determinado por la ecuación (2). Luego se realiza el resumen por clases para determinar la importancia de una categoría con respecto a otra, es decir, entre las categorías alta criticidad, media criticidad y baja criticidad resultado de la evaluación de las lesiones identificadas (Tabla 7).

Tabla 6. Frecuencias acumuladas de ocurrencia e impacto. Fuente: elaboración propia

Identificación de la falla	Frecuencia/ impacto de deterioros	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Suma acumulada	Frecuencia acumulada	Clasificación por categorías
1	-	-	-	-	-	A
2	-	-	-	-	-	A
3	-	-	-	-	-	A
4	-	-	-	-	80	A
5	-	-	-	-	-	B
...	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	C
Total	-	-	-	-	-	

Tabla 7. Análisis de las clases

Clase	% de rubros dentro de la clase	% acumulado que representa cada clase	Relación	Razón de importancia absoluta	Razón de importancia relativa
A	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	-

3.5.3. Método de los impactos

Este método establece 16 parámetros técnicos, funcionales y económicos descritos en la Tabla 8 para la evaluación de los deterioros en los edificios. Su empleo es conveniente para la evaluación de los elementos no estructurales, debido a su carácter cualitativo. Cada parámetro tiene definidas tres categorías, alta criticidad, media criticidad y baja criticidad, por lo que cada lesión debe ser comparada con la descripción de estas categorías establecidas en el método para seleccionar la categoría con la cual se corresponda la condición de la lesión.

Tabla 8. Descripción de los parámetros

Parámetros	Descripción
Intercambiabilidad	Consiste en la facilidad de ser sustituido el elemento deteriorado por otro similar
Régimen de Operación	Se refiere a la posibilidad de que el elemento pueda cumplir su función con presencia del deterioro
Nivel de utilización	Este representa la vida útil de cada parámetro de la edificación
Parámetro principal	Se refiere a un parámetro característico del elemento que garantiza la calidad de su función
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
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
Grado de automatización	Este parámetro evalúa los grados de libertad del elemento para trabajar sin la acción del hombre
Seguridad operacional	Consiste en evaluar la medida en que el elemento puede afectar al hombre
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
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
Condiciones de explotación	Tiene en cuenta las condiciones que caracterizan la explotación del elemento
Protección del medio ambiente	Se refiere a la posible afectación al medio que produce la existencia del deterioro
Comportamiento precedente	Se refiere a la aparición repetida de un deterioro en un mismo elemento
Calificación del operario	Está relacionado con el nivel y habilidad del operario que tiene la responsabilidad del mantenimiento y reparación del elemento
Caracterización de trabajos de reparación	Se refiere a la necesidad de controlar rigurosamente la actividad que realiza el operario en la reparación de un deterioro
Valor del trabajo de detección del deterioro	Se refiere a lo que cuesta producir una hora de trabajo durante la explotación del elemento

El análisis por este método es puramente cualitativo, pero de igual forma se toman en consideración aspectos técnicos, funcionales, económicos y también al hombre como explotador de los sistemas.

En la metodología se emplean estas tres herramientas con el objetivo integrar en las evaluaciones tanto aspectos constructivos como medioambientales, y está dirigida, fundamentalmente, a edificios en explotación. Esto, no resulta una condición necesaria, pero sí es la condición que permite tener en cuenta el mayor número de campos y atributos en el sistema estructural y en el sistema de instalaciones, así como de parámetros en el sistema no estructural. Todo ello determina que, el resultado de la evaluación sea lo suficientemente abarcador para considerar la afectación en la seguridad y el bienestar de los usuarios, a partir de los daños identificados en cualquiera de los sistemas de la edificación.

3.6. Propuesta de intervención

A partir de la jerarquización de los deterioros y la determinación de sus niveles de criticidad, se debe elaborar un plan de intervenciones. Este debe estar dirigido a profundizar en el diagnóstico de los deterioros con mayor nivel de criticidad evaluados en cada uno de los sistemas componentes del edificio. Se debe tomar en consideración que los resultados de las herramientas anteriormente expuestos, 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 sistema o edificación, para establecer un orden de intervención a las zonas dañadas.

3.7. Propuesta de soluciones

Para llevar a cabo una secuencia lógica de trabajo, una vez que esté definido el orden para la intervención al sistema o a la edificación, se debe realizar un estudio de las posibles soluciones de 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 identificados, que en algún caso pudieran evolucionar hasta provocar el colapso de un elemento o parte de la estructura de la edificación. Aunque desde el punto de vista constructivo, las soluciones deben estar orientadas a la eliminación o mitigación de las causas y de los propios daños, es importante, además, proporcionar soluciones de tipo administrativas. Estas soluciones van más allá de las soluciones técnicas, pues deben estar dirigidas a contrarrestar los efectos adversos que causan las lesiones constructivas sobre los usuarios de la edificación.

Ventajas de la aplicación de la metodología propuesta

La metodología propuesta emplea el análisis de criticidad, la técnica de Pareto y el método de los impactos para determinar el estado constructivo de los sistemas componentes de las edificaciones, a la vez que garantizan la evaluación integral de las lesiones identificadas, pues en ellos se analiza la influencia de los daños constructivos sobre todos o casi todos los elementos que intervienen en las relaciones y el desarrollo de los individuos dentro de los inmuebles. El estudio de las frecuencias de ocurrencia de las lesiones, el impacto generado por estas y la facilidad para la detección o el análisis de un daño, así como, los campos, atributos, parámetros y categorías establecidas en las herramientas, permiten la jerarquización de los daños, los elementos o los sistemas en estudio, criterio fundamental para la toma de decisiones. Las herramientas de la confiabilidad operacional ajustadas para su empleo en evaluaciones constructivas garantizan la valoración de aspectos que no se evidenciaban en este tipo de metodologías, los que inciden de forma directa en la sociedad, pues las condiciones del entorno modifican el estado de ánimo, la salud y el bienestar de los individuos que en él habitan o se desarrollan.

4. Conclusiones

La metodología propuesta con las herramientas ajustadas logra un acercamiento a la realidad de interrelación de los factores que coexisten en un espacio determinado, por lo que aporta criterios de evaluación, no solo dirigidos al patrimonio construido, sino que toma en consideración la incidencia de los daños constructivos sobre elementos del patrimonio sociocultural existente en la edificación caso de estudio y el entorno de emplazamiento. Esto enriquece los modos de actuación sobre la edificación y por tanto, se garantiza evitar el olvido y evidenciar los valores culturales y patrimoniales del edificio y su entorno, para velar por la permanencia en estos, de la identidad que caracteriza a la nación.

Referencias

1. Ávila, L., Blanco, E., Lizarazo, L., *Contaminación bacteriana y fúngica del aire interior y su relación con el síndrome del edificio enfermo*. Salud UIS, 2024. **56**. <https://doi.org/10.18273/saluduis.56.e:24028>.
2. Cubillas, L. *La psicología ambiental en el diseño bioclimático*. in *VIII Congreso al encuentro de la psicología mexicana*. 2007. Morelia, México.
3. del Sol, I., *Medición del impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo socioeconómico territorial*. Revista Cubana de Ciencias Económicas ECOTEMAS, 2021. **7**(2): p. 15-31.
4. Pérez, L., Llanes, M., *Propuesta de herramientas de la confiabilidad operacional al diagnóstico de edificios*. Revista Ciencia y Construcción, 2021. **2**(4): p. 94-105.
5. Durán, R., González, M., Ruíz, J., *Evaluación del comportamiento estructural del edificio El Marvy*. Ciencia en su PC, 2018. **1**(4): p. 84-94.
6. Diéguez, I., Calderín, F., Ruíz, J., *Diagnóstico estructural de los edificios IMS de 18 niveles del centro urbano Sierra Maestra*. Ciencia en su PC, 2011: p. 47-57.
7. Candebat, D., Leyva, K., Centray, J., *Un nuevo enfoque para la estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica de instalaciones educativas*. Revista de Arquitectura e Ingeniería, 2020. **14**(1): p. 1-14.
8. Alamino, Y., Kuchen, E., *Indicadores para evaluar el rendimiento de usuarios de oficina en clima templado cálido*. Informes de la Construcción, 2021. **73**(564).
9. Villalpando, A., *Psicología ambiental y el diseño de entornos sociofísicos. Explorando la habilidad a través del comportamiento humano*. Un año de diseñarte, mm1, 2021(23).
10. Burbano, A., Páramo, P., *El tercer maestro: La dimensión espacial del ambiente educativo y su influencia sobre el aprendizaje*, 2021. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
11. Quiñonez, R., Quiñonez, J., Zambrano, T., González, L., Quiñonez, E., *Análisis del mantenimiento preventivo en instalaciones eléctricas residenciales de las familias esmeraldeñas*. Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies, 2023. **3**(1): p. 326-332. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v3il.605>.
12. Fernández, R., Fernández, P. *BREAM en uso: estándar líder mundial en la evaluación de la sostenibilidad de edificios existentes*. in *CONTART, IX Convención Internacional de la Arquitectura Técnica*. 2022. Toledo, España.
13. Quesada, F., *Métodos de evaluación sostenible de la vivienda: Análisis comparativo de cinco métodos internacionales*. Revista Hábitat Sustentable, 2014. **4**(1): p. 56-67.
14. Schierloh, M., Souchetti, R., Alza, L., Almeida, A. *Evaluación del daño en estructuras de hormigón armado y mampostería*. in *CINPAR 15 Congreso Internacional de Patología y Recuperación de Estructuras*. 2019. Salta, Argentina: Universidad Nacional de Salta.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los especialistas encuestados durante el desarrollo de la investigación y a estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil que participaron en el proceso de esta investigación.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran originalidad de la presente investigación y ausencia de plagios en esta. Además, se asegura la ausencia de conflicto de intereses con este artículo por lo que se exime a la revista de cualquier reclamación al respecto.

Contribución de los autores

Liyen Pérez Quiñones. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1908-2237>

Participó en el diseño de la investigación, en la conformación de la metodología de evaluación y redacción del manuscrito.

Marietta Llanes Pérez. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3917-8175>

Participó en el diseño de la investigación, en la revisión de la metodología de evaluación y redacción del manuscrito.

Alejandro López Llanusa. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9938-837X>

Participó en el diseño de la investigación, en la revisión de la metodología de evaluación y redacción del manuscrito.