

Poster

Categorías de ensayos no destructivos que aportan al análisis del mantenimiento preventivo

Ridl, María Rosa; Orero, Gabriela; Muchinsky, Valeria;

Colaboradores: Von Martin, Karen; Villegas Romero, Laura

maria.ridl@fadu.uba.ar; gabriela.orero@fadu.uba.ar;

valeria.muchinsky@fadu.uba.ar

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Programa de Mantenimiento Habitacional PMH. Cátedra Muchinsky, Patología de la Construcción, Mantenimiento y Rehabilitación del Hábitat. Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Línea temática 2. Categorías, clasificaciones y métodos

Palabras clave

Clasificación, Ensayos No Destructivos -END-, Mantenimiento, Obras civiles y patrimoniales.

Resumen

El mantenimiento preventivo trata de optimizar las tareas de revisión, ajustes y mejoras, en cualquier etapa del ciclo de vida de las construcciones. Para ello utiliza de forma complementaria distintas herramientas, técnicas y métodos que le permiten alcanzar de una forma integral el análisis y diagnóstico y consecuentemente identificar las estrategias de mantenimiento más asertivas.

Una de estas herramientas son los Ensayos no Destructivos –END-, también denominadas Pruebas no Destructivas –PND o NDT (sigla en inglés Non Destructive Testing).

Se entiende por ensayo no destructivo ...a una combinación de diversas técnicas de inspección que pueden ser utilizadas individualmente o de manera conjunta con la finalidad de evaluar la

integridad y las propiedades de un material, de un componente o de un sistema ⁽¹⁾.

Los exámenes END son inocuos, permiten inspeccionar sin dañar los elementos en el transcurso del estudio y seguir en funcionamiento durante y después del mismo. Se utilizan frecuentemente en la localización, la caracterización y el dimensionamiento de las discontinuidades inherentes a un elemento como también sus desgastes y degradaciones.

Los END son muy utilizados en la actividad industrial de forma rutinaria, donde la falla de un componente podría causar un peligro significativo no solo a las personas sino también en lo tecnológico y económico.

Clasificaciones:

Para conocer el estado de los materiales, según su técnica de construcción, se pueden aplicar algunos END, compendiados en 3 grupos que consideran:

- 1- La **defectología**: se define como el estudio de los defectos en las cosas. Permiten la detección de discontinuidades, evaluación de la corrosión y deterioro por agentes ambientales, determinación de tensiones, detección de fugas, entre otros y así evitar errores en la cadena de producción.
- 2- La **caracterización**: evalúa las características relacionada con sus propiedades tanto químicas, estructurales, mecánicas y tecnológicas de los materiales como propiedades físicas (elásticas, eléctricas y electromagnéticas), transferencias de calor y trazado de isoterma, etc.
- 3- La **metrología**: se define como la ciencia que estudia los sistemas de pesas y medidas, de las distintas cosas, por ejemplo, control de espesores, medidas de recubrimiento, niveles de llenado en volúmenes, etc..

Esto permitirá según lo que se desea averiguar del material, sus defecto, características y dimensiones aplicando métodos, técnicas y herramientas que van desde la inspección visual, mapeo de daños, hasta el uso de escáner u otras pruebas complementarias.

En el caso de que se considere la posición o localización de las discontinuidades se pueden agrupar según su ubicación se detecte sobre la superficie y el volumen y/o en otros se considere la hermeticidad.

¹ Definición recuperada en: <https://nucleom.ca/es>

Estas pruebas no destructivas suministran información acerca de la salubridad del material en la **superficie**, algunos de ellos son: la *Inspección Visual y los Líquidos Penetrantes –que actúan únicamente en la detección de discontinuidades abiertas en la superficie, mientras que la Partículas Magnéticas y el Electromagnetismo consideran las discontinuidades superficiales como las sub-superficiales debajo de la superficie.*

Mientras que las pruebas no destructivas **volumétricas**, *proporcionan información acerca de la salubridad interna y sub-superficiales de los materiales inspeccionados, algunos de estos métodos volumétricos END son la Radiografía Industrial, el Ultrasonido Industrial y la Emisión Acústica.*

Las pruebas no destructivas de **hermeticidad**, *proporcionan información del grado en que pueden ser contenidos los fluidos en recipientes, sin que se dispersen en la atmósfera o queden fuera de control. Estos métodos son las Pruebas de Fuga, las Pruebas de Cambio de Presión (sean neumática o hidrostática), Pruebas de Burbuja, Pruebas por Espectrómetro de Masas, Pruebas de Fuga con Rastreadores de Halógeno (2).*

En general, *...todos los END se basan en principios físicos que permiten determinar parámetros físicos que directa o indirectamente, pueden asociarse a las propiedades de los materiales, o su calidad constructiva...* (Laprida, 2021 (3), en las obras civiles o patrimoniales.

Según el principio físico de análisis que se usa para caracterizar las muestras, se pueden agrupar en distintos métodos y técnicas (4):.

- 1- **Inspección visual:** *La inspección ocular de los materiales es el tipo de ensayo no destructivo más elemental. Se usa para ver patologías a simple vista o con ayuda de anteojos, lupas u otro equipo de aumento, por ejemplo, fisuras, salpicaduras, manchas, grietas y otras.*
- 2- **Líquidos penetrantes:** *detectan fugas e irregularidades en las superficies de los materiales, se aplica un líquido fluorescente o*

²Datos recuperados de [https://www.interempresas.net/Sector-Automocion/Articulos/252588-Ensayos-no-Destructivos-\(END\)-Que-son.html](https://www.interempresas.net/Sector-Automocion/Articulos/252588-Ensayos-no-Destructivos-(END)-Que-son.html)

³ Laprida, S.: Los Ensayos No Destructivos en la Ingeniería Civil Argentina.. Comité de Ensayos No Destructivos en la Ingeniería Civil y el Patrimonio (CEND) de la AAENDE, Capítulo Argentino del ACI, AIE, CAI- 2021. Recuperado en: <https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2021/11/02-Laprida-Cel71-5.pdf>

⁴Recuperado en: <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/ensayos-no-destructivos-definicion-aplicacion/> y en: <https://www.infinitiaresearch.com/ingenieria-forense/analisis-de-fallos/>

coloreado sobre el exterior, observando filtraciones por capilaridad en las zonas dañadas del objeto.

- 3- **Ondas electromagnéticas:** *La caracterización de los materiales se produce por su interacción con ondas electromagnéticas como rayos X, gamma, ultravioleta, infrarrojos y microondas. Las pruebas más habituales son la radiografía industrial y la termografía que analizan las estructuras midiendo la absorción de radiación ionizante e infrarroja, respectivamente; así como los ensayos no destructivos con hormigón mediante ondas de georradar.*
- 4- **Ondas acústicas:** *También se aplican ultrasonidos y ondas acústicas de alta frecuencia para detectar desperfectos como grietas o poros en base a las variaciones en su trayectoria en todo tipo de materiales, incluyendo los metales.*
- 5- **Partículas subatómicas:** *Consiste en analizar las estructuras de los materiales mediante su exposición a elementos de carácter subatómico, como los neutrones, los protones y las partículas beta. El resultado de la interacción es un indicador fiable de la existencia de fallos en los compuestos.*
- 6- **Partículas magnéticas:** *Se utilizan para estudiar las irregularidades en los materiales ferromagnéticos. En este proceso se induce una corriente eléctrica y se esparce polvo metálico sobre la superficie para diagnosticar las zonas afectadas, donde tiene lugar la acumulación de polvo por permeabilidad.*
- 7- **Corrientes inducidas:** *Conocidas como “Eddy current” o “corriente de Foucault”, éste método se basa en la inducción de una corriente sobre un material conductor, para medir los gradientes de impedancia que provocan sus discontinuidades, detectando tanto el volumen como la profundidad de estas.*

Estas primeras categorizaciones, consideran que el análisis dependerá de múltiples factores, no solo del tipo de defecto, tamaño de pieza y localización en el material, elemento o la construcción edilicia que se analice, sino también, del principio físico que orientará en la búsqueda de herramientas y técnicas a fin de conocer nuevos datos que, de manera complementaria, ayuden en la toma de posibles soluciones para el mantenimiento preventivo.

Por ejemplo, en el análisis de una pieza de Hormigón Armado donde lo que se desea averiguar es su estado superficial, se pueden considerar

ensayos de Inspección visual y Líquidos penetrantes, Partículas Magnéticas y Corrientes inducidas, (detectan datos de superficie y sub-superficie).

Mientras que si se busca conocer el estado interno, lo que no está a la vista, se utilizan pruebas volumétricas como radiografías, ultrasonido, emisiones acústicas y termografías. (detectan discontinuidades internas y sub-superficiales principalmente) y si lo que se necesitan son pruebas de hermeticidad a fin de conocer su funcionamiento en el medio, se recurrirán a ensayos de fuga, de cambios de presión, espectros de masa, etc.

En todos los casos se requiere de distintos niveles de especialización, personas que evalúan e interpretan datos y utilicen tecnologías apropiadas.

Esta comunicación forma parte del proyecto PIA 2021, del Programa de Mantenimiento (PMH-FADU-UBA) donde se analizan distintos tipos de END aplicaciones y aportes al control de calidad, con el fin de contribuir de forma transdisciplinar y sostenible a la gestión del mantenimiento preventivo edilicio.

Conclusiones

Los aportes que realizan las categorías END al mantenimiento edilicio, permiten conocer distintos niveles de análisis, profundizar sobre los desajustes que se observan a simple vista o que se encuentran ocultos en las construcciones; nos proponen considerar métodos y técnicas que aportan al diagnóstico, a fin de poder esclarecer posibles intervenciones en el mantenimiento preventivo, que prolonguen la vida útil de los edificios.

La principal ventaja que presentan los END es que se pueden realizar en cualquier paso de un proceso productivo, tanto en materias primas (de origen natural (piedras, maderas, etc) como manufacturadas (hierro, ladrillos, hormigón, etc.), al momento de la ejecución, inspección final y etapas de mantenimiento. Estas inspecciones y comprobaciones permiten que se realicen en partes y componentes que se encuentran en servicio, sin alterar el uso. Por otro lado, redundan en beneficios económicos, los END no destruye objetos analizados y contribuyen en la disminución de posibles accidentes causados por defectos en piezas o materiales.

Como limitaciones, los END requieren de una inversión inicial alta (costo de equipos, software, etc). Asimismo, la propiedad física a controlar es medida de forma indirecta, lo que puede llevar a distintas

interpretaciones, cuando no existen patrones de referencia, una misma indicación puede ser interpretada de forma diferente por dos o más inspectores, por ello requiere de Personal altamente capacitado y calificado.

Bibliografía

Broto, C. (2005). *Enciclopedia broto de patologías de la construcción*. Barcelona, España. Disponible en: https://higieneyseguridadlaboralcvb.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia_broto_de_patologias_de_la_construccion.pdf

Laprida, S. (2021): Los Ensayos No Destructivos en la Ingeniería Civil Argentina. Revista Ciencia e Investigación, Tomo 71, N° 5 – pág. 28-44. 2021. Recuperado en: <https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2021/11/02-Laprida-Cel71-5.pdf>

Dunowicz, R. (2003). *El desempeño edilicio: los edificios a través del tiempo*. Ediciones FADU. Buenos Aires

Dunowicz, D. y Maronna, A. Hacia la certificación de la calidad del proceso proyectual. *CONPAT 99*

Monjé Carrio, J. (2005), Definiciones de materia, material, técnica y tecnología recuperadas en: https://www.researchgate.net/publication/26524629_La_evolucion_de_los_sistemas_constructivos_en_la_edificacion_Procedimientos_para_su_industrializacion

Página Web de Asociación Argentina de Ensayos No Destructivos y Estructurales: <http://aaende.org.ar/>

Muchinsky, V.; Orero, G.; Ridl, R. (2022). *Patología de la Construcción, Mantenimiento Y Rehabilitación del Hábitat. Apuntes de Cátedra Muchinsky*. FADU. Buenos Aires.

Muchinsky, V.; Orero, G.; Ridl, M. R. (2019). La mejora de la calidad de vida mediante la analogía de campos disciplinares. La metodología de estudio de salud en la arquitectura. En *Actas 2018 SI+campos. XXXII Jornadas de Investigación y XIV Encuentro Regional*. FADU-UBA, p.2608-2623. Disponible en: <https://publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/actas/article/view/538/792>

ISO 19208:2016. Marco para especificar el desempeño en edificios.

Aportes de las categorías END al análisis del mantenimiento preventivo

Ridl, María Rosa; Orero, Gabriela; Muchinsky, Valeria

Colaboradores: Von Martin, Karen; Villegas Romero, Laura
Universidad de Buenos Aires – Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Programa de Mantenimiento Habitacional – Buenos Aires, Argentina

maria_ridl@fadu.uba.ar - gabriela.orero@fadu.uba.ar - valeria.muchinsky@fadu.uba.ar

Línea Temática 2: Categorías, Clasificaciones y Métodos

Palabras clave: "Clasificación" "END" "Mantenimiento" "Obras Civiles y Patrimoniales"

Las categorías END agrupan métodos, técnicas y herramientas que, en el análisis comparativo, permiten considerar ventajas y desventajas a fin de seleccionar las más adecuadas para utilizar en el mantenimiento preventivo.

Esta comunicación forma parte del proyecto PIA-2021, con sede en el Programa de Mantenimiento (PMH-FADU-UBA) donde se analizan distintos tipos de END sus aplicaciones y aportes al control de calidad, con el fin de contribuir a la gestión del mantenimiento preventivo edilicio.

Los END, son una herramienta más que aporta al diagnóstico, delimitan niveles de actuación y ayudan a definir estrategias de intervención, por ello importa su clasificación.

Se entiende por Ensayos no Destructivos –END- al uso de técnicas no invasivas para descubrir, localizar y evaluar los defectos en la superficie o en el interior del material, propiedades y componentes de una obra que pueden o no observarse a simple vista.

Material	Madera			
Aplicación:	Se realizan estudios de defectos, mediciones y caracterizar al material por medio de distintas técnicas complementarias			
¿Qué información se requiere?	¿Qué ensayos se recomiendan?	¿Qué principio físico se aplica?	¿Qué técnica se recomienda aplicar?	¿Dónde se aplica?
Defectos visibles	Inspección Visual		Mapeos, dirección, localización, etc.	Superficie
Dimensiones, flechas, desvíos constructivos	Relevamiento geométrico		Radiografía con Film Radiografía Digital	Volumétrica
Estado interior de la madera (oquedades, ataque biológico, etc.)	Radiografía	Técnicas Radiantes	Radiografía con Neutrones	Volumétrica
Humedad y densidad	Radiometría Xilografía		Radiometría para medición de humedad y densidad	Volumétrica

Figura 2: Algunos Ensayos y datos sugeridos por material; por ejemplo en Madera.
Fuente: Elaboración propia, en base a la Tabla 1 y 2: Lapidra-Cel71-5.pdf pág 8 de 15.-

Corolario: las categorías END aportan al mantenimiento edilicio, niveles de análisis, que permiten clasificar desajustes que se observan a simple vista u ocultos. Consideran métodos y técnicas que aportan al diagnóstico transdisciplinar e integral en la gestión del mantenimiento preventivo, que prolonguen la vida útil de los edificios.

Principales ventajas: los END se pueden realizar en cualquier paso del proceso productivo, partes y componentes, inspecciones y comprobaciones que se realizan en servicio, sin alterar el uso, y sin destruir los elementos. Asimismo, contribuyen en la disminución de posibles accidentes causados por defectos en piezas o materiales.

Algunas limitaciones: los END demandan una inversión inicial significativa, por el costo de equipos, software, etc., y requiere de personal altamente capacitado y calificado para su uso e interpretación de informes.

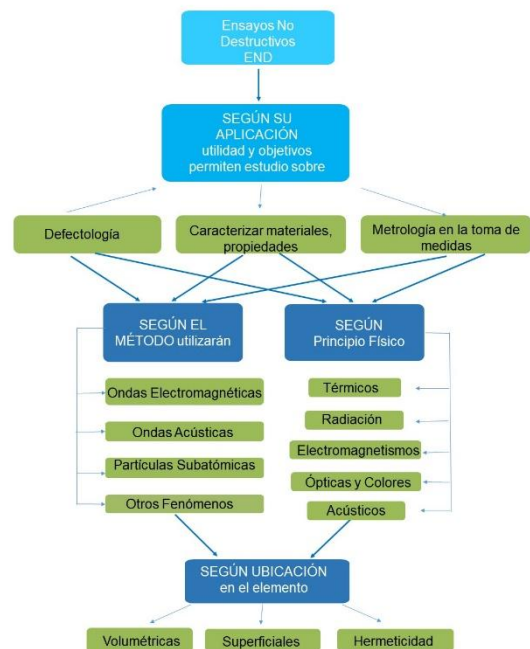


Figura 1: Clasificación END según su aplicación, método y ubicación.
Fuente: Elaboración propia

Inspección Visual Norma UNE 56.544	Inspección mediante ultrasonido	Detección auditiva	Inspección Xilohigrómetro	Inspección ultrasónica
Establece la calidad de la especie arbórea a través de las singularidades de la madera, nudos, fendas, etc.	Estimación del módulo de elasticidad.	Identificación de insectos xilófagos, carcoma, termitas otros.	Mide la humedad en la madera.	Estimación cualitativa de la degradación mediante técnicas acústicas.

Figura 3: Ensayos utilizados en Madera, para detectar desperfectos, elasticidad, humedad, e insectos xilófagos.
Fuente: Elaboración propia, en base a la Tabla 1 y 2: Lapidra-Cel71-5.pdf pág.6 de 15.- imágenes varias de internet