

Propuesta preliminar de Sistema Experto para determinar el método de Ensayo No Destructivo aplicado a una Central Hidroeléctrica

Javier H. Lafont^{1,2}, Marisa Panizzi¹, Iris Sattolo¹, Carlos Desimone², Claudio Ziobrowsky²,
Alejandro García², Alba Obrutsky², Jorge Méndez², Daniel Acosta²

¹ Facultad de Informática, Ciencias de la Comunicación y Técnicas Especiales, Universidad de Morón
Cabildo 134 – CP(1708) – Morón – Prov. de Bs. As.
Tel: 5627-2000

² Departamento de Ensayos No Destructivos y Estructurales, Comisión Nacional de Energía Atómica,
Centro Atómico Constituyentes.
Av. Gral. Paz 1499 – CP(1650) – San Martín – Prov. de Bs. As.
Tel: 6772-7470

lafontjavier@hotmail.com, marisapanizzi@speedy.com.ar, iris.sattolo@gmail.com, desimone@cnea.gov.ar,
ziobrowsky@cnea.gov.ar, aldarcia@cnea.gov.ar, obrutsky@cnea.gov.ar, mendez@cnea.gov.ar,
dacosta@cnea.gov.ar.

Resumen.

El propósito de esta línea de investigación consiste en la conceptualización de un Sistema Experto que permite determinar que método de Ensayo No Destructivo es el indicado para ser aplicado en una Central Hidroeléctrica. Se empleará para ello la metodología I.D.E.A.L., de la Ingeniería del Conocimiento. En este estadio del trabajo de investigación se realizó la definición del dominio, el cálculo de viabilidad de la propuesta y la adquisición del conocimiento de los expertos. Luego se avanzará con la conceptualización, formalización, y con los casos de prueba. Este trabajo aportará a los usuarios una herramienta que determinara el método y el tipo de técnica de Ensayo No Destructivo a emplear. En el dominio del SE, se consideran factores como las características del material, las etapas del procesos de fabricación, de terminación, de transformación y de servicio; como también, las características de las discontinuidades que deseamos detectar en el material.

Palabras clave:

Sistema Experto/ Ingeniería del Conocimiento/ método de Ensayo No Destructivo/ técnica de ensayo.

Contexto.

Esta línea de investigación, tuvo su origen debido a la falta de un sistema informático que pudiera determinar el método de ensayo no destructivo. La solución propuesta se encuentra enmarcada en la Ingeniería del Conocimiento, más específicamente en los sistemas expertos. La propuesta del sistema experto podrá ser aplicada en diferentes campos, como por ejemplo, en una Central Hidroeléctrica véase *Figura Nro.1*, en una Central Nuclear, en una Central Térmica o en una fábrica industrial.

Los expertos con los que se trabajará se encuentran en la Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Constituyentes, en el Departamento Ensayos No Destructivos y Estructurales.

Introducción.

Los ensayos no destructivos se han practicado por muchas décadas. Se tiene registro de las mismas desde 1868, cuando se comenzó a trabajar con campos magnéticos. El método de prueba no destructiva original, y más antiguo, es la *inspección visual (IV)*. (Báez, 1985).



Figura Nro. 1. Imagen de la represa (Central Hidráulica).

Los **Ensayos no Destructivos END** (castellano) Non Destructive Testing NDT (inglés), son herramientas fundamentales y esenciales para el control de calidad de materiales de ingeniería, procesos de manufactura, confiabilidad de productos en servicio y mantenimiento, cuya falla prematura puede ser muy costosa.

Se definen como aquellos métodos de ensayo utilizados para examinar o inspeccionar un material o un sistema sin impedir la utilidad futura del mismo. (Alba Obrutsky, 2006).

Se plantea un objeto que se va a ensayar, que en este caso es una unidad de turbina, véase *Figura Nro.2*, compuesta por cinco álabes identificada con una letra, y posee dos lados de inspección “aguas arriba” y “aguas abajo”.

Investigan específicamente la integridad material del objeto ensayado para permitir establecer el desempeño futuro del mismo.

Son de fundamental importancia para la detección, análisis y evaluación de discontinuidades, defectos y para la caracterización de materiales.

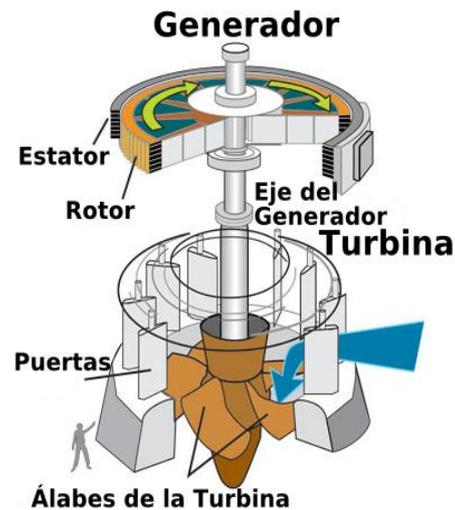


Figura Nro. 2. Unidad de turbina.

Están orientados al diagnóstico de componentes, sistemas y estructuras de instalaciones, con el propósito de garantizar su operación segura y confiable, sin alterar ni su integridad ni sus propiedades.

Los Métodos de Ensayos No Destructivos son:

1. Inspección Visual.
2. Líquidos Penetrantes.
3. Partículas Magnéticas.
4. Ultrasonido (véase *Figura Nro.3*).
5. Termografía Infrarroja.
6. Radiografía Industrial.
7. Corrientes Inducidas.
8. Pruebas de Fuga.
9. Emisión Acústica.



Figura Nro. 3. Inspección por Ultrasonido.

Para la construcción del dominio de la aplicación se revisaron los conceptos de los métodos de END, con sus respectivas técnicas (Asociación Española de END, Partículas Magnéticas – Ultrasonido - Líquidos Penetrantes, 2006) y la estructura de la unidad de turbina de una central hidroeléctrica (Luis Antonio Restrepo Arango, 2007).

En la actualidad esta tarea es realizada manualmente por una persona experta en END (Ensayos No Destructivos) con una calificación de nivel dos de cada uno de los métodos de END y puede llegar a demorarse entre 24 a 48 horas.

Para poder evaluar la conveniencia de resolver el problema con la construcción del prototipo, se llevó a cabo el estudio de viabilidad siguiendo los lineamientos propuesto en la metodología I.D.E.A.L. (García Martínez, 2004). Se analizaron las siguientes dimensiones: éxito, justificación, plausibilidad y adecuación. Los resultados de los cálculos, se presentan en la *Tabla Nro.1*.

Dimensión	Peso	Valores Intervalo					Peso*Valor			
Plausibilidad	8	8.78	9.15	7.83	8.291	70.232	73.18	62.672	66.328	
Justificación	3	7.8	8.8	10	10	23.4	26.4	30	30	
Adecuación	8	6.94	7.9	7.19	8.184	55.496	63.17	57.488	65.472	
Éxito	5	6.56	7.62	8.93	9.899	32.78	38.12	44.655	49.495	
	24					181.908	200.9	194.82	211.3	

Intervalo Resultado Final: **7.5795 8.369 8.117 8.804**

RESULTADO FINAL: 8.2

Tabla Nro. 1. Estudio de viabilidad realizado para el SE para determinar el método de END aplicado a una Central Hidroeléctrica

El cálculo final del estudio dio como resultado final **8.2**, indicando de esta manera que era posible llevar a cabo el desarrollo del mismo.

El domino del conocimiento, se construye a través de la aplicación de entrevistas del tipo estructurado,

propuestas en el ciclo de educación detallado propuesto por la metodología I.D.E.A.L. (García Martínez, 2004).

Esta adquisición tuvo dos facetas de extracción, la de los conocimientos públicos en la cual se revisaron los conceptos de ensayos no destructivos (Obrutsky Alba, 2006), ensayos no destructivos de líquidos penetrantes (AEND - Asociación Española de Ensayos No Destructivos, 2006), ensayos no destructivos, partículas magnéticas (AEND - Asociación Española de Ensayos No Destructivos, 2006), y ensayos no destructivos ultrasonido (AEND - Asociación Española de Ensayos No Destructivos, 2006).

Se revisaron la propuesta de ensayos no destructivos de Báez (Báez, 1985), antecedentes de ultrasonido de Echeverría (Echeverría, 2002) y cuestiones asociadas a la energía hidroeléctrica (Restrepo Arango, 2003).

La otra faceta, la educación de los conocimientos privados de los expertos, que se alterna cíclicamente con la etapa de conceptualización para poder modelizar el comportamiento del experto.

Para la educación del conocimiento privado se trabajó con los siguientes expertos:

Ing. Carlos Desimone
(Ingeniero Mecánico).

Mg. Ing. Claudio Ziobrowsky
(Magister en Materiales,
Ingeniero Metalúrgico).

Ing. Alejandro García
(Ingeniero Electrónico).

Ing. Alba Obrutsky
(Ingeniera Metalúrgica).

Ing. Jorge Méndez
(Ingeniero Metalúrgico).

Ing. Daniel Acosta
(Ingeniero Electromecánico).

Se está analizando que herramienta de desarrollo se utilizará para poder realizar el prototipo. Estas herramientas pueden ser: Kappa-PC, Lisp, Shells o APL y coinciden con lo propuesto en la metodología I.D.E.A.L. (García Martínez, 2004)

En esta propuesta de trabajo de los nueve métodos de END, se desarrollaron tres, de los cuales son:

1. *Líquidos Penetrantes.*
2. *Partículas Magnéticas.*
3. *Ultrasonido.*

A su vez, cada uno de estos métodos están formados por distintas tipos de técnicas de END, de los cuales son:

1. *Líquidos Penetrantes.*
 - *Líquidos Coloreados.*
 - *Líquidos Fluorescentes.*
2. *Partículas Magnéticas.*
 - *Vía Seca Coloreado.*
 - *Vía Seca Fluorescente.*
 - *Vía Húmeda Coloreado.*
 - *Vía Húmeda Fluorescentes*
3. *Ultrasonido.*
 - *Pulso Eco*

Para que el Sistema Experto devuelva como solución el Método y su tipo de técnica de END, el mismo tendrá que realizar los pasos que se encuentran en la *Tabla Nro. 2.*

1. Identificar el material	2. Identificar las etapas del proceso	3. Clasificar las discontinuidades a detectar
1.1. Identificar la composición química.	2.1. Identificar el proceso de fabricación.	3.1. Clasificar la forma.
1.2. Identificar la geometría.	2.2. Identificar el proceso de terminación.	3.2. Clasificar la posición.
1.3. Identificar material según tipo metálico.	2.3. Identificar el proceso de transformación.	3.3. Clasificar las dimensiones.
1.4. Identificar las limitaciones en el campo de observación.	2.4. Identificar el proceso de servicio.	
1.5. Identificar la calidad superficial.		

Tabla Nro. 2. Etapas de evaluación del material para la selección del método de END.

Resultados Obtenidos/ Esperados.

Para avanzar con el objetivo propuesto en esta línea de investigación, se analizaron diferentes metodologías para la construcción de Sistemas Expertos, optando por trabajar con la metodología I.D.E.A.L.

Actualmente se está trabajando en la construcción del prototipo.

Se espera contar con el prototipo finalizado y los casos de prueba necesarios a modo de ser presentado en CACIC 2013.

De esta línea de investigación se desprende la posibilidad de completar los métodos de ensayo que quedaron fuera del alcance de esta solución.

Formación de Recursos Humanos.

El equipo está integrado por un tesista que se encuentra desarrollando su trabajo de fin de carrera tutorado por una docente de la cátedra de Trabajo de Diploma (asignatura de fin de carrera) y una ayudante de cátedra.

Se pretende realizar la transferencia de esta línea de investigación a futuros tesistas para que completen el alcance del sistema experto.

Bibliografía.

AEND - Asociación Española de END, V.: Ensayos No Destructivos, Líquidos Penetrantes. Nivel II. (2006).

AEND - Asociación Española de END, V.: Ensayos No Destructivos, Partículas Magnéticas. Nivel II. (2006).

AEND - Asociación Española de END, V.: Ensayos No Destructivos, Ultrasonido. Nivel II. (2006).

Askeland, Donald R., V.: La ciencia e ingeniería de los materiales. Universidad de Missouri – Rolla – Estados Unidos. (1998).

Ing. Agüero, Alva Hugo L., V.: Metrología. Ensayos No Destructivos (2008).

Báez., V.: Introducción a los Ensayos No Destructivos. CNEA – CAC – UA ENDE – (1985).

Di Caprio, Gabriele., V.: Los aceros inoxidables. Grupinox – Barcelona (1999).

Ing. Echevarría, Ricardo., V.: Ultrasonido. Universidad Nacional del Comahue – Facultad de Ingeniería (2002).

García Martínez, R. y Britos, P., V.: Ingeniería de Sistemas Expertos. Nueva Librería, Buenos Aires – Argentina (2004).

Ing. Laufgang, Sergio G., V.: Aceros Inoxidables. Facultad de ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. (2003).

Montero, Ricardo., V.: Replicas Metalográficas. CNEA – CAC – UA ENDE – Instituto Sábato – UNSAM (2005).

NIDI (Nickel Development Institute), V.: Manual del Acero Inoxidable. Serie No 1. Universidad del Zulia, R. C. (2002).

Restrepo Arango, Luis Antonio., V.: La Energía Hidroeléctrica. Universidad Nacional de Colombia – Medellín (2007).

Obrutsky, Alba., V.: Introducción a los Ensayos No Destructivos. CNEA – CAC – UA ENDE – Instituto Sábato – UNSAM (2006).