

ENTRENAMIENTO Y CERTIFICACIÓN EN ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS: de cómo una decisión estratégica permitió que Argentina haya tenido un rol central en el desarrollo de la norma ISO que lo regula

Palabras clave: END, evaluación, inspección, ensayos.
Key words: NDT, evaluation, inspection, testing.

Las tecnologías comúnmente conocidas como Ensayos No Destructivos (END) representan una herramienta de diagnóstico difundido en toda actividad productiva. Los END colaboran tanto en la etapa de control de calidad en la fabricación, en la construcción, en la operación como en el mantenimiento y son fundamentales para garantizar seguridad, confiabilidad y eficiencia. Por ello se los considera una tecnología difundida estratégica.

Las personas que aplican estas tecnologías resultan claves para garantizar las características señaladas, por ello la normativa internacional es muy precisa y estricta en cómo debe ser el proceso de entrenamiento y calificación de las mismas. La norma más utilizada en el mundo en esta temática, la ISO 9712, tiene muchos conceptos que se desarrollaron oportunamente en la República Argentina. Este trabajo intenta reflejar el impacto que tienen estas tecnologías en nuestras vidas y poner de manifiesto esta contribución original de nuestro país.

Technologies commonly known as Non-Destructive Testing (NDT) represent a diagnostic tool widespread in all productive activities. NDTs collaborate both in the quality control stage in manufacturing, construction, operation and maintenance and are essential to guarantee safety, reliability and efficiency. For this reason they are considered a strategic widespread technology.

The people who apply these technologies are key to guaranteeing the characteristics indicated, for this reason international regulations are very precise and strict in how the training and qualification process should be. The most widely used standard in the world in this area, ISO 9712, has many concepts that were developed in a timely manner in Argentina. This work tries to reflect the impact that these technologies have on our lives and highlight this original contribution of our country.

■ 1-INTRODUCCIÓN:

Cada vez que un ser humano intentó avanzar en distintos tipos de emprendimientos su ingenio se puso a prueba. Desde las construc-

ciones del Imperio Romano, en las que se buscaba poner en evidencia fisuras en los mármoles con harina y aceite, hasta el golpe de los herreros durante el forjado de campanas, con el que se elegían los metales más

apropiados para su construcción, se han desarrollado muchos métodos y técnicas no destructivas que han colaborado, tanto en la fabricación como en el mantenimiento de los más variados componentes, estruc-

■ **Marta Ruch, Héctor Espejo, Alejandro García, César Belinco**

AAENDE-Av. Gral Paz 1499, San Martín-Buenos Aires, Argentina

E-mail: presidente@aaende.org.ar

turas y sistemas. Muchas de ellas devinieron en técnicas que utilizan la imagen para producir un diagnóstico.

Asimismo, cada vez que un ser humano ha avanzado en un terreno, le ha facilitado a otro ser humano resolver algún problema en otro. En el campo del diagnóstico por imágenes la medicina y la ingeniería tienen múltiples ejemplos. Quizás el primero de ellos fue a partir del descubrimiento de los Rayos X. Cuando en 1895 W. C. Röntgen describió aquella "radiación de tipo desconocida", ya insinuaba aplicaciones para detectar fallas en la fabricación de componentes. Pero no fue la industria quien aprovechó en primer lugar este descubrimiento sino la medicina, desarrollando los primeros equipos de rayos X para el diagnóstico por imágenes.

En la ingeniería, como en otros campos del conocimiento, la utilización de los sentidos para el diagnóstico es muy importante. Poder "ver" y "escuchar" lo que no está a simple vista del ojo o el oído es un desafío muy importante, por ello suele considerarse en este campo al ingeniero como un "médico" de máquinas (Fig.1).

Efectivamente, el diagnóstico de un ingeniero requiere de métodos para auscultar a su "paciente". Muchos de esos métodos y las técnicas que se han desarrollado para aplicar en cada caso, son el resultado de la necesidad de darle seguridad y confiabilidad a industrias de gran complejidad tecnológica, cuya falla es inadmisibles por las consecuencias sociales y económicas que pueden traer aparejadas. Es el caso de las industrias nuclear y aeronáutica, que

fueron muy importantes en el desarrollo y promoción de lo que se conoce como Ensayos No Destructivos (END).

Los END son aquellos métodos de ensayo que, aprovechando principios físicos y/o químicos, pueden darnos una indicación de la "salud" de un componente u objeto en estudio sin alterar a dicho objeto de ninguna forma. Dentro de los métodos más comunes se encuentran la Radiografía Industrial (RI) o el Ultrasonido (US), métodos que son muy familiares por su aplicación en el diagnóstico médico. Dichos métodos se conocen como métodos "volumétricos", porque permiten inspeccionar el volumen del objeto en estudio. Existen también los métodos "superficiales", que son aquellos que permiten analizar la superficie del componente en ensayo. El primero y más inmediato es la inspección visual (IV), que nos permite apreciar el estado de un componente, su completitud, y otras características imprescindibles, a ojo desnudo o utilizando elementos auxiliares como espejos, endoscopios, cámaras. Luego de la IV los métodos superficiales que más se utilizan son: Líquidos Penetrantes (LP), Partículas Magnetizables (PM) y Corrientes Inducidas (CI). Estos dos últimos, además, se consideran métodos sub-superficiales, porque permiten extender el análisis a una región cercana a la superficie.

Por analogía con los insumos difundidos, así como a las tecnologías de la información y las comunicaciones, los END podrían clasificarse como una "tecnología difundida", ya que se utiliza prácticamente en todos los sectores productivos. Pero esta tecnología difundida tiene una característica que la hace especial: participa en todas las instancias de las cadenas productivas de bienes y servicios, desde la fabricación y

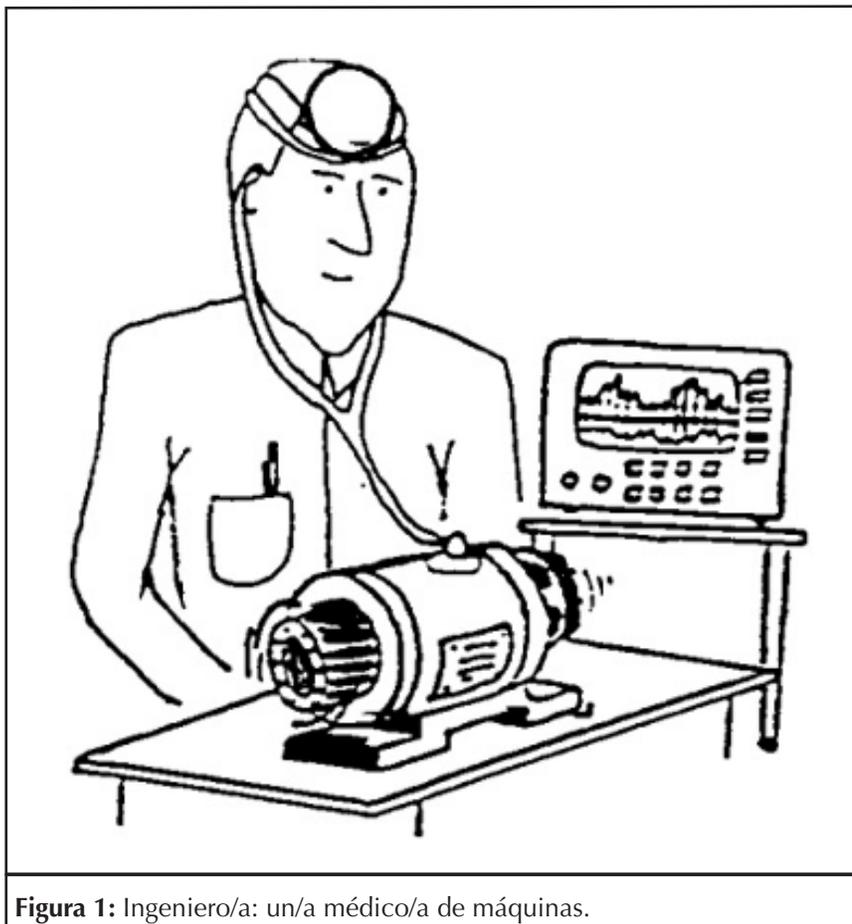


Figura 1: Ingeniero/a: un/a médico/a de máquinas.

construcción (controlando materias primas), en el control de los procesos de construcción (inspecciones de obra), como en la operación y el mantenimiento. Es por ello que las personas que utilizan los END son muy importantes por lo crítica que es su función, pero porque también a la vez que trabajan, **aprehenden un conocimiento de altísimo valor tecnológico. Ese conocimiento per-**

mite hacer más seguro, confiable y rentable todo proceso de producción de bienes y servicios.

1-1 MÉTODOS VOLUMÉTRICOS TRADICIONALES (RI Y US)

La radiografía en el campo industrial se puede practicar con diversas técnicas: Rayos X (Fig. 2a y 2b), con isótopos radioactivos (Co, Ir) que

producen radiación "gamma", cuando se necesita inspeccionar grandes espesores, o con neutrones (generalmente obtenidos de reactores de investigación), como es el caso de la neutrografía (Fig.3).

También existen aplicaciones de la RI en el campo de los bienes culturales. Son equipos de menor energía, que permiten analizar distintas

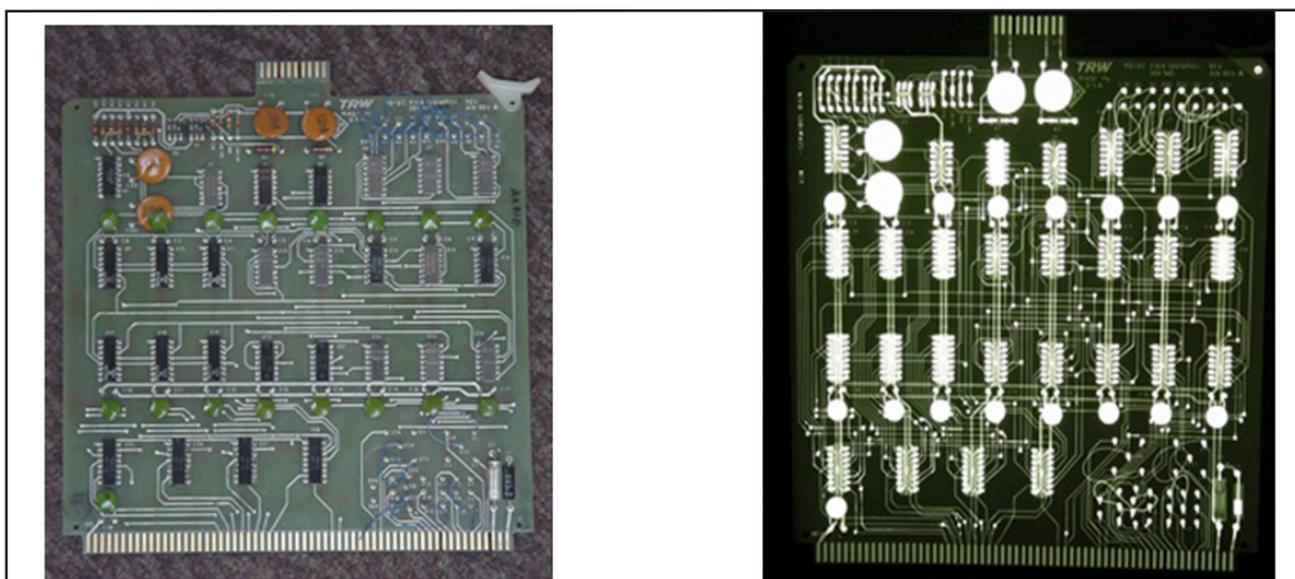


Figura 2 a: Imagen visual y radiográfica de un circuito electrónico¹

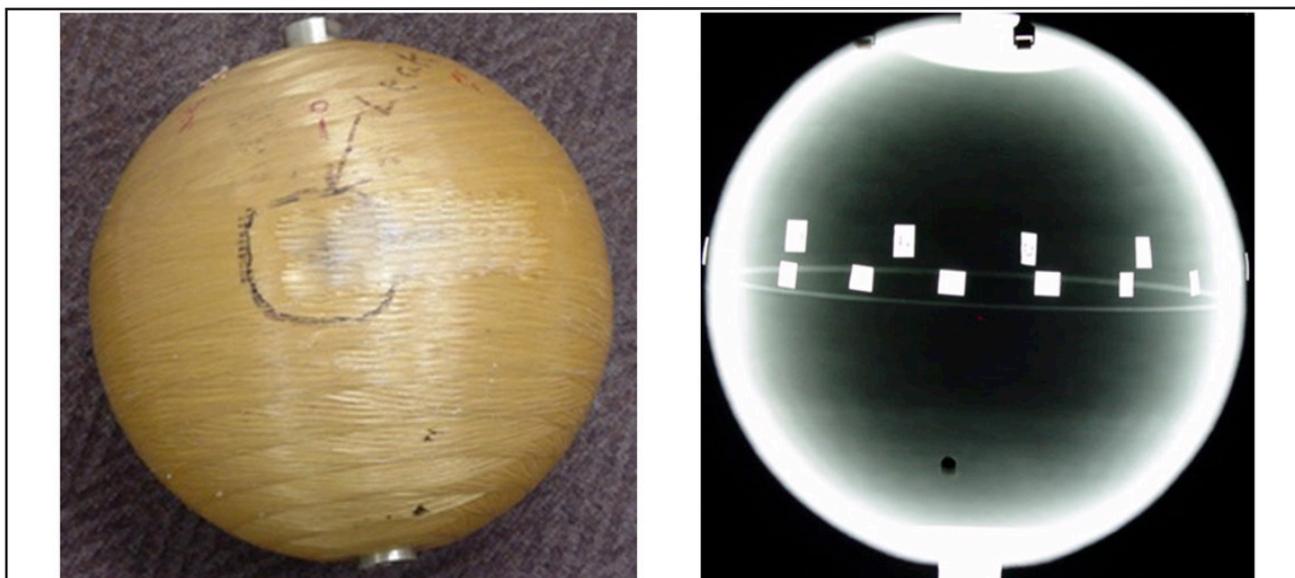


Figura 2 b: Imagen visual y radiográfica de una esfera¹

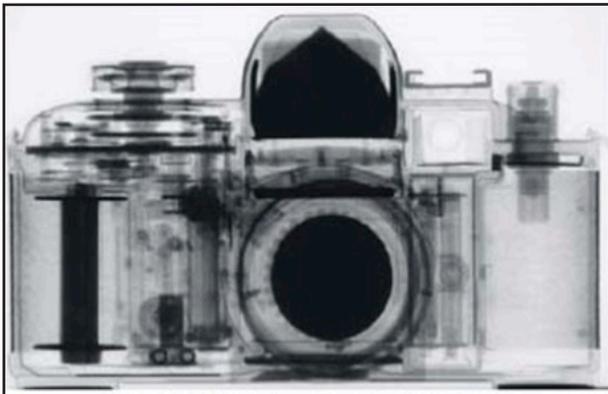


Fig. a: Neutron radiography of a camera

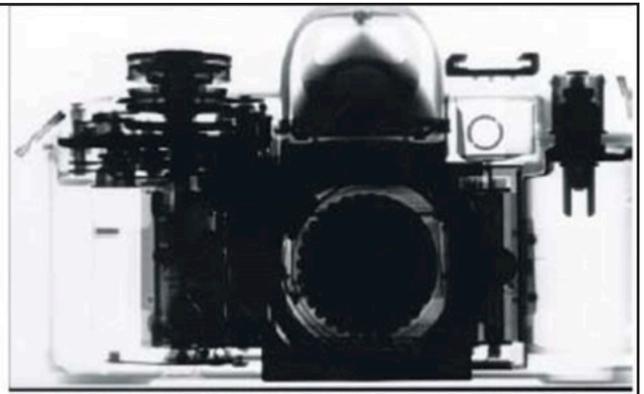


Fig. b: Radiographic image of a camera made X-rays

Figura 3: Radiografía hecha con neutrones (izq.) y con rayos X de una cámara fotográfica (der)²



Figura 4: Equipamiento de RI para objetos de arte.

propiedades de una obra de arte. (Fig. 4).

Con equipos como éste pueden ponerse en evidencia las eventuales reparaciones de un cuadro o el “renunciamento” del pintor que creó dicha obra (Fig. 5).

1.2 MÉTODOS SUPERFICIALES TRADICIONALES (LP, PM Y CI)

Para la detección de fisuras superficiales se utilizan a diario ambos métodos.

Mientras los LP sirven para cualquier tipo de material, el método PM sólo sirve para materiales ferromagnéticos.

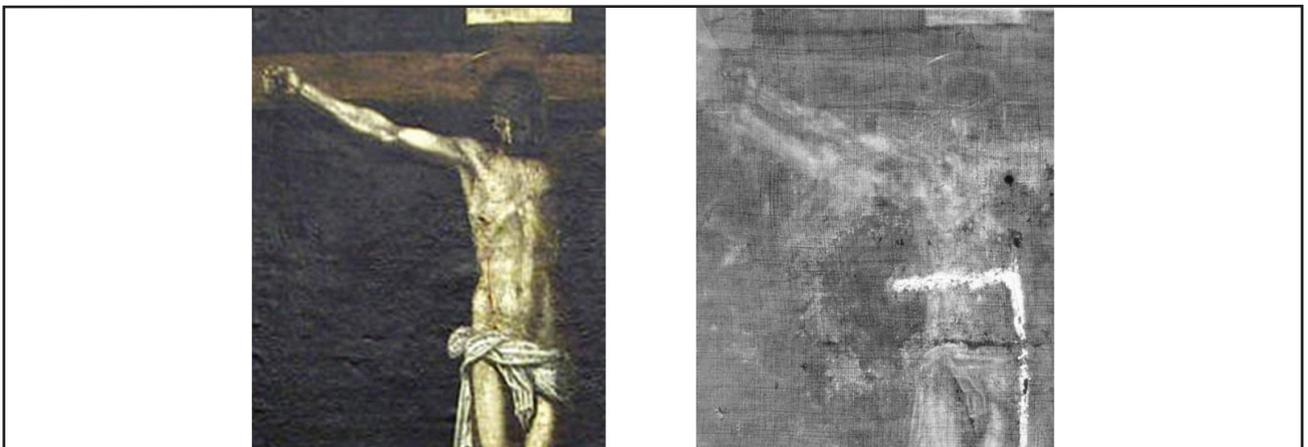


Figura 5: Imagen visual y radiográfica de un mismo cuadro.

En los LP, los objetos en ensayo, se cubren con una tinta coloreada o fluorescente. Luego se remueve el exceso y se aplica un revelador. Éste trabaja como un secante, detallando las imperfecciones que ocupó el penetrante y que llegan a la superficie.

Se trabaja con distintos colores, contrastes e iluminaciones para poner de manifiesto las indicaciones (Fig.6)

En el caso de las PM se induce un campo magnético en un material ferromagnético y luego se esparcen partículas de Fe. Las imperfecciones superficiales o sub-superficiales que distorsionan el campo magnético se ponen en evidencia porque concentran las partículas, lo que brinda una indicación visual del defecto (Fig.7)

Con este método es muy común detectar fisuras en componentes industriales (Fig. 8)

El método de corrientes inducidas se utiliza normalmente para la inspección de tubos de intercambiadores de calor. Basado en la inducción electromagnética, su aplicación más habitual consiste en recorrer el interior de esos tubos con una bobina por la que circula una corriente alterna, que produce una distribución de corriente en la pared del tubo bajo ensayo. Las discontinuidades en la pared distorsionan esas corrientes, produciéndose cambios en la tensión sobre la bobina. Esos cambios se analizan y permiten conocer la integridad de dichos tubos.

1.3 OTROS MÉTODOS QUE UTILIZAN RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Así como la RI utiliza el segmento comprendido entre los rayos X y los "gamma", existen una serie de métodos que utilizan como fuente de auscultación la radiación elec-

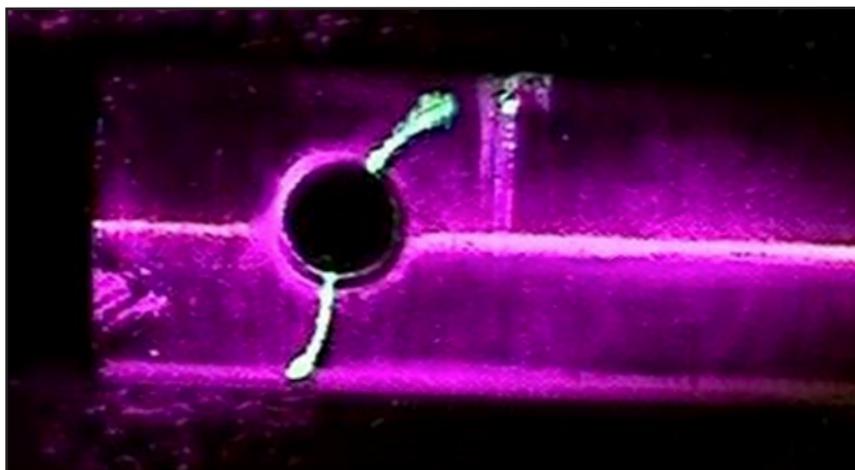


Figura 6: Detección de fisuras con líquidos penetrantes e iluminación con luz ultravioleta¹

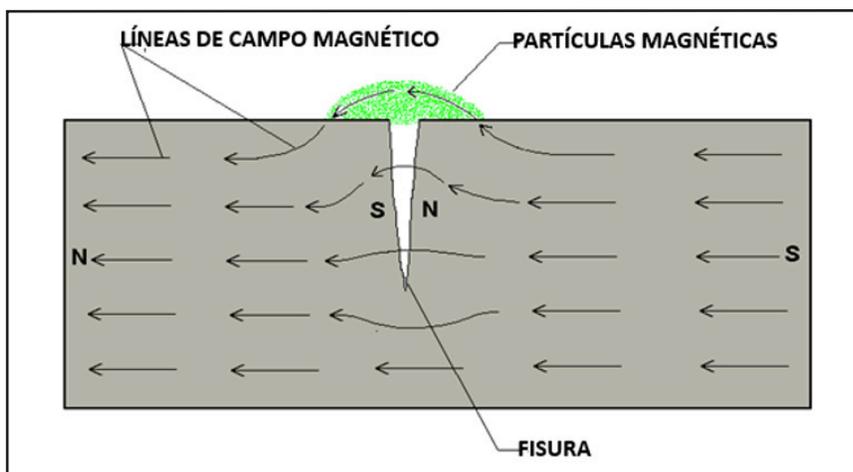


Figura 7: Principio de funcionamiento del método PM¹



Figura 8: Dos componentes, con sus respectivas imágenes de PM abajo, en ambos se detectaron fisuras¹

tromagnética de distintas longitudes de onda. Cada uno de estos métodos tiene aplicaciones en distintos campos: ingeniería, medicina y arte. Se describen a continuación los más difundidos.

1.3.1 TERMOGRAFÍA INFRARROJA

Este método, que es quizás de los más versátiles y de mayor desarrollo en los últimos tiempos, realiza un "mapa térmico" de una superficie, a partir de la medición de una propiedad conocida como "emisividad" de la misma. Este método se ha difundido a los más variados campos de aplicación: ingeniería, medicina, arte, militar, espacial y agropecuario. Las siguientes imágenes (Fig. 9 a 13) dan cuenta de ello. En el campo de la ingeniería es ideal para inspeccionar a partir del relevamiento de zonas calientes, como en motores eléctricos, sistemas de distribución de energía, rozamiento de componentes mecánicos, fugas de calor en edificios y distribución de temperaturas en hornos y turbinas. En el ámbito de la medicina se suele utilizar para realizar diagnósticos a partir de la temperatura de piel e inclusive en el diagnóstico de tumores. En el campo del arte, sirve para detectar cambios realizados en construcciones o verificar otras condiciones de la misma.

1.3.2 GEO-RADAR

Se trata de un método no invasivo de análisis basado en la transmisión de ondas electromagnéticas de banda ultra ancha en los materiales, áreas o estructuras en estudio (Fig.14). Es ideal para ubicar objetos enterrados: la utilizan agrónomos, arqueólogos, criminólogos, ingenieros, especialistas ambientales, forestales, geólogos, geofísicos e hidrólogos. En las siguientes imágenes se da cuenta de ello (Fig. 15).

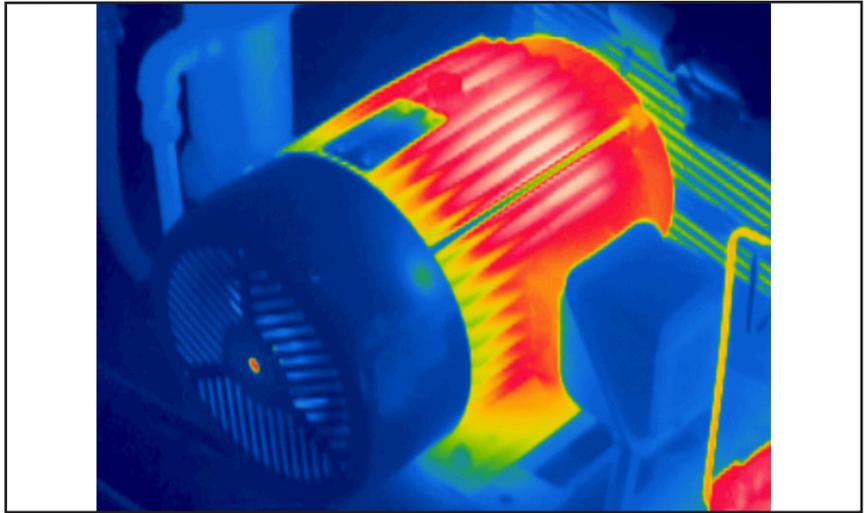


Figura 9: Termografía de un motor eléctrico³

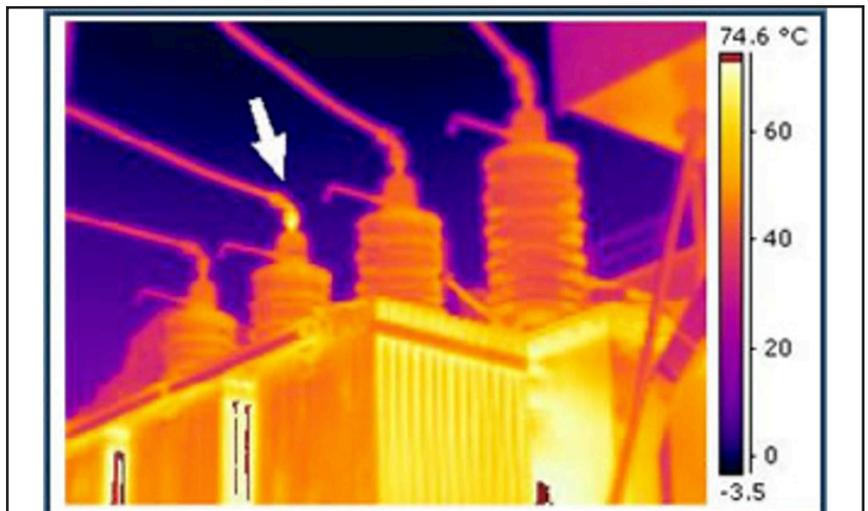
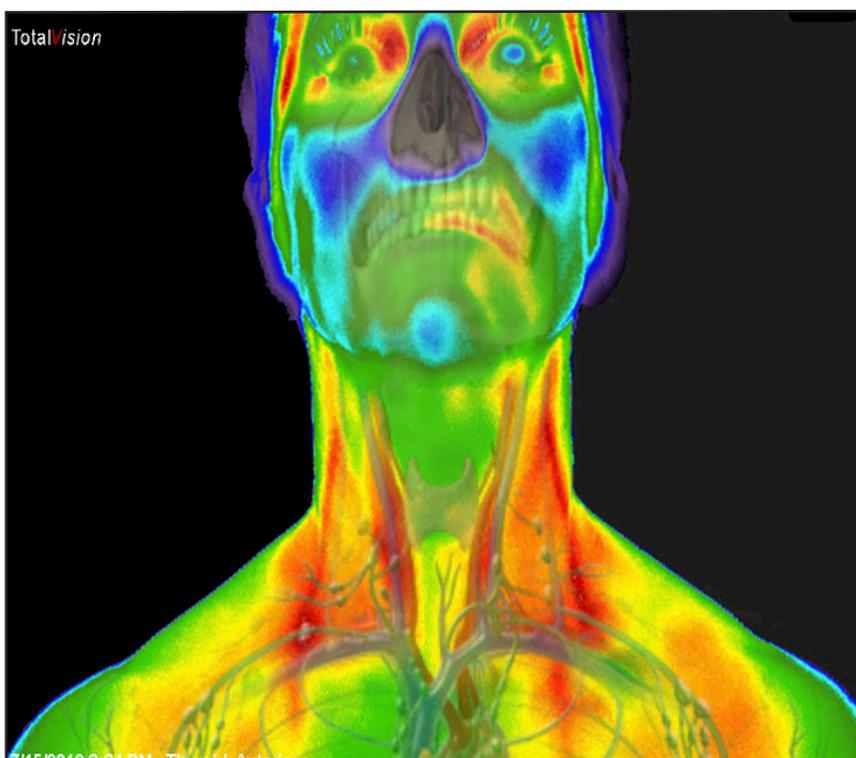


Figura 10: Termografía de un transformador⁴



Figura 11: Termografía en aviones⁵



1.3.3 REFLECTOGRAFÍA INFRARROJA:

Es un método de investigación muy importante en el ámbito del arte, basado en la luz infrarroja, que permite visualizar las capas escondidas debajo de los pigmentos de pintura, sin dañar su superficie.

Se fundamenta en que la luz visible es reflejada desde la capa pictórica, pero parte de la radiación infrarroja puede atravesar dicha capa. La superficie de la preparación refleja la luz infrarroja mientras que el trazo del dibujo lo absorbe (Fig.16). Este método permite ir avanzando a través del espesor de un cuadro, investigando a distintas profundidades de la capa pictórica.

Figura 12: Termografía en medicina⁶



Figura 13: Termografía del frente de un edificio (izq.). Comparando con la imagen visual (der.), se obtiene evidencia de la ubicación de ventanas que fueron suprimidas⁷

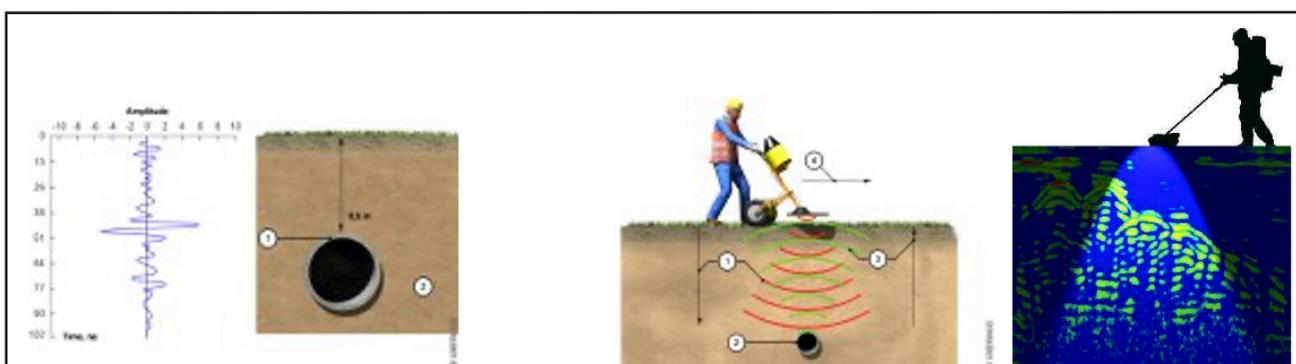


Figura 14: Principio de funcionamiento del geo-radar^{8,9}



Figura 15: Zona inspeccionada por geo-radar (izq.) y descubrimiento del canal encontrado (der.)¹⁰

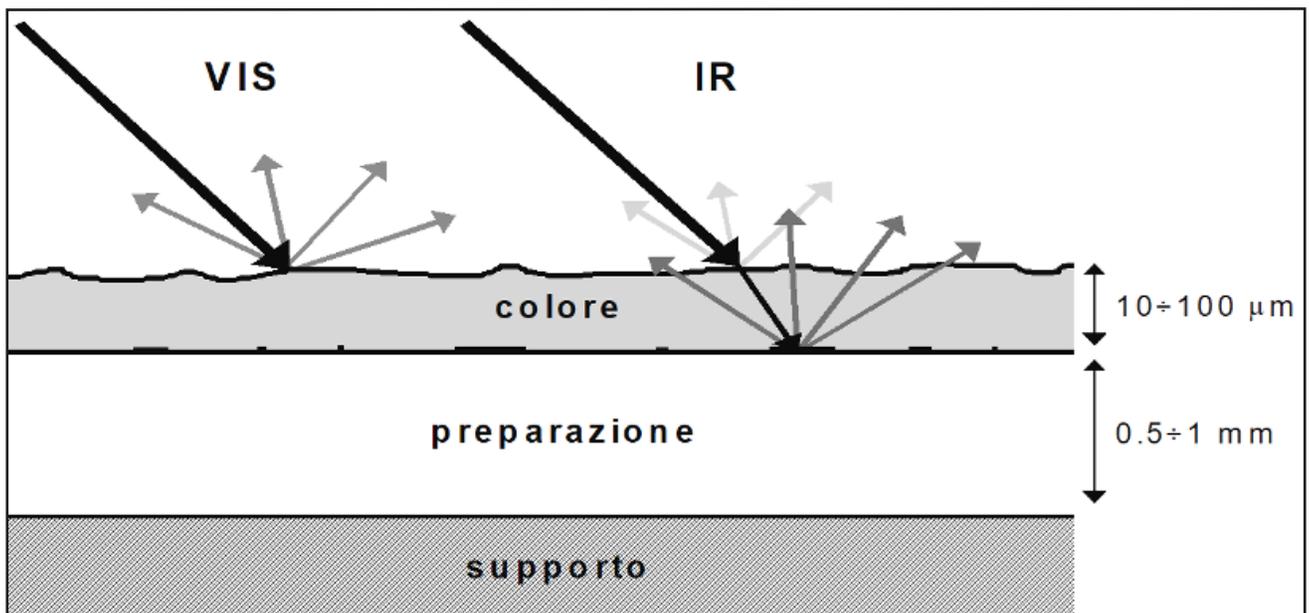


Figura 16: Esquema del funcionamiento de la reflectografía infrarroja¹¹

Utilizando distintos tipos de longitud de onda en la reflectografía infrarroja se pueden ver distintas capas de un cuadro. Ello nos puede enseñar sobre las distintas etapas que transitó el autor durante la creación de su obra.

En el ejemplo de la Fig. 17, se puede ver la imagen visual normal y con una primera longitud de onda (IR1).

En la Fig. 18 se compara el mismo cuadro, con una reflectografía realizada con otra longitud de onda. Comienzan a divisarse imágenes en un segundo plano.

En la Fig. 19 se compara el mismo cuadro, con una reflectografía realizada con otra longitud de onda. Ya se divisan claramente las imágenes de otros caballos que estaban en un segundo plano. Esto se conoce

como “arrepentimiento” del pintor. Estos métodos permiten investigar los.

Es interesante también conocer que, con otro tipo de radiación electromagnética, en lugar de observar las capas interiores, puede ponerse de manifiesto cómo realizó los cambios el autor para modificar su obra.

En la Fig. 20 se observa el mismo cuadro anterior comparado con la imagen que surge de observarlo con luz ultravioleta.

Finalmente, se pone de manifiesto más acabadamente el “arrepentimiento” comparando la imagen del cuadro utilizando fluorescencia (Fig. 21).

■ 2-UN POCO DE HISTORIA

Nuestro país tuvo una evolución muy marcada luego de haber sido un productor agrícola-ganadero. La introducción de un desarrollo industrial tanto en la minería, la siderurgia, el petróleo, aviación, etc. trajo aparejadas nuevas necesidades. Existía ya para afrontar estos desafíos, una importante capacidad académica en el ámbito educativo. Esto fue soporte inicial para los primeros requerimientos, pero se necesitaron profundizar otros temas para abordar cuestiones más específicas.

Uno de ellas fue la así llamada “Metalurgia de Transformación”, que permitió avanzar con control de la calidad de los bienes y servicios producidos en las áreas mencionadas. Para ello se fueron tomando decisiones de importancia y trascendentes en diversas organizaciones, tanto públicas como privadas, para ir logrando que la industria tendiera a su independencia y autosuficiencia sustentable.

Cabe destacar que en el país, en 1935, se había establecido el IRAM (hoy Instituto Argentino de Normalización y Certificación), que permitía acordar normas para los sectores en desarrollo, organizando así en forma coordinada los mismos. Ello permitió difundir conceptos que promovieron mejoras en nuestro país y que tuvieron eco internacional.



Figura 17: Imagen visible de un cuadro (izq.) y reflectografía infrarroja (der.)^{7,12}



Figura 18: Imagen visible de un cuadro (izq.) y reflectografía infrarroja (der.)^{7,12}



Figura 19: Imagen visible de un cuadro (izq.) y reflectografía infrarroja (der.)^{7,12}

Debe hacerse notar que el desarrollo de la núcleo electricidad en el mundo, acaecido después de la segunda guerra mundial, debía tener una herramienta que hiciera posible demostrar que las inspecciones de las plantas durante su construcción, operación y mantenimiento, ofrecían confiabilidad en todas esas instancias. Es en ese momento que, una tecnología todavía en desarrollo denominada Ensayos No Destructivos, aparece en escena.

En la década del '50 la Argentina asistía a un vigoroso desarrollo industrial, que fue acompañado de dos hechos fundamentales que dieron base al establecimiento de los END: se crean la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

Para diseminar los conocimientos en metalurgia y END, en 1961 se establece un vínculo entre la CNEA y la Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina (ADIMRA) que se llamó Servicio de Asistencia Técnica a la Industria (SATI), con la intención de ligar a los industriales metalúrgicos con los investigadores, los END y los desarrollos en soldadura, que inician un camino paralelo estrechamente ligados, que se ha sostenido hasta nuestros d as¹³.

El crecimiento de las tecnologías de END en el país, y la necesidad de divulgación y entrenamiento, fue acompañado por una organización sin fines de lucro organizada desde el sector privado: el Centro Argentino de Ensayos No Destructivos (CAEND) creado en 1965.

La creación del CAEND no fue casualidad, en 1965, había comenzado el estudio de factibilidad de la primera central nucleoelectr ica del



Figura 20: Imagen visible de un cuadro (izq.) y reflectografía ultravioleta (der.)^{7,12}



Figura 21: Imagen visible de un cuadro (izq.) y reflectografía fluorescente (der.)^{7,12}

país, Central Nuclear de Atucha I (CNA I) y la región. En 1968 se comienza su construcción, en la ciudad de Lima, a 100 km de Buenos Aires. Por eso, a fines de los años sesenta, con el inicio de la obra de la CNA I, se inicia una etapa de gran desarrollo de los END, teniendo en cuenta el impacto que estas tecnologías iban a tener en la industria local, que debería acompañar a la inserción de la núcleo electricidad en nuestro pa s¹⁴.

En esa etapa, uno de los primeros

desafíos de los END en el área nuclear fue la inspección de los combustibles con uranio enriquecido del reactor RA3, inaugurado en 1967 en el Centro Atómico Ezeiza (CAE) de la CNEA. Esa actividad comienza a dar una dimensión del importante rol del capital humano, que debía tener un alto grado de formación y asumir una gran responsabilidad.

Para esa época, también comienza a desarrollarse el Programa Multinacional de Metalurgia^{15,16,17}, apo-

yado por la Organización de Estados Americanos (OEA). Este programa permitió formar metalurgistas con el nivel de los países más desarrollados, y tuvo impacto en la formación de personas de la región latinoamericana y el Caribe.

Con ese espíritu de época, se inicia en 1968 la negociación para poner en marcha un proyecto de cooperación técnica con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) en estas temáticas, sentando las bases del que finalmente se llamaría: Instituto Nacional de Ensayos No Destructivos (INEND) de la CNEA¹⁸.

No casualmente fue el Prof. Jorge Sabato (Fig. 22) quien recibiera en el Aeropuerto de Ezeiza, por primera vez, a quien fuera luego el coordinador de dicho proyecto, el Dr. Clifford Beswick (Fig. 23), y que el mismo se estableciera en el Centro Atómico Constituyentes (CAC) de la CNEA, por más de una década.

A la luz de sus resultados, con el paso del tiempo, para el OIEA este fue un proyecto nacional referente para otros. Fue un verdadero proyecto "modelo". Tal es así, que su modalidad fue extendida a otras regiones del mundo, y sus resultados tuvieron influencia en la forma en que se constituyeron los organismos de certificación de personas del mundo, no sólo en el área de los END. El destinatario final del proyecto era todo el país (extendiéndose luego a países limítrofes), debiendo incrementar la utilización de los END en la mayor cantidad de áreas posibles, con el mayor rigor científico-tecnológico¹⁹

El proyecto contribuyó con una importante formación de recursos humanos no disponibles hasta ese



Figura 22: Prof. Jorge Sabato.



Figura 23: Dr. Clifford K. Beswick.

entonces en el país y también con el equipamiento necesario para el desarrollo de estas tecnologías. Asimismo, la organización del proyecto desarrolló un plan de formación de recursos humanos en el exterior y

también convocó a expertos internacionales, potenciando así el desarrollo local.

La difusión de los END a través de este proyecto tuvo su máxima ex-

presión con la concepción de un laboratorio móvil para entrenamiento. El mismo fue diseñado por personal del INEND y construido en el exterior, llegando al país en 1976. Esta unidad fue la primera en su tipo en el mundo (Fig. 24).

Durante la ejecución del proyecto, y luego ya como una herramienta de la CNEA, siguió cumpliendo una importante tarea en el país e incluso en países vecinos. Hacia fines del año 1985, ya había recorrido 50.000 km. haciendo capacitaciones en decenas de lugares.

Para dimensionar la contribución del Proyecto INEND en la región pueden tomarse los siguientes indicadores:

- Se totalizaron 115.000 horas de cursos/capacitaciones durante su vigencia.
- Se financiaron 3.175 semanas de becas.
- Se repartió equipamiento por aproximadamente U\$S 2.000.000 (a valores actuales).

Como corolario de este desarrollo, que incluyó un importante aporte de la CNEA en equipos complementarios y laboratorios en el CAC, se inició el proceso de discusión pública de normas técnicas en el IRAM²⁰ que ampliaron a vastos sectores la aplicación de los END, con el marco de un sistema de calificación y certificación de personas fortalecido. Además, para la difusión de las actividades en CNEA se editó el boletín "INEND Informa" (Fig.25), cuya distribución se hizo no sólo a nivel local, sino en todo Latinoamérica.

A modo de cierre del proyecto, se realiza en Buenos Aires, en 1979, la primera Conferencia Regional de



Figura 24: Laboratorio móvil del proyecto PNUD-CNEA.

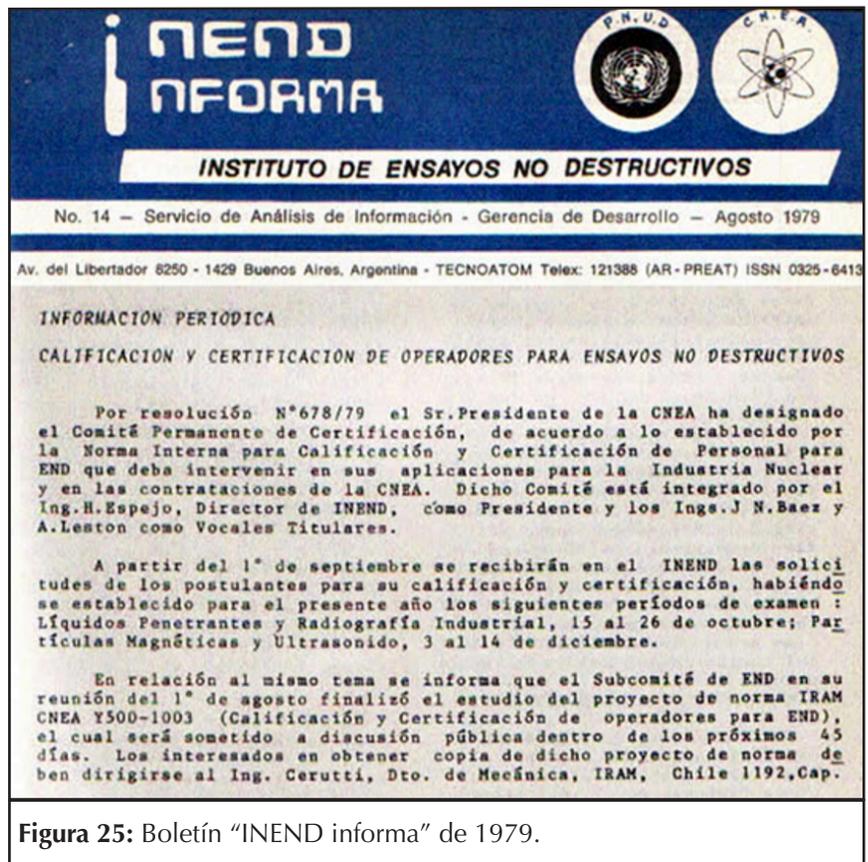


Figura 25: Boletín "INEND informa" de 1979.

Ensayos No Destructivos (COREND), que contó con gran cantidad de asistentes locales y extranjeros (Fig. 26). Esta conferencia tuvo su segunda

edición en 1981, en San Miguel de Tucumán, con apoyo del gobierno y la UTN local.

Uno de los grandes difusores de los END en la región fue el primer director del INEND Ing. Juan N. Báez (Fig. 27)

La difusión de toda la experiencia fue llevada a cabo por el Ing. J. Báez en todo el mundo (Fig. 28 y 29)

Su participación en el mundo de los END, lo llevó hasta la Conferencia Panamericana de Bs. As. 2007 (Fig. 30)

Cuando se terminaba la década del '70, y ante el avance de la construcción de la segunda central nuclear en Embalse, Córdoba, comienza a darse una discusión, que sería luego clave para el desarrollo de la normativa internacional en el campo de los END: el código ASME de construcción indicaba que los componentes debían recibir una inspección antes de entrar en servicio, pero, ¿quién podía entrenar y certificar a las personas que iban a inspeccionar la central?.

El esquema de entrenamiento usual en América del Norte (la central era construida por una empresa del estado canadiense), que correspondía a la asociación norteamericana de END (ASNT), permitía que una persona con certificado del máximo nivel (existen 3 niveles) podía entrenar, examinar y certificar a una persona, inclusive si esa persona era empleado de la misma empresa, ¡hasta podría ser su mismo jefe!

¿Serían confiables esas inspecciones? ¿No había un conflicto de intereses, si un funcionario de la empresa que debe entregar una obra, es el mismo que entrena y examina a quien debe inspeccionar los componentes?

Por estas razones, en CNEA se decide crear un sistema que fuera independiente de los intereses de las

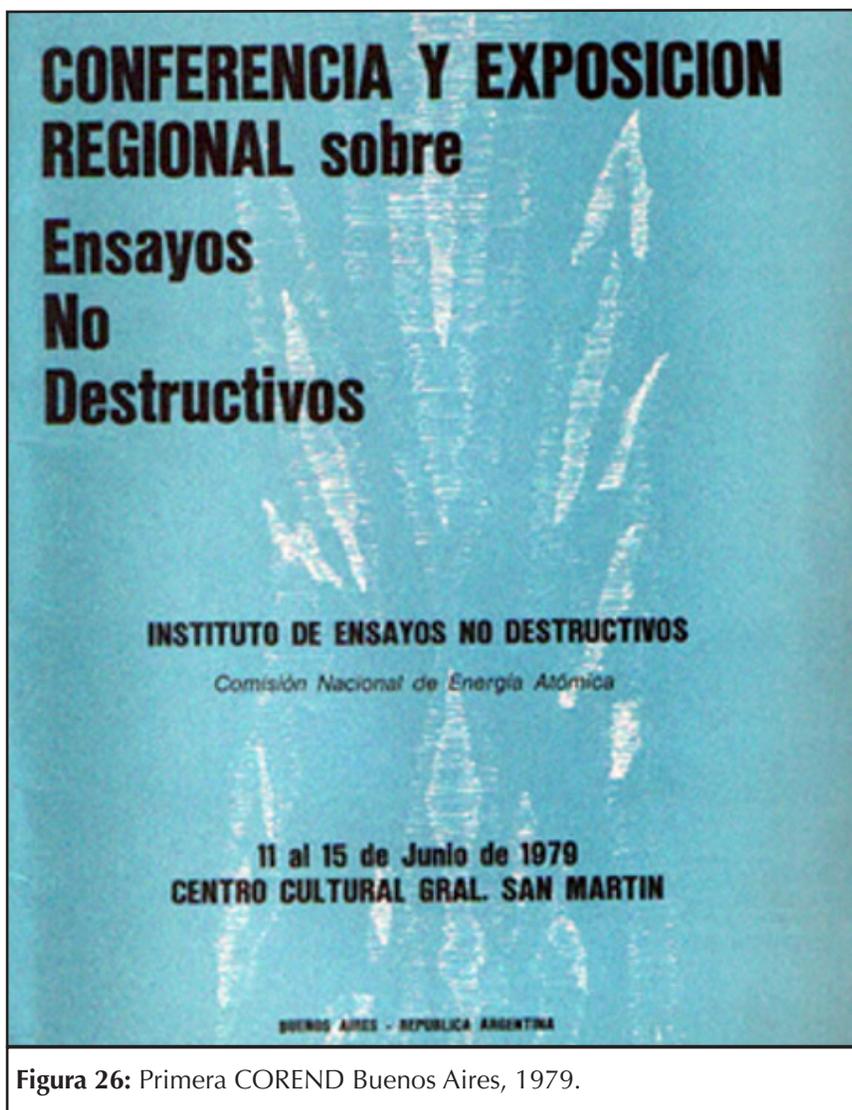


Figura 26: Primera COREND Buenos Aires, 1979.



Figura 27: J. Báez en Jornadas CAEND-1978.

Freedom, strength, and courage—these qualities inspired the United States to choose the Bald Eagle as its National Bird. We use it as a symbol of our determination to bring NDT world professionals together through the WCNDT.

1985
WCNDT

INTERNATIONAL DELEGATES
to
The International Committee on Non-Destructive Testing

ARGENTINA

This South American Roman Catholic country is one of the world's leaders in agriculture and home of lively Buenos Aires, the most populous metropolitan area in the Southern Hemisphere.

Argentina is proudly represented on the ICNDT by:

Juan N. Baez
Ing. Juan N. Baez is head of the NDT Training Division of the Argentine Atomic Energy Commission. He has been involved in the development of NDT in his country since 1968, concentrating his work mainly in the nuclear power industry. He has also served as an international NDT consultant for IAEA, UNIDO, and OAS projects. Baez is vice-president of the Argentine NDT Centre and a member of the Working Group on Training and Certification of the United Nations Regional NDT Project for Latin America and the Caribbean.

Ricardo N. F. Brugger
Ing. Ricardo N. F. Brugger is technical director of the Arg. S. A. NDT Co. He has been an active member of the Argentine NDT Centre (CAEND) since 1970, serving as secretary for three years and as an ultrasonics instructor for more than 10 years. He presently sits on the CAEND Board of Directors.

Each month, *Materials Evaluation* will feature the delegates from the countries being represented on the ICNDT.

The ICNDT meets every three years. The World Conference on Nondestructive Testing in 1985 will be held in Las Vegas, Nevada, USA, Nov. 3-8.

For more information contact: General Secretary
American Society for Nondestructive Testing
4153 Arlington Plaza
Columbus, OH 43228-0518 USA
(614) 274-6003
Telex 245347

Materials Evaluation, 02 April 1985, 811

Figura 28: J. Báez representa a Argentina en la conferencia mundial de END-1985.

empresas, se invita a instructores de distintas partes del mundo (Alemania, Canadá e Italia) que dictaron los cursos y fueron los examinadores²¹. Esa es la novedad que comunica INEND informa en la Fig. 25, el Presidente de CNEA emite una resolución para crear las primeras mesas de examen de END. Este modelo fue discutido e implementado en el IRAM y, finalmente, sirvió de base para que se internacionalizara a través del proyecto del OIEA a todo el mundo²². Desde hace muchos años, esos criterios establecidos oportunamente están incluidos en la norma ISO 9712 de Calificación y Certificación de Personal de END.

A mediados de la década del '80, de la mano de las indefiniciones de las grandes obras públicas (por ej. la construcción de la Central Nuclear Atucha 2) y las dificultades económicas del país, comienza un sendero de estancamiento. Este se profundiza con la desindustrialización de los años '90.

La actividad de certificación de personal se mantiene en el IRAM, de la mano del personal de las ins-



Figura 29: J. Báez (primero desde la izquierda) y K. Beswick (tercero desde la izquierda) difunden los END en la Rep. Popular de China-1981.

tituciones públicas que, sin recibir directivas ni recursos, intentan sostener el funcionamiento del sistema, conscientes de su importancia.

Téngase presente que, salvo que haya un instrumento oficial que lo haga mandatorio, la certificación de personas se encuentra en el campo de las acciones voluntarias. Por lo que, con el retiro del Estado de la actividad económica, sólo la decisión empresarial privada podía darle continuidad.

Los sistemas de certificación de personas de END seguían avanzando en todo el mundo, tanto en la búsqueda de una mejora continua, como en la generación de una barrera para-arancelaria hacia los productos de terceros países. Se comienza entonces a exigir en los contratos privados, que los productos importados hayan sido evaluados/inspeccionados por personal certificado de un sistema acreditado. O sea que no alcanzaba con que haya sistemas de certificación, sino que debían estar acreditados por una norma (ISO/IEC 17024) que trata sobre la certificación de competencias de las personas. La certificación de competencias personales, consiste en el reconocimiento formal, por una tercera parte independiente, del cumplimiento de un conjunto de requisitos por parte de dichas personas.

Estos temas, conjuntamente con los eminentemente técnicos, fueron debatidos en los dos Congresos Regionales de Ensayos No Destructivos y Estructurales (CORENDE) que se organizan desde CNEA en los años 1997 y 2000. Estos eventos, que fueron reanudados luego de 16 años, tenían como objetivo fomentar la discusión de los avances tecnológicos en estas disciplinas y retomar los lazos con el resto de la Región Latinoamericana.



Figura 30: J. Báez en la Conferencia Panamericana de END, Bs. As., 2007.

Durante el CORENDE del año 2000, en las discusiones en torno a la actualidad del sector, se llega a la conclusión que se debían aunar esfuerzos público-privados para poder sostener el sistema de certificación y mantenerlo actualizado. Por ello desde la CNEA, a partir de 2001 y particularmente en 2002, se convoca a crear una asociación público-privada que intente apuntalar el debilitado sistema nacional. De este modo, se constituye legalmente la Asociación Argentina de Ensayos No Destructivos y Estructurales (AAENDE) como una asociación civil sin fines de lucro, en octubre de 2002.

En 2003, y como consecuencia de las oportunidades de exportación que se generan en nuestro país,

las empresas comienzan a ver una traba para concretarlas: los clientes demandan personal de END de un sistema acreditado.

La falta de acreditación del sistema IRAM de certificación de personas lo pone en riesgo, ya que las empresas que requieren de dicho sistema para poder exportar, reciben ofertas de sistemas de certificación acreditados de terceros países, de nuestra región y de Europa.

En el seno del Comité de Certificación de Personas (CCP) del IRAM se desarrolla, durante un período prolongado, la discusión respecto de cómo hacer frente al proceso de acreditación y, particularmente, sus costos asociados. El mayor escollo

era contar con el financiamiento necesario. Se intentaron soluciones voluntaristas, como solicitar aportes a las personas que integraban el CCP, habida cuenta que no existía interés de invertir en esta tarea en las instituciones y empresas integrantes del CCP, ni el IRAM estaba dispuesto a financiar esta tarea en su totalidad.

Frente a este escenario, la Comisión Directiva de AAENDE le propone al IRAM un acuerdo, en el marco del cual se compromete a financiar una parte importante de las tareas necesarias para lograr la acreditación. Luego de un período de largas discusiones, finalmente se avanza con ese acuerdo.

AAENDE contrató a especialistas para colaborar en el proceso de la acreditación, esto es, en el desarrollo de las acciones y la documentación necesaria para acreditar el sistema del IRAM.

En abril de 2006, luego de la última auditoría que realizara el Organismo Argentino de Acreditación (OAA) con el concurso de un especialista en END brasilero (eligiéndose un extranjero para esta etapa en pos de garantizar transparencia), el sistema quedó acreditado (Figs. 31 y 32). Esto posicionó a la Argentina como el segundo país de América Latina en llegar a este grado de avance, detrás de Brasil, quien lo alcanzara de la mano de la Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção (ABENDI).

Paralelamente, AAENDE comienza a realizar una serie de acciones de estímulo al desarrollo de los END, tanto a nivel nacional como internacional. Por un lado, toma a su cargo la organización de los CORENDE desde 2005 con una frecuencia bianual (Fig. 33).



Figura 31: Acto en IRAM por la entrega de los primeros certificados del sistema acreditado. De izq. a der.: Ing. H. Espejo (AAENDE), Ing. López (Pte. IRAM) e Ing. C. Belinco (AAENDE).



Figura 32: Entrega de los primeros certificados del sistema acreditado. De izq. a der.: Ing. López (IRAM), Ing. J. Báez, Dr. C. Beswick e Ing. H. Espejo (socios honorarios de AAENDE).

Además, comienza el dictado de cursos para la formación de especialistas de nivel 3 (máximo nivel de END), únicos en su tipo en el país y en la región. Por el otro, interviene en los encuentros de END que se realizan en Brasil y otros países de la región, logrando la nominación

de Buenos Aires para la realización de la Conferencia Panamericana de END (PANNDT) en 2007. En 2004, AAENDE asiste a la Conferencia Mundial de END en Canadá, en donde además de participar en las asambleas del Comité Internacional de END (ICNDT), promociona pro-

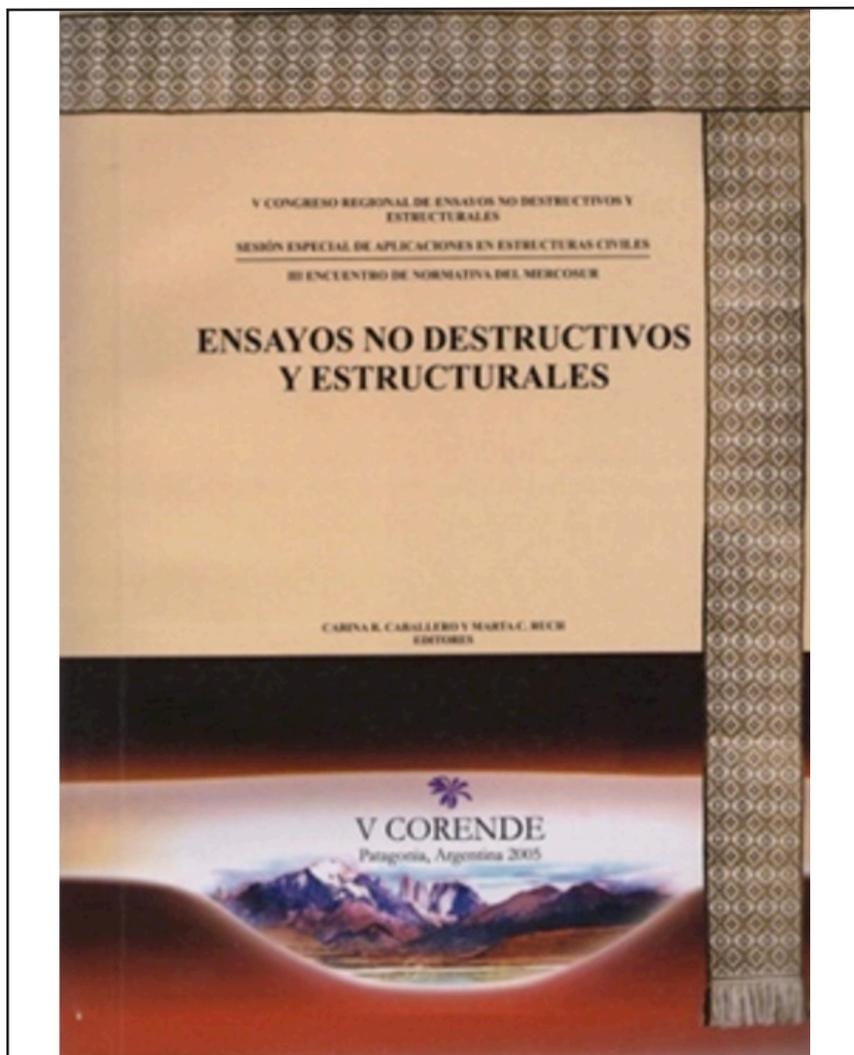


Figura 33: CORENDE 2005, en el LEND-UNCOMA de Neuquén.

fundamentalmente la PANNDT 2007, que se realizaría posteriormente en Buenos Aires (Fig. 34). Asimismo, participa en la Conferencia Europea de END de 2006 (Fig. 35).

Contemporáneamente con la organización de la PANNDT 2007, AAENDE y la CNEA presentan una iniciativa al OIEA para avanzar con esta temática en la región. Esto se tradujo en el proyecto ARCAL-RLA/8/044 "Establishing Regional Harmonization and Certification of Personnel and in the Infrastructure Used in the Non-Destructive Testing of Systems, Structures and Components (ARCAL CXVII)" que permitió, entre 2009 y 2012, colaborar con el desarrollo de estas tecnologías en nuestra región, posicionando a nuestro país en un lugar destacado en el sector de los END.

Los resultados de avance del proyecto RLA/8/044 se presentaron en la Conferencia Panamericana de END de 2011 en Cancún, México, y en la Conferencia Mundial de END en Sudáfrica de 2012 (Fig. 36)

En Sudáfrica, AAENDE intervino activamente en las asambleas del ICNDT y acompañó la candidatura de Brasil para organizar la Conferencia Mundial de END en 2020. Parte de ese acuerdo incluía la reciprocidad de Brasil en la elección para la sede de 2024, ante la eventualidad de que Brasil no fuera la elegida para 2020. Esto último fue lo que ocurrió, eligiéndose a Corea del Sur como sede. Además, en el marco de la Conferencia Mundial, AAENDE lideró una iniciativa para presentar un proyecto interregional al OIEA en el campo de los métodos avanzados de END en el que participarían todas las regiones del mundo). Aunque finalmente no fue financiado, sirvió para establecer lazos con las asociaciones y entidades de END de todo el mundo.



Figura 34: Stand de AAENDE en la Conf. Mundial de END en Montreal, Canadá. Primero de la izquierda A. Nicolini (AAENDE).



Figura 35: Representantes de la Región Panamericana en la Conf. Europea de END. En el centro J.P. Amsler (AAENDE)

Simultáneamente, en el ámbito local, AAENDE promovió la certificación de personas en el campo del monitoreo de la condición, en particular en el análisis de vibraciones a través de la norma ISO 18436-2, en el marco de un sistema centralizado. Esto fue aceptado en el IRAM, constituyendo el respectivo CCP y, luego de más de dos años de trabajo, en el año 2012 se puso en funcionamiento el esquema de certificación de “Analista de Vibraciones” categorías 1 y 2. Esta situación, como fue reconocido por el ICNDT, posicionó a nuestro país en un lugar de privilegio, siendo Argentina el único en alcanzar este estadio en la Región Panamericana y el tercer país en el mundo, después del Reino Unido y Australia.

Durante la PANNDT de 2015 en Cartagena, cuando se confirmó que la sede de la próxima Conferencia Mundial de END sería en la Región Panamericana, AAENDE consideró que tenía una oportunidad histórica de competir y confirmó su postula-



Figura 36: Entrega de un presente de AAENDE a la asociación sudafricana de END-SAINT.

ción. En ese momento, también se presentaron ABENDI de Brasil, ASNT de E.E.U.U. e IMENDE de México. Esta última retiró su candidatura du-

rante la reunión del Comité Panamericano luego de que se le asignara la realización de la PANNDT 2023.

A fines de 2015, en una reunión del Comité Panamericano, Brasil manifestó que si Argentina mantenía su postulación, ABENDI la retiraba. Finalmente, esto fue lo que sucedió; quedando en firme las postulaciones de AAENDE y ASNT, la asociación de END más grande del mundo, que cuenta con miles de socios (tanto americanos como extranjeros).

A partir de ese momento, comenzó la planificación de la estrategia para promover la sede de Buenos Aires durante la próxima Conferencia Mundial de END a realizarse en Múnich, Alemania, a mediados de 2016.

Se trabajó en dos planos en simultáneo. Por un lado, el contacto horizontal con las asociaciones de todo el mundo, ofreciendo condiciones especiales a los integrantes que fueran a participar en 2024 en Buenos Aires (para lo cual se enviaron compromisos escritos a cada una de ellas) y, por otro lado, comprometiendo como organizador del

evento a Messe Frankfurt Argentina (MFA), reconocido organizador de eventos a nivel nacional e internacional, con quien AAENDE ya había trabajado en la PANNDT 2007.

Con la financiación del Instituto Nacional de Promoción Turística (INPROTUR), se contó con los recursos no sólo para producir material impreso y audiovisual para presentar la candidatura, sino también para realizar un agasajo de las delegaciones de todos los países integrantes de ICNDT durante la Conferencia Mundial en Múnich.

Algunos de los materiales audiovisuales producidos fueron presentados en oportunidad de la asamblea de ICNDT, recorriendo la historia de la que dieron testimonio en primera persona el Dr. Clifford Beswick y el Dr. Abel González (Figs.37 y 38)

A posteriori de las presentaciones, en la votación decisiva, ASNT tuvo 18 votos y AAENDE logró 25, por lo que Buenos Aires fue elegida como sede

para la Conferencia Mundial en 2024.

Durante el año 2016, México (con la ayuda de AAENDE) presentó una propuesta de proyecto al OIEA, que comenzó en 2018 y hoy está en plena ejecución: "Promoción de Tecnologías de Ensayos no Destructivos para la Inspección de Estructuras Civiles e Industriales"

En ese marco, CNEA y AAENDE están trabajando hasta la actualidad con resultados muy alentadores.

Se realizó en Buenos Aires un curso de entrenamiento y certificación en Radiografía Digital de nivel 2 (RD 2), que contó con expertos alemanes para del dictado del curso y los exámenes de calificación (Fig. 39). A partir del mismo, por primera vez, existen especialistas argentinos certificados en esta técnica.

También AAENDE pudo complementar el desarrollo del proceso de certificación de una nueva técnica, el ultrasonido por arreglo de fases



Figura 37: Presentación ante la asamblea de ICNDT en Múnich. En el centro F. Gorbarán (Messe Frankfurt Argentina), de izq. a der. M. Ruch, J.P. Amsler, N. Surraco y C. Belinco (AAENDE).



Figura 38: Vista general de la asamblea de ICNDT en Múnich.



Figura 39: Foto de los instructores y alumnos/a curso RD2 financiado por OIEA.

(USPA), de creciente aplicación en todos los ámbitos, incluido el civil. Para ello, a los cursos que ya dictaba AAENDE, se le agregaron insumos

provistos por el proyecto OIEA y preguntas de examen cedidas gentilmente por la Asociación Australiana de END.

El proyecto tiene un fuerte sesgo al desarrollo de los END en el área civil, temática que no está desarrollada en el mundo, como para el



Figura 40: Grupo de estudio del OIEA para el diseño de los manuales de entrenamiento y examen de personal de END en el área civil, Nueva Zelanda, 2019.

resto de los sectores. El OIEA, consciente de este déficit, no sólo está financiando el entrenamiento de personas en la región para que puedan aplicar los END en el sector, sino que definió como necesario que se establezcan sub-centros regionales para liderar los END en el área civil, para colaborar en el diagnóstico de estructuras críticas en el marco de emergencias y catástrofes. Los sub-centros serán 4, Argentina, Chile, México y Perú. Recibirán equipamiento que complemente la existencia local y los habilite a todos a las inspecciones señaladas.

AAENDE pudo participar muy activamente en este proyecto y en otros a nivel internacional, porque en 2015 creó en su seno el Comité de Ensayos No Destructivos aplicados a la ingeniería civil y el patrimonio histórico (CEND). Miembros del CEND en la actualidad, no sólo colaboran con el proyecto mencionado. También uno de ellos, es el

único especialista americano que está trabajando en un grupo con pares de África, Asia-Pacífico y Europa para diseñar los manuales de entrenamiento y examen de personal de END en el área civil, financiados por el OIEA, (Fig. 40).

Las temáticas relativas al patrimonio cultural también han sido promovidas desde AAENDE y, en el marco de la estrecha colaboración con la asociación italiana de END (Associazione Italiana Prove non Distruttive, AIPnD) se acordó la organización (por primera vez en continente americano) de la conferencia específica que desarrolla cada 3 años AIPnD en Buenos Aires, que se ha suspendido para 2021 por la pandemia mundial de COVID-19 (Fig. 41).

Además, en 2020, CNEA y AAENDE han presentado al OIEA (con el acuerdo de los especialistas que trabajan en el grupo men-

cionado en el párrafo anterior) un proyecto inter-regional, para abarcar la etapa que sigue a la confección de los manuales de entrenamiento y examen de personal de END en el área civil, esto es, la definición de las probetas de entrenamiento y examen para esta área, planteando la posibilidad de utilizar además de patrones físicos, la realidad virtual para este fin.

■ 3. CONCLUSIONES

A partir del análisis de los vaivenes del sector de la inspección no destructiva en medio siglo, pueden extraerse una serie de conclusiones de gran interés:

- Los altibajos del sector, estuvieron relacionados con la promoción desde el Estado Nacional de un modelo de industrialización, lo que permite encontrar una correlación proporcional entre industrialización e inver-

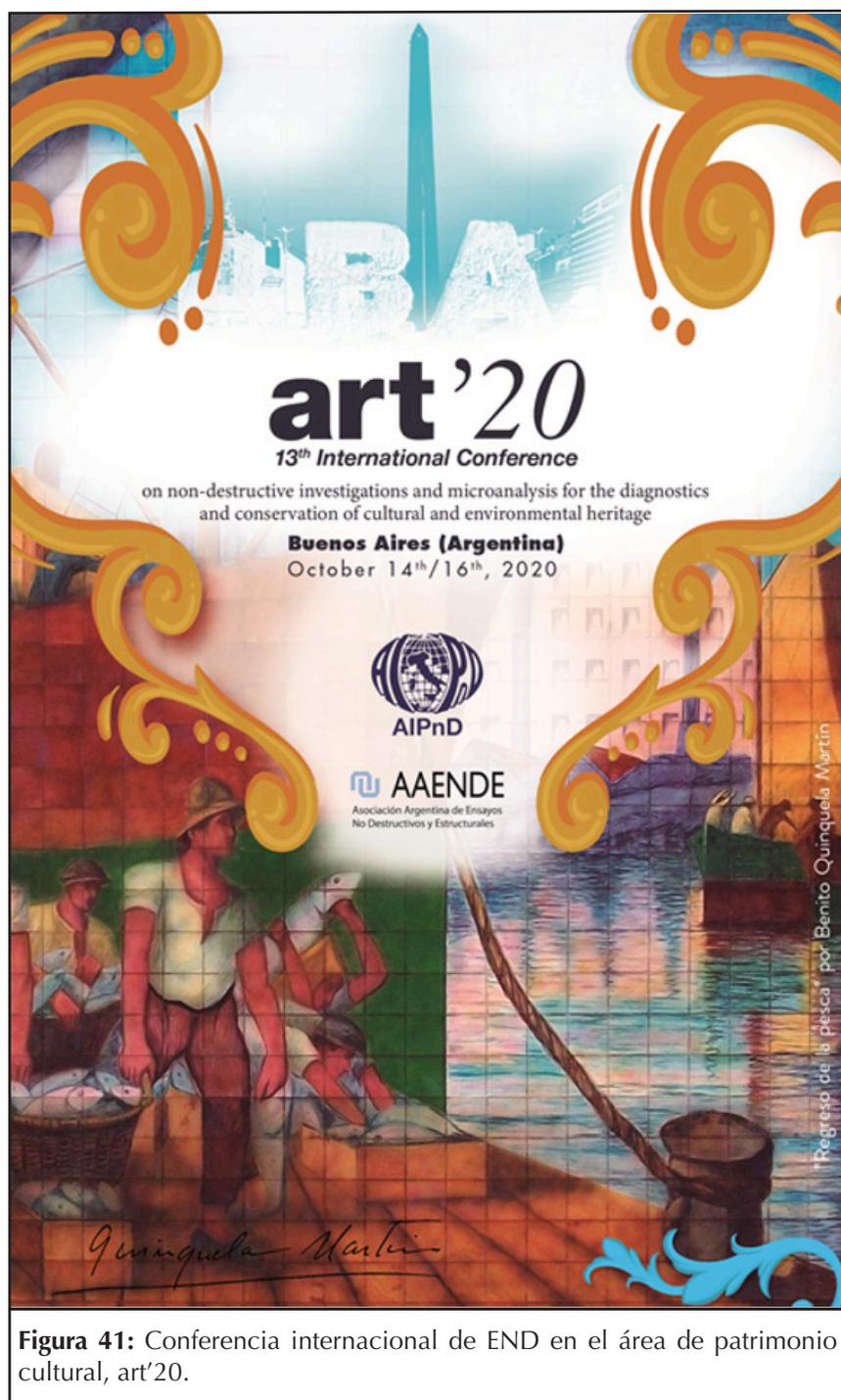


Figura 41: Conferencia internacional de END en el área de patrimonio cultural, art'20.

sión en desarrollo tecnológico en el área de END, como una tecnología difundida de gran impacto.

- La Argentina tuvo un lugar destacado en el área de la inspección no destructiva porque tuvo un desarrollo relativamente pio-

nero de la nucleo-electricidad.

- Ese liderazgo lo diseminó en la región de América Latina y el Caribe, y fue modelo para el resto de las regiones.
- Desde AAENDE se ha trabajado sistemáticamente en varios

frentes para recuperar el desarrollo del sector de inspección y para re-posicionar al país en el sendero inicial.

- La presentación de la candidatura para organizar la Conferencia Mundial de END en Buenos Aires se realizó en un momento de gran impulso al desarrollo tecnológico, produciendo un impacto en el resto de los representantes de otras partes del mundo, quienes desconocían esta realidad.
- Todo el recorrido enunciado, ha permitido que nuestro país sea reconocido e involucrado en las decisiones que se toman en esta materia en el mundo, lo que tiene una gran importancia para el sector industrial local y un representa un creciente desafío para los END en nuestro país.

■ REFERENCIAS

- 1) Introduction to Nondestructive testing. Disponible en: <https://www.nde-ed.org/GeneralResources/IntroToNDT/GenIntroNDT.php>. Accedido el 30 de Abril de 2018.
- 2) Neutron Radiography. Disponible en: <http://www.atl.ac.at/~neutropt/experiments/Radiography/radiography.html>. Accedido el 3 de Mayo de 2018.
- 3) Termografía. Disponible en: <https://monitoreocondicion.es.tl/Termograf%EDa-Infrarroja.htm>. Accedido el 7 de agosto de 2020.
- 4) Termografía infrarroja https://www.asing.es/diagnostico_transformadores.php. Accedido el 7 de agosto de 2020.

- 5) Termografía infrarroja en aviones. Disponible en: <http://www.inspeccionestermograficas.es/> Accedido el 4 de Mayo de 2018.
- 6) El desarrollo histórico de la termografía en la medicina. Disponible en: <http://www.exameninfrarrojo.com/termografia-medica-historia.htm>. Accedido el 3 de Mayo de 2018.
- 7) Obrutsky A. Los métodos de ensayos no destructivos para el estudio de bienes culturales. CNEA 2009; 33-34: 18-27.
- 8) Geo-radar. Disponible en: http://www.unitracc.com/know-how/fachbuecher/rehabilitation-and-maintenance-of-drains-and-sewers/inspection/structural-investigations-en/external-inspection-en/geophysical-subsoil-exploration-en/georadar-en?set_language=es. Accedido el 7 de Mayo del 2018.
- 9) Geo-radar. Disponible en: <http://ingenieriageofisica.com/georadar/>. Accedido el 7 de Mayo del 2018.
- 10) Imágenes gentileza de IDS (igegneria dei sistemi). Disponible en: <https://www.idscorporation.com/georadar/our-solutions-products/archaeology/description>. Accedido el 30 de Octubre de 2018.
- 11) Esquema de reflectografía infrarroja. Disponible en: <http://www.jpereira.net/apuntes-breves/la-fotografia-infrarroja-en-la-documentacion-de-patrimonio-de-la-obra-pictorica-al-arte-rupestre>. Accedido el 30 de Noviembre de 2018.
- 12) Acosta D., Obrutsky A. (2003),. Infrared Reflectography, an NDT Technique for Images Diagnosis. Conferencia Panamericana de END-PANNDT . Rio .Brasil.
- 13) Sabato J. (1972) Quince años de Metalurgia en la CNEA, Revista Ciencia Nueva, 3 (15) 7-15
- 14) Gargiulo G., Sabato J., Wortman O. (1978) Energía Atómica e Industria Nacional, Publicación de la Organización de los Estados Americanos (OEA) SG/P1/PTT/47
- 15) Sabato J. (1968) La formación de especialistas en metalurgia en la Argentina, Publicado en Ciencia Interamericana, 3(1),. Editado por la Unión Panamericana. Secretaria General de la OEA.
- 16) Sabato J., Volman de Tanis S. (1980) Desarrollo de Recursos Humanos en Metalurgia: balance de una experiencia, Publicación CNEA/PMM
- 17) Bonfiglioli A., Craievich A. (1994) Obra e legado de Jorge Sabato, Revista de Enseñanza de la Física, 7(2)
- 18) Báez J. N., Espejo H., Leston A. (1982) Aplicación de los Ensayos no Destructivos en Instalaciones Nucleares, Conferencia Internacional sobre Experiencia en Energía Nuclear (OIEA-Viena). 13 al 17 de septiembre.
- 19) Espejo H., Ruch M. (2004) A history of NDT in Argentina, Insight (BINDT), 46(12)
- 20) Kurcbart B. (2004) Nuclear Field Contribution to Conventional Activity in the Development of Qualification and Certification systems of NDT and Welding Personnel, Insight (BINDT), 46(12).
- 21) Wortman O. (1966) Sabato y la Industria Argentina, Sabato en la CNEA, publicación del Instituto de Tecnología Jorge Sabato. CNEA/UNSAM.- Editor Luis Quesada
- 22) IAEA-TECDOC-628 Training Guidelines in NDT Testing Techniques (1991)