

EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS AVANZADAS DE INSPECCIÓN POR ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS: DE PHASED ARRAY Y TFM A PCI

Martín Chimenti, ARO S.A., m.chimenti@aroline.com.ar

En este trabajo se presenta la evolución de las técnicas Full Matrix Capture / Total Focus Method (FMC / TFM) considerando los resultados obtenidos en distintas inspecciones de soldaduras, las mejoras que trajo su utilización en la industria y los nuevos desarrollos por parte de los fabricantes. Asimismo, abordamos el uso de la tecnología de Phase Coherence Imaging (PCI) en campo por medio de equipos portátiles. Para esto, se muestran resultados obtenidos con el equipo OmniScan X3 64 de la marca Olympus (ahora Evident Scientific) en ejemplos de detección temprana de HTHA, SCC, agrietamiento inducido por hidrógeno e inspecciones de soldadura. Contar con una sólida formación en Phased Array, TFM y PCI, seleccionar la técnica de ensayo más adecuada en función de la aplicación, elaborar un adecuado y óptimo plan de escaneo y acceder a un equipo apropiado para llevar a cabo inspecciones exitosas son factores clave a la hora de lograr un correcto trabajo por parte de los inspectores de campo y del personal de integridad, facilitando la toma de decisiones de estos últimos.

1. Introducción

Los ensayos por Ultrasonido Convencional (UT) consisten en un método no destructivo, preciso y eficiente para la inspección de materiales y componentes de diversas industrias como Oil & Gas, petroquímica, nuclear, aeroespacial, automotriz, ferroviaria, entre otras.

El UT consiste en el uso de ondas sonoras de alta frecuencia para detectar discontinuidades en un material aprovechando distintos fenómenos de propagación de ondas, que se crean a partir de una señal eléctrica que es transformada por un cristal piezoeléctrico que posee el transductor de UT (Fig. 1). El acoplamiento entre transductor y superficie del componente a ensayar es crítico para la adecuada propagación de la onda ultrasónica dentro del material. Sin embargo, teniendo en cuenta el tamaño de los transductores que se utilizan, la productividad del UT es escasa. Además, el UT no proporciona un registro de inspección sino una pantalla de ecos, que permite caracterizar discontinuidades.

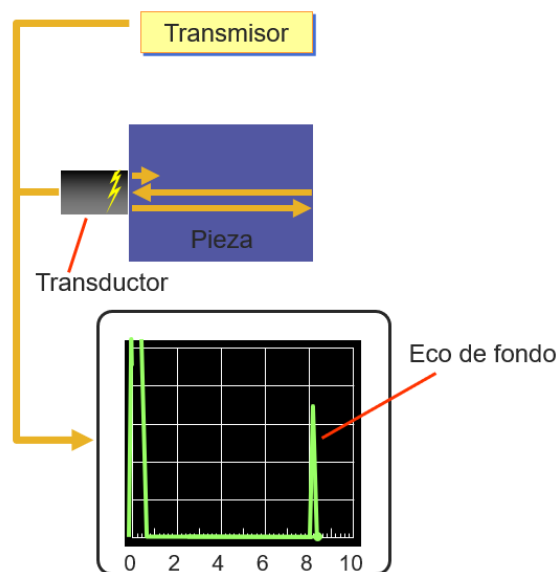


Fig. 1: Ultrasonido Convencional

Como consecuencia de la evolución de la industria y de la tecnología, continuamente evolucionan los materiales y sus geometrías y también aumenta la complejidad en la detección de defectos cada vez más pequeños y nocivos para las instalaciones. Algunos ejemplos de esto son los daños por HTHA, SCC y agrietamiento inducido por hidrógeno. En simultáneo, la tendencia mundial a buscar alternativas sustentables desde el punto de vista ambiental y social para el reemplazo del método radiográfico no solo continua sino que también aumenta.

Phased Array logra solventar las limitaciones del UT y satisfacer las demandas de la industria. Hacia la década de 1990 / 2000, Phased Array es introducido en la industria con el mismo concepto que se utilizaba en medicina (Fig. 2): observar el estado interior de diversas piezas y partes críticas de una estructura, con la posibilidad de medir indicaciones en todas las dimensiones (ancho, largo y profundidad) y obtener un registro total de la inspección. Así, el registro obtenido por Phased Array resulta similar al que se obtiene mediante Radiografía, pero con la diferencia de que con Phased Array se puede dimensionar la profundidad, no se utilizan productos químicos ni consumibles y no se emite radiación, entre otras cuestiones. Al mismo tiempo, se cubre la falencia del registro que no entrega el Ultrasonido Convencional y, al obtener mayor cantidad de información, aumenta la Probabilidad de Detección (POD). Por otro lado, al utilizar transductores de mayor tamaño que los de UT, se incrementa la productividad en las inspecciones.

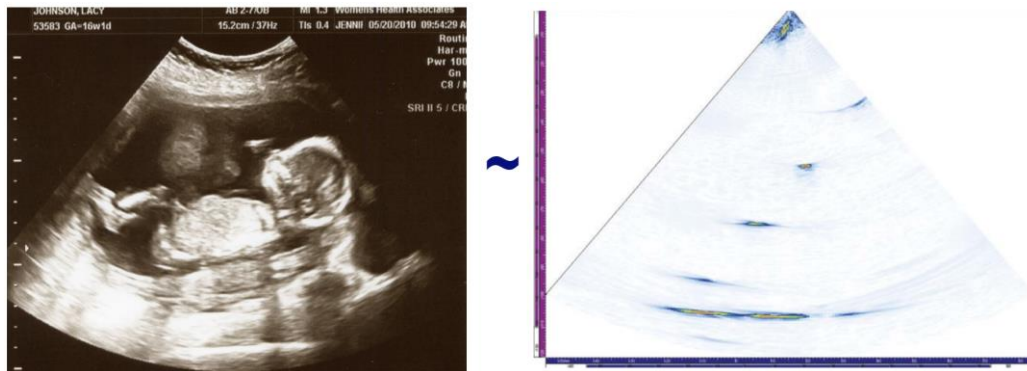


Fig. 2: Diagnóstico por imágenes en medicina y en industria.

La técnica Phased Array consiste en un tipo de Ensayo No Destructivo (END) cuyo principio de funcionamiento deriva del ultrasonido convencional, aunque con ciertas diferencias. Entre ellas, se destaca el hecho de que Phased Array utiliza transductores con múltiples elementos capaces de ser excitados de manera individual, con distintas amplitudes y retardos, generando así un frente de ondas en la dirección deseada. Los ecos recibidos por cada uno de los elementos son retardados temporalmente entre sí, para luego ser sumados y producir, como resultado, una sola vista A-Scan para cada ángulo que se utilice, un C-Scan, un B-Scan y un D-Scan, entre otras (Fig. 3). De esta forma, el receptor combina las señales de los elementos generando un conjunto de distintas vistas de la pieza ensayada y, así, se inspecciona el 100% de lo deseado obteniéndose imágenes del estado del componente inspeccionado en todos los planos de interés. Es decir, Phased Array permite obtener bastante más información que el Ultrasonido Convencional.

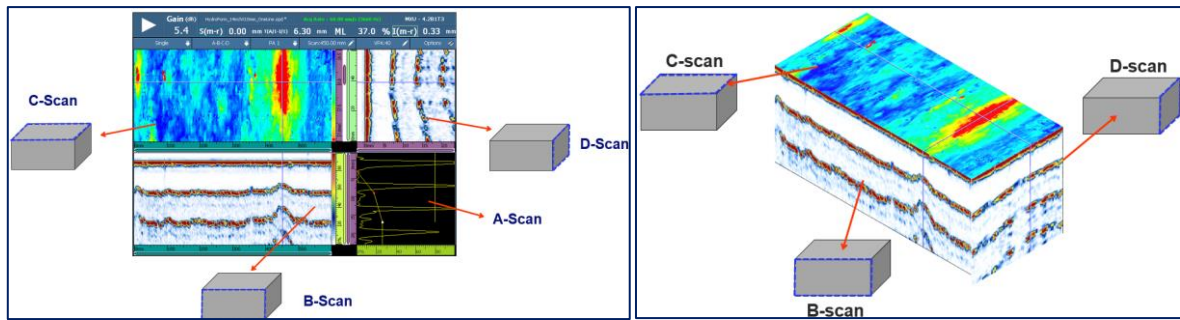


Fig. 3: Vistas obtenidas en una inspección de corrosión por Phased Array.

Continuando con los avances de la tecnología del Phased Array, entre la década de los 2000 y 2010 distintos códigos y normas comenzaron a contemplar su uso, incluso aceptando a esta técnica como un reemplazo de Radiografía Industrial. Sin embargo, y lejos de detenerse el desarrollo tecnológico, hacia fines de la década de 2010 comienza a emplearse, para industria y en equipos portátiles, la tecnología de Full Matrix Capture (FMC) y Total Focusing Method (TFM). En el año 2022, aparece la tecnología Phase Coherence Imaging (PCI) en equipos portátiles de campo. En la Fig. 4 se esquematiza la evolución de las técnicas avanzadas de inspección por Ensayos No Destructivos en el ámbito del Ultrasonido.

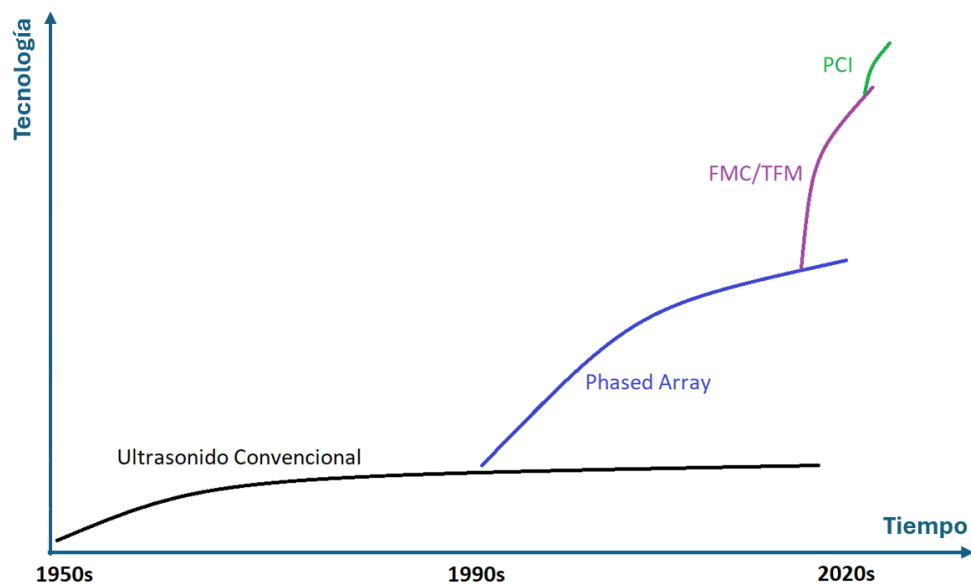


Fig. 4: Evolución de las técnicas avanzadas ultrasónicas de inspección por Ensayos No Destructivos en equipos portátiles de campo.

En el presente trabajo se abordan las principales características y evoluciones de FMC / TFM, la aparición de la técnica PCI, y los principales pasos para realizar el ensayo y los resultados obtenidos en diversas aplicaciones realizadas con el equipo OmniScan X3 64 de la marca Olympus (ahora Evident Scientific Inc.).

2. Desarrollo

2.1. Técnicas avanzadas de inspección por Ensayos No Destructivos

2.1.1 FMC y TFM: una “evolución” del Phased Array

El método de focalización total (TFM por sus siglas en inglés: Total Focusing Method) utiliza los datos obtenidos a través de la técnica de captura de la matriz completa, o Full Matrix Capture (FMC), lo que permite, entre otras cosas, mejorar en forma notable la resolución y focalización que se obtenía en Phased Array. Así, con TFM no solo se mantiene la amplitud en los puntos focalizados dentro del área de interés que el operador indica en el equipo de inspección sino que también se genera una excelente focalización en toda esta área y no solo a una determinada profundidad. Esto se ve traducido en la geometría de las indicaciones encontradas: a diferencia del Phased Array, con TFM se logran imágenes cuyas formas y geometrías muy similares a las reales que presentan un defecto (Fig. 5).

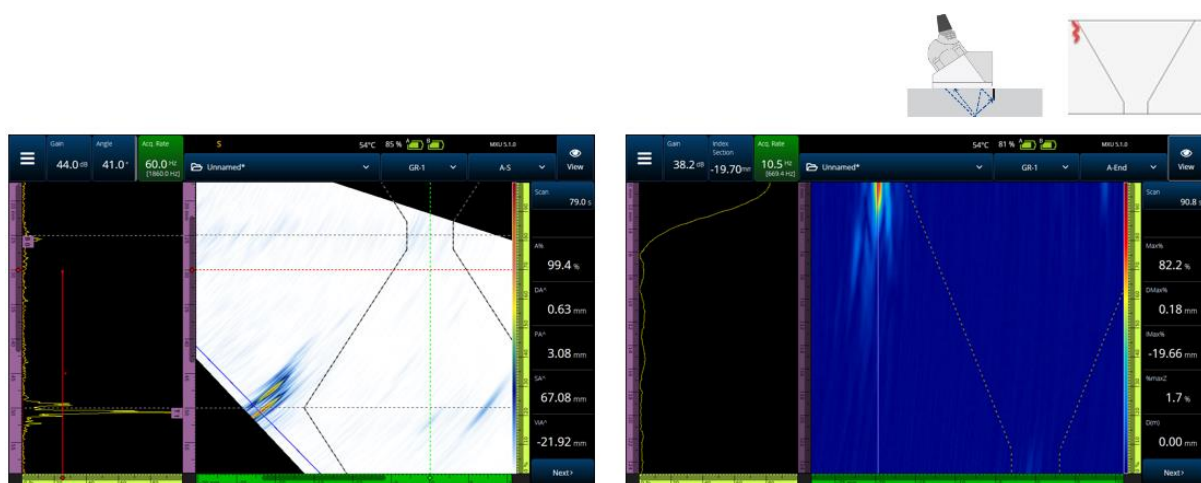


Fig. 5: Comparación de fisura con origen en el exterior, detectada por Phased Array (izquierda) y por TFM 5T (derecha).

En FMC, y a diferencia de la adquisición en Phased Array, se excita el transductor de a un elemento por vez y, cuando la onda generada en esta excitación detecta una indicación en el volumen de inspección, se genera una reflexión que es recibida por todos los elementos del transductor. Este proceso se repite hasta que se pulsa el total de elementos del transductor. De esta forma, todos los A-Scan generados son almacenados en un formato de matriz, en donde las variables intervinientes serán el tiempo, los receptores y los emisores (Fig. 6, pasos 1 a 5).

El proceso de reconstrucción de la imagen de los distintos A-Scan, generados por la adquisición FMC, es realizado por TFM (Fig. 6, pasos 6 a 9). Los datos adquiridos por FMC se procesan para crear la imagen enfocando en toda el área de interés. Esta área está formada por pixeles; un pixel se reconstruye a partir de las distintas amplitudes de los A-Scan sumados en la matriz. Una vez realizado esto para todos los pixeles que constituyen la zona o área de TFM (seleccionada en función de lo que se está inspeccionando), se obtienen imágenes de gran nitidez y resolución.

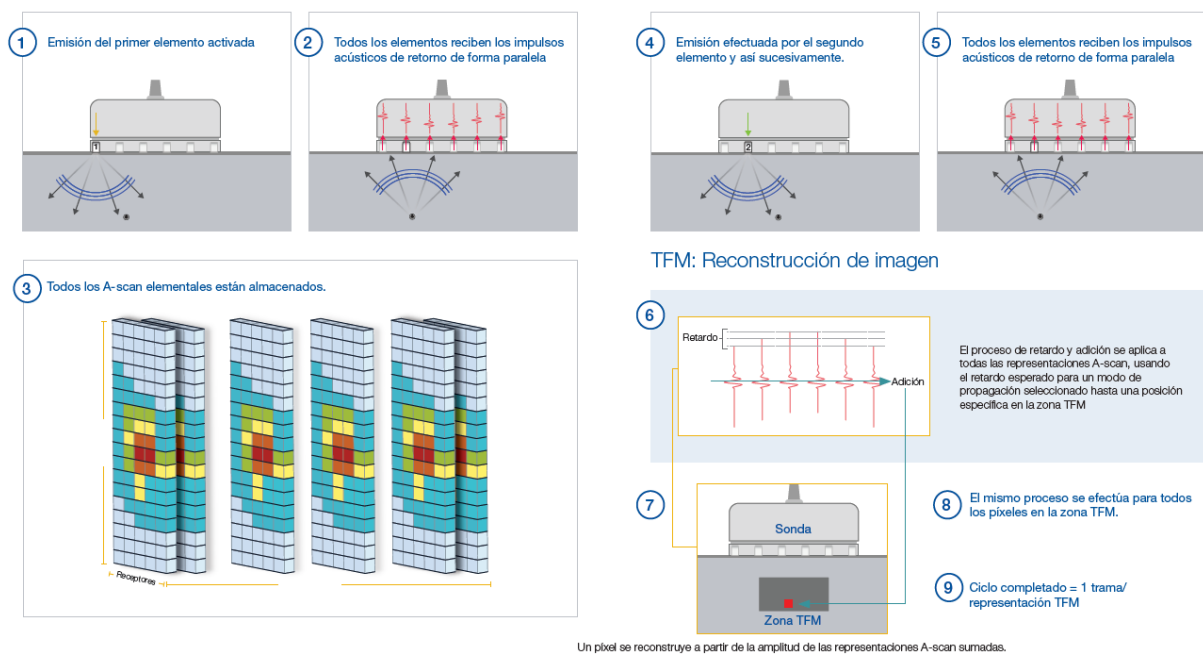


Fig. 6: Funcionamiento de FMC y TFM.

2.1.2 Sparse Mode:

Una de las desventajas de FMC, y debido a la gran cantidad de datos que adquiere, es la velocidad de inspección, la cual resulta extremadamente baja a comparación de la que se utiliza en un ensayo por Phased Array. Esto fue resuelto, por ejemplo, cambiando el modo de secuencia de emisión de FMC, utilizando una secuencia de pulsado que difiere de la de FMC completa: se pulsan no todos los elementos del transductor, sino la mitad de ellos, o un tercio, o un cuarto, entre otros, si es que se quiere seguir aumentando la velocidad de inspección. Por ejemplo, se pulsa el elemento 1 y el total de los elementos del transductor reciben la onda reflejada, luego se pulsa el 3, luego el 5 y así sucesivamente, de dos en dos (o de tres en tres, o de cuatro en cuatro, etc.). Haciendo esto, se logra aumentar la velocidad de inspección y, en consecuencia, se reduce, aunque muy poco, la relación señal-ruido.

Es importante tener en cuenta que los transductores, las zapatas y los escáneres a utilizar por FMC o Sparse / TFM son los mismos que se utilizan para realizar ensayos en Phased Array y también para la técnica de PCI (Phase Coherence Imaging, o traducido al español, Imágenes por Coherencia de Fases).

Dependiendo del equipo a utilizar, y de las habilitaciones a nivel de software proporcionadas por los fabricantes, estas técnicas pueden encontrarse, de serie, disponibles para su uso. El hecho de que FMC, Sparse / TFM y PCI utilicen los mismos transductores, e incluso las mismas zapatas, escáneres, encoders y demás accesorios que Phased Array, es una gran ventaja ya que se reducen los costos de inversión en el caso de empresas que ya utilizan la tecnología de Phased Array en sus respectivos controles periódicos de integridad y quieren migrar a TFM o PCI.

2.1.3 PCI

Se trata de una nueva tecnología en el ámbito portátil-industrial, que utiliza la información que se encuentra en fase, proveniente de los A-Scan adquiridos por FMC o por el modo Sparse. De esta forma, la señal se procesa de manera que solamente se conserva la información en fase y se descarta la amplitud. Así, se crea una imagen similar a la de TFM pero a partir del nivel de coherencia de fase de los A-Scan recolectados, en lugar de sumar a los mismos por amplitudes de señales.

Es importante destacar que aquellas señales correspondientes al ruido son de baja coherencia, mientras que las de las indicaciones correspondientes a un posible defecto son de alta coherencia. Gracias a esto, los resultados que se obtienen en PCI se ven menos afectados por la atenuación y por el ruido que ocasiona un material, ya que la información obtenida será independiente de la amplitud y dependiente de la coherencia (Figs. 7,8 y 9). Esto hace que PCI tenga, por ejemplo, un resultado óptimo en la inspección de aceros inoxidables, a diferencia del que se obtendría mediante una técnica por amplitud como Phased Array o incluso TFM.

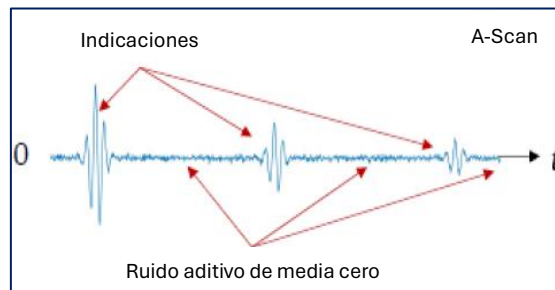


Fig. 7: Indicaciones vs ruido. Atenuación en función del tiempo t .

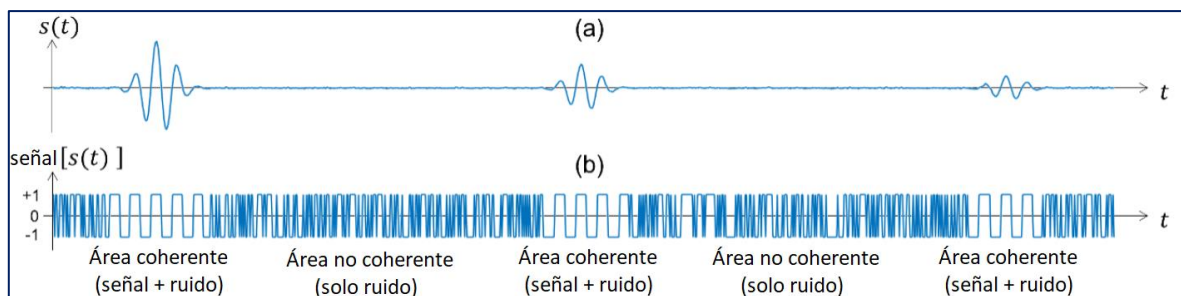


Fig. 8: Amplitud vs Fase: en el caso de la amplitud (a), su respuesta disminuye en intensidad a medida que transcurre el tiempo t . Mientras tanto, si se analiza en fase (b), se observa que la intensidad de fase de la señal permanece constante a lo largo del tiempo y siempre está contenida entre 1 y -1.

A diferencia de Phased Array o TFM, PCI no es una técnica basada en amplitud, por lo que el procesamiento de PCI se basa en los cambios de fase de la señal ultrasónica. Así, la fase de una señal puede verse alterada por un cambio de medio o simplemente por un pequeño cambio en la regularidad del componente ensayado, lo cual hace que PCI sea altamente sensible a defectos pequeños como el HTHA o fisuras. En estos casos, la difracción que emiten las indicaciones tendrá una señal altamente coherente en comparación con reflectores grandes, lo que resulta en una imagen con mejor relación señal-ruido frente a técnicas basadas en amplitud. Así, para defectos pequeños tales como pequeñas fisuras, HTHA, porosidades, entre otros, PCI es una técnica con una excelente respuesta.

En los casos prácticos, esto se traduce en que no se utiliza ganancia (dB) para realizar una inspección, ya que PCI es una tecnología libre e independiente de amplitudes. De esta manera, resulta

imposible saturar una señal, no es necesario pre-ajustar una ganancia para un reflector de referencia, el dimensionamiento es más sencillo ya que no se aplican criterios de caída de dB, y alcanzará con seleccionar, durante la elaboración del plan de escaneo, los modos de onda adecuados en función de la inspección a realizar, al igual que se realiza para obtener una imagen de TFM.

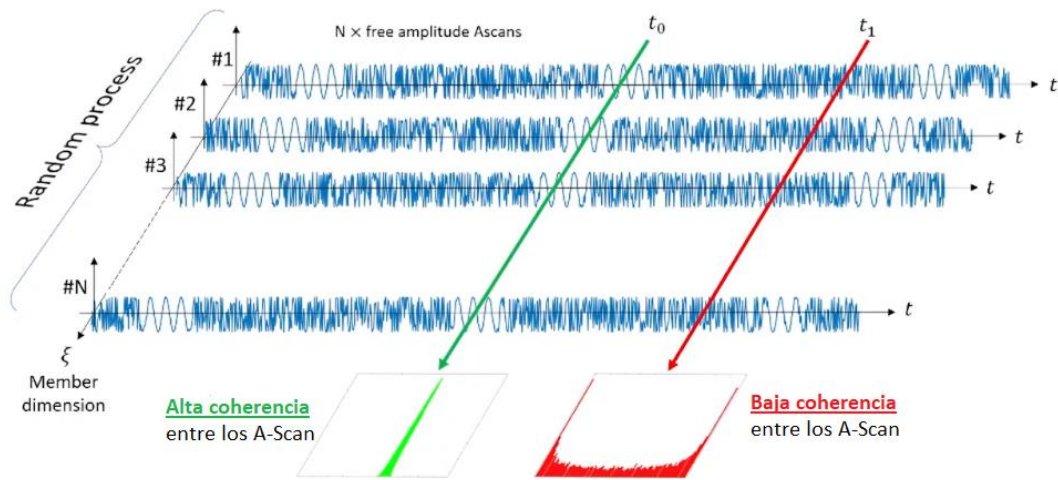


Fig. 9: Si se repiten los A-Scan de las Fig. 6 y 7 en “N” veces, se observa la alta coherencia de ellos para las señales de las indicaciones, al mismo tiempo que se ve la baja coherencia en las señales correspondientes al ruido.

Recordemos que los modos de onda de inspección consisten en manipular electrónicamente el haz en su dirección y en el tipo de onda a utilizar en función de lo que se vaya a inspeccionar. Algunos de estos modos de onda se pueden observar en las Fig. 10a y 10b. En una misma inspección, se pueden realizar barridos en modo pulso eco con ondas transversales (T) o longitudinales (L), o también se puede utilizar el modo auto-tándem (en el que un grupo de elementos del mismo transductor será encargado de emitir y otro grupo, de recibir las señales), pudiendo combinar aquí ondas longitudinales con transversales o bien una de estas dos de manera individual.

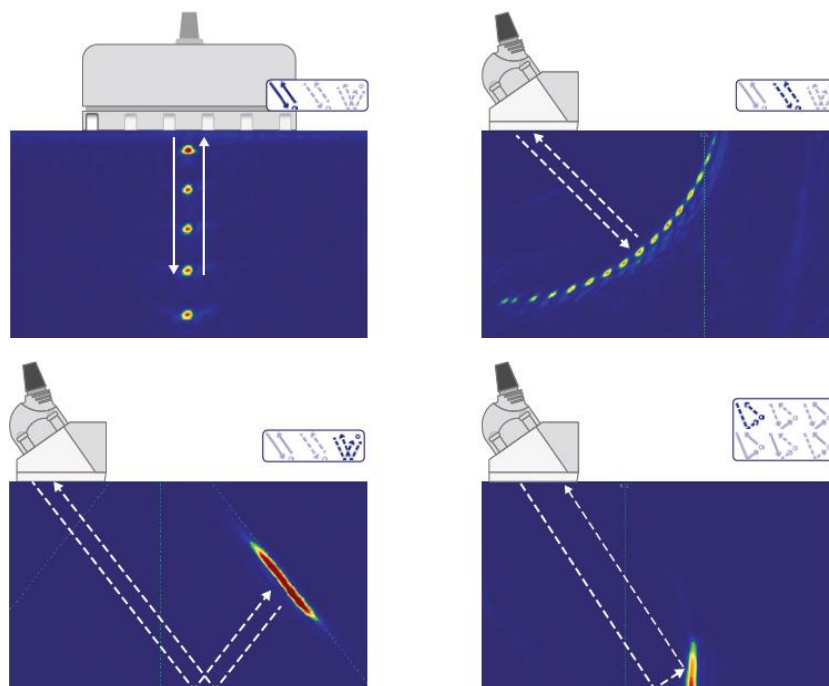


Fig. 10a: Algunos modos de inspección, por pulso-eco y auto-tándem, en TFM.



Fig. 10b: Algunos modos de inspección, por pulso-eco y auto-tándem, en TFM y PCI.

La selección del modo de inspección se lleva a cabo durante la elaboración del plan de escaneo, etapa fundamental para asegurar los mejores resultados posibles en la inspección. En el plan de escaneo, además de seleccionar los modos de onda y el transductor y la zapata a utilizar, también se configura el diseño de la soldadura (en caso de inspeccionar una) y el tamaño de la zona o área de TFM que se utilizará para llevar a cabo la inspección.

La elaboración del plan de escaneo y la selección del transductor a utilizar se realizan con gran facilidad gracias al asistente de plan de escaneo y al Mapa de Influencia Acústica (AIM) que posee el OmniScan X3 64 (Figs. 10a y 10b). En PCI, el AIM sigue siendo una herramienta eficaz que permite visualizar de forma anticipada la distribución acústica del haz para cada modo de onda en función de lo que se desea inspeccionar. Como resultado, también posibilita ver el alcance del transductor y de la zapata seleccionados o a seleccionar, ya que, como se señaló más arriba, es posible anticiparse a la inspección visualizando qué transductor y configuración son los más apropiados para realizar un ensayo determinado, de la forma más efectiva posible.

Con la eliminación del ajuste de ganancia, el tiempo y el esfuerzo requerido para crear una configuración en PCI que proporcione resultados de alta calidad disminuye en forma notable. Además, y como se mencionó, el mayor potencial de esta nueva técnica se podrá ver gracias a las reflexiones y difracciones provenientes de defectos pequeños, que proporcionan una respuesta coherente, a diferencia de las señales de ruido en materiales atenuantes. Aun cuando PCI cuenta con ventajas en determinadas aplicaciones, en otros casos resulta más conveniente el uso de Phased Array o de TFM.

2.2 Algunos ejemplos de inspección:

A continuación se presentan distintas aplicaciones de las técnicas avanzadas de inspección por Ensayos No Destructivos. En algunos casos, se ha hecho una inspección de TFM y de PCI para el mismo componente, mientras que en otros se ha empleado también Phased Array.

2.2.1 Mecanismo de daño de Creep:

En la Fig. 11 se visualiza un daño por TFM de Creep, mientras que en la Fig. 12 presenta el mismo mecanismo de falla pero por PCI. En ambos casos, el transductor utilizado ha sido el mismo, es decir uno de array tipo Dual, 10 MHz de frecuencia, 64 elementos y modo de onda LL. La región de interés, para ambos casos, es la misma (70 mm de profundidad y 32 mm de ancho o índice).

En la imagen obtenida por PCI, las difracciones obtenidas por las puntas de los bordes de los pequeños defectos resultan altamente coherentes, haciendo que se destaquen las indicaciones de forma muy clara. En cambio, en la imagen de TFM, si bien el resultado obtenido es muy bueno, el reflejo de la elevada amplitud causada por la pared posterior hace que se visualice un ruido no visto en PCI y se dificulte alguna eventual evaluación en dicha zona. Por otra parte, la relación señal-ruido generada para la región de interés seleccionada se percibe más optimizada en la inspección de PCI.

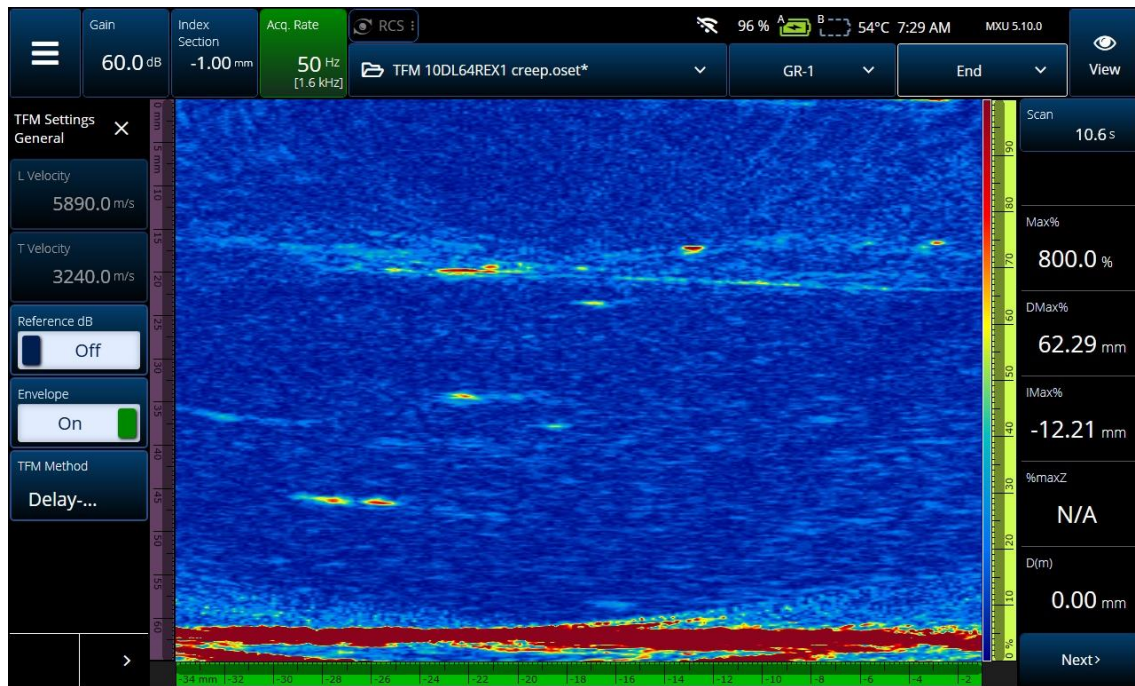


Fig. 11: Mecanismo de daño por Creep visto por TFM, con una ganancia de 60 dB.

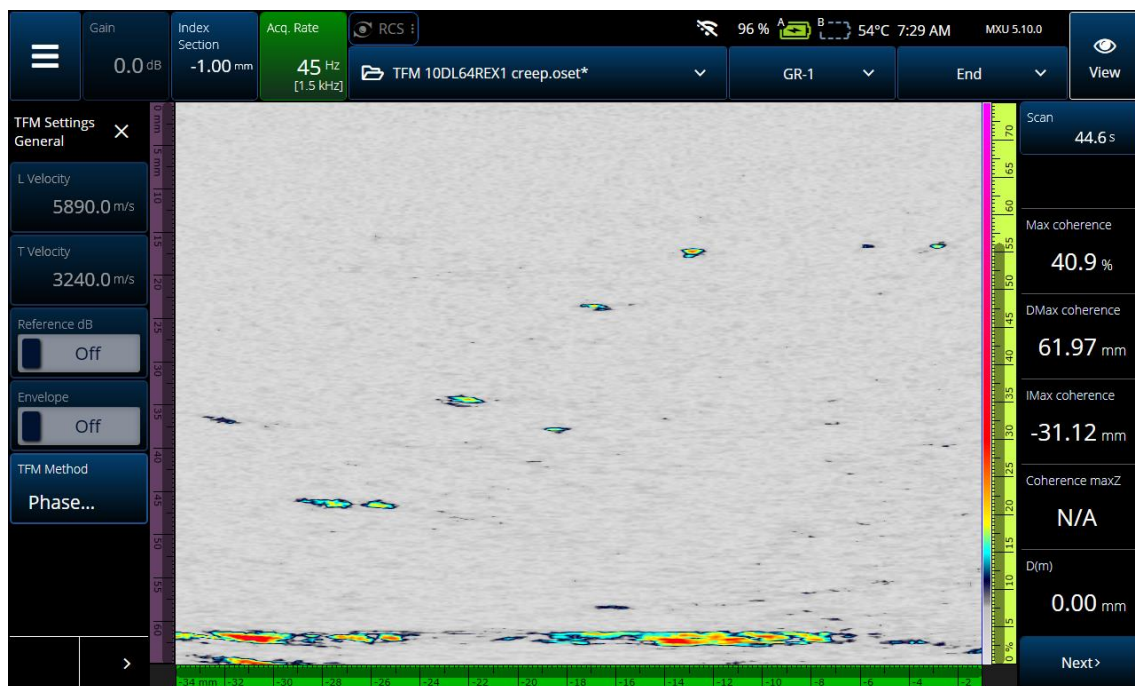


Fig. 12: Mecanismo de daño por Creep visto por PCI, con una ganancia de 0 dB.

2.2.2 Soldadura de acero al carbono con cladding de inoxidable:

A continuación, se presenta una inspección de una tubería soldada de acero al carbono, de 28 mm de espesor con un cladding de inoxidable de 4 mm. En la Fig. 13 se incluye el resultado de la inspección por Phased Array para una indicación en raíz, utilizando 46 dB. Luego, en la Fig. 14 y con 45 dB, se observa la misma indicación pero con TFM; en este caso, la relación señal-ruido mejora respecto del Phased Array. Por último, en la Fig. 15 se observa la misma indicación pero a través de PCI. En estos tres casos se utilizó un transductor dual de array matricial, de 4 MHz de frecuencia, 32 elementos y pitch de 1 mm.

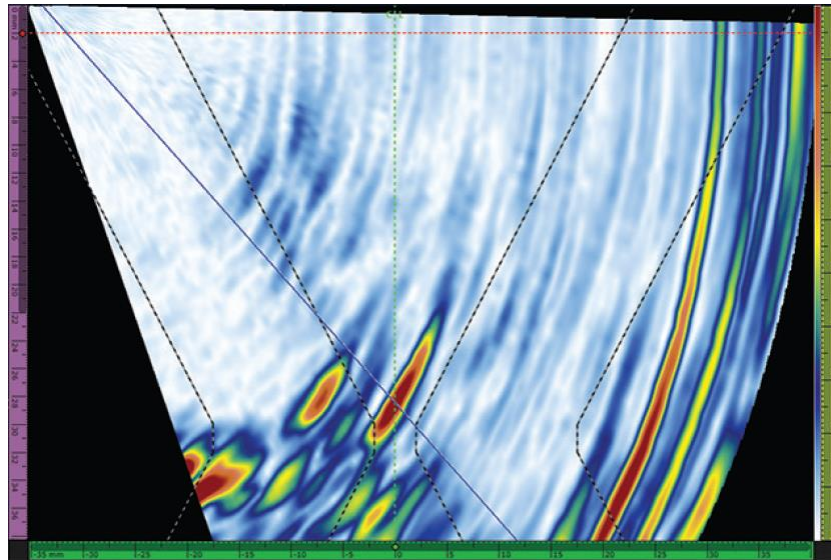


Fig. 13: Resultado con Phased Array, utilizando un escaneo sectorial de 35 a 89 ° con 32 elementos y focalizando en camino sónico a 41 mm.

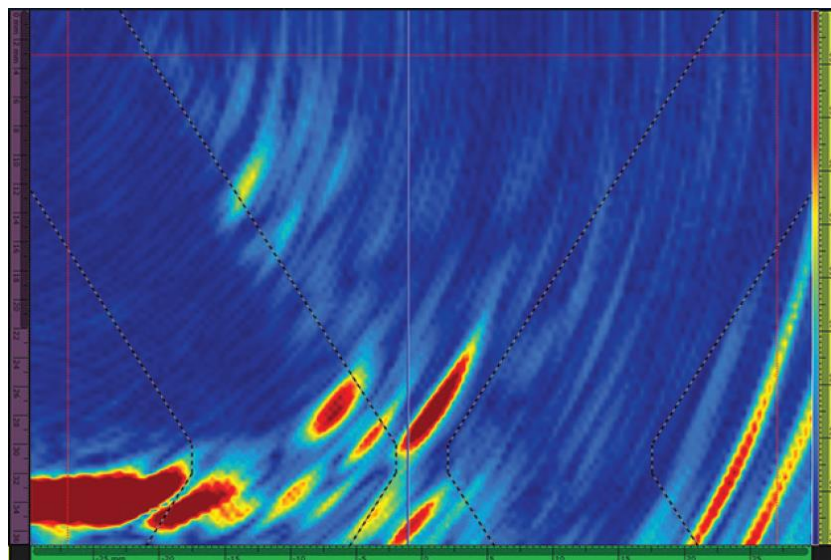


Fig. 14: Resultado con TFM, utilizando un modo de onda L-L.

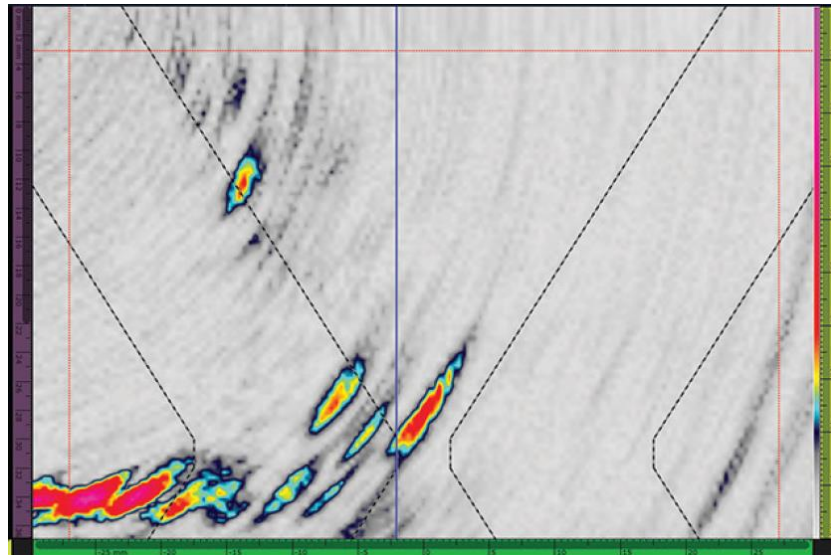


Fig. 15: Resultado con PCI, utilizando un modo de onda L-L.

2.2.3 Soldadura de acero inoxidable de 46 mm de espesor:

En la Fig. 17, se detalla una inspección por PCI, realizada sobre una soldadura de acero inoxidable 316, que presentaba tres reflectores mecanizados (agujeros pasantes) a distintas profundidades e iguales diámetros entre sí (Fig. 16). También se replica esta inspección pero por TFM, ilustrándose el resultado en la Fig. 18. En ambos casos, se utilizó la forma de onda L-L.

El espesor del bloque es de 46 mm, y el resultado corresponde a un ensayo con un transductor de array lineal, tipo pulso eco, de 64 elementos y con una frecuencia de 10 MHz, a diferencia de la utilizada en otras técnicas derivadas del Ultrasonido para este tipo de inspecciones, que es mucho más baja. A su vez, se inspeccionó con el modo de onda L-L, y una región de interés de 50 mm de profundidad x 60 mm de índice.

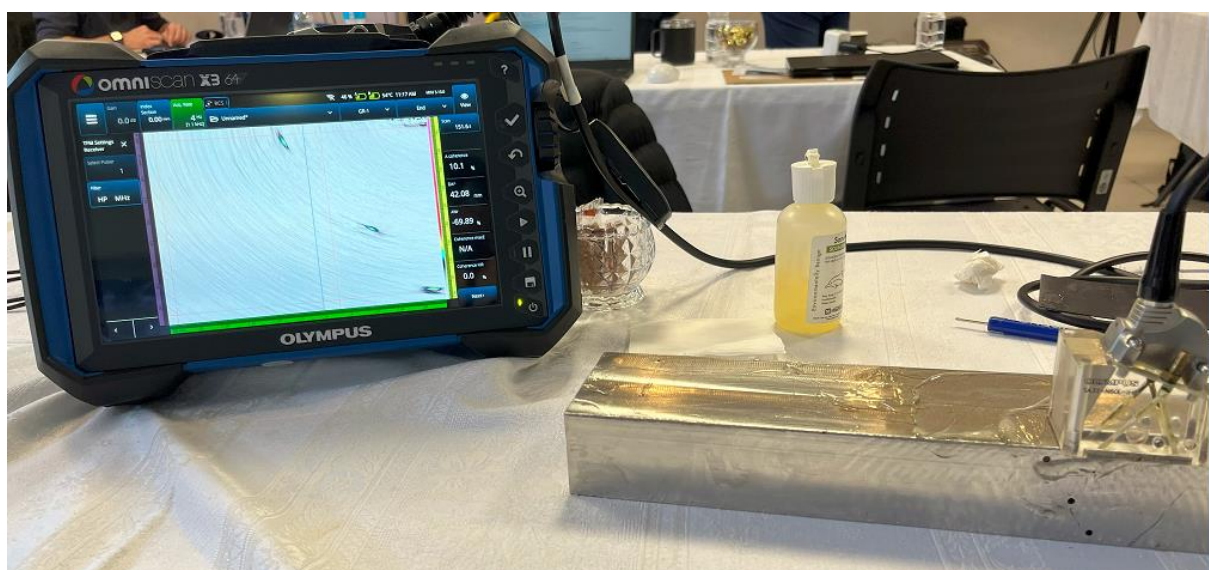


Fig. 16: Resultado con PCI, utilizando un modo de onda L-L.

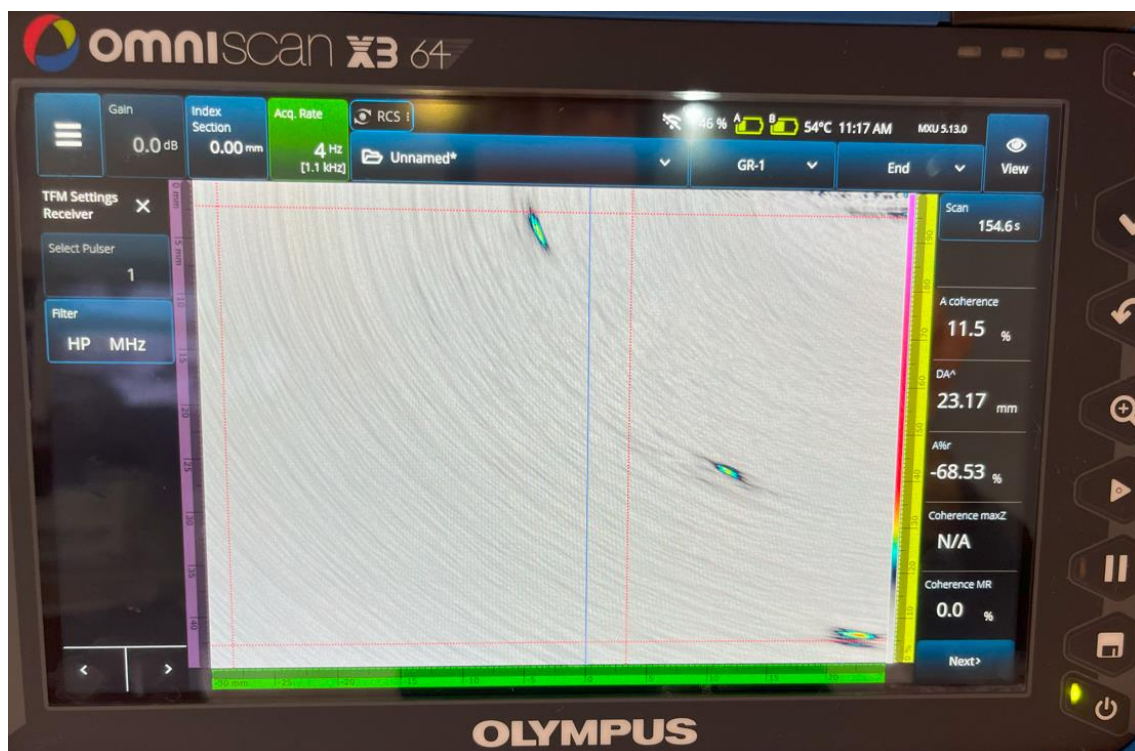


Fig. 17: Los tres reflectores que posee el bloque de inoxidable de la Fig. 16, encontrados por PCI en la pantalla del equipo OmniScan X3 64. La relación señal-ruido es muy buena.

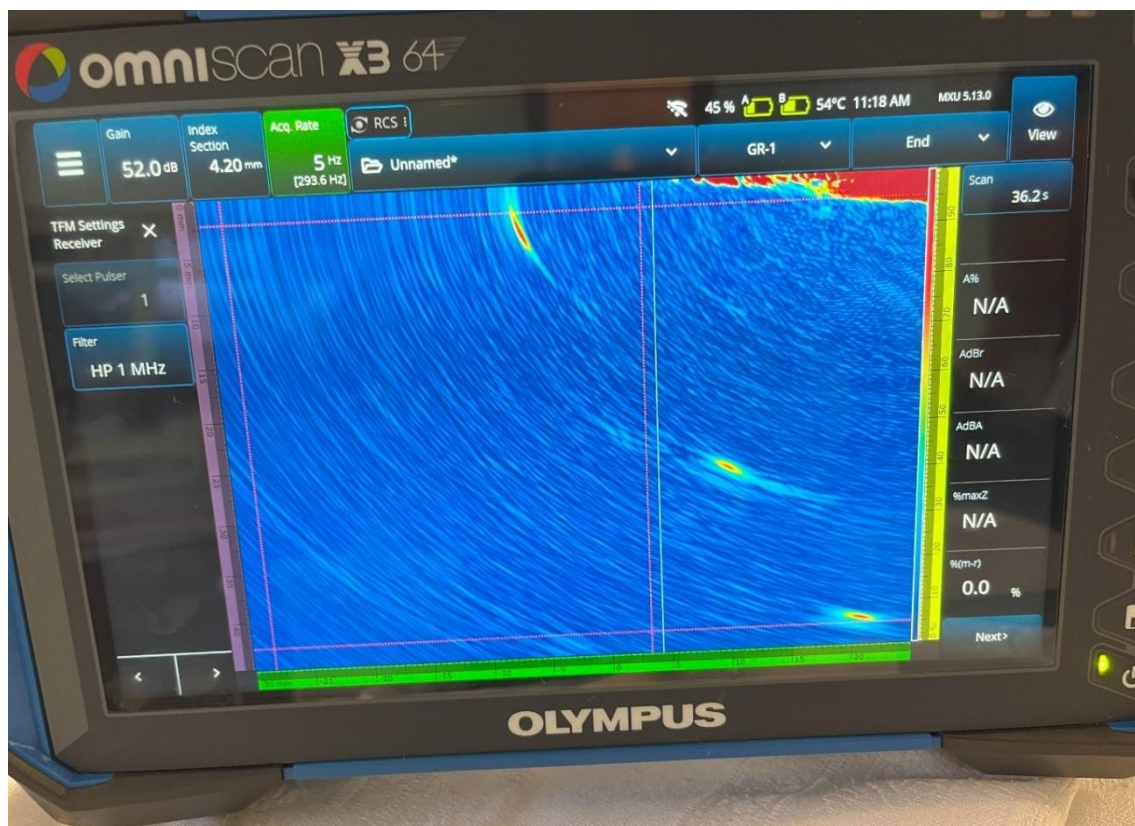


Fig. 18: Los tres reflectores que posee el bloque de inoxidable de la Fig. 16, encontrados por TFM en la pantalla del equipo OmniScan X3 64. El resultado es bueno, aunque la relación señal-ruido es mejor para el caso de PCI.

2.2.4 Stress Corrosion Cracking (SCC)

En la Fig. 19 se observa la inspección de un bloque de 26 mm de espesor con SCC, mediante un transductor de 64 elementos, 10 MHz de frecuencia y en contacto directo. Se obtuvieron muy buenos resultados por TFM, pero con PCI fueron más claros y nítidos, con una relación señal-ruido más optimizada.

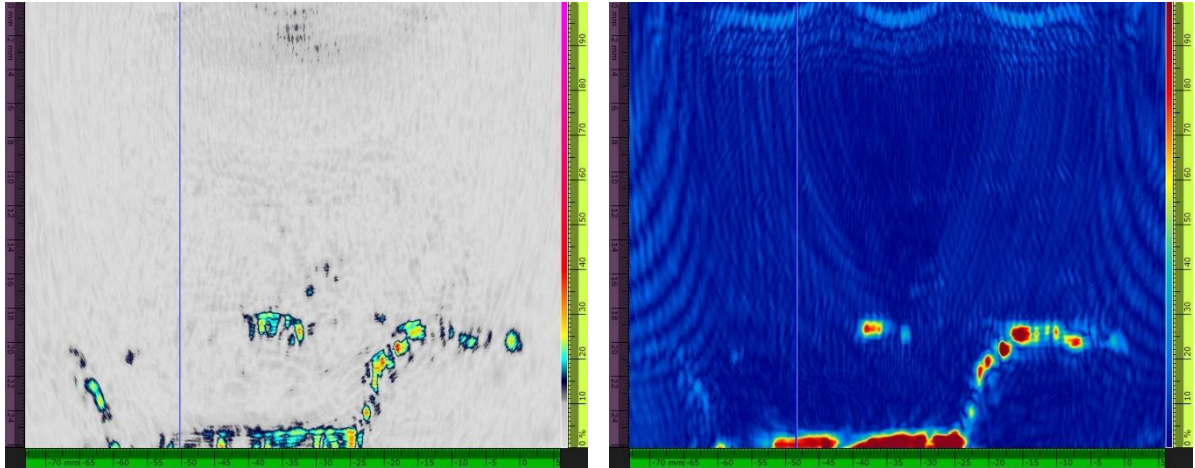


Fig. 19: A la izquierda, la detección de SCC por PCI. A la derecha, por TFM.

2.2.5 Detección temprana de Ataque por Hidrógeno a Alta Temperatura (HTHA):

Se inspeccionó un componente de 50 mm de espesor con un transductor de 64 elementos, 10 MHz de frecuencia y en contacto directo (Figs. 20a y 20b). Se obtuvieron resultados más claros y una mejor relación señal-ruido para el caso de PCI en comparación con TFM, a pesar de que aumentó el ruido cerca de la superficie.

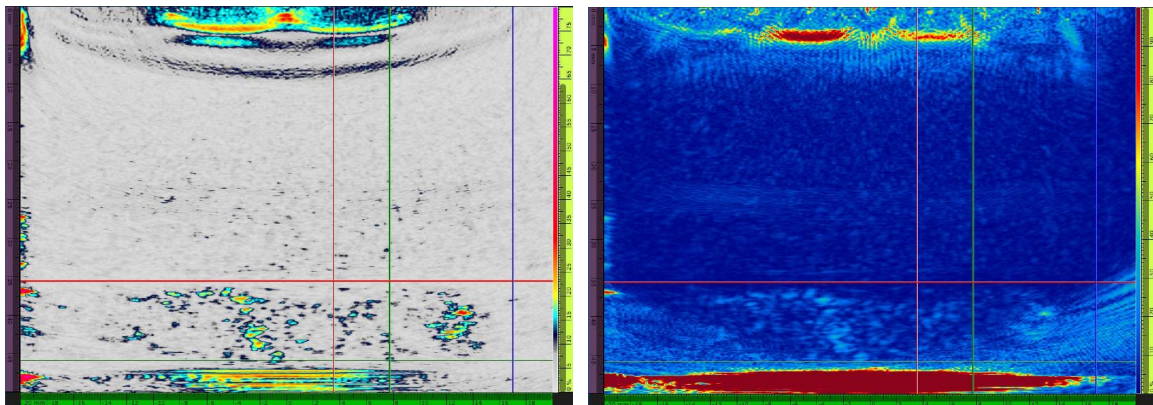


Fig. 20a: A la izquierda, la detección de HTHA por PCI. A la derecha, por TFM.

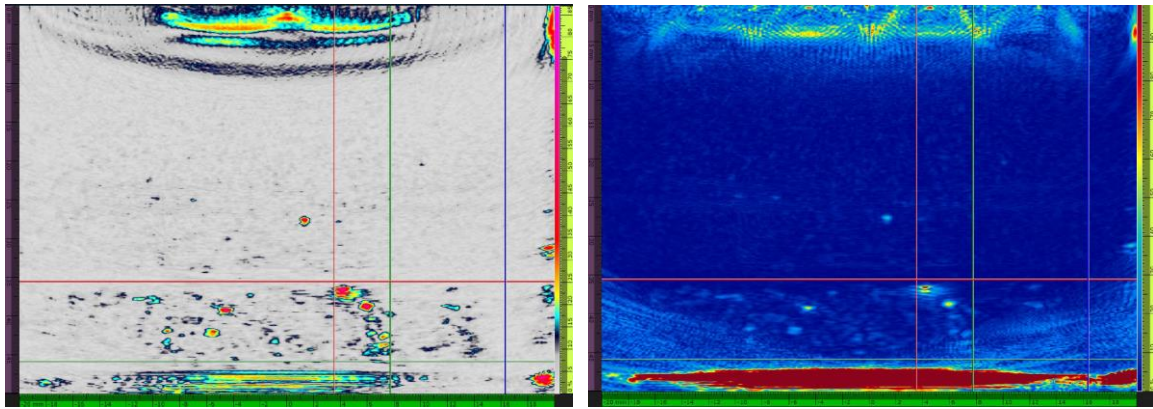


Fig. 20b: A la izquierda, la detección de HTHA por PCI. A la derecha, por TFM.

En el caso del TFM, si se aumenta la ganancia de modo que la amplitud de la señal de los defectos HTHA cumpla con la referencia, los defectos podrían quedar ocultos por la pared posterior (es decir, lo que se conoce como *eco de fondo* en Ultrasonido). Esto, en cambio, no ocurre con PCI ya que, debido al principio de funcionamiento de esta técnica, la amplitud no es un factor a tener en cuenta ni a variar.

En todos los casos mostrados hasta aquí, se han realizado inspecciones puntuales para ver ciertas indicaciones. No obstante, es necesario destacar que, al igual que en TFM o en Phased Array, si se emplea PCI con un escáner semiautomático o automático, se obtiene un registro total y completo de lo que se desee inspeccionar, tal como se puede ver en la Fig. 21.

2.2.6 Soldadura de acero inoxidable de 12 mm de espesor:

En la Fig. 21, se observa una inspección por PCI y por TFM, ambas con escáner, que permitió registrar la inspección. En este caso, el registro mostrado corresponde a una vista en planta, denominada *top* para PCI y TFM o *C-Scan* en el caso de Phased Array.

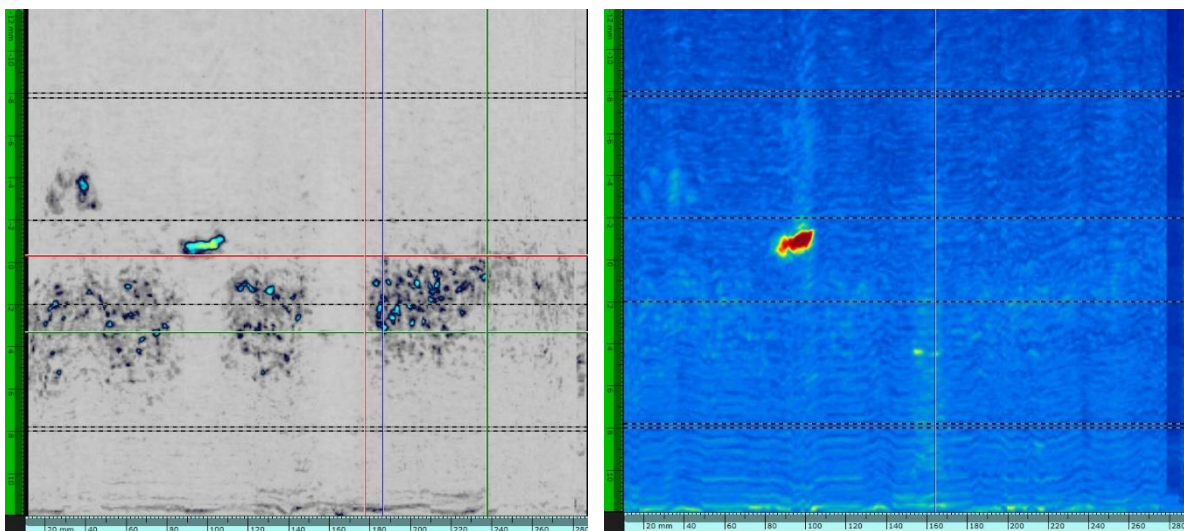


Fig. 21: Registro obtenido por PCI (izquierda) y por TFM (derecha). La longitud de escaneo es de 285 mm para ambos casos.

Se puede ver un excelente resultado en la detección de nidos de poros para PCI, pero no en el caso de TFM (Fig. 21). Esto se debe, como se mencionó más arriba, a que PCI se independiza de la atenuación y dispersión por no trabajar por amplitudes, lo que permite detectar con una gran nitidez defectos muy pequeños y/o con geometrías que, para otras técnicas, resultarían complejas.

Para la inspección de la Fig. 21 se utilizó un transductor de pulso eco de array lineal de 64 elementos y, a diferencia de la frecuencia que se utilizaría en otras técnicas derivadas del Ultrasonido, en este caso se empleó una frecuencia de 10 MHz. A su vez, se inspeccionó con el modo de onda L-L. Por medio de cursores, es posible dimensionar los nidos de poros. En este caso, los cursores rojo y verde que se ven en la imagen de PCI se encuentran midiendo el último nido de poros de la imagen, el cual tiene una longitud de 60 mm.

2.2.7 Dimensionamiento por PCI:

Una de las ventajas de la tecnología PCI es que los tips correspondientes a fisuras u otros defectos se difractan. Si bien estas señales rara vez se distinguen en TFM o en Phased Array, con PCI las señales de difracción son muy coherentes y fácilmente visibles. Al igual que la técnica de Difracción por Tiempo de Vuelo (TOFD), estas difracciones son utilizadas para dimensionar con precisión, pero, a diferencia de TOFD, PCI presenta la ventaja de que se puede dimensionar en ancho, largo y profundidad.

De todas formas, y si bien ciertas cuestiones difieren, el criterio para dimensionar en PCI es muy similar al empleado en Phased Array o en TFM, con la diferencia fundamental de que en PCI, al ser una técnica que no trabaja por amplitud, no se aplican métodos de caída de dB. A modo de ejemplo, y como se ve en la falta de fusión de la Fig. 22, los extremos de este defecto se difractarán, siendo indicados para colocar en ellos los cursores de medición. De este modo, se posicionan los cursores en los extremos de la falta de fusión, y así pueden visualizarse sus dimensiones en el campo de lecturas del equipo.

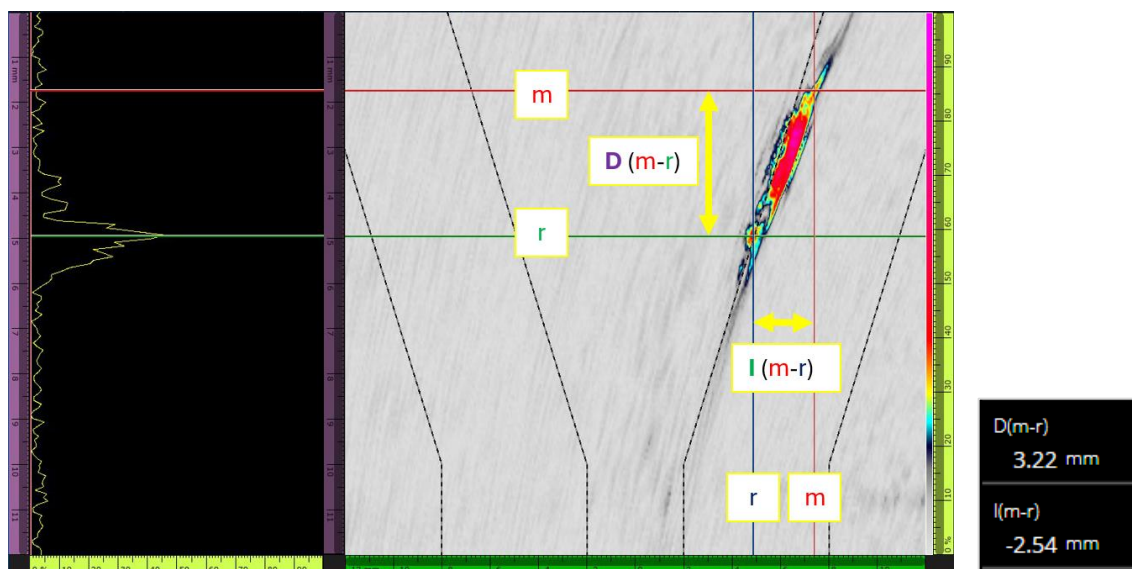


Fig. 22: Dimensionamiento de falta de fusión sobre bisel. A la derecha de la imagen, se ve el campo de lecturas de dimensiones que proporciona el equipo OmniScan X3 64.

3. Conclusiones:

La técnica de Imágenes por Coherencia de Fases (PCI), que no se basa en amplitud, es decir no utiliza ganancia, ofrece nuevas y prometedoras posibilidades para la inspección de componentes cuyos materiales o dimensiones son atenuantes y ruidosos y también para la detección temprana de distintos mecanismos de daño (como HTHA, SCC, Creep, etc.). En algunos casos, como por ejemplo en la inspección de soldaduras de acero inoxidable, PCI cambia un paradigma en los ultrasonidistas gracias a su principio de funcionamiento. En efecto, PCI permite utilizar frecuencias elevadas para inspeccionar materiales atenuantes, que provocan una gran dispersión del haz, con una excelente relación señal-ruido y con un aumento de la resolución de las indicaciones.

Dado que PCI es una técnica con menos de dos años en aplicaciones industriales en equipos portátiles, aún queda mucho por hacer para determinar su capacidad de rendimiento en los casos en que las ventajas potenciales no son tan evidentes. Si bien las técnicas basadas en amplitud, como Phased Array o TFM, seguirán teniendo cada vez más preponderancia en la industria, en ciertas aplicaciones los resultados de diversos ensayos pueden ser mejorados e incluso optimizados mediante el empleo de PCI.

Las técnicas avanzadas de inspección por Ensayos No Destructivos siguen evolucionando, principalmente aquellas derivadas del Ultrasonido. Durante muchos años se utilizó el UT Convencional con muy buenos resultados pero con falencias con respecto a otros métodos de ensayo, como por ejemplo la Radiografía Industrial. Las limitaciones del método ultrasónico fueron solucionadas por el Phased Array hace ya más de una década. Hoy en la industria, y con equipos portátiles de campo, estamos en presencia de tecnologías como TFM o PCI que permiten, en determinadas aplicaciones, ampliar y mejorar los resultados obtenidos por Phased Array.

Una pregunta que, llegados a este punto, cabe formular es si existe una técnica mejor o superior respecto de otras. La respuesta hoy es negativa. Resulta conveniente analizar, en función de la aplicación, qué técnica resulta más apropiada. Muchas veces, incluso, conviene complementar las inspecciones entre técnicas. A modo de ejemplo, el OmniScan X3 64 permite utilizar, en un mismo barrido de inspección y sin necesidad de reescaneos, TFM y PCI en conjunto y de manera simultánea. Esto no solo contribuye a aumentar la Probabilidad de Detección, sino también a incrementar la productividad de un escaneo.

Por eso, es importante utilizar un equipo de inspección que posea las técnicas de Phased Array y FMC o Sparse / TFM y PCI habilitadas completamente de serie. Recordemos que, para poder realizar TFM o PCI, se utilizan los mismos accesorios que en Phased Array (transductores, zapatas, escáneres). Contar con un equipo como el OmniScan X3 64, que permita utilizar una u otra técnica, con la posibilidad de cambiar rápidamente entre ellas, proporciona una gran versatilidad para poder cubrir una variada gama de aplicaciones con una elevada confianza en los resultados obtenidos y, por lo tanto, de servicios a ofrecer y a realizar.

4. Bibliografía

1. Comité ASME. ASME BPVC.V Article 4 Mandatory Appendix XI Full Matrix Capture. ASME, 2021.
2. OLYMPUS. Advances in phased array ultrasonic technology applications. Olympus, 2017.
3. OLYMPUS NDT INC. Phased Array Testing. Basic Theory for Industrial Applications. Olympus NDT, 2012
4. Evident Scientific sede Houston. Comunicación personal.
5. Evident Canada Inc. OmniScan X3: OmniScan MXU Software. User's Manual. Software Version 5.16. Evident document Number: 10-001244-01EN – Rev. 10 – Canadá, April 2024.
6. Alain Le Duff, Guillaume Painchaud-April. Phase Coherence Imaging for Flaw Detection. eJNDT Articles & News. Canadá, September 2022.
7. Putting Phase Coherence Imaging (PCI) to the Test on Cladding and Overlay - INSIGHT Magazine, Vol. 65, No 1 – January 2023

5. Breve CV:

Título y lugar de estudio: Ingeniero Mecánico – UTN.

Trayectoria: Desde 2011 se desempeña en el rubro de Ensayos No Destructivos en el Departamento de Ingeniería de ARO S.A. Se ha capacitado, en reiteradas ocasiones, en Olympus Houston (ahora Evident Scientific Inc.) en técnicas de inspección como Ultrasonido Convencional, Phased Array, TOFD, FMC / TFM y PCI.

Cargo actual en la empresa: Responsable de línea de Ensayos No Destructivos en Departamento de Ingeniería – ARO S.A.