

Digitalización del extremo superior de los ejes de accionamiento de los internos para la obtención de sus dimensiones

Rocío Cachero Crespo

Empresa: Dogram Ingeniería de documentación tridimensional S.L.

Dirección: Parque Tecnológico de Asturias, 53 CP 33428 Llanera, Asturias

Teléfono: 985980951

E-mail: rocio@dogram.es

Otros autores/empresas: Juan Antonio Diestro Álvarez (CNA) Roberto Moreno Gómez (Empresarios Agrupados-GHESA)

Resumen – *La central Nuclear de Almaraz se enfrenta a la necesidad del mantenimiento de la herramienta de desenclavamiento de los ejes de accionamiento de las barras de control. La ausencia de planos acotados del extremo superior de los ejes de accionamiento es una dificultad a la hora de llevar a cabo esta tarea.*

La posibilidad de inspección de los ejes existentes para poder obtener información metrológica se reduce a la maniobra de extracción de internos superiores del reactor durante la recarga de combustible. El extremo superior de los ejes de accionamiento de los internos tiene unas dimensiones aproximadas de 150x43mm. Su ubicación en la cavidad del reactor, zona de permanencia reglamentada, los niveles de radiación de entre 1-2 mSv/h en la zona superior del interno inferior y la contaminación condicionan la permanencia en la zona y la distancia de trabajo.

Todos estos aspectos hacen descartar la aplicabilidad tecnológicas de digitalización de corto alcance o por contacto y plantea el reto de la implementación de tecnología de laser escáner 3D a estos fines.

El caso de estudio que aquí se presenta muestra como adecuando la tecnología a los condicionantes del entorno de trabajo, mediante una planificación exhaustiva, se logra adquirir información metrológica fiable y pone de manifiesto como la aplicación de tecnologías de digitalización en el sector nuclear e industrial facilita enormemente las labores de mantenimiento inspección y pruebas.

1. INTRODUCCIÓN

Derivado de la necesidad del mantenimiento de la herramienta de desenclavamiento de los ejes de accionamiento de las barras de control, se requiere conocer el detalle de su extremo superior que tiene unas dimensiones aproximadas de 150x43 mm.

La inexistencia de planos acotados, determina el desarrollo de una planificación específica para obtener las dimensiones a partir de la realidad física de los mismos aprovechando el izado de los ejes a la altura de la cota de operaciones durante la maniobra de extracción de internos superiores del reactor en la recarga R127.

Factores como la posición de los ejes en la cavidad (zona de permanencia reglamentada), los niveles de radiación (1-2 mSv/h en la zona superior del interno inferior) y contaminación condicionan la permanencia en la zona y la distancia de trabajo.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos se decide apostar por la tecnología de escáner láser 3D de largo alcance y posterior análisis geométrico y matemático para así obtener el modelo CAD tridimensional que más se aproxime al teórico.

2. TECNOLOGÍA EMPLEADA.

La tecnología de escáner láser 3D permite obtener en apenas unos minutos una digitalización del entorno de gran detalle. Los escáneres de largo alcance son empleados generalmente, en sectores como la industria, ingeniería, nuclear [1], naval... para la digitalización de instalaciones o elementos de mayor tamaño que el caso de estudio que nos ocupa donde el nivel de detalle o resolución es entorno al centímetro y las precisiones metrológicas entorno al milímetro.

Sin embargo, estudios de análisis de precisión realizados por el departamento técnico de Dogram Ingeniería de documentación tridimensional en colaboración con el departamento de Dpto. Construcción e Ingeniería de Fabricación de la Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón, han puesto de manifiesto que algunos modelos de escáner de largo alcance, como el Faro S70 y Leica RTC360, en comparación con tecnología más precisa (Láser Tracker) tienen capacidades muy por encima de sus especificaciones técnicas si se utilizan siguiendo una metodología rigurosa y un control del entorno adecuado (Figura 1) [2]

| MEASUREMENTS OBTAINED BY LASER TRACKER AT-960 | | |
|---|------|----------|
| 3D distance E1-D1 | REP1 | 3153,135 |
| 3D distance E1-D1 | REP2 | 3153,109 |
| 3D distance E1-D1 | REP3 | 3153,101 |
| 3D distance E1-D1 | REP4 | 3153,023 |
| 3D distance E1-D1 | REP5 | 3153,079 |
| 3D distance E1-D1 | REP6 | 3153,092 |
| Avg | | 3153,1 |
| MEASUREMENTS OBTAINED BY LASER SCANNER S70 | | |
| 3D distance E1-D1 | REP1 | 3153,199 |
| Avg. S70 - Avg. Tracker | | 0,099 |

Figura 1. Análisis de diferencias entre distancia medida por Laser Tracker y Laser Escáner en condiciones de taller (unidades en milímetros)

Por ello, y teniendo en cuenta todos los factores implicados (radiación, contaminación, distancia de trabajo, ventana de oportunidad para realizar la medición, tamaño de la cabeza de los ejes de accionamiento, tipo de material) se decidió emplear esta tecnología como primera aproximación en la determinación de las dimensiones del extremo superior de la cabeza eje de accionamiento de los internos.

El modelo de láser escáner empleado fue Leica RTC 360 por su rapidez, ligereza, control remoto y previsualización de los datos obtenidos in situ.

3. METODOLOGÍA

Para poder realizar la tarea de forma óptima, tanto a nivel técnico como de seguridad, se realizó una exhaustiva planificación pre-job en la que se acordó realizar al menos 6 posiciones alrededor de la cavidad del reactor para obtener la digitalización de la cabeza desde distintos ángulos. El entorno de trabajo era muy favorable para la técnica de registro de las nubes de puntos mediante el algoritmo de nube a nube y por tanto descartar la colocación objetos de referencia adicionales minimizando la interacción con elementos de la planta y cumpliendo con las políticas FME.

Durante la ejecución, la coordinación con el personal de planta para la elevación de los ejes fue clave, dejándolos posicionados a la altura idónea. Aún así, fue necesario modificar esta

planificación previa in situ, debido al vapor de agua en suspensión y el agua de la cavidad que generaban distorsiones en la medición por láser. Estas dificultades fueron solventadas de manera exitosa gracias a la desactivación temporal de los rociadores de agua y la colocación del escáner de forma estratégica.

El tiempo de permanencia total en Zona Alara fue de 40 minutos, controlando el equipo de forma remota y accediendo a zona de alta radiación para posicionar el equipo en 13 ocasiones en tiempos inferiores a 1 minuto. Los valores de exposición radiológica a los que se sometieron los dos trabajadores fueron insignificantes.

La distancia aproximada desde el equipo a los ejes de los internos fue de 3.5 metros. Desde cada posición se captura una nube de puntos de todas las zonas visibles, así como una imagen panorámica. Se empleó la máxima resolución del equipo, 3mm@10m, con captura de imagen panorámica en color.

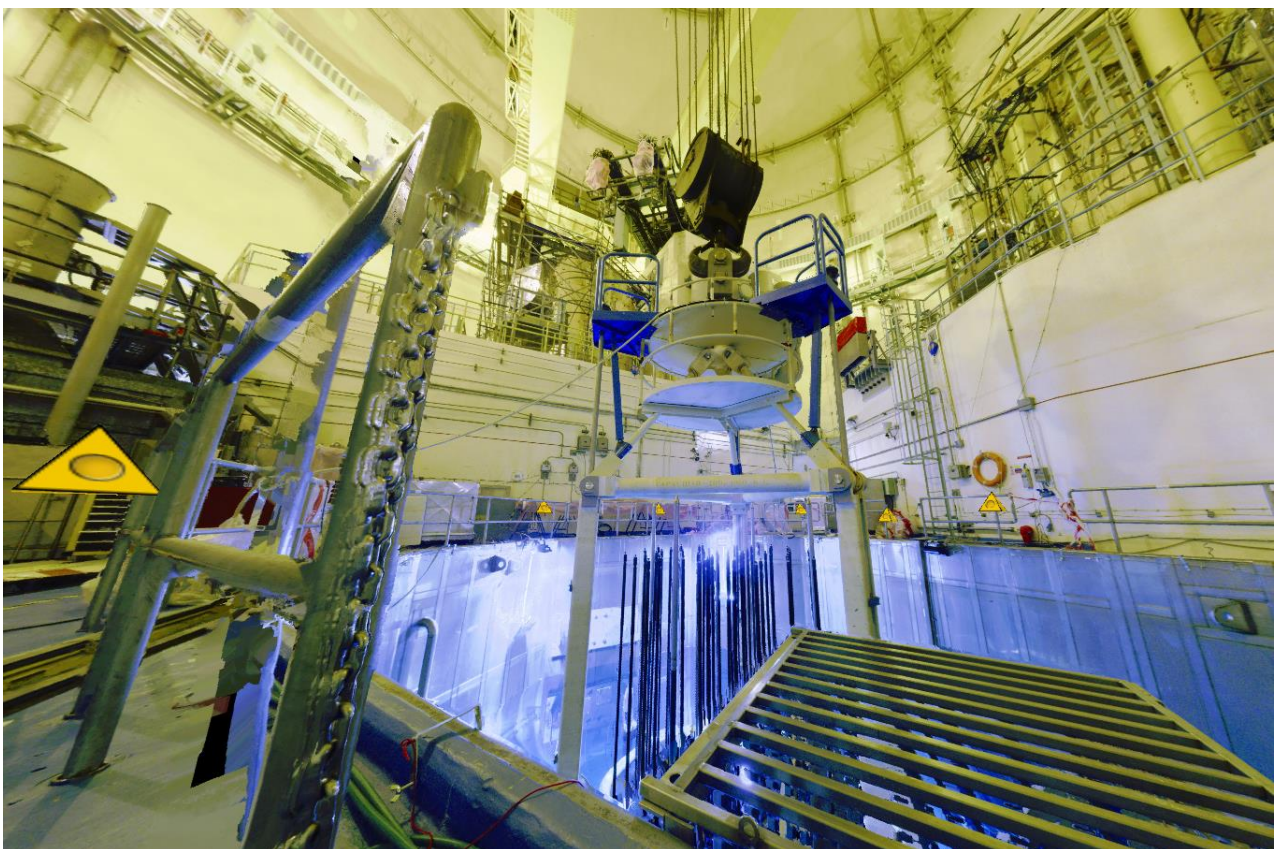


Figura 2. Fotografía panorámica capturada desde una de las posiciones

Finalizado el trabajo in situ, se cuenta con un total de 7 posiciones con información de millones de puntos capturados desde cada una de ellas, con sus correspondientes coordenadas (x,y,z), que permitirán una vez procesados la obtención de los datos geométricos requeridos.

El primer paso es el tratamiento de estos datos capturados de forma masiva para obtener una única escena 3D.

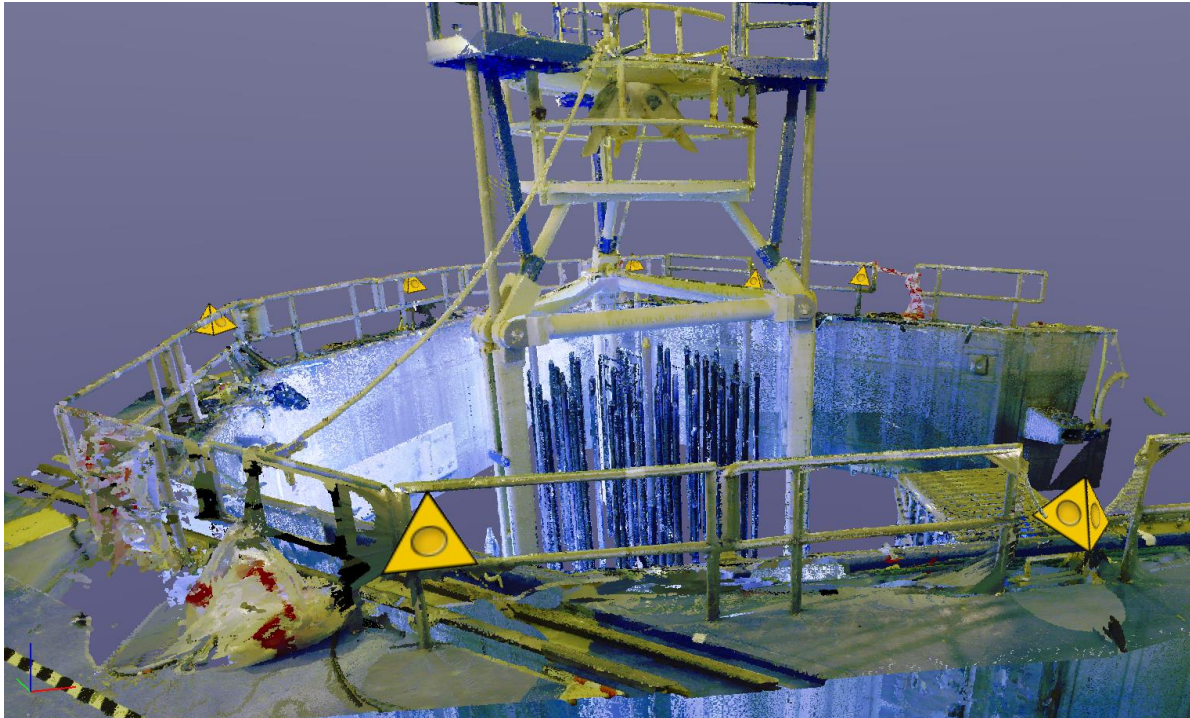


Figura 2. Escena 3D obtenida de la zona de actuación

Una vez verificado metrológicamente el resultado de la escena 3D comienza el análisis de la zona de interés, el extremo superior de los ejes de accionamiento de los internos

El gran volumen de datos obtenido en apenas unos minutos permitió extraer información de 8 ejes seleccionando los mejor definidos. Así, se dividió la información en archivos 3D individuales, uno para cada eje seleccionado.

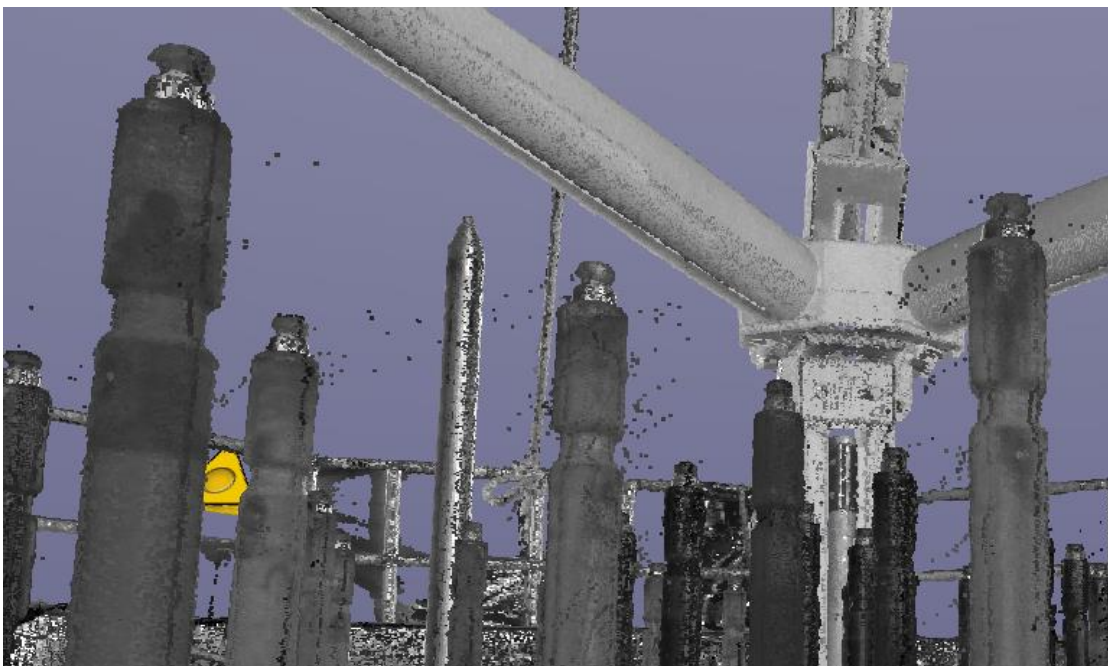


Figura 3. Imagen de detalle de la nube de puntos obtenida del escaner láser donde se puede apreciar el nivel de definición conseguido en el extremo superior de la cabeza de los ejes de accionamiento de los internos

Cada eje 3D fue analizado con software de análisis metrológico. Este análisis consiste en dividir la nube de puntos en las entidades geométricas que definen la cabeza mediante entidades de mejor ajuste a la nube de puntos.

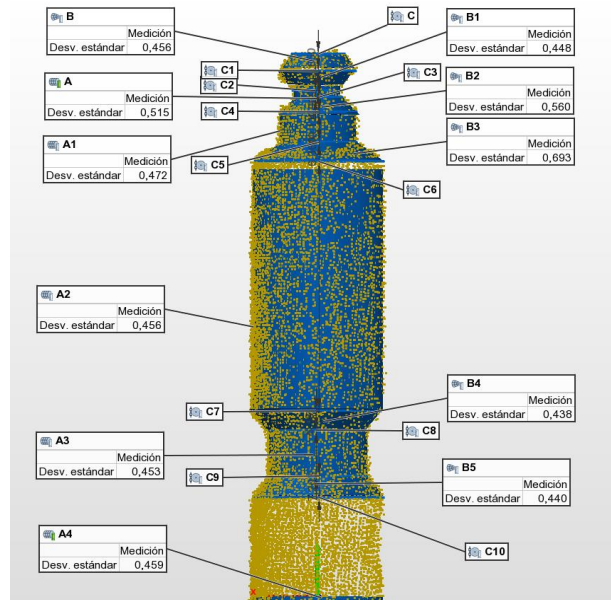


Figura 4. Imagen de la nube de puntos de uno de los ejes analizados con las entidades geométricas extraídas mediante mejor ajuste. En todas las entidades la desviación estándar está entorno a 0.5 mm, lo que indica la dispersión de la nube de puntos obtenida mediante láser escáner de largo alcance

Finalmente, para lograr alcanzar un cálculo de dimensiones lo más cercano posible a las dimensiones reales, se procede al análisis matemático de los resultados de los ocho ejes, los cuales por fabricación deberían de tener las mismas dimensiones. Los valores medios y las desviaciones estándar arrojan unas dimensiones aceptables y dentro del rango de incertidumbre esperable en la aplicación de esta tecnología.

| Distances | Average | Standard deviation |
|-----------|---------|--------------------|
| C-C1 | 6,4 | 0,4 |
| C1-C2 | 5,9 | 0,5 |
| C2-C3 | 3,3 | 0,8 |
| C3-C4 | 4,0 | 0,9 |
| C4-C5 | 10,2 | 0,8 |
| C5-C6 | 6,8 | 0,9 |
| C6-C7 | 83,9 | 0,6 |
| C7-C8 | 6,2 | 0,5 |
| C8-C9 | 15,2 | 0,4 |
| C9-C10 | 7,7 | 0,4 |

| Diameters | Average | Standard deviation |
|-----------|---------|--------------------|
| A | 15,7 | 0,3 |
| A1 | 25,1 | 0,2 |
| A2 | 43,2 | 0,1 |
| A3 | 32,4 | 0,1 |
| A4 | 43,3 | 0,1 |
| C | 17,1 | 1,2 |
| C1 | 25,2 | 0,7 |

Tabla 1. Resultados de las dimensiones del eje de accionamiento. Las desviaciones estándar obtenidas están dentro del rango esperado con esta metodología (unidades en mm)

Finalmente, a partir de las dimensiones medias obtenidas, se diseñó el modelo CAD la cabeza del eje de accionamiento y se obtuvieron los planos acotados quedando debidamente caracterizado y de esta manera dar respuesta a las necesidades de ingeniería de planta.

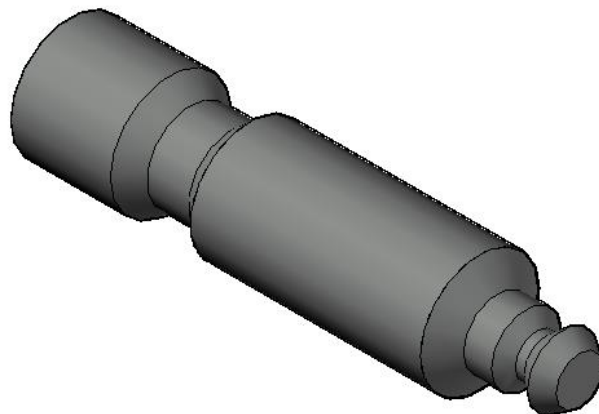


Figura 5. Imagen del modelo CAD visto en perspectiva

4. CONCLUSIONES.

La metodología empleada ha permitido alcanzar el objetivo, consiguiendo acotar el extremo superior del eje de accionamiento de forma detallada y con la incertidumbre máxima de un milímetro, acorde a las especificaciones del escáner.

Se ha demostrado la capacidad de la tecnología para la caracterización de elementos de pequeño tamaño. Además, la presentación de la escena 3D y paseo virtual como complemento ayuda a comprender el entorno de trabajo en la cavidad, y posibilita el cálculo de futuras maniobras de mantenimiento.

En cuanto al aspecto ALARA, con la tecnología empleada se ha evitado una acción directa sobre un elemento con un importante término fuente y que hubiese originado trabajar en una zona de permanencia reglamentada, con tasas de dosis de entre 1-2 mSv/h en la zona superior del interno inferior, además de la necesidad de uso de equipos de protección respiratoria para realizar los trabajos.

Queda por tanto de manifiesto que el éxito en la realización de esta tipología de trabajos reside en la coordinación del equipo multidisciplinar que lo acomete: el personal técnico experto en análisis dimensionales con múltiples tecnologías, el personal de ingeniería de planta, el personal de mantenimiento de planta y el asesoramiento continuo de PR y PRL.

Obtener unas medidas con menor incertidumbre requieren trabajar con otras tecnologías de menor alcance y en condiciones totalmente distintas, situándose a una distancia mucho menor y empleando equipamiento o herramientas que en especificaciones técnicas alcancen incertidumbres más restrictivas. Pero factores como la situación de los ejes sobre la cavidad, el nivel de radiación y la contaminación, son totalmente condicionantes para salvaguardar la seguridad de los operarios.

AGRADECIMIENTOS.

Agradecemos a Julia Gómez Parra (CNAT) su confianza en nuestras capacidades para el desarrollo de este proyecto, a Juan Antonio Diestro (CNAT) su apoyo durante la ejecución en planta para el trabajo en un entorno seguro, así como a Roberto Moreno Gómez y Manuel Sainz Martínez (Empresarios Agrupados – Ghesa) por su colaboración durante todo el proyecto.

REFERENCIAS.

1 Concept of instrumentation of digital twins of nuclear power plants units as observers for digital NPP I&C system. V.S. Volodin and A.O. Tolokonskii 2019 J. Phys.: Conf. Ser. 1391 012083 Año 2019

2 Evaluation of a laser scanner for large volume coordinate metrology: a comparison of results before and after factory calibration

M Ferrucci¹, B Muralikrishnan¹, D Sawyer¹, S Phillips¹, P Petrov², Y Yakovlev², A Astrelin², S Milligan² and J Palmateer³

Published 15 September 2014 • © 2014 IOP Publishing Ltd