



# **EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA LASER** **SCANNER. IMPLICACIONES EN SU USO EN** **CENTRALES NUCLEARES E INSTALACIONES**

## **RADIOACTIVAS**



**FRANCISCO SARTI FERNÁNDEZ.**  
**CT3 INGENIERÍA**

**JESUS BONET.** Leica Geosystems

Octubre 2012



## 1. INTRODUCCIÓN

- ❖ Desde hace varios años se viene utilizando en las Centrales Nucleares e instalaciones radioactivas de todo el mundo la tecnología de adquisición de modelos 3D as-built llamados láser escáner, con diferentes niveles de aplicación en función de las experiencias concretas que cada central ha ido teniendo con este sistema.
- ❖ La tecnología laser scanner permite obtener modelos 3D as-built de las instalaciones con unos resultados y prestaciones que, hasta la aparición de esta tecnología, eran impensables. Adicionalmente, estos sistemas tienen dos ventajas en lo que se refiere a su utilización en zonas de alta radiación:
  - Gran velocidad en la toma de datos.
  - Total precisión.
  - Se pueden operar de forma remota, lo que reduce la dosis recibida por las personas.
  - El resultado se obtiene directamente en campo, no es necesario tiempo adicional de postproceso.



## 1. INTRODUCCIÓN

El Láser Escáner es un Sistema de Adquisición de Datos que permite la obtención de un Modelo 3D de Puntos con **precisión milimétrica**, en un **tiempo muy corto** y con una densidad de **millones de puntos por estación**.

Sus características hacen que sea muy útil y práctico en documentación de zonas de acceso restringido.







## 2. PARÁMETROS FUNDAMENTALES

### **PARÁMETROS TECNOLÓGICOS**

Velocidad de adquisición de puntos (miles de puntos/segundo)

Precisión (mm)

Distancia (rango) de toma de datos

Materiales y/o colores no detectables

Nivel de ruido o "falsos positivos"

Condiciones ambientales (Temperatura, humedad, Tasa de Dosis, Contaminación)

### **PARÁMETROS OPERATIVOS**

Peso del laser (kg)

Accesorios necesarios

Sistema de alimentación eléctrica

Sistema de refrigeración

Formatos de ficheros y software de explotación

Precio



### 3. TECNOLOGÍAS LASER SCANNER

Existen dos familias de equipos Laser Scanner, independientemente de los fabricantes, que influyen de forma determinante en los parámetros que hemos descrito anteriormente.

Se diferencian en el principio físico que utilizan para calcular la distancia:

- Equipos de "Tiempo de Vuelo"
- Equipos de "Diferencia de Fase"



### 3. TECNOLOGÍAS LASER SCANNER

Los equipos de tecnología "Tiempo de Vuelo" se basan en el control del tiempo que el laser tarda en rebotar en el objeto. En función del tiempo de vuelo, conocida la velocidad, se calcula la distancia. Es un laser de "pulsos".

Los equipos de tecnología "Diferencia de Fase" se basan en el cálculo de la diferencia de fase entre el laser emitido y el recibido. Utiliza un haz laser continuo al que se le va modulando la potencia



## 4. EVOLUCIÓN TECNOLOGÍA DE TIEMPO DE VUELO

**First ever commercially available scanner**

**Integration of Cyrax scanning expertise and Leica total station technology**



**Cyrax 2400**  
1998  
100 pts/sec

**Cyrax 2500**  
2001  
1,000 pts/sec

**HDS3000**  
2004  
2,000 pts/sec

**ScanStation**  
2006  
4,000 pts/sec  
Compensator

**ScanStation2**  
2007  
50,000 pts/sec  
Compensator

**ScanStation C-10/C-5**  
2010  
50,000 pts/sec  
Compensator  
Más compacto  
Ligero y pequeño  
Bóveda



## 5. EVOLUCIÓN TECNOLOGÍA DE DIFERENCIA DE FASE



**HDS4500**  
2004  
250,000 pts/sec



**HDS6000 / 6100**  
2006  
500,000 pts/sec



**HDS6200**  
2010  
1.000,000 pts/sec



**HDS7000**  
2011  
1.000,000 pts/sec  
Mayor precisión  
Compacto





## 6. PARAMETROS TECNOLÓGICOS

### Velocidad de Toma de Datos (Ptos/Segundo)

Los equipos de Diferencia de Fase son mucho más rápidos que los equipos de tiempo de vuelo.

Tiempos de escaneado de 2-3 minutos frente a tiempos de 15 minutos según la tecnología.

### Precisión (mm)

A efectos prácticos, ambas tecnologías tienen precisiones similares en el uso habitual en estas instalaciones.

La precisión depende en gran medida de la distancia de escaneado, y suelen ser inferiores a 10m en la mayoría de los casos, encontrando algunos casos con alcances de 25 m como máximo.

En este rango de distancias ambas tecnologías se encuentran en torno a los 3-4mm de precisión.

### Distancia (rango)

No es muy relevante en este caso, pues las distancias máximas de escaneado por la configuración física de las plantas son pequeñas, y ambas tecnologías son válidas.

Diferencia de Fase tiene un alcance máximo de unos 150m y la de Tiempo de Vuelo de unos 350m



## 6. PARAMETROS TECNOLÓGICOS

### Materiales y/o colores no detectables

*Muy Importante*

En los equipos de tiempo de vuelo la única limitación para obtener una medida es el ángulo de incidencia del laser sobre el objeto. En el caso de los equipos de diferencia de fase también influye el color y material del objeto.

Esto tiene especial relevancia en la toma de datos en Zona Controlada por la posibilidad de encontrar elementos que pueden no ser detectados, o detectados con poca calidad, lo que afecta a una de las ventajas claves en la aplicación del laser scanner a estas instalaciones: la seguridad de que están documentados todos los elementos de una zona.

### Nivel de Ruido y falsos positivos

*Muy Importante*

Diferencia de Fase → modelos que tienen un cierto nivel de ruido. Puntos que aparecen en el modelo que no corresponden a la realidad.

Puede ser detectado y eliminado posteriormente → precisa de un apoyo humano → mayor tiempo de posprocesado + Error Humano.

La tecnología de tiempo de vuelo, a consta de ser más lenta en la toma de datos, no produce estos problemas, obteniendo nubes de puntos más “limpias” con unos tiempos de posproceso menores.



## 6. PARAMETROS TECNOLÓGICOS

### Condiciones Ambientales

**Temperatura.** Limitación en la temperatura ambiente máxima, de unos 45°C. Esta temperatura se puede alcanzar en zonas de las centrales, especialmente en operación.

Es posible escanear con temperaturas mayores de forma puntual con buenos resultados.

**Humedad.** Ambas tecnologías permiten trabajar en condiciones de humedad normales para una central, incluyendo compensación por refracción debida a la humedad.

**Tasa de Dosis.** Como a cualquier equipo electrónico, la Tasa de Dosis y el tiempo de trabajo en la zona afecta a los diferentes componentes.

Afecta a la vida útil del equipo, pero no a la toma de datos realizada.

No existen estudios específicos sobre este tema, pero la experiencia de CT3 en la utilización de laser scanner en zonas de alta radiación es que ésta afecta a componentes concretos que pueden ser reemplazados, y que es posible detectar de forma clara cuándo su funcionamiento no es correcto.



## 7. PARAMETROS OPERATIVOS

El trabajo con Laser Scanner en las Centrales Nucleares, por la configuración de estas, que genera muchas ocultaciones, implica la necesidad de realizar un alto número de escaneados, lo que obliga a mover de forma constante los equipos. Todos aquellos factores que influyen en el tiempo necesario para realizar un Escaneado Completo son tanto o más relevantes que el tiempo de escaneado del equipo propiamente dicho.

**Peso del Equipo (Kg).** Diferencia de Fase más ligeros que los de Tiempo de Vuelo (12kg / 15kg).

Puede ser relevante en caso de utilización de equipos robotizados para la toma de datos.

**Accesorios Necesarios/Disponibles.** En modelos anteriores era preciso utilizar ordenadores portátiles para el volcado de datos, etc.

Accesorios que permiten el manejo del equipo de forma remota, a través de Wi-Fi, Bluetooth u otros, pues permite reducir la Dosis Personal cuando se trabaja en zonas radioactivas.





## 7. PARAMETROS OPERATIVOS

**Sistema de Alimentación Eléctrica.** En los modelos anteriores a 2009 → alimentación eléctrica a 220V →

Problemas Operativos:

- Contaminación de las mangueras
- Limitaciones físicas
- Influencia en los tiempos efectivos.

*Muy Importante*



Actualmente todos los modelos trabajan con baterías internas ligeras con una duración adecuada, lo que hace que esto no sea un problema ni limitación real.

**Sistema de Refrigeración.** Los equipos de Tiempo de Vuelo utilizan ventiladores para la refrigeración de los componentes internos. Esto obliga a utilizar filtros que eviten la entrada de contaminación, lo que influye en los tiempos de entrada y salida de los equipos a las zonas de trabajo.

Los equipos de Diferencia de Fase no tienen esta limitación.



## 7. PARAMETROS OPERATIVOS



**2007**



**2011**



## 7. PARAMETROS OPERATIVOS

### Formato de Ficheros y Software de Explotación.

*Muy Importante*

El producto obtenido de un escaneado láser es una “Nube de Puntos 3D” → centenas de millones de puntos en 3D  
Ej. Planta de Recarga de una Central Nuclear: aprox. 100 millones de puntos) → Ficheros de tamaño muy importante (20-30 GBytes), cuyo manejo no es sencillo.

Cada fabricante de equipos láser tiene un formato de fichero propio.

Diferentes programas para la visualización y explotación de las nubes de puntos

CT3 recomienda contar con empresas especializadas, independientes de los fabricantes, que puedan apoyar en la determinación de la Plataforma Estándar de Trabajo con esta Tecnología.



## 7. PARAMETROS OPERATIVOS

### Precio

<b>AÑO</b>	<b>MODELO</b>	<b>TECNOLOGÍA</b>	<b>PRECIO</b>
2001	HDS2500	Tiempo de Vuelo	150.000 €
2004	HDS3000	Tiempo de Vuelo	120.000 €
2006	ScanStation	Tiempo de Vuelo	90.000 €
2007	ScanStation 2	Tiempo de Vuelo	60.000 €
<b>2011</b>	<b>C10</b>	<b>Tiempo de Vuelo</b>	<b>60.000 €</b>

<b>AÑO</b>	<b>MODELO</b>	<b>TECNOLOGÍA</b>	<b>PRECIO</b>
2004	HDS 4500	Diferencia de Fase	130.000 €
2006	HDS600/6100	Diferencia de Fase	100.000 €
2010	HDS6200	Diferencia de Fase	70.000 €
<b>2011</b>	<b>HDS7000</b>	<b>Diferencia de Fase</b>	<b>90.000 €</b>





## 8. CONCLUSIONES

- Hay que considerar todos los parámetros en conjunto para determinar qué equipo se adapta mejor a cada aplicación.
- El parámetro de **Tiempo de Campo** es el parámetro a utilizar para valorar el trabajo de campo, y es más relevante que la “Velocidad de Escaneado” que dan los fabricantes.
- El parámetro **Tiempo Completo de Escaneado** es el parámetro que permite valorar la tecnología a emplear para un proyecto determinado.
- En los últimos 2 años los equipos Laser Scanner han evolucionado enormemente, lo que influye de forma muy determinante en su aplicación en Centrales Nucleares e Instalaciones Radioactivas.
- Es necesario estar actualizado en los equipos a usar, pues esto tiene un gran impacto en el rendimiento y calidad de los trabajos.
- Es recomendable contar con asesoramiento especializado e independiente para garantizar que sean utilizables



**¡¡ MUCHAS GRACIAS !!**



Avenida Reyes Católicos 6, 3ª Planta  
28220 Majadahonda (MADRID)  
ESPAÑA  
[www.ct3.es](http://www.ct3.es)