

# SICK AG WHITEPAPER

## HDDM<sup>+</sup> – TECNOLOGÍA INNOVADORA DE SICK PARA LA MEDICIÓN DE DISTANCIA

2017-11

### AUTOR

Dr. Thorsten Theilig  
Head of Product Unit Long Range Distance Sensors  
de SICK AG en Waldkirch (Alemania)

### RESUMEN

El presente artículo técnico describe las numerosas ventajas de la tecnología óptica de medición de distancia HDDM<sup>+</sup> en una gran variedad de aplicaciones. HDDM<sup>+</sup> (High Definition Distance Measurement Plus) es un método de alta resolución basado en el tiempo de vuelo del haz luminoso para la medición de distancias sin contacto, que se usa tanto en sensores de distancia como en sensores 2D o 3D-LiDAR.

La tecnología es adecuada para el uso en interiores y exteriores, para la medición de distancias a objetos con reflexión difusa y retrorreflectores. Los sensores de distancia con HDDM<sup>+</sup> tienen un alcance de hasta 1,5 km sobre lámina retrorreflectante. A diferencia de otras tecnologías como la de “un solo impulso” (single pulse) o la de correlación de fases, HDDM<sup>+</sup> es un método de medición estadístico. Esto significa que el sensor evalúa estadísticamente los ecos de varios impulsos láser para calcular un valor de distancia. HDDM<sup>+</sup> también se puede utilizar para implementar sensores con capacidad multieco. Si hay varios ecos, el eco útil relevante puede identificarse y seleccionarse para su evaluación, lo que permite realizar mediciones a distancia con una alta fiabilidad, incluso en condiciones del entorno difíciles.

## Índice

<b>Principios tecnológicos</b> .....	<b>2</b>
Sensores ópticos de distancia y LiDAR .....	2
Medición del tiempo de vuelo del haz luminoso .....	2
Método de medición por correlación de fases .....	3
Medición óptica del tiempo de propagación del impulso .....	3
<b>Método de medición HDDM+</b> .....	<b>4</b>

## Principios tecnológicos

### Sensores ópticos de distancia y LiDAR

Los sensores ópticos de distancia, así como 2D y 3D-LiDAR (abrev. de: light detection and ranging) se usan en una gran variedad de aplicaciones y sectores industriales. La gama de aplicaciones abarca desde la medición de distancias en el rango micrométrico, p. ej., en el control de calidad de la producción electrónica, la detección multidimensional de objetos y la determinación de posición con sensores 2D y 3D-LiDAR en la construcción de máquinas e instalaciones, hasta la determinación de posición de puentes grúa o vehículos montados sobre carriles. Dependiendo del rango de distancia, los requisitos de exactitud de medición y repetición, así como las condiciones del entorno, se utilizan diferentes principios de medición que se adaptan de forma óptima a la aplicación respectiva.

### Medición del tiempo de vuelo del haz luminoso

La medición del tiempo de vuelo del haz luminoso (time-of-flight measurement; ToF: time-of-flight) es un método indirecto para determinar la distancia a un objeto de medición. En este método, el sensor emite un haz de luz hacia el objeto de medición. Este haz es generalmente de luz láser, con longitudes de onda en el rango visible o en el infrarrojo cercano. El sensor recibe la luz que refleja el objeto de medición. La distancia entre el sensor y el objeto de medición se calcula a partir del tiempo de vuelo de la luz, conociendo la velocidad de esta última.

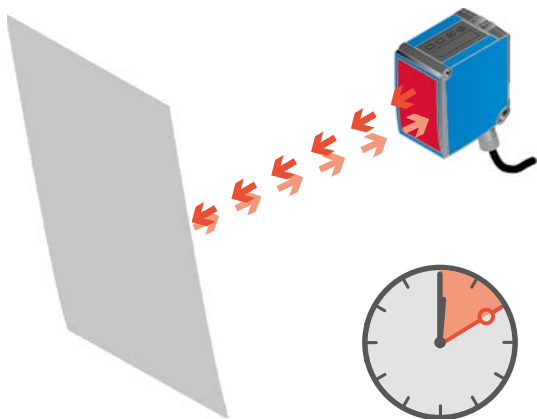


Figura 1. Representación del principio de medición del tiempo de vuelo del haz luminoso.

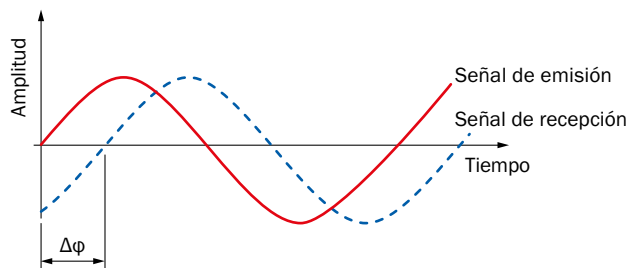
La medición de la distancia es prácticamente independiente de las propiedades superficiales del objeto de medición. Por lo tanto, la medición del tiempo de vuelo del haz luminoso es adecuada tanto para mediciones de distancia unidimensionales como para mediciones multidimensionales con sensores LiDAR, que miden áreas o ángulos sólidos.

Casi todos los sensores LiDAR utilizados actualmente en todo el mundo para aplicaciones industriales funcionan según el siguiente principio: el haz láser del sensor detecta los objetos que se encuentran en su área de exploración; la unidad de recepción del sensor mide la luz reflejada. Conociendo el ángulo con el que el sensor emite y recibe el haz láser y del tiempo de vuelo del haz luminoso, se crea una imagen del área de detección.

La luz infrarroja con longitudes de onda de 850 nm y 905 nm, que se usa frecuentemente para medir el tiempo de vuelo del haz luminoso, es invisible para el hombre. Esto representa una gran ventaja en muchas aplicaciones. Así, por ejemplo, los sensores 2D-LiDAR, basados en infrarrojos, se utilizan para proteger las obras de arte en los museos. En los entornos de trabajo tampoco molesta la luz láser invisible. Para alinear un sensor de distancia por infrarrojos con el objeto de medición, generalmente se conecta un láser de alineación visible. Las áreas de exploración de los sensores LiDAR basados en infrarrojos se visualizan a menudo usando visores de luz infrarroja externos. Para la medición de distancias con luz visible, el láser de medición se puede utilizar directamente para la alineación mecánica del sensor.

### Método de medición por correlación de fases

En el método de medición por correlación de fases, el sensor emite un haz de luz continuamente modulado en amplitud. La distancia entre el sensor y el objeto de medición se calcula por el desfase de la modulación entre la luz emitida y la recibida.



$$s = \frac{a \cdot \lambda + R \cdot \lambda}{2}$$

$a$  = número de periodos de longitud de onda

$\lambda$  = longitud de onda:  $\lambda = c_0/f$

( $c_0$  = velocidad de la luz en el vacío,  $f$  = frecuencia)

$R$  = fracción de la longitud de onda individual:  $R = \Delta\phi/2\pi$

( $\Delta\phi$  = desfase)

$s$  = Valor de medición de distancia

Figura 2. Principio de funcionamiento del método de medición por correlación de fases.

El método de medición por correlación de fases es particularmente adecuado para la medición rápida y muy precisa de distancias a objetos que se mueven continuamente a lo largo del eje láser. Este tipo de seguimiento axial de objetos se utiliza, por ejemplo, para el posicionamiento de los transelevadores en los almacenes de estanterías elevadas completamente automatizados. El sensor de distancia se mueve normalmente con el transelevador y mide la distancia a un reflector fijo en el extremo del pasillo de estanterías.

### Medición óptica del tiempo de propagación del impulso

Durante la medición del tiempo de propagación del impulso, el sensor emite impulsos de luz cortos que refleja parcialmente el objeto de medición. El sensor determina la diferencia de tiempo entre la emisión y la recepción del impulso, y calcula la distancia entre el sensor y el objeto. En la medición del tiempo de propagación del impulso se distingue entre métodos determinísticos y estadísticos. En los sistemas de tiempo de propagación del impulso determinísticos ("single pulse"), el sensor emite impulsos láser individuales y calcula un valor de distancia a partir del tiempo de propagación de cada impulso. Por el contrario, los sistemas de tiempo de propagación del impulso estadísticos emiten una serie de impulsos en el menor tiempo posible. Utilizando métodos estadísticos, se calcula un valor de distancia a partir de los ecos recibidos de una serie. Por lo tanto, incluso si uno o más ecos de una serie se pierden debido a perturbaciones en la trayectoria de medición, se puede determinar un valor de distancia válido con una alta fiabilidad de medición.

A diferencia del método de medición por correlación de fases, en el que se usa un haz de luz continuo, los impulsos individuales de los sistemas de tiempo de propagación del impulso contienen una potencia de pico mayor en varios órdenes de magnitud. Como resultado, los sistemas de tiempo de propagación del impulso pueden diseñarse para ser más resistentes frente a la luz extraña, como es el caso típico en aplicaciones en exteriores.

## Método de medición HDDM+

HDDM+ (High Definition Distance Measurement Plus) es un método de alta resolución basado en el tiempo de vuelo del haz luminoso para la medición de distancias sin contacto, que se usa tanto en sensores de distancia como en sensores 2D o 3D-LiDAR. La tecnología HDDM+ representa el perfeccionamiento de la HDDM y es adecuada para el uso en interiores y exteriores, para la medición de distancias a objetos con reflexión difusa y retrorreflectores. Los sensores de distancia con HDDM+ tienen un alcance de hasta 1,5 km sobre lámina retrorreflectante. A diferencia de otras tecnologías como la de “un solo impulso” (single pulse) o la de correlación de fases, HDDM+ es un método de medición estadístico. Esto significa que el sensor evalúa estadísticamente los ecos de varios impulsos láser para calcular un valor de distancia.

HDDM+ también se puede utilizar para implementar sensores con capacidad multieco. En algunas aplicaciones, el sensor recibe varios ecos debido a la reflexión múltiple del haz de luz. Las posibles causas de estos ecos (interferencias) son, por ejemplo, pantallas de protección a través de las cuales se mide la lluvia, la nieve, la niebla o el polvo.

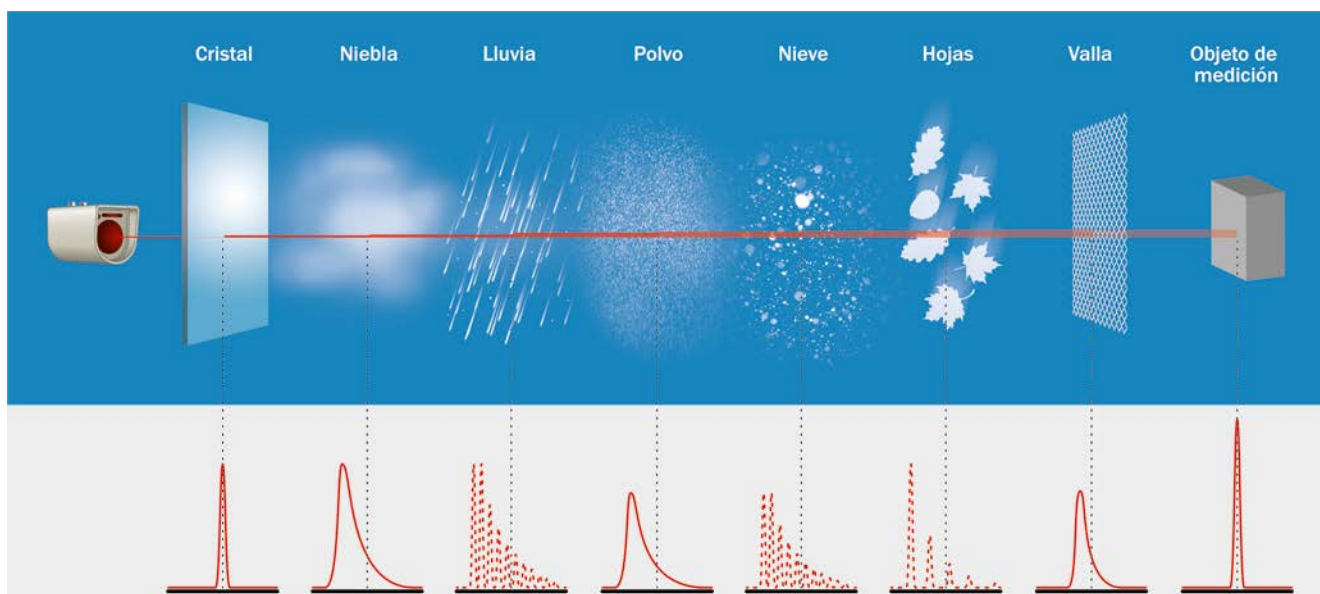


Figura 3. El gráfico muestra simbólicamente la capacidad multieco de los sensores de distancia Dx1000 de SICK, que pueden diferenciar hasta 8 ecos con cada medición debido a reflexiones a lo largo de la distancia de medición.

Generalmente, solo uno de los ecos recibidos representa la distancia real entre el sensor y el objeto de medición. Los ecos restantes pueden dar lugar a mediciones incorrectas. En el sensor de distancia Dx1000 y en el sensor 3D-LiDAR MRS1000, la capacidad multieco de la tecnología HDDM+ permite identificar el eco múltiple relevante en presencia de varios ecos, y evaluar y transmitir al sistema de control conectado solo ese eco. Los ecos no deseados pueden suprimirse.

En el ejemplo del sensor de distancia Dx1000, la interfaz de usuario SOPAS ET permite representar de forma gráfica y clara en el PC los ecos adquiridos como una función de la distancia del objeto y seleccionar el eco útil. Para este propósito, se puede definir una “región de interés” (ROI). Los ecos que están dentro de la ROI se evalúan y los que están fuera se descartan. De este modo, las mediciones de distancia sobre objetos alejados pueden llevarse a cabo a través de un enrejado, ajustando la ROI de tal manera que el eco útil del objeto de medición esté dentro de esta región y el eco del enrejado esté fuera de ella. Además, el primero o el último de los ecos existentes puede seleccionarse para su evaluación dentro de la ROI seleccionada.

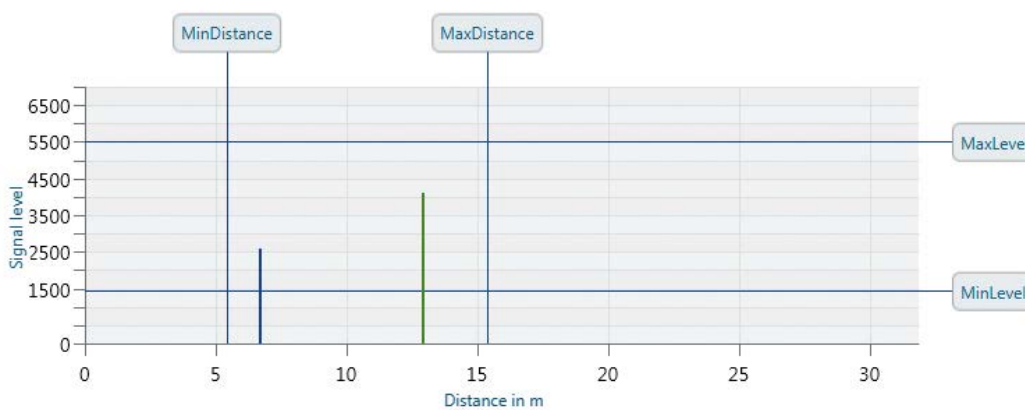


Figura 4. Visualización gráfica y ajuste de la "región de interés" del sensor de distancia Dx1000 de SICK.

Esto permite medir distancias incluso en superficies reflectantes. Un ejemplo es la medición del nivel de aluminio líquido. Si falta una película de óxido sobre el aluminio líquido, el láser del sensor de distancia se refleja dirigido por la superficie especular. Con los sensores de distancia láser convencionales, la reflexión directa del haz luminoso en la óptica receptora suele provocar mediciones erróneas y perturbaciones. Para evitar esto, el sensor de distancia se orienta, generalmente, en un ángulo de pocos grados respecto a la orientación normal de la superficie. Sin embargo, el sensor recibe un eco del objeto de medición. No obstante, dado que la superficie reflectante que se encuentra delante de la óptica receptora del sensor refleja en el fondo una parte considerable del haz de luz, el sensor suele recibir un segundo eco, provocado por una reflexión del fondo, por ejemplo, en el techo de una nave. Con un sensor de distancia convencional con tecnología de tiempo de vuelo del haz luminoso, la detección simultánea de dos ecos conduce en la mayoría de los casos a mediciones incorrectas o incluso a perturbaciones. Con la tecnología multieco de HDDM+, por el contrario, se puede identificar el eco perturbador y suprimirlo mediante un ajuste adecuado de la ROI para realizar así una medición de distancia con alta fiabilidad sobre la superficie reflectante.

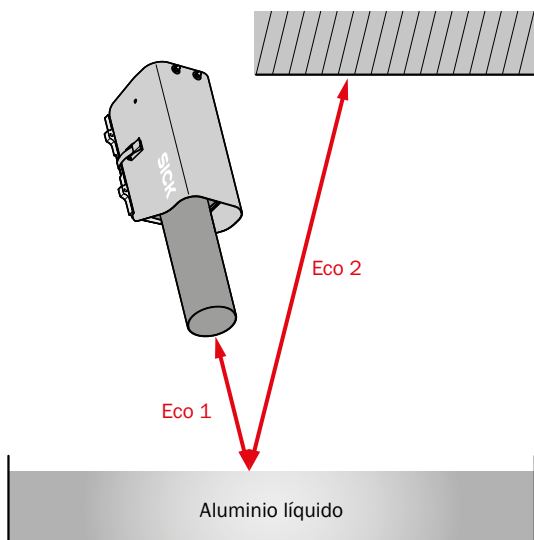


Figura 5. Situación de eco múltiple con medición de distancia en superficie de aluminio líquido.

En los sensores LiDAR LMS1000, MRS1000 y TIM100, la capacidad multieco de la tecnología HDDM+ permite representar los bordes de los objetos con una precisión extraordinaria. Si el láser de medición con su spot, finalmente grande, roza el borde de un objeto, otro objeto situado detrás genera, por regla general, un segundo eco. La capacidad multieco de la tecnología HDDM+ evita con fiabilidad la mezcla de los dos ecos y proporciona una imagen exacta del borde del objeto.

Los sensores LiDAR y de distancia equipados con tecnología HDDM+ son especialmente adecuados para su uso en exteriores. Esto incluye un alto grado de robustez a la luz extraña, las precipitaciones, la niebla o el polvo en la trayectoria de medición. La insensibilidad a la luz extraña resulta de la evaluación estadística de los ecos. Los ecos incorrectos debidos a una elevada corriente del fotodiodo inducida por luz extraña, que puede dar lugar a mediciones erróneas en procedimientos de medición de “un solo impulso”, se filtran eficazmente. A esto hay que añadir que, gracias a la capacidad multieco, las reflexiones cortas del láser de medición pueden filtrarse eficazmente para una medición sin problemas en condiciones de lluvia o nieve. Además, la tecnología HDDM+ permite la supresión eficaz de reflexiones no deseadas debidas a la niebla o el polvo en el campo de medición.

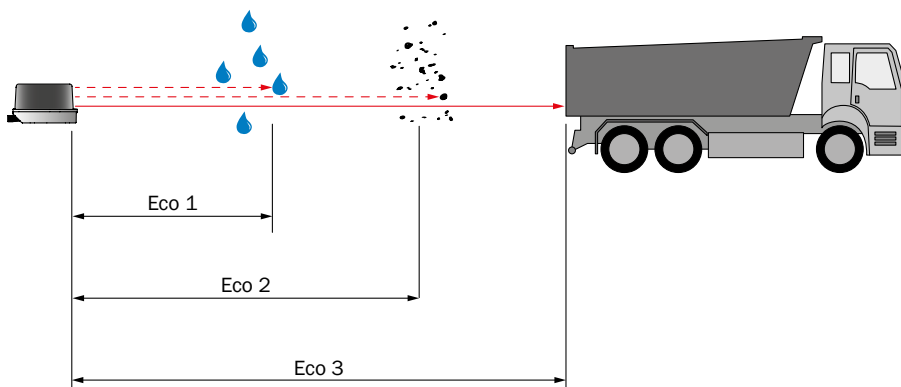


Figura 6. Representación del principio de la capacidad multieco de los sensores LiDAR LMS1000 y MRS1000 de SICK en condiciones de polvo, lluvia o niebla a lo largo de la trayectoria de medición.

En los puertos, por ejemplo, se pueden prevenir las colisiones de las grúas pórtico guiadas por ruedas (rubber tired gantry, RTG) mediante la supervisión permanente de la zona de desplazamiento con un sensor 3D-LiDAR MRS1000. La tecnología multieco permite la diferenciación fiable entre los ecos perturbadores debidos a la lluvia o a la niebla y los ecos de los contenedores y otros obstáculos de la zona de desplazamiento. De este modo, se pueden prevenir con fiabilidad las colisiones y, al mismo tiempo, se puede lograr una elevada disponibilidad.

La tecnología HDDM+ permite, además, adaptar el alcance de un sensor de distancia a cada aplicación individual seleccionando un tiempo de ciclo de medición adecuado. La tecnología actual permite un tiempo de ciclo de medición mínimo de 1 ms para aplicaciones con mucho movimiento. Si el objetivo principal de la medición es un alcance grande y la mejor repetibilidad posible, se puede lograr dicho objetivo alargando el tiempo del ciclo de medición. Dependiendo de la reflectancia del objeto de medición, se pueden conseguir alcances de varios cientos de metros cuando se miden distancias sobre objetos naturales. El sensor de distancia DL1000 detecta con fiabilidad reflectores como la lámina de reflexión “Diamond Grade” incluso a distancias de un kilómetro y medio. Con el mismo sensor, es posible medir hasta una distancia mínima de 20 cm. Con la tecnología HDDM+ se puede determinar con fiabilidad una señal de distancia de bajo ruido a pesar de niveles de señal extremadamente diferentes.

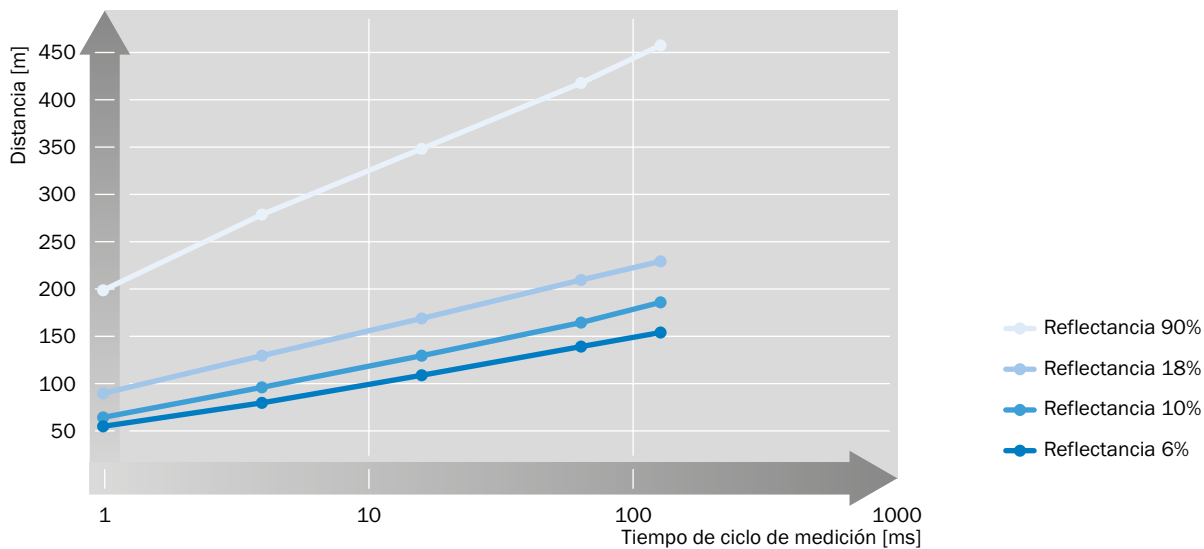


Figura 7. Gracias al ajuste del tiempo de ciclo de medición, el sensor de distancia DT1000 de SICK permite adaptar el alcance a la aplicación respectiva en la medición sobre objetos naturales (es decir, no sobre objetos retrorreflectantes). La reflectancia es una medida (dependiente del objeto) de la reflexión del láser de medición sobre el objeto de medición.

La tecnología HDDM+ también es especialmente adecuada para realizar mediciones sobre superficies calientes como, por ejemplo, las que existen en la medición del nivel de acero líquido o en la determinación de posición de los planchones de acero en los procesos de colada continua. Los objetos con temperaturas superiores a los 700 °C emiten una parte significativa de su radiación térmica en el infrarrojo cercano, dependiendo de la emisividad. Con los métodos convencionales de tiempo de vuelo del haz luminoso basados en luz infrarroja, esto puede dar lugar a mediciones incorrectas o incluso a fallos del sensor.

Mientras que el método de medición por correlación de fases es principalmente adecuado para el seguimiento de objetos axial, la tecnología HDDM+ se puede usar para detectar tanto distancias que cambian continuamente, como cambios bruscos en la distancia. Los cambios bruscos en la distancia se producen, por ejemplo, cuando los objetos entran en el haz láser de medición de un sensor de distancia lateralmente o durante la detección de objetos con un sensor LiDAR, cuando el láser de medición explora los objetos existentes en el área de detección. En el caso de un sensor LiDAR basado en la tecnología determinística de tiempo de propagación del impulso, se asigna un valor de distancia a cada impulso láser individual. En cambio, los sensores LiDAR con tecnología HDDM+ generan un gran número de impulsos láser por segmento angular que provocan un solapamiento de los spot láser y, por lo tanto, una exploración sin fisuras del área de exploración.

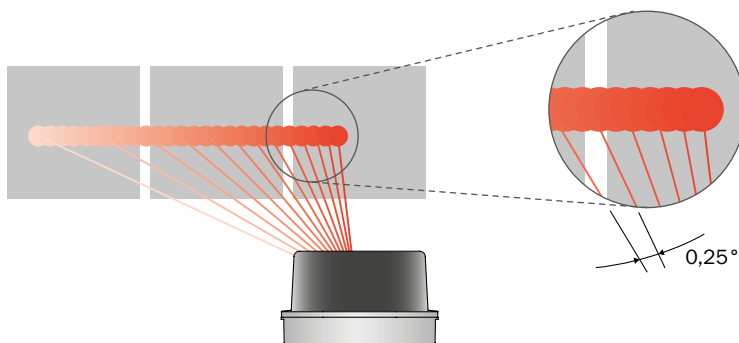


Figura 8. Ejemplo de exploración sin fisuras del área de exploración con el sensor LiDAR MRS1000 de SICK.

**REFERENCIAS**

→ [www.sick.com/micron-to-mile](http://www.sick.com/micron-to-mile)