

## Integración de tecnología lidar en vehículo para escaneo con ros Lidar technology integration on vehicle for scanning with ros

E. Cabrera-Bustamante <sup>a,\*</sup>, R. Moreno-Leal <sup>a</sup>, M. Torres-Rivera <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidad Aeronáutica en Querétaro, 76278, Colón, Querétaro, México.

### Resumen

El uso de vehículos autónomos ha crecido mucho en los últimos años, sus usos pueden ser muy variados y enfocados a distintos fines; una de estas ramas es el de acceso en espacios reducidos, como puede ser la exploración, rescate, entre otros, sin embargo, estos lugares en muchas ocasiones pueden ser además de difícil acceso, poniendo en peligro la vida humana; es por lo anterior que se busca estudiar las ventajas que un sensor LiDAR, adaptándolo a un vehículo de radio control y recrear en 2D, distintos espacios conocidos. Podremos observar como trabaja el sensor en diferentes entornos y como se comporta frente a diferentes materiales.

*Palabras Clave:* LiDAR, ROS, Mapeo, Raspberry, Escaneo.

### Abstract

The use of autonomous vehicles has grown a lot in recent years, its uses can be very varied and focused on different purposes; one of these branches is the access in confined spaces, such as exploration, rescue, among others, however, these places often can also be difficult to access, endangering human life; it is for this reason that we seek to study the advantages of a LiDAR sensor, adapting it to a radio control vehicle and recreate in 2D, different known spaces. We will be able to observe how the sensor works in different environments and how it behaves in front of different materials.

*Keywords:* LiDAR, ROS, Mapping, Raspberry, Scanning.

### 1. Introducción

Parte de la instrumentación propia de un vehículo autónomo es la integración de GPS (por sus siglas en inglés, global positioning system) (Dedes and Dempster, 2005), pero, también es sabido que estos tienen poca fiabilidad en interiores debido a la falta de señal, baja precisión en la posición y lentas tasas de actualización (Cocchioni et al., 2014).

Derivado de lo anterior se propone el uso de un sensor LiDAR (Light detection and ranging) para explorar los beneficios y ventajas que este aporta a la resolución de la problemática que presentamos, otros autores han experimentado utilizando otras herramientas como sensores para la detección, tales como lo son:

- Cámaras.
- Sensores ultrasónicos.
- Kinect (Iacono and Sgorbissa, 2018).

Cada uno de los anteriores ha presentado diversas problemáticas, tales como dimensiones y peso como en el caso del kinect y cámaras o rangos reducidos de trabajo en el sensor ultrasónico.

Para este trabajo, se montó el sensor y equipo necesario sobre un vehículo a control remoto el cual se buscó que fuera lo más compacto y ligero posible, con lo anterior lo sometimos a diversos entornos y obstáculos de diferentes materiales.

El sistema implementado cuenta con distintos dispositivos de hardware y software que a continuación se explican.

#### 1.1. LiDAR

El sensor RP LiDAR A1 es un escaner láser 2D de bajo costo desarrollado por SLAMTEC el cual y según datos del propio fabricante, logra un rango de operación de 12 metros que produce una nube de puntos que puede ser usada para la localización de objetos y modelar el entorno.

Trabaja a una frecuencia de entre 2Hz a 10Hz, siendo 5.5Hz la frecuencia más óptima, donde en promedio genera 1450 puntos por cada rotación.

\*Autor para correspondencia: 4576@soyunaq.mx

**Correo electrónico:** 4576@soyunaq.mx (Emiliano Cabrera-Bustamante), 5684@soyunaq.mx (Ramón Moreno-Leal), moises.torres@unaq.mx (Moisés Torres-Rivera)

El uso de este sensor se recomienda para interiores, donde presenta mejores resultados, los cuales aumentan significativamente su precisión si es usado bajo condiciones de poca luz ambiente o artificial.

Internamente el LiDAR consta de un sensor infrarrojo que emite luz y otro que capta dicha luz, para de este modo triangular y calcular el tiempo que tarda en regresar la luz después de rebotar contra los objetos que se encuentran a su alrededor (Collis, 1970) (Véase figura 1).

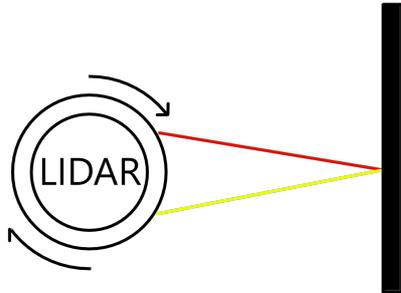


Figura 1: Imagen de funcionamiento del LiDAR.

La comunicación con el sensor se lleva a cabo a través de un controlador que se conecta a la computadora por el puerto serial utilizando un protocolo de comunicación UART (Universal Asynchronous receiver-transmitter), los datos que el sensor envía son de distancia, ángulo, calidad y un cuarto dato usado como bandera para delimitar cuando inicia y finaliza una rotación, un ejemplo de datos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Ejemplo de distribución de datos del LiDAR

Angule	Distance	Quality
352.2656	14456.0	188
354.3091	7232.0	188
358.1378	9728.0	188

### 1.2. ROS (Robotic Operating System)

ROS es un conjunto de herramientas y librerías de software para robótica desarrolladas por Open Robotics (Open-Robotics, 2021) el cual nos permite el intercambio de datos en sistemas robóticos a través de un canal común de comunicación, la comunicación puede ser tanto asíncrona como síncrona entre los nodos que envían el mensaje y los que los reciben a través de los buses de ROS, conocidos como topics.

ROS ofrece acceso a sensores ópticos tanto para 1D como 2D, cámaras 2D y 3D, sensores de captura de movimientos, pero principalmente para la visión en 2D y 3D para el cual cuenta con sub-paquetes como IMAGE-COMMON, IMAGE-PIPELINE, IMAGE-TRANSPORT-PLUGINS, VISION-OPENCV PERCEPTION-PCL.

### 1.3. Raspberry Pi

Raspberry Pi es un conjunto de computadoras de placa reducida, o de placa única de bajo costo (RaspberryPi-Foundation, 2021) con interfaces de comunicación, puertos de entradas y salidas, protocolos de comunicación y procesadores ARM cuyo sistema operativo es de código abierto. Se cuentan

con distintos modelos y al ser de tamaño reducido son ideales para aplicaciones que requieran alto procesamiento de datos comparado con un microcontrolador.

## 2. Arquitectura del sistema

El sistema desarrollado está conformado principalmente por los siguientes elementos:

- Vehículo terrestre controlado por radio control
- Sensor LiDAR
- Computadora a bordo (RaspberryPi 3B+)
- Batería

El vehículo controlado por RC utilizado para este trabajo es fabricado por la empresa VRG, el diseño por sí solo no permite la instalación del sensor y la unidad de procesamiento, por lo que es necesario retirar algunas piezas y realizar ligeras modificaciones. Según datos del fabricante, cuenta con una batería Li-ion de 3.7 V, 1000mAh, lo cual podría ofrecer hasta 50 minutos de uso y un rango máximo de 40 metros.

Al vehículo se le retiraron los postes que soportaban a la cubierta superior y el alerón que portaba, se utilizó cinta de doble cara para fijar la batería externa que alimenta a la unidad de procesamiento y se imprimió en 3D una estructura que mantiene a la Raspberry y el LiDAR fijos al carro de radio control.

Adicional a la batería del vehículo se utilizó una batería extra de 5V y 2A de salida de 5000mAh, la cual alimenta a la unidad de procesamiento que para este caso es una Raspberry 3 Model B+ que cuenta con un procesador de arquitectura ARM, frecuencia de 1.2GHz y 1 GB de memoria RAM.

La estructura de hardware completa puede apreciarse en la figura 2.



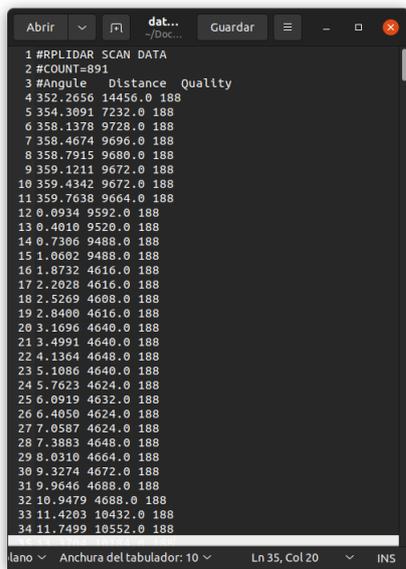
Figura 2: Instrumentación de vehículo.

### 2.1. Sistema operativo

A la unidad de procesamiento Raspberry 3B+ se le instaló el sistema operativo Ubuntu 20.04 LTS en su versión servidor con la interfaz gráfica más ligera que se encontró, posteriormente se instaló ROS Noetic y mediante una red VNC (Virtual Network Computing) se puede acceder a la interfaz de la Raspberry de forma remota y controlar RViZ que es una herramienta de visualización para aplicaciones de ROS, la cual permite visualizar gráficamente la información obtenida del LiDAR.

### 3. Pruebas con el sensor

Para conocer el funcionamiento del sensor, se descargó un software proporcionado por el fabricante para sistema operativo Windows, pero este nunca detectó al sensor, por lo que se optó por utilizar el mismo software en una versión anterior, el cual además de mostrar la nube de puntos, se pueden descargar los datos obtenidos en la última rotación del sensor (Véase figura 3), los cuales ya se habían mencionado y mostrado en la tabla 1.



```

1 #RPLIDAR SCAN DATA
2 #COUNT=891
3 #Angle Distance Quality
4 352.2656 14456.0 188
5 354.3091 7232.0 188
6 358.1378 9728.0 188
7 358.4674 9696.0 188
8 358.7915 9680.0 188
9 359.1211 9672.0 188
10 359.4342 9672.0 188
11 359.7639 9664.0 188
12 0.0934 9592.0 188
13 0.4010 9520.0 188
14 0.7306 9488.0 188
15 1.0602 9488.0 188
16 1.8732 4616.0 188
17 2.2028 4616.0 188
18 2.5269 4608.0 188
19 2.8400 4616.0 188
20 3.1696 4640.0 188
21 3.4991 4640.0 188
22 4.1264 4648.0 188
23 5.1086 4640.0 188
24 5.7623 4624.0 188
25 6.0919 4632.0 188
26 6.4050 4624.0 188
27 7.0587 4624.0 188
28 7.3883 4648.0 188
29 8.0310 4664.0 188
30 9.3274 4672.0 188
31 9.9646 4688.0 188
32 10.9479 4688.0 188
33 11.4203 10432.0 188
34 11.7499 10552.0 188

```

Figura 3: Datos obtenidos del software del fabricante.

La integración del sensor en un sistema operativo basado en Linux es más complicada, como ya se mencionó, se utiliza como unidad de procesamiento una Raspberry con sistema operativo Ubuntu 20.04 LTS, el cual es necesario configurar el acceso a internet desde la terminal y posterior a ello descargar los archivos, compilarlos e instalarlos.

Debido a que el modelo de Raspberry que se utilizó solo cuenta con 1GB de memoria RAM, se realizó un swapfile para utilizar parte de la memoria micro SD de 64GB como memoria RAM en caso de ser necesario, esta acción puede reducir la vida útil de la memoria micro SD, pero es necesario para reducir las fallas por la falta de memoria RAM en la unidad de procesamiento, este paso podría omitirse en caso de utilizar una Raspberry con memoria mayor a 4GB.

### 4. Pruebas de comportamiento

#### 4.1. Comportamiento frente a materiales

Una vez instalado ROS en la unidad de procesamiento y conectado por VNC a una computadora portátil que permite ver y manipular el entorno gráfico y terminal de la Raspberry, se realizaron distintas misiones para observar el comportamiento del sensor frente a diferentes materiales.

Entre los materiales seleccionados, se probó el comportamiento con un vidrio en uno de los laboratorios de la Universidad (Véase figura 4).

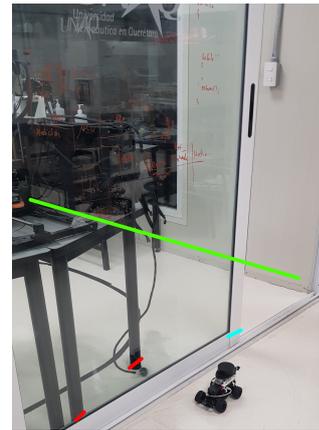


Figura 4: Comportamiento del prototipo frente a un vidrio.

Como se puede observar en la figura 5, la nube de puntos del LiDAR traspasa el vidrio, arrojando la nube de puntos del salón anexo al laboratorio.

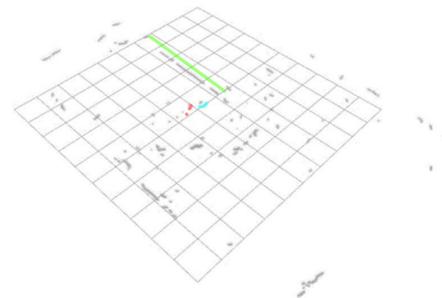


Figura 5: Comportamiento del prototipo frente a un vidrio (nube de puntos ROS).

En otra de las pruebas realizadas, se sometió el prototipo a un acrílico transparente que se encuentra en uno de los pasillos de la universidad (Véase figura 6).

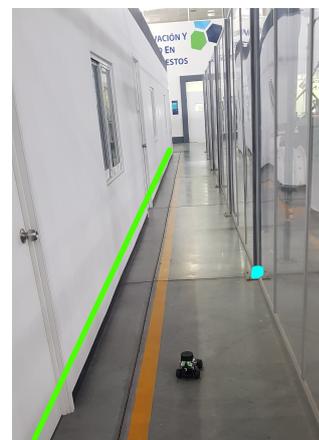


Figura 6: Comportamiento del prototipo frente a acrílico transparente.

En la figura 7 se muestra el resultado, y cómo las mediciones del láser traspasan el acrílico.

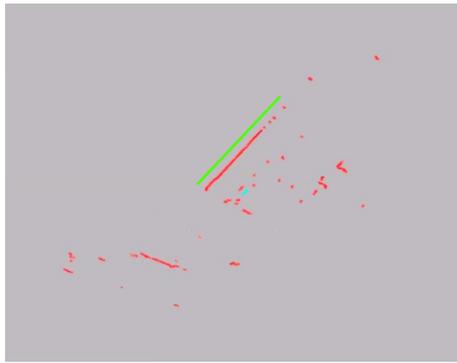


Figura 7: Comportamiento del prototipo frente a acrílico transparente (nube de puntos ROS).

Además de traspasar el acrílico transparente se puede observar como el sensor no logra arrojar una idea general del espacio ya que el lugar para esta misión es más amplio que los 12 metros de distancia que menciona el fabricante como rango máximo.

Para las imágenes 4 y 5, así como las 6 y 7 se resaltan con líneas de diferentes colores algunas marcas que se pueden tomar como referencia para ubicar el entorno en la nube de puntos obtenidas del escaneo del sensor LiDAR y el espacio físico.

#### 4.2. Comportamiento frente a luz solar

Además del comportamiento a los materiales, también se probó el comportamiento del sensor realizando la misma misión de día como de noche, demostrando así las capacidades del LiDAR en diferentes condiciones de luz solar.

Las misiones de las nubes de puntos de las figuras 8 y 9 se realizaron bajo las mismas condiciones de espacio, pero en diferentes horarios, mientras que 8 se realizó en un día despejado y soleado, alrededor de las 15:00 hrs, en 9 se realizó de noche, aproximadamente a las 20:00 hrs.

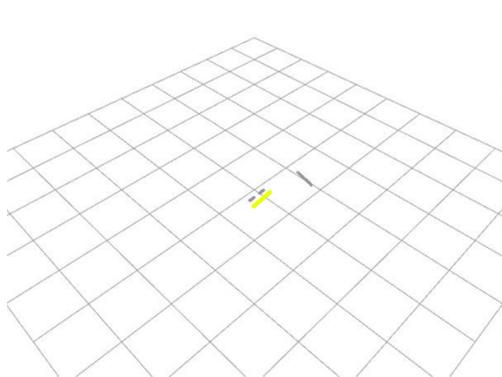


Figura 8: Nube de puntos, horario 15:00 hrs.

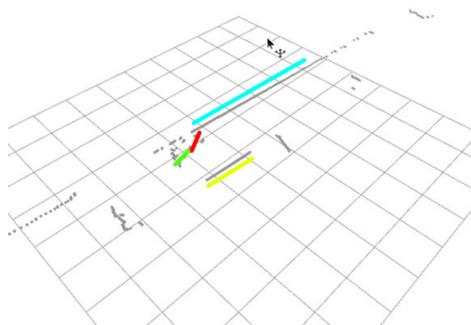


Figura 9: Nube de puntos, horario 20:00 hrs.

Observando ambos resultados, se nota una gran diferencia entre las nubes de puntos de ambas misiones, mientras que con una mayor cantidad de luz solar los puntos que regresan al sensor son casi nulos, los que regresan cuando se carece de luz, incluso con un poco de luz artificial sí logran dar una idea general del terreno sobre el cual se realiza la misión.

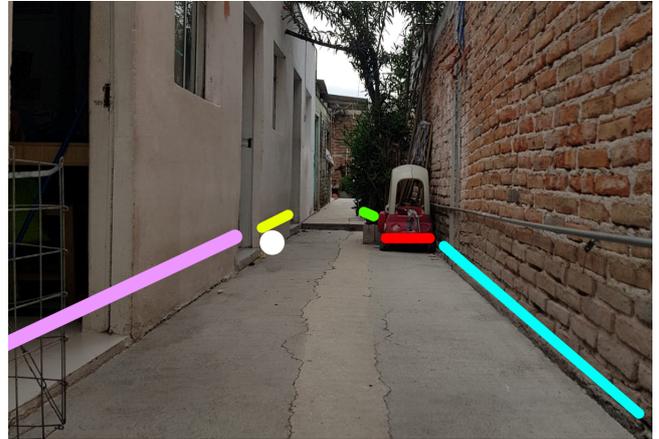


Figura 10: Imagen del espacio físico de la misión.

En la figura 10 se muestra el espacio físico de donde se realizó esta misión, en la que se observan algunos objetos que se encontraban durante la misma, cabe resaltar la línea de color rosa de la figura 10 no se muestra en la nube de puntos debido al ángulo al que se colocó el sensor el cual es representado por un punto de color blanco en la misma figura 10.

## 5. Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran con claridad el comportamiento del sensor frente a diferentes situaciones, también demuestran que el uso de este sensor explota sus mejores características en condiciones de poca luz y espacios reducidos, aunque durante las pruebas se obtuvieron datos de más de 12 metros de distancia, la cual es mayor a la que indica el fabricante, estos datos tienden a ser escasos y se pueden catalogar como poco fiables.

Posterior a este trabajo, se planea realizar la integración de algoritmos de mapeo conocidos como SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), el cual permitirá realizar y descargar un mapa del lugar de la misión, y todo esto integrado en el framework de ROS para aplicación en vehículos autónomos.

## Referencias

- Cocchioni, F., Mancini, A., and Longhi, S. (2014). Autonomous navigation, landing and recharge of a quadrotor using artificial vision. In *2014 international conference on unmanned aircraft systems (ICUAS)*, pages 418–429. IEEE.
- Collis, R. T. H. (1970). Lidar. *Appl. Opt.*, 9(8):1782–1788.
- Dedes, G. and Dempster, A. G. (2005). Indoor gps positioning-challenges and opportunities. In *VTC-2005-Fall. 2005 IEEE 62nd Vehicular Technology Conference, 2005.*, volume 1, pages 412–415. Citeseer.
- Iacono, M. and Sgorbissa, A. (2018). Path following and obstacle avoidance for an autonomous uav using a depth camera. *Robotics and Autonomous Systems*, 106:38–46.
- Open-Robotics (2021). Ros noetic ninjemys. <https://wiki.ros.org/noetic>.
- RaspberryPi-Foundation (2021). Raspberry pi. <https://www.raspberrypi.com/for-home/>.