



**Instituto Politécnico Nacional
Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería
Campus Zacatecas**



Ingeniería Mecatrónica

Tópicos avanzados de sensores.

Grupo: 3MM7.

Práctica 2: Interferometría.

Alumnos: Jesús Alfredo Juárez Madera.

Jesús Aldair García Saucedo.

Docente: Ramon Jaramillo.

Fecha de entrega: 3 de marzo del 2023.

Introducción.

En esta práctica se revisa la utilización y aplicaciones del módulo con sensor laser V5310x. Este sensor emite ondas de luz para ser reflejadas en un objeto. El módulo mide el tiempo que tardan en rebotar estas ondas y puede entonces estimar la distancia del objeto. Al utilizar luz como medio de medición, las propiedades reflectivas del objeto se hacen presentes en la medición, dando lugar a varias aplicaciones para el módulo.

Marco teórico.

La interferometría es un método de medición a base de ondas. Se usa comúnmente con ondas de luz infrarroja para determinar la distancia hacia un objeto. También se puede usar para identificar otros aspectos de los objetos como su densidad, al utilizar otro tipo de ondas (sonido, mecánicas).

Un dispositivo de acoplamiento de carga (CCD) es un circuito integrado capaz de convertir los fotones en electrones y así generar imágenes digitales.

La diferencia entre un CCD y un sensor CMOS radica en que estos últimos incluyen tecnología para el procesamiento de imágenes, como manejo de brillo, contraste, etc.

Un LiDAR funciona al emitir un haz de luz infrarroja y medir el tiempo de retraso hasta que es recibido por un sensor acoplado al rebotar en un objeto y con esto medir la distancia

Objetivo.

Comprender el funcionamiento de sensores de rango laser ToF (Time of Flight).

Desarrollo.

Preparación.

Para poner a funcionar el sensor de la manera más simple, se utilizó una placa de prototipado Arduino UNO y la librería Adafruit_VL53L0x que contiene funciones preparadas para este dispositivo.

La conexión del sensor a Arduino se realizó como se muestra en la tabla. El sensor utiliza I2C para comunicación con el microcontrolador.

Arduino UNO	VL53L0X
A5 - SCL	SCL
A4 - SDA	SDA
5V	VCC
GND	GND

Con un código de prueba obtenido de:

https://github.com/adafruit/Adafruit_VL53L0X/tree/master/examples/vl53l0x se comenzó a utilizar el sensor.

Para visualizar la medición de distancia por parte del sensor más fácil, se implementó un filtro EMA para el suavizado de la salida.

Ejercicios.

1. Encuentre el rango máximo del sensor y compare el resultado con el valor indicado en la hoja de datos (máximo y mínimo).

Según la **hoja de datos** el sensor tiene un rango de detección de **50mm hasta 1.2m** por defecto. Al medir la distancia de una hoja de papel a diferentes rangos, se obtuvo un rango con valor **mínimo de aproximadamente 40mm y máximo de 1.23m**.

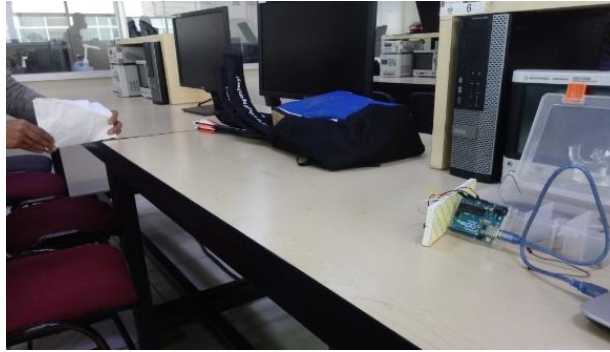


Figura 1. Detección a rango máximo.

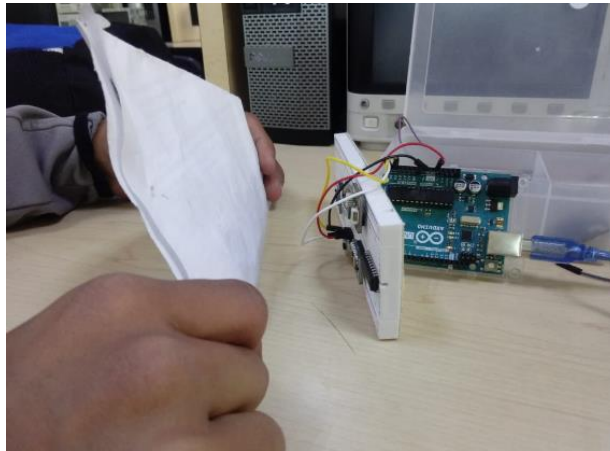


Figura 2. Detección a rango mínimo.

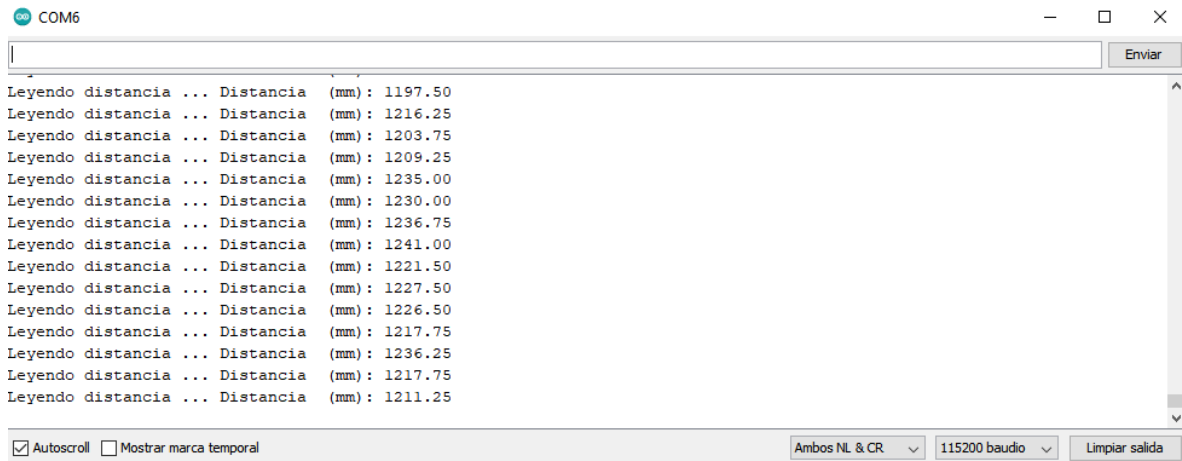


Figura 3. Lectura a rango máximo.

2. Seleccione una distancia dentro del rango de medición del sensor y posicione objetos de diferente color (blanco, negro y rojo). Analice lo siguiente:

- a. ¿Es posible determinar el color de los objetos con el sensor?
- b. ¿Existe un cambio significativo en la medición al cambiar el color del objeto?

La distancia seleccionada en la que se miden los objetos es de 20cm. Los resultados son:

- Negro: ~192mm.
- Blanco: ~202mm.
- Rojo: ~196mm.

Basándose en los resultados se puede concluir que la luz tarda diferente tiempo en retornar al sensor dependiendo el color. Teniendo alguna referencia (como distancia real o medición de otros colores) **es posible determinar el color del objeto.**

El cambio en la medición con diferente color **es bastante notable** a escala milimétrica, especialmente de blanco a negro. Para aplicaciones donde no se requiera una gran precisión, el cambio de color puede ser despreciado.



Figura 4. Detección de objeto negro.

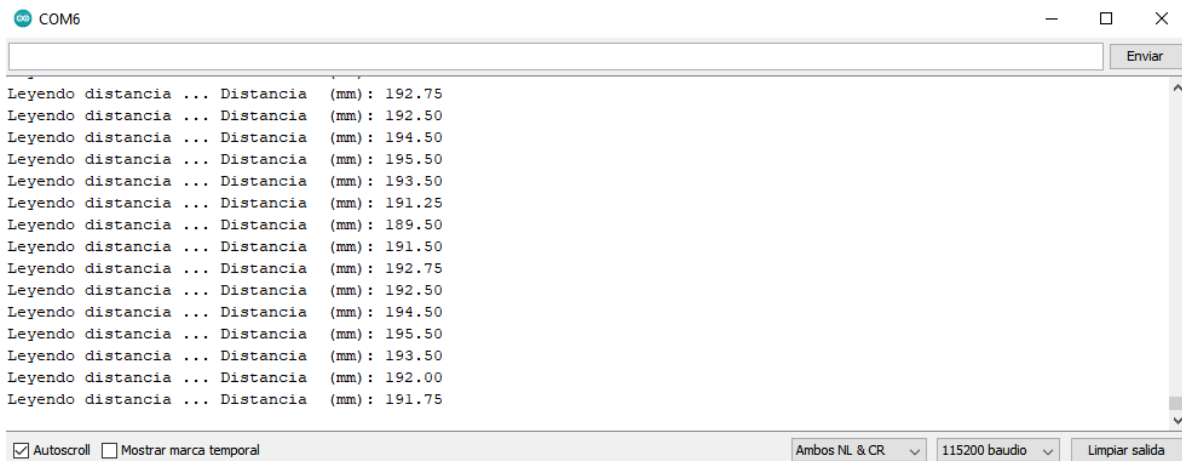


Figura 5. Lectura de objeto negro.



Figura 6. Detección de objeto blanco.

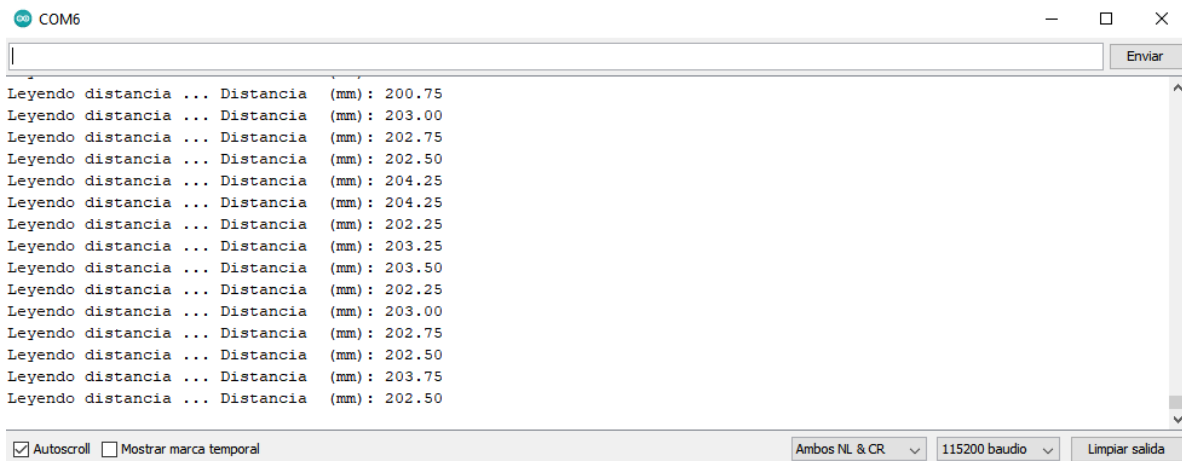


Figura 7. Lectura de objeto blanco.



Figura 8. Detección de objeto rojo.

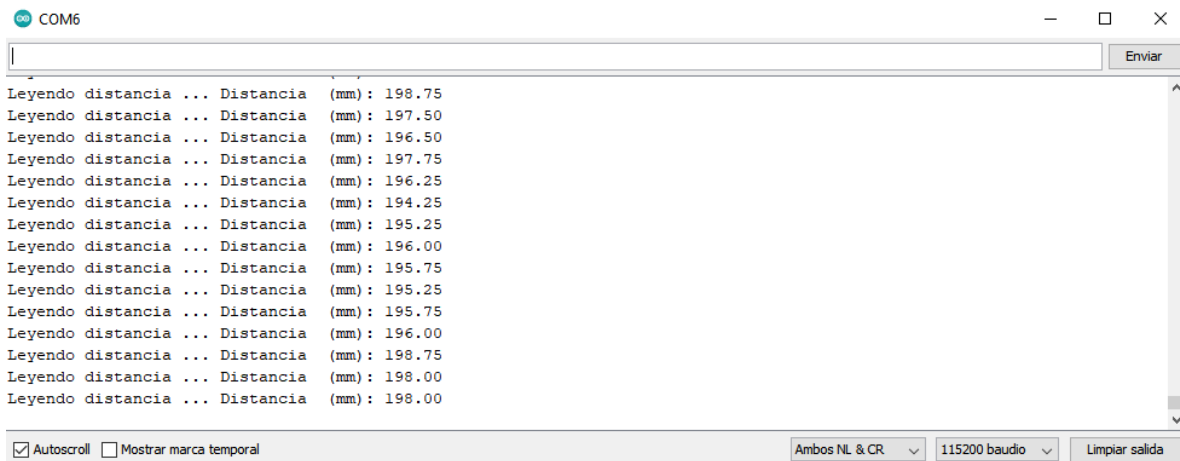


Figura 9. Lectura de objeto rojo.

3. Repita el ejercicio 1 y 2 en los siguientes entornos:

- a. Bajo la luz solar (exterior).
- b. Poca iluminación (interior).

Bajo **luz solar** el sensor detecta el nivel mínimo de **manera normal** (como en las pruebas anteriores). Sin embargo, pasado un cierto punto (no muy lejano) el sensor **no mide fiablemente**, entrega valores aleatorios o mensaje de fuera de rango.

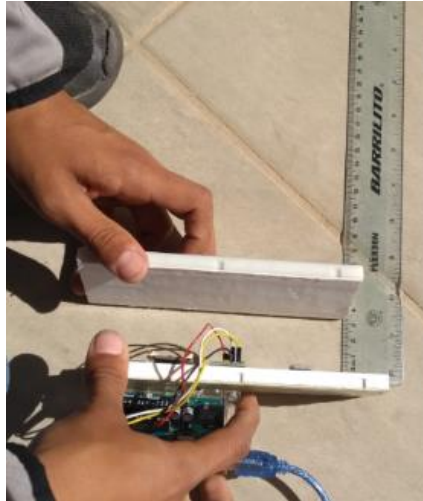


Figura 10. Detección cercana con luz solar.

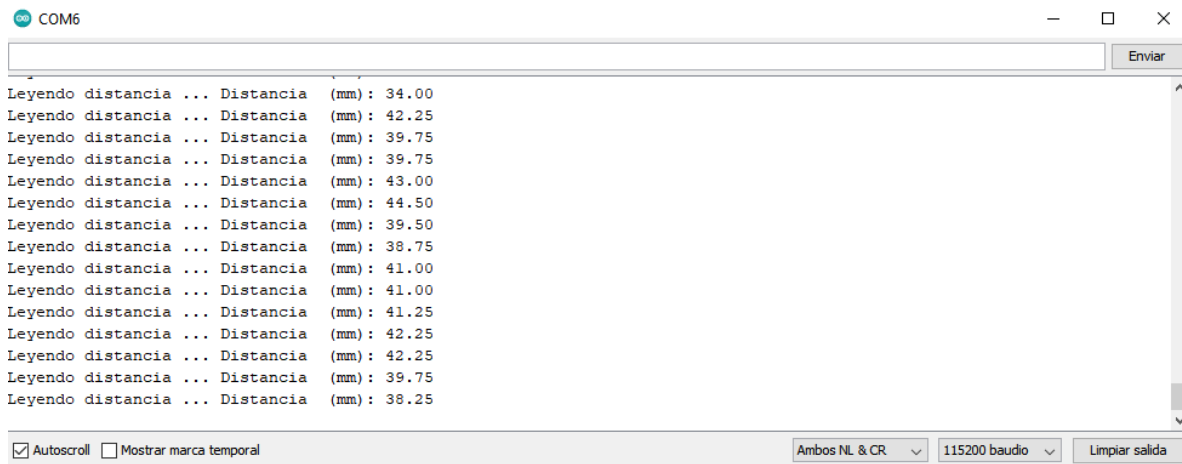


Figura 11. Mediciones mínimas con luz solar.

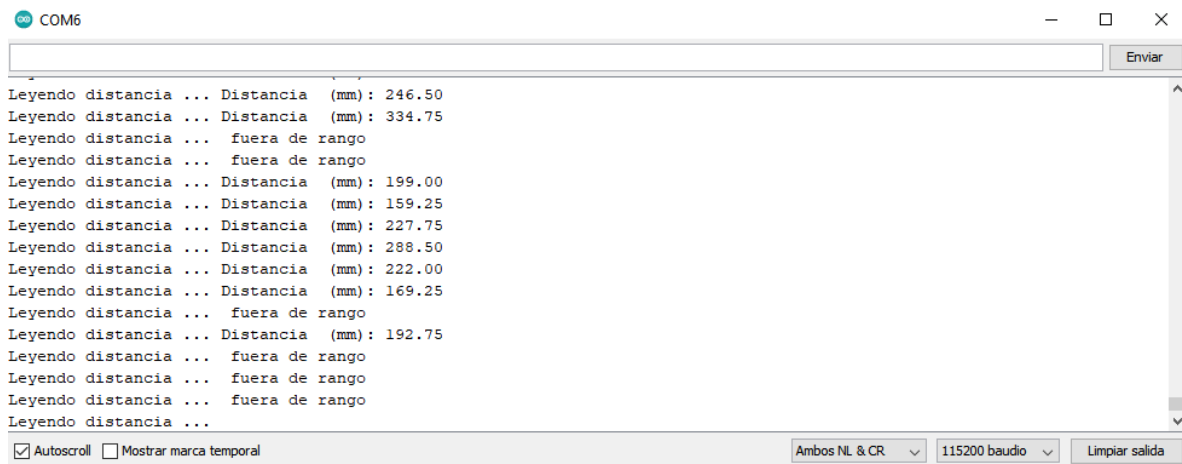


Figura 12. Mediciones máximas con luz solar.

En condiciones con **menor iluminación** (similares a las pruebas del principio) el sensor se comporta de manera normal.

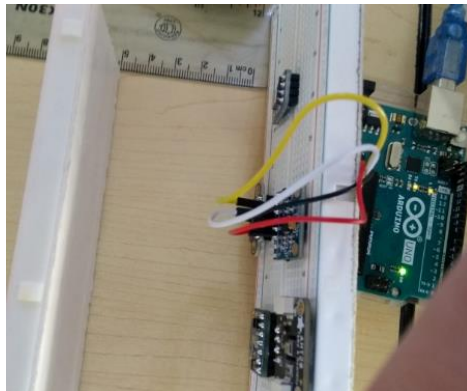


Figura 13. Detección cercana en interiores.

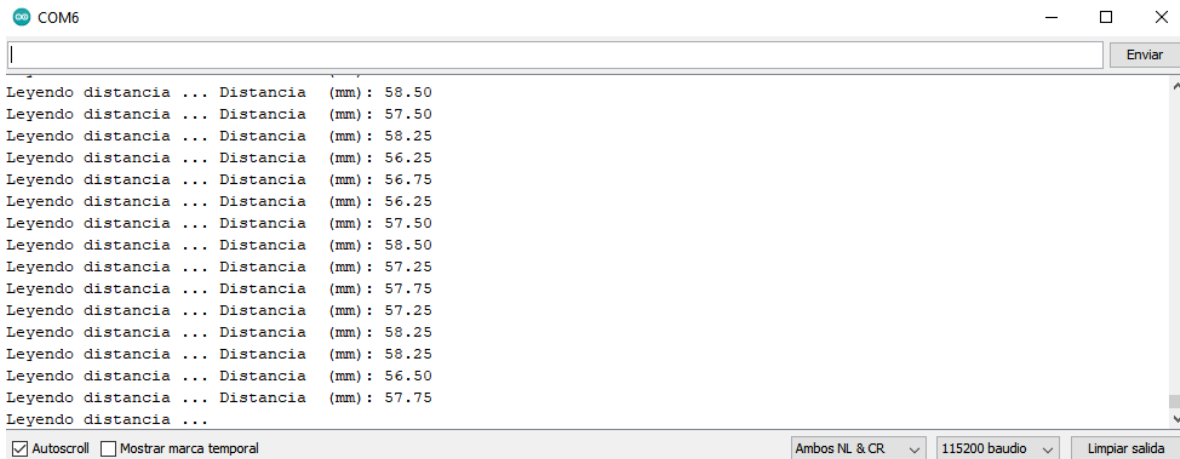


Figura 14. Medición cercana en interiores.



Figura 15. Detección lejana en interiores.

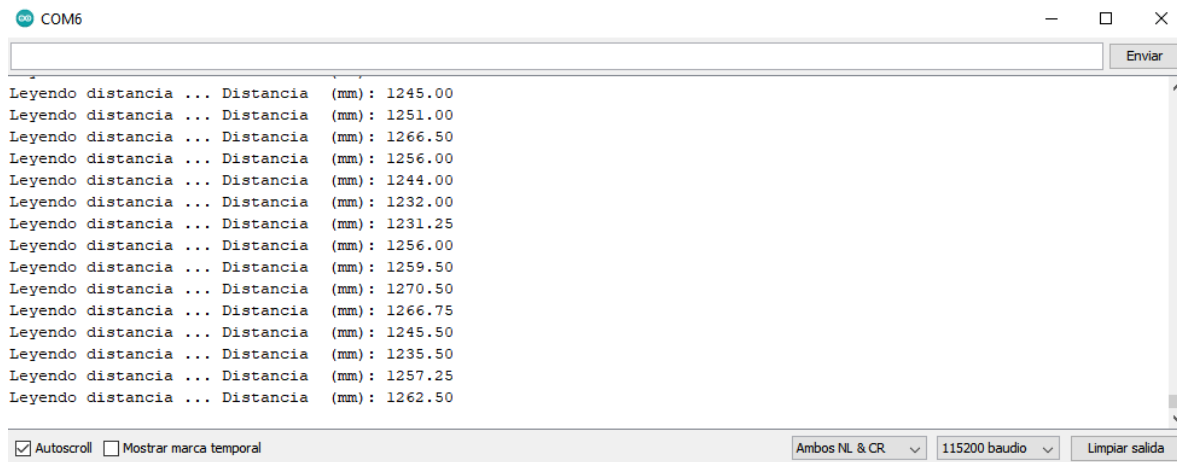


Figura 16. Medición lejana en interiores.

Detectando color blanco y rojo bajo **luz solar** la **precisión** de la medición **no es muy buena**, pero se aproxima por debajo y encima a la distancia real. El color negro prácticamente no es detectado (valores no confiables).



Figura 17. Detección de color blanco bajo luz solar.

```
COM6
Enviar

Leyendo distancia ... Distancia (mm): 180.25
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 183.00
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 214.25
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 204.50
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 188.75
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 189.25
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 204.75
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 199.00
Leyendo distancia ... fuera de rango
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 225.00
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 183.00
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 180.25
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 190.75
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 170.75
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 200.50

☒ Autoscroll ☐ Mostrar marca temporal
Ambos NL & CR 115200 baudio Limpiar salida
```

Figura 18. Medición de objeto blanco con luz solar.

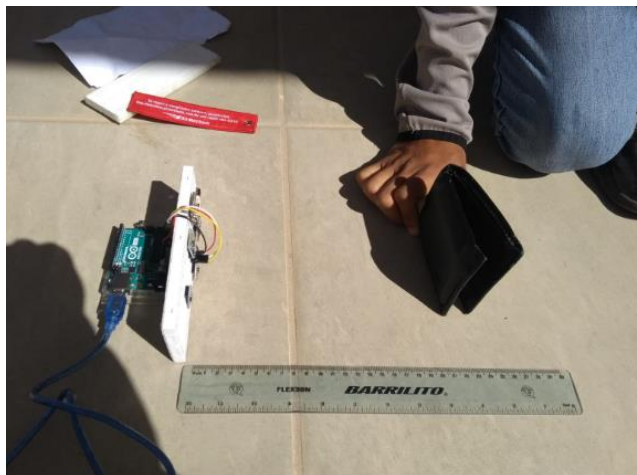


Figura 19. Detección de objeto negro bajo luz solar.

```
COM6
Enviar

Leyendo distancia ... Distancia (mm): 8191.00
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 8191.00
Leyendo distancia ... fuera de rango
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 8191.00
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 8191.00
Leyendo distancia ... fuera de rango
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 8191.00
Leyendo distancia ... fuera de rango
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 8191.00
Leyendo distancia ... fuera de rango
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 8191.00
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 8191.00
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 8191.00
Leyendo distancia ... Distancia (mm): 8191.00
Leyendo distancia ...

☒ Autoscroll ☐ Mostrar marca temporal
Ambos NL & CR 115200 baudio Limpiar salida
```

Figura 20. Medición de objeto negro bajo luz solar.

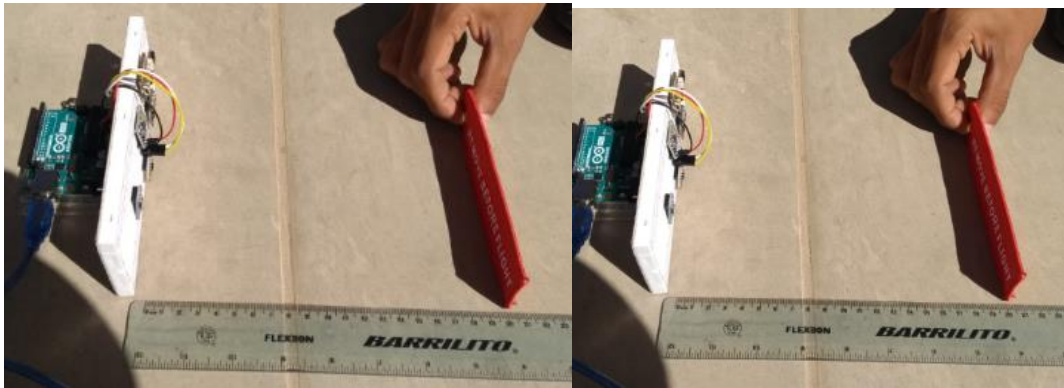


Figura 21. Detección de objeto rojo bajo luz solar.

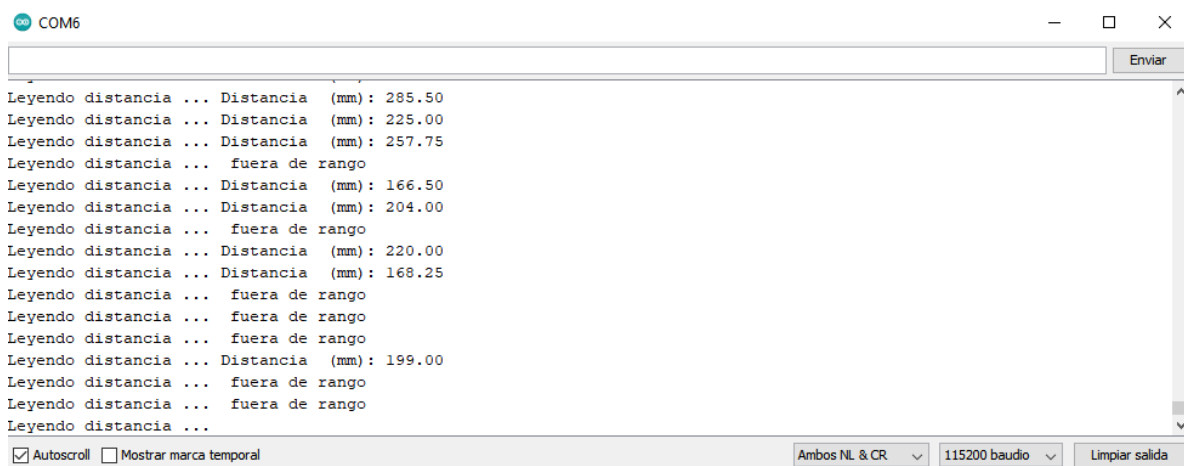


Figura 22. Medición de objeto rojo bajo luz solar.

En interiores con menos luz de ambiente, las mediciones pierden precisión, pero siguen siendo lo suficientemente fiables cuando no se requiere gran exactitud.



Figura 23. Detección de objeto negro en interiores.

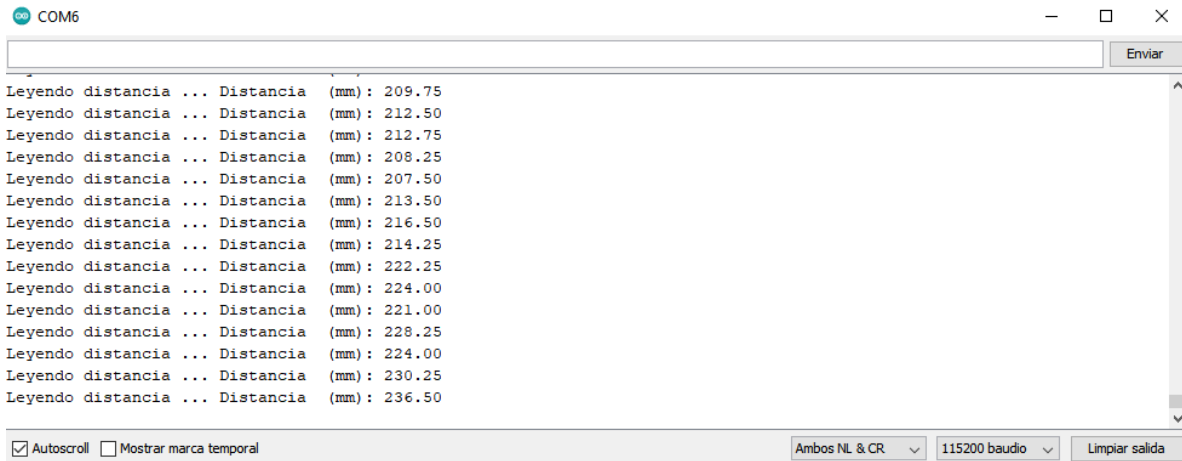


Figura 24. Medición de objeto negro en interiores.



Figura 25. Detección de objeto rojo en interiores.

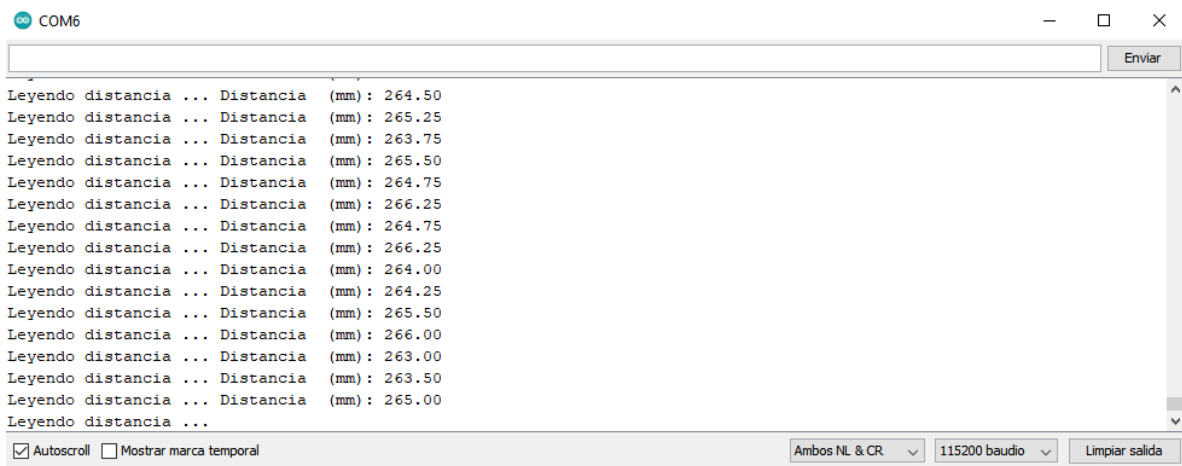


Figura 26. Medición de objeto rojo en interiores.



Figura 27. Detección de objeto blanco en interiores.

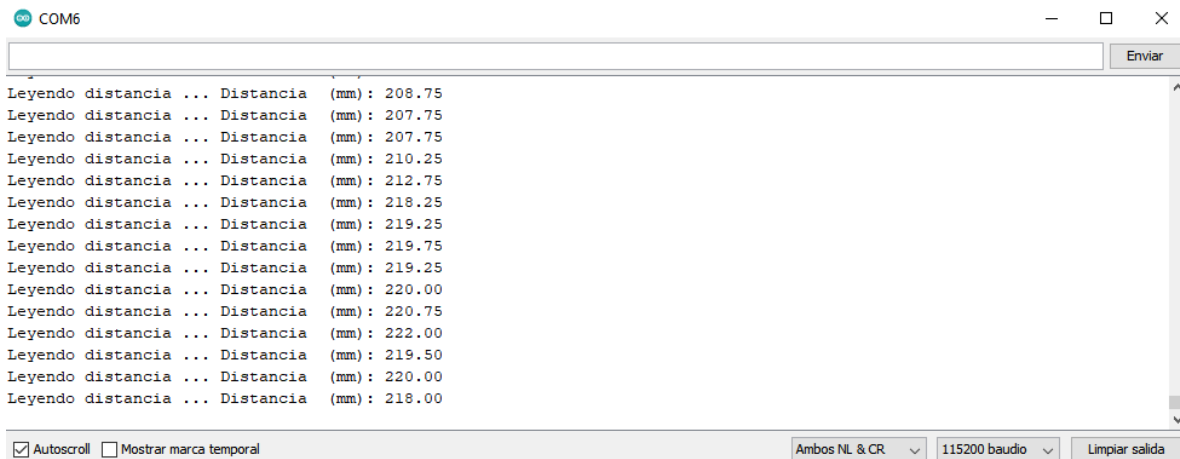


Figura 28. Medición de objeto blanco en interiores.

4. Compare y analice resultados obtenidos en el ejercicio 1, 2 y 3.

La distancia de los objetos detectados (sin importar el color) tiene **más exactitud con iluminación adecuada**. Si la iluminación **incrementa o decrementa** lo suficiente, las mediciones serán mucho **menos confiables**. Mientras **más opaco** sea el color del objeto a detectar, **más sensible** será a los cambios de iluminación.

5. Realice la medición de los siguientes objetos:

- a. Vaso transparente con agua.
- b. Vaso transparente sin líquido.
- c. Vidrio.
- d. Espejo.

e. Lampara encendida.

Los **resultados anteriores son homogéneos** con la medición de diferentes materiales. Al utilizar un **vaso con agua versus un vaso sin agua**, se puede notar que la medición del vaso con agua es **mas corta** que la del otro, esto puede deberse a que el **agua refleja mayor cantidad de luz**, haciendo que el tiempo de vuelo del laser sea menor.



Figura 29. Detección de vaso sin agua.

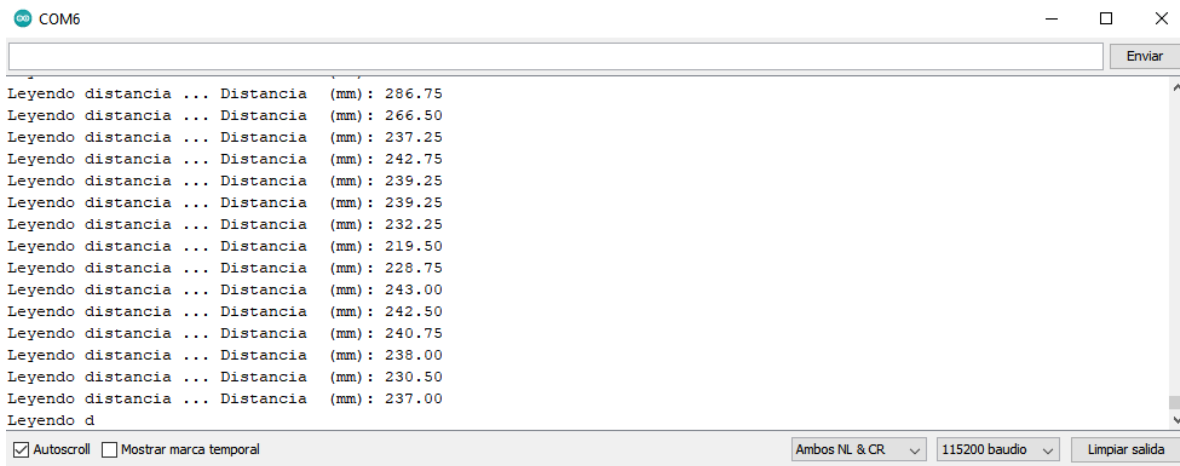


Figura 30. Medición de vaso sin agua.



Figura 31. Detección de vaso con agua.

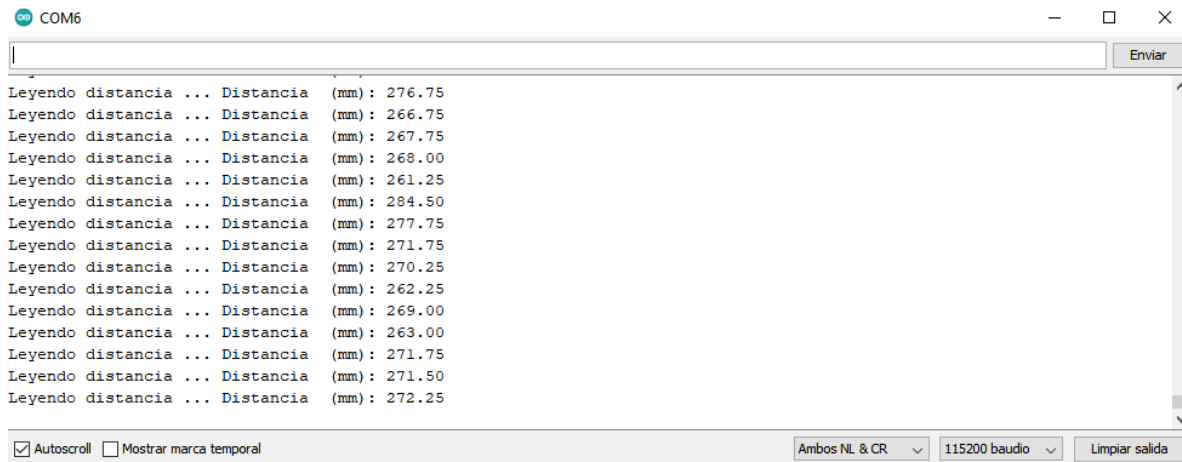


Figura 32. Medición de vaso con agua.

Respecto a la medición en **vidrio** se puede observar que **la distancia resultante es más pequeña que la distancia real**. El vidrio en cuestión refleja gran cantidad de luz.



Figura 33. Detección de vidrio.

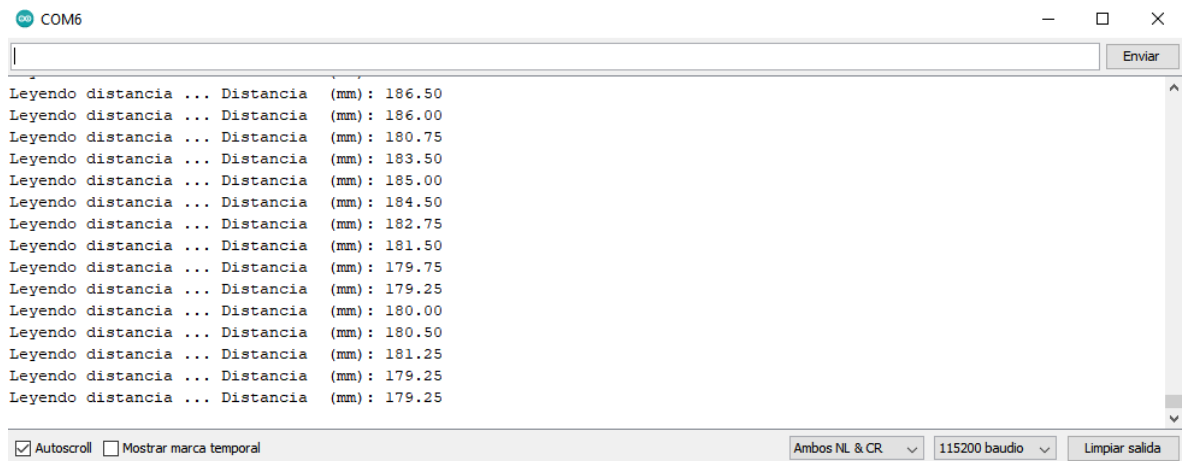


Figura 34. Medición de vidrio.

Al utilizar un **espejo**, la distancia detectada es aproximadamente la real, sin embargo, algunas **variaciones se presentan**, provocando que el resultado **no sea muy exacto**.

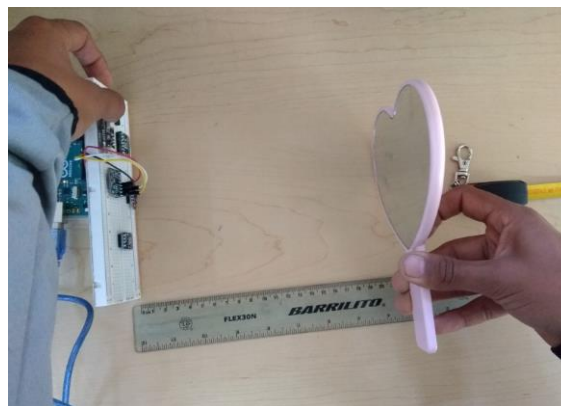


Figura 35. Detección de espejo.

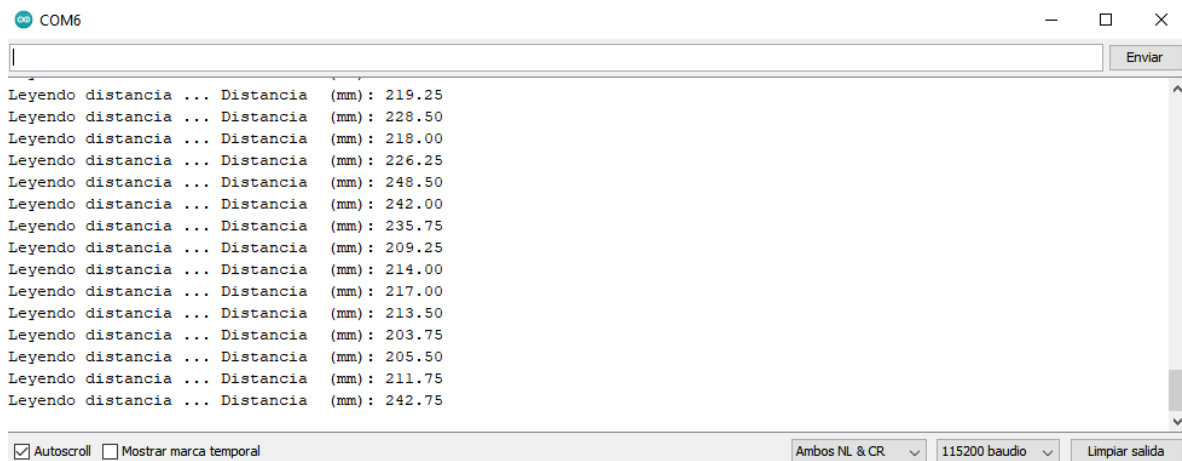


Figura 36. Medición de espejo.

La medición de la **lámpara** encendida arroja mediciones **mayormente confiables**. La distancia resulta un poco **más pequeña** que la real.

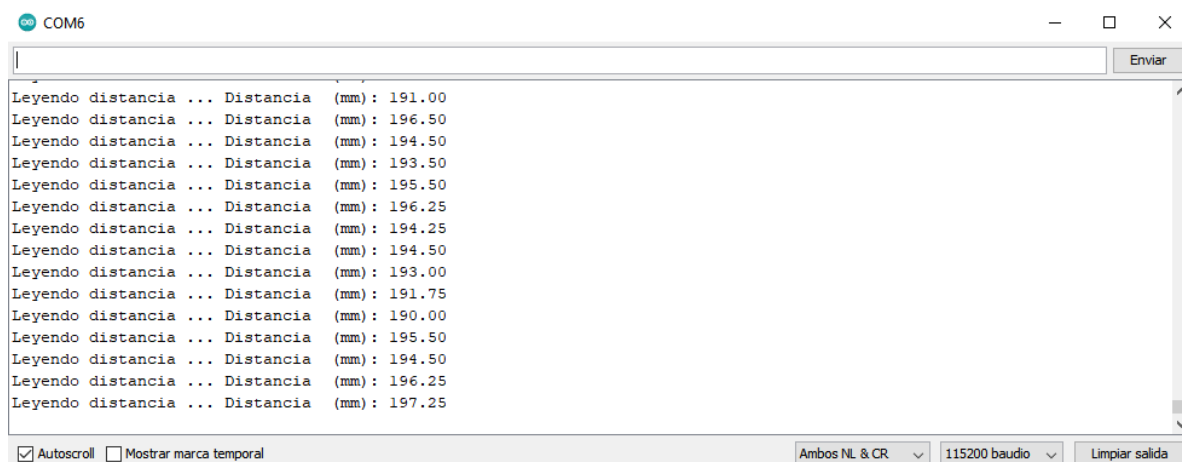


Figura 37. Medición de lámpara encendida.

Conclusiones generales.

La medición con un sensor de rango laser es mayoritariamente confiable, especialmente con buenas condiciones de iluminación. Al ser un detector de luz, las propiedades reflectivas de los colores y materiales influyen en la distancia resultante. Las mediciones pueden considerarse precisas en condiciones controladas.

Repositorio.

El código fuente puede encontrarse en el repositorio:

<https://github.com/AlfredMadera/TopicosAvanzadosDeSensores/tree/main/Interferometria>