

803 INSTRUMENTO DIDÁCTICO DE MEDICIONES INDIRECTAS DE TIEMPO

DIDATIC INSTRUMENT OF INDIRECT TIME MEASUREMENTS

Miriam Alonso Meneses

IPN / Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos CECyT 2 Miguel Bernard, México
miri2984@yahoo.com.mx

Celia Eliza Labrada Razo

IPN / Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos CECyT 2 Miguel Bernard, México
clabradar624@yahoo.com.mx

Rogelio Nicolás Fuentes Ortega

IPN/Centro de Investigación e Innovación Tecnológica, México
frogelio1807@yahoo.com.mx

Pedro Lule López

IPN / Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos CECyT 2 Miguel Bernard, México
Pedrol_08@yahoo.com.mx

Daniel Gómez Dolores

IPN / Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos CECyT 2 Miguel Bernard, México
danielgomezdal@yahoo.com.

Recepción: 16/septiembre/2019

Aceptación: 13/noviembre/2019

Resumen

Actualmente se tienen instrumentos de medición indirecta de tiempos como son el cronometro, el reloj de cuarzo, los cuales producen errores en su medición por la observación de las personas y la habilidad de manipulación como es el accionamiento de inicio y paro. Por lo anterior se pensó en un instrumento de medición que se acciona automáticamente al detectar el movimiento de un objeto y de igual forma se detiene al llegar un punto establecido, indicando el tiempo realizado por el objeto en su recorrido.

Dentro de las aplicaciones de este instrumento están las competencias de seguidores de línea, experimentos en física como son caída libre. La elaboración del proyecto abarco la elaboración de planos en *Solidworks* con simulación, la impresión de la tarjeta controladora, la programación en microcontroladores, la

instalación de un sensor de proximidad (distancia), instalación de una pantalla LCD ya programada y dos guías de soporte para poder realizar mediciones de desplazamiento de forma horizontal o vertical.

El dispositivo ha sido utilizado como material didáctico en la realización de experimentos en los laboratorios de física, química, matemáticas y va dirigido a todas las unidades didácticas que requieran medir tiempos, distancias o velocidades; los datos obtenidos se muestran en una pantalla LCD y son utilizados en fórmulas para cálculos y la comprobación de datos teóricos.

Palabra(s) Clave: Distancia, instrumento didáctico, medidor de tiempo, sensor Sharp, velocidad.

Abstract

Currently there are instruments for indirect measurement of times such as the stopwatch, the quartz clock, which produce errors in their measurement due to the observation of people and the ability to manipulate such as the start and stop drive. For this reason, a measuring instrument that automatically activates when detecting the movement of an object is considered and, in the same way, stops when an established point arrives, indicating the time taken by the object in its path.

Within the applications of this instrument are the competencies of line followers, experiments in physics such as free fall. The development of the project included the elaboration of plans in solid works with simulation, the printing of the controller card, the programming in micro controllers, the installation of a proximity sensor (distance), installation of an already programmed LCD screen and two support guides to be able to perform displacement measurements horizontally or vertically.

The device has been used as teaching material in conducting experiments in the laboratories of physics, chemistry, mathematics and is aimed at all teaching units that require measuring times, distances or speeds; The data obtained are displayed on an LCD screen and are used in formulas for calculations and the verification of theoretical data.

Keywords: *Distance, instructional instrument, Sharp sensor, Speed, Time meter.*

1. Introducción

En la actualidad la materia de Física tiene la problemática en diversos temas donde se requiere calcular y demostrar formulas obteniendo valores como: distancia, tiempo y velocidad entre otros conceptos, esto nos dio hincapié para diseñar un instrumento didáctico de medición indirecta en el laboratorio para realizar sus prácticas, fácil de manipular, preciso y que demuestre que los cálculos mediante fórmulas son comprobados de una forma dinámica, mejorando su aprendizaje. El objetivo era desarrollar un dispositivo didáctico usando elementos de controles eléctricos digitales con componentes electrónicos analógicos y digitales.

Los instrumentos de medición existentes son accionados manualmente, lo cual produce errores de medición debido al error de paralaje y por la habilidad manual. Para poder evitar los errores en las mediciones con el uso del instrumento diseñado, se utilizarán sensores Sharp que detecta objetos a distancias que van desde pocos centímetros hasta varios metros, el cabezal emite una onda ultrasónica y recibe la onda reflejada que regresa desde el objeto.

El sensor será conectado a una pantalla LCD, la cual es delgada y plana formada por un número de pixeles en color o monocromos, colocados delante de una fuente de luz reflectora y para tener un buen funcionamiento; se elaborará un circuito impreso y la programación de un PIC18F46K22. Los componentes van montados sobre un perfil de aluminio ensamblado en una placa de aluminio, por su fácil ensamble los sensores pueden ir sobre un perfil para cálculo de tiempos en movimientos verticales o sobre dos perfiles para cálculo de tiempos en distancias horizontales. Con todo lo anterior se obtuvo un sistema de medición de tiempos para distancias verticales u horizontales con resultado rápidos y automáticos obteniendo tiempos con una mayor exactitud en la realización de experimentos dentro del laboratorio o competencias donde se midan tiempos de desplazamiento.

2. Métodos

Ensamble del instrumento de medición

Se realizó el análisis de los materiales para la realización de la estructura del proyecto buscando las propiedades de resistencia mecánica, ductilidad y resistencia

a la corrosión, por lo que se ha adoptado un sistema en el cual la designación de la aleación se hace con un número de cuatro dígitos. A continuación, las características de la aleación utilizada. Aleación 6063.- Excelente extrudabilidad, mediana resistencia mecánica, alta resistencia a la corrosión, buen acabado superficial, especial para anodizar. Aplicaciones del material seleccionado, arquitectura, marcos para ventanas, puertas, cancelas, etc., tubos para muebles, irrigación, industria química, electrodoméstica, electrónica, disipadores de calor, etc. El instrumento didáctico buscaba satisfacer necesidades de distintas áreas y ser empleada en diferentes instituciones educativas como material didáctico, especialmente en el área de física.

El objetivo es el desarrolló un sistema de control eléctrico digital didáctica con componentes electrónicos analógicos y digitales e implementando un sensor Sharp para cronometrar tiempos de forma automática, esto se llevó a cabo mediante la construcción de una base fija que sostiene la pantalla LCD donde se indicaran los datos con mayor precisión a los cronómetros tradicionales. La pantalla LCD será colocada en el perfil estructural de aluminio que se muestra en la figura 1, el cual lleva tapas en la parte superior como se muestran en la figura 2; dando la opción de moverla, la distancia de arriba hacia abajo dependerá de lo que se desea medir.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1 Perfil estructural.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2 Tapas.

Es fijado mediante tornillos Allen de acero inoxidable mostrados en la figura 3, estos sostienen a las escuadras de unión de la figura 4 para que no existan movimientos que pueda alterar los resultados en el momento de realizar las lecturas, las escuadra llevan zapata (gusset) para su desplazamiento sobre el riel, figura 5.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 3 Tornillos Allen.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4 Perfil de aluminio fundido P4080.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5 Tuerca plana de balín.

Sensor Sharp GP2Y0A60

Sensores de Proximidad, se utilizan para detectar la presencia de objetos u obstáculos, sin la necesidad de contacto dando la distancia que hay entre ellos.

El sensor de distancia Sharp GP2Y0A60 10 a 150 cm que se muestra en la figura 6 permite obtener la distancia entre el sensor y algún objeto dentro del rango de 10 a 150 cm. Este está Integrado por tres dispositivos, un detector sensitivo de posición (PSD), un diodo emisor de infrarrojos (IRED) y un circuito procesador de señales.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6 Sharp GP2Y0A60.

Especificaciones Sensor Sharp:

- Tensión de funcionamiento: 3 a 5.5 V.
- Rango de medición Distancia: 10 a 150 cm.
- Tipo de salida: voltaje analógico.
- Período de actualización: 16.5 ± 4 ms.

- Consumo de corriente: 33 mA (nota: este sensor consume corriente en grandes estallidos cortos, y el fabricante recomienda poner un capacitor de 10 μ F).
- Tamaño: 33 x 10.4 x 10.2 mm.
- Peso: 2.5 g (0.09 oz).

Circuito impreso

Se elaboró la placa de circuito impreso la cual está constituida por caminos, pistas o buses de material conductos laminadas sobre una base no conductora. El proceso de fabricación de la tarjeta electrónica se llevó a cabo mediante los siguientes pasos:

- El recubrimiento con tinta, como el fotograbado que requiere de un proceso de atacado químico, en el cual el cobre excedente es eliminado, quedando únicamente el patrón deseado.
- Diseño.
- El fresado.
- Estañado y máscara antisoldante.
- Serigrafía.
- Montaje.
- Pruebas y verificación.

Se verificó el funcionamiento de la tarjeta electrónica retomando la ley de ohm donde la teoría se usa para determinar la relación entre tensión, corriente y resistencia en un circuito eléctrico, tabla 1. La ley de Ohm ($E = IR$), cuando se enuncia en forma explícita, significa que tensión = corriente x resistencia.

Tabla 1 Ley de Ohm.

Cantidad	Variables Ley de Ohm	Unidad de medida (abreviatura)	Rol en los circuitos	Definición
Tensión	E	Voltio (V)	Presión que desencadena el flujo de electrones	Fuerza electromotriz
Corriente	I	Amperio (A)	Caudal de electrones	I = Intensidad
Resistencia	R	Ohmio (Ω)	Inhibidor de flujo	Resistencia

Fuente: Elaboración propia.


El funcionamiento de la tarjeta de desarrollo que se muestra en la figura 7 consiste en un sensor de proximidad que hace lecturas analógicas, genera una señal electrónica que es recibida por el microcontrolador; el micro codifica la señal y la convierte de una señal analógica a digital esto se logra por medio de códigos de programación en C y se decodifica para ver los valores en un display en este Caso un valor reflejado en la pantalla LCD. En la tabla 2 se muestra la lista de materiales utilizados en el proyecto y en la tabla 3 muestra la hoja de procesos.



Fuente: Elaboración propia.



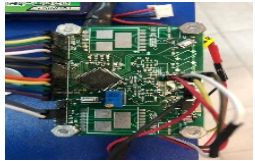
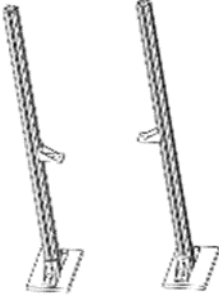

Figura 7 Circuito impreso.

Tabla 2 Lista de materiales.

N°	Concepto del material	Imagen	Precio unitario (\$)	N°	Concepto del material	Imagen	Precio unitario (\$)
1	Placa de Sintra de espesor 3 mm, color azul.		1 pieza \$18.00	7	Soldadura con núcleo de resina SOL60/40		1 pieza \$150.00
2	Perfil de aluminio fundido P4080 (Gusset)		2 piezas \$47.00	8	Cable M-M y M-F, de 10 cm de colores (Jumper)		30 piezas \$4.00
3	Tuercas planas M8 balín		4 piezas \$9.50	9	Sensor Sharp, de 3 a 5 V, 33 mA, rango de medición de 0 a 150 cm, tamaño 33 x 10.4 x 10.2 mm, peso 2.5 g.		2 piezas \$300.00
4	Perfil estructural de aluminio		1 pieza \$260 C/m	10	Modulo LCD 16 x 2 fondo azul 1602A		1 pieza \$150.00
5	Solera de aluminio 19.0 x 152 mm		1 pieza \$260.00	11	Placa de control diseñada		1 pieza \$1250.00
6	Batería LIPO de 7.4 V, 300 mA.		1 pieza \$400.00	12	Tornillo Allen inoxidable M8x20 con rondana		4 piezas \$9.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3 Hoja de procesos.

N°	Croquis	Nombre	Medidas	Herramientas	Proceso
1		Placa de aluminio	19x152 mm	Escuadra 90°, cortador ½ pulg Barreno 1/4"	Carear los lados de la placa. Barrenar
2		Gusset aluminio fundido	2x3 pulg	Escuadra 90° de 3/8" de ranura Brocha Refrigerante	Carear los lados placa cortador
3		Tarjeta fenólica, montaje elementos electrónicos.	2x3 pulg	Placa fenólica soldadura Pasta, Cautín Elementos electrónicos	Quitar material de placa. Soldar elementos electrónicos
4		Ensamble estructura Cuerpo	Gusset Tuerca Estructura de aluminio	Mármol y llaves Allen	Alinear estructura de aluminio, gusset y tornillos
5		Montaje del sensor Sharp	Placa de acitrón 1 x 1"	Cable, cautín, soldadura, pasta y placa	Mármol Escuadra 45°

Fuente: Elaboración propia.

Descripción del uso del instrumento didáctico

Se demostró la utilización del instrumento didáctico de medición en el desarrollo de la práctica de Física II, llamada caída libre con el grupo 4IM01 en el CECyT 2.

La metodología que se llevó a cabo con el grupo fue el siguiente:

- Se entregó formato de práctica 7 de Física I, caída libre, como se muestra en la figura 8.
- Se procede a la explicación del uso del instrumento didáctico de medición indirecta de tiempo, encendido, apagado, calibración y toma de lecturas.

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CECYT 2 "MIGUEL BERNARD"



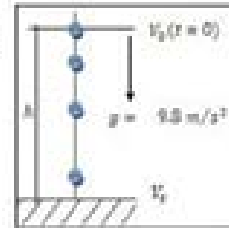
MATERIAL Y EQUIPO	DESEMPEÑOS (LISTA DE COTEJO)
<ul style="list-style-type: none"> Prototipo Electrónico 1 pelota 1 regla de 1 m 	<ul style="list-style-type: none"> Acuerda y colabora en el desarrollo de la actividad práctica. Efectúa en laboratorio el llenado de la tabla de registro de datos. Realiza dos preguntas significativas sobre la práctica al instructor. Elabora un reporte individual sobre el desarrollo de la práctica, las mediciones realizadas, el análisis, resultados y las conclusiones (DE ACUERDO A LA RÓBRICA).

Alumno		Grupo:		Fecha:	
Física I, Práctica 7	CAIDA LIBRE			Duración	1 hora
Objetivos	1.- Observar la CAIDA LIBRE como un MRUA en un SISTEMA ELECTRÓNICO DE REGISTRO DE DATOS. 2.- Construir las gráficas: y VS t , v VS t de la CAIDA LIBRE 3.- Determinar las ecuaciones correspondientes a los gráficos: y VS t y v VS t 4.- Deducir un valor experimental de la gravedad en la CDMA: g_{CDMA}				

INTRODUCCIÓN

Caída libre es el movimiento de un cuerpo bajo la acción exclusiva del campo gravitacional.

- Todos los cuerpos con este tipo de movimiento tienen una aceleración dirigida hacia abajo cuyo valor depende del lugar en el que se encuentren. En la Tierra este valor es de aproximadamente 9.8 m/s^2 , es decir que los cuerpos dejados en caída libre aumentan su velocidad (hacia abajo) a una razón de 9.8 m/s cada segundo.
- En la caída libre no se tiene en cuenta la resistencia del aire.



La aceleración a la que se ve sometido un cuerpo en caída libre es tan importante en la Física que recibe el nombre especial de **aceleración de la gravedad** y se representa con la letra g , y su valor depende de la posición sobre la superficie de la Tierra.

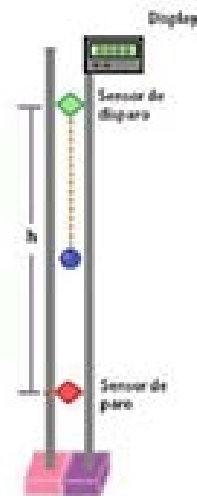
Las ecuaciones que rigen el movimiento CAIDA LIBRE se deducen a partir del MRUA, y son:

$$y = \frac{1}{2} g t^2 \dots\dots\dots (1) \quad v = g \cdot t \dots\dots\dots (2) \quad v^2 = 2 g y \dots\dots\dots (3)$$

Donde las gráficas correspondientes a este movimiento son:

INSTRUCCIONES:

- Montar el equipo tal como se ilustra en la figura:
- Separar los sensores a intervalos de 10 cm, activar sistema de sensado, soltar la pelota Y registrar el tiempo del display.
- Repetir el procedimiento con incrementos de 10 cm hasta 1m y registrar los tiempos de caída.
- llenar las tablas de datos



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8 Elaboración de práctica.

- Descripción de los pasos en la realización de la practica 7, para la recolección de datos.
 - ✓ Se realizó la medición en el laboratorio de física II, con la aplicación del sensor de distancia Sharp sobre un espacio en el cual no existieran obstáculos para evitar errores con el sensor.
 - ✓ Se utilizó un flexómetro de 5 m para establecer las medidas para realizar las pruebas estas fueron 10 medidas como se indica en la tabla 4 con 10 cm de separación entre cada una, una vez marcadas, se procedió a fijar el sensor de inicio y se estuvo calibrando después del término de cada una de las distancias.

Tabla 4 Tiempo transcurrido en cada distancia.

Y (m)	t (s)
1	0.334
0.9	0.322
0.8	0.297
0.7	0.278
0.6	0.254
0.5	0.235
0.4	0.221
0.3	0.161

Fuente: Elaboración propia.

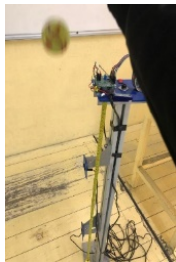
- ✓ Se encendió el dispositivo y se comenzó con el procedimiento para la realización de la práctica de caída libre de la unidad de aprendizaje Física II, como se muestra en la figura 9.



Fuente: Elaboración propia.

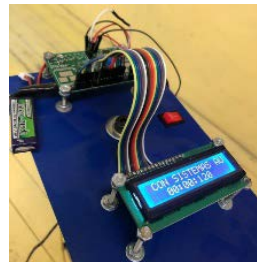
Figura 9 Encendido del dispositivo.

- ✓ Se dejó caer una pelota de frontón, teniendo el arreglo de forma vertical (sensor de activación superior y sensor de paro en la parte inferior); al soltar la pelota se activó el contador de tiempo y cuando paso por el segundo sensor lo detuvo, dando el reloj el dato de t indicando (tiempo transcurrido) en cada distancia, lo cual se muestra en la tabla 4 y figura 10. La obtención de datos se muestra en la figura 11.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10 Activación de contador de tiempo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11 Obtención de datos.

3. Resultados

El instrumento didáctico de tiempo, busco satisfacer necesidades de distintas áreas y ser empleada en diferentes instituciones educativas como material didáctico, especialmente en el área de física. CECyT 2, CECyT 8 y CONALEP con el tema de caída libre donde se obtuvieron los tiempos y distancias del movimiento de una pelota ya mencionado su desarrollo en métodos cubriendo las expectativas que el alumno se interese sea significativo.

Se logró el desarrollo del sistema de control eléctrico digital-didáctico con componentes electrónicos analógicos y digitales e implementando un sensor Sharp para cronometrar tiempos de forma automática, esto se llevó a cabo mediante la construcción de una base fija que sostiene la pantalla LCD donde se indicaran los datos con mayor precisión a los cronómetros tradicionales.

Se realizó un problema diferente en el CECyT 8 para observar la segunda demostración en una práctica 8 con el tema movimiento rectilíneo uniforme.

El instrumento digital didáctico de tiempo con sensor de distancia se utilizó en la unidad de aprendizaje de física I para los cálculos de MRU (movimiento rectilíneo

uniforme) donde se desplazaba un objeto de forma lineal para posteriormente realizar la tabla 5 donde se anotan los valores de acuerdo a la ecuación 1, donde se analiza que es funcional como material didáctico.

Tabla 5 Datos de movimiento rectilíneo uniforme.

t	X	V
t_1	X_1	X/t
*	*	*

Fuente: Elaboración propia.

$$X = X_0 + V_m t \quad (1)$$

Esta información se gráfica y se obtienen los resultados tomando en cuenta que:

$$X = X_0 = 0$$

Entonces:

$$X = V_m t.$$

Lo cual nos arrojó los resultados esperados.

La Tercera aplicación en la 2da. Ley de Newton se aplicó en la unidad de aprendizaje de física II. Aquí se tenía la ecuación: $X = \frac{1}{2} at^2$ de donde $a_1 = 2X/t^2$ y así sucesivamente a_2, a_i, \dots Para posteriormente llenar tabla 6.

Tabla 6 Datos de 2da Ley de Newton.

X	t	a	m	F
*	*	*	*	*

Fuente: Elaboración propia.

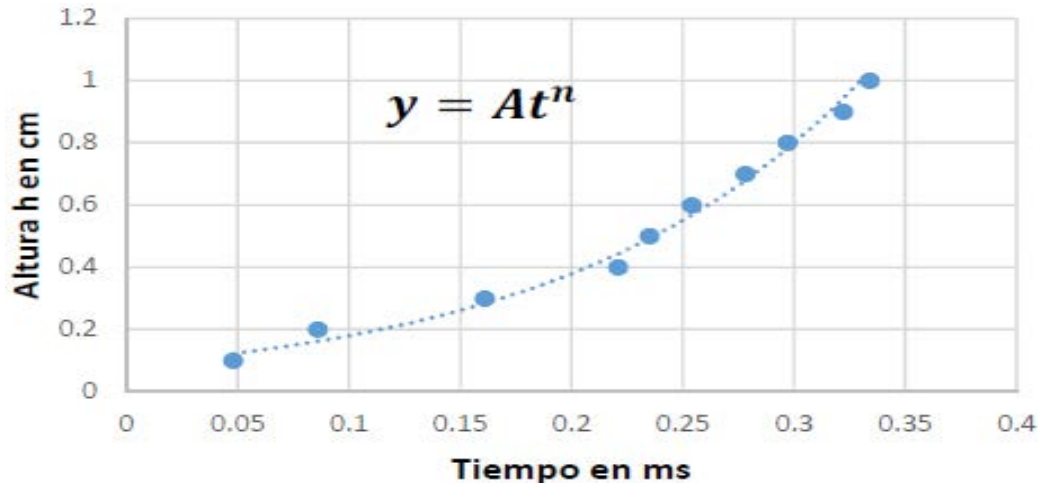
Los tiempos a las mismas distancias fueron tomadas con cronómetros y relojes digitales, arrojando una variación considerable con un error del 30%, mostrado en la tabla 4, por lo cual se considera que el instrumento de medición es muy apropiado para la realización de dichos experimentos y durante el desarrollo de los experimentos los alumnos mostraron mayor interés, queriendo participar en la manipulación del dispositivo.

La tabla 7 muestra los datos, de los cuales se obtiene la gráfica logarítmica altura y tiempo, figura 12.

Tabla 7 Puntos experimentales.

t	y	$\log t$	$\log y$	$(\log y)(\log t)$	$(\log t)^2$
0	0	0	0	0	
48	10	1.68	1	1.68	2.8224
86	20	1.93	1.3	2.509	3.7249
161	30	2.21	1.47	3.2487	4.8841
221	40	2.34	1.602	3.74868	5.4756
235	50	2.37	1.69	4.0053	5.6169
254	60	2.4	1.77	4.248	5.76
278	70	2.44	1.84	4.4896	5.9536
297	80	2.47	1.903	4.70041	6.1009
322	90	2.5	1.95	4.875	6.25
334	100	2.52	2	5.04	6.3504
$\sum t_i$	$\sum y_i$	$\sum \log t_i = 22.86$	$\sum \log y_i = 16.525$	$\sum \log t_i \cdot \log y_i = 38.5446$	$\sum (\log t)^2 = 52.9388$

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12 Gráfica de altura y tiempo.

Se logró elaborar un control digital didáctico de tiempo con sensor de distancia, el cual nos permite medir el tiempo de recorrido de un objeto hasta una distancia determinada con un rango horizontal de 5 m y vertical 1 m. Este control didáctico fue empleado con resultados satisfactorios en la unidad de aprendizaje de física I, en el desarrollo de experimentos con cálculos físicos dentro del CECyT 2, CECyT 8 y colegio de bachilleres 9; impactando en el aprendizaje de los alumnos, ya que se motivaron al observar el proyecto y al comprobar que el valor de incertidumbre era menor al 3% por medio de gráficas.

5. Bibliografía y referencias

- [1] 2019., A. d. (2019). Aparatos para medir el tiempo – Características y precisión. Todo sobre herramienta: <https://aparatosde.com/para-medir-el-tiempo/>.
- [2] 11 aplicaciones para los sensores ultrasónicos. (2014): <https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/24854.html>.
- [3] Tipos de Sensores. (2013): http://www.profesormolina.com.ar/tecnología/sens_transduct/tipos.htm.