



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Diseño y construcción de un prototipo para el
análisis del tiro parabólico y caída libre
mediante el uso de una plataforma de hardware-software libre

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

JHONATAN CORTES MORALES

ASESOR: Ing. Ángel Rueda Ángeles

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
EXÁMENES PROFESIONALES

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis**

Diseño y construcción de un prototipo para el análisis del tiro para bólico y caída libre mediante el uso de una plataforma de hardware – software libre

Que presenta el pasante: JHONATAN CORTES MORALES

Con número de cuenta: 41008864-5 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 15 de enero de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	F. José de Jesús Cruz Guzmán	
VOCAL	M. en T.I. Jorge Buendía Gómez	
SECRETARIO	Ing. Ángel Rueda Ángeles	
1er. SUPLENTE	Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez	
2do. SUPLENTE	Ing. Oscar Carmona Islas	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por ponerme en este camino donde el recorrido siempre será el mejor con todas las cosas buenas para disfrutarlas y los tropiezos o “fracasos” que no son más que aprendizajes de la vida y con los cuales he aprendido a valorar más cada logro en mi vida.

Gracia a mi familia y amigos por siempre estar apoyándome independientemente del momento por el que estuviera pasando; a mis padres que me formaron y apoyaron en todo momento, a mis hermanos porque siempre estuvieron ahí para apoyarme y agradecer los pequeños momentos de felicidad que siempre me hacen pasar; a mis amigos que fueron un gran apoyo durante este trayecto en mi vida.

Gracias a mi asesor Ángel Rueda Ángeles por la paciencia y el apoyo que me tuvo durante este proyecto porque aunque a veces surgían dudas siempre estuvo en la mejor disposición, así como en apoyarme las ideas y opiniones para resolver algún contratiempo; A el profesor Ramón Osorio Galicia por su apoyo durante en el proyecto, y en general a todos los profesores que aportaron las enseñanzas para formar parte de la persona que soy hoy en día.

CONTENIDO

CAPÍTULO. 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

1.2 Objetivos

1.3 Antecedentes

1.3.1 Movimiento uniformemente acelerado

1.3.2 Caída libre

1.3.3 Tiro parabólico

1.3.4 Análisis de los tiempos para los movimientos

CAPÍTULO. 2 DISEÑO DEL PROTOTIPO

2.1 Diseño del prototipo

2.2 Estructura del mecanismo

2.2.1 Placa base

2.2.2 Soporte del péndulo

2.2.3 Soportes de los electroimanes

2.2.4 Soportes de los sensores

2.2.5 Nivelación del prototipo

2.2.6 Caja amortiguadora

2.3 Materiales

CAPÍTULO. 3 COMPONENTES ELECTRÓNICOS Y PROGRAMACIÓN

3.1 Componentes electrónicos

3.2 Microcontrolador

3.3 Plataforma Arduino Uno

3.3.1 Historia de Arduino

3.3.2 Placa Arduino Uno

3.4 Gatillo

3.5 Sensores

3.5.1 Sensor de barrera

3.5.2 Sensor réflex

3.6 Electroimán

3.7 Relevador

3.8 Pantalla de 16×2

3.9 Conexiones de los componentes electrónicos

- 3.10 Programación**
- 3.11 Algoritmo**
- 3.12 Estructura de un programa**
- 3.13 Diagrama de flujo**
- 3.14 Programación de la placa de caída libre**
- 3.15 Programación de la placa de tiro parabólico**

CAPÍTULO. 4 PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

- 4.1 Transformación de los materiales**
- 4.2 Calendarización de las actividades**
- 4.3 Procesos de producción del prototipo**
- 4.4 Diagrama de procesos**

CAPÍTULO. 5 ANÁLISIS FINANCIERO

- 5.1 Gastos del proyecto**
- 5.2 Análisis de producción futura**
- 5.3 Inversión inicial**
- 5.4 Periodo de recuperación**
- 5.5 Tasa de rendimiento promedio**
- 5.6 Valor presente neto**
- 5.7 Índice de rentabilidad**

CAPITULO. 6. PRÁCTICA

- 6.1 Resultados estadísticos**
- 6.2 Práctica**
- 6.3 Resultados**
- 6.4 Conclusiones**

Bibliografía y referencias

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se planteó con el objetivo de diseñar y construir un mecanismo con el cual permita comprobar los conceptos físicos relacionados con la caída libre y el tiro parabólico.

Uno de los objetivos será la comprobación de que en ambos tipos de movimientos el tiempo de caída efectuado a una misma altura será el mismo, despreciando la resistencia del aire, esto se realizara buscando que en cada movimiento observemos su tiempo de caída de forma individual para hacer la posterior comparación de los tiempos obtenidos, y con esto encontrar las relaciones que guardan estos dos fenómenos físicos.

Se realizó un registro de los procesos de construcción y un análisis financiero del proyecto para hacer posible su reparación o reproducción del sistema. Se elaboró una práctica en la cual se incluye el procedimiento a seguir en el armado del prototipo, instrucciones para el manejo de forma correcta, y la realización de un análisis de video mediante el cual se compara los datos arrojados durante la experimentación y los datos obtenidos de forma teórica.

1.1 Justificación

Se realizó el diseño y la construcción de un mecanismo con el propósito de comprobar experimentalmente que el tiempo de los movimientos de caída libre y tiro parabólico efectuados a la misma altura son los mismos.

Se observó que en los laboratorios de física contaban con mecanismos para el análisis de los movimientos pero no con un análisis de forma conjunta y debido a que estos no arrojaban los tiempos se realizó la construcción de un prototipo con estas características tratando de mejorar los costos en comparación con algunos ofrecidos en el mercado.

Con el fin de lograr una metodología adecuada en el uso del instrumento de análisis durante la experimentación fue elaborada una práctica.

1.2 Objetivos

- Construcción de un prototipo el cual permita el análisis experimental de los movimientos de tiro parabólico y caída libre.
- Automatizar operaciones complicadas de realizar por el operador de forma mecanizada.
- Mejorar el costo del prototipo en comparación con otros instrumentos de análisis similares ofrecidos en el mercado.
- Beneficiar tanto a profesores como alumnos de las carreras de ingeniería, mediante la aplicación de los conocimientos de las materias de física con ayuda del mecanismo.
- Redactar una práctica la cual sirva de apoyo en el manejo del prototipo durante la experimentación.

1.3 Antecedentes

Dentro del departamento de física se observó que el equipo con el que se contaba para el análisis de los movimientos se tenía pero con un análisis individual en cada aparato, además de que estos no cuentan con un sistema de obtención de tiempos, por lo cual se procedió a construir un mecanismo con el cual se pudiera experimentar el comportamiento del tiro parabólico y la caída libre de forma simultánea e incorporando la recolección de tiempos para su análisis.

Verificando el costo elevado de los instrumentos de análisis utilizados en los laboratorios de física, se buscó mejorar el costo en la construcción del prototipo para que esta se tomara como opción viable de utilización.

1.3.1 Movimiento uniformemente acelerado

El movimiento uniformemente acelerado es el movimiento que presenta un objeto con una aceleración constante.

En este movimiento la velocidad es variable y puede tener igual o distinta dirección según el tipo de movimiento, puede representarse en dos tipos de movimientos:

- **Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado:** este presenta una trayectoria rectilínea, se efectúa cuando la aceleración y la velocidad tienen la misma dirección, un ejemplo de este movimiento es la caída libre.
- **Tiro parabólico:** este movimiento describe una trayectoria en forma de parábola, se efectúa cuando la aceleración y velocidad tienen distinta dirección.

1.3.2 Caída libre

Este es un tipo de movimiento rectilíneo uniformemente acelerado ya que la trayectoria descrita es rectilínea, es generado desde el reposo por una aceleración constante dada por la fuerza de la gravedad. En otras palabras el movimiento de caída libre está dado por un objeto que cae desde cierta altura debido a la fuerza ejercida por la gravedad.

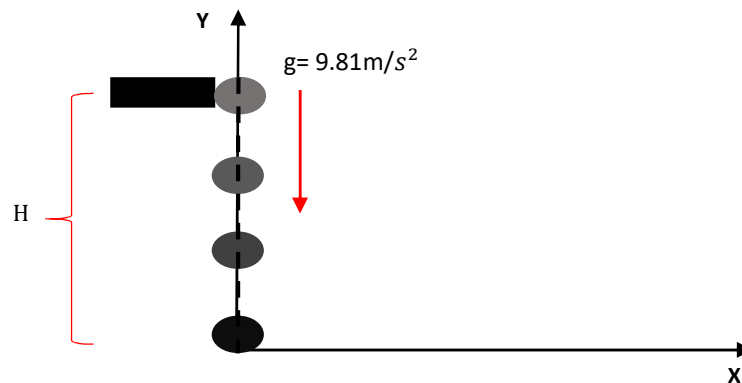


Fig.1.1 Representación gráfica del movimiento de caída libre.

Dentro del sistema de referencia anterior el cuerpo en caída libre describe su movimiento únicamente sobre el eje vertical, inicialmente su posición es H debido a que el movimiento se inicia desde este punto, su velocidad inicial es 0 m/s debido a que el objeto parte del reposo, y su aceleración es constante debido a la fuerza de gravedad.

El cálculo de la posición de un objeto en caída libre esta dado solo respecto al eje vertical debido a que solo hay una fuerza actuando sobre este eje, por lo cual su posición está dada por:

Posición en el eje vertical

$$y = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2;$$

Donde: y = altura desde la que se deja caer el cuerpo (m)
 g = aceleración de la gravedad (m/s^2)
 t = tiempo de trayecto (s)
 v_0 = velocidad inicial (m/s)

1.3.3 Tiro parabólico

Es el movimiento de un objeto durante el cual se describe una parábola este es generado por dos fuerzas como componentes una actúa sobre en el eje horizontal y la otra en el eje vertical, la primera fuerza genera un movimiento en el cual la velocidad es constante, y la segunda está dado por la fuerza de gravedad.

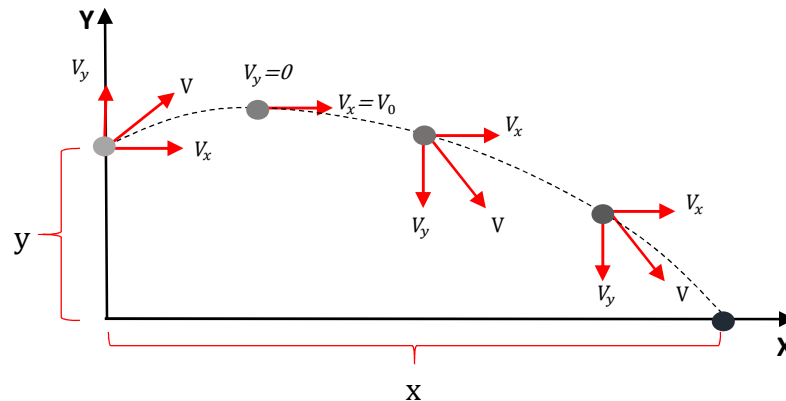


Fig.1.2 Representación gráfica del movimiento de tiro parabólico.

Este movimiento es característico de los proyectiles; analizando el sistema de referencia anterior tenemos que la velocidad a la que se desplaza el objeto en el eje horizontal es constante, y en el eje vertical solo actúa la fuerza de gravedad con una aceleración constante.

El cálculo de la posición de un objeto en movimiento de tiro parabólico está dado por las siguientes ecuaciones:

Posición en el eje horizontal

$$x = x_0 + v_x t;$$

Donde: x = distancia recorrida horizontalmente (m)
 x_0 = posición inicial respecto al eje horizontal (m)
 v_x = velocidad en el eje horizontal (m/s)
 t = tiempo de trayecto (s)

Posición en el eje vertical

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2$$

Donde: y = posición final respecto al eje vertical (m)
 y_0 = posición inicial respecto al eje vertical (m)
 v_{0y} = velocidad inicial en el eje vertical (m/s)
 t = tiempo de trayecto (s)
 g = aceleración de la gravedad (m/s^2)

1.3.4 Análisis de los tiempos para los movimientos

Para realizar el cálculo de los tiempos de forma teórica para el movimiento de caída libre tenemos:

$$y = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2;$$

Como:

$v_0 = 0$; ya que en caída libre el objeto en movimiento parte del reposo
--

$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}}; \longrightarrow \text{Tiempo total del movimiento de caída libre}$$

Analizando la fórmula de posición para la obtención del tiempo total para el movimiento de tiro parabólico tenemos que:

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2;$$

Como:

$y_0 = 0$; siendo que el objeto comienza su movimiento del origen de un sistema de coordenadas $v_{0y} = 0$; debido a que el objeto parte del reposo

$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}}; \longrightarrow \text{Tiempo total del movimiento de tiro parabólico}$$

Los movimientos de caída libre y tiro parabólico son dos movimientos uniformemente acelerados, estos comparten la particularidad de que al efectuarse los dos movimientos de manera simultánea y a una misma altura el tiempo total del movimiento hasta su caída será el mismo, debido a que en los dos movimientos la única fuerza que actúa sobre el eje vertical es la gravedad de la tierra, esto es sin considerar la resistencia del aire.

CAPÍTULO 2 DISEÑO DEL PROTOTIPO

El diseño de la estructura del mecanismo y la integración de los componentes fue basado en la necesidad de generar los movimientos de tiro parabólico y caída libre por medio del prototipo.

Los materiales y componentes del prototipo se eligieron buscando la accesibilidad en cuanto al costo, el fácil manejo, y la durabilidad. Se seleccionaron los componentes tratando de optimizar el espacio pero sin comprometer el área para el funcionamiento de estos; el prototipo se elaboró de forma modular para que algunas de sus partes pudieran ser separadas de la estructura principal, esto con el objetivo de resguardar algunas piezas delicadas como los sensores, con esto también se logró el transportarlo con mayor facilidad además de reducir el espacio ocupado una vez desarmado. Los componentes electrónicos fueron aislados de las superficies metálicas mediante el uso de materiales como el acrílico o el silicón para evitar cualquier posible contacto.

2.1 Diseño de prototipo

El diseño del prototipo fue elaborado para ayudar en la elección y posicionamiento de los componentes, para que cada operación realizada por estos llevara a la ejecución de los movimientos de manera simultánea con la obtención de los tiempos.

1. Interruptor
2. Conector 1 (inicio del cronómetro1)
3. Conector 2 (paro del cronómetro 1)
4. Conector 3 (inicio del cronómetro 2)
5. Conector 4 (paro del cronómetro2)
6. Conector de alimentación (-)
7. Conector de alimentación (+)
8. Electroimán de caída libre
9. Electroimán de tiro parabólico
10. Niveles
11. Gatillo
12. Conector 5 (alimentación del gatillo)
13. Pata niveladora
14. Péndulo
15. Sensor 1 (inicio del cronómetro1)
16. Sensor 2 (paro del cronómetro 1)
17. Sensor 3 (inicio del cronómetro 2)
18. Sensor 4 (paro del cronómetro2)
19. Soporte del sensor 3
20. Soporte del sensor 4
21. Cajas amortiguadoras
22. Pantallas 16x2 caracteres

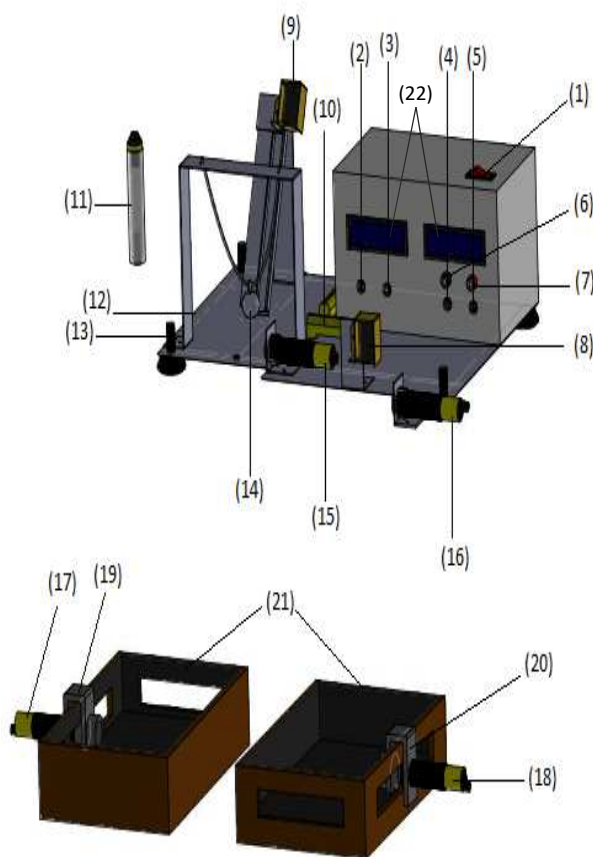


Fig.2.1 Estructura y componentes principales del prototipo.

El mecanismo del prototipo está construido sobre una placa de aluminio con soportes sobre los cuales se apoyan los componentes principales para la realización de los movimientos. Para el control de las operaciones se incluyeron dentro del prototipo dos placas Arduino Uno las cuales están encargadas de ejecutar las instrucciones con los componentes de salida, se utilizaron dos placas con el fin de obtener autonomía para cada movimiento en la obtención de los tiempos. Para la representación de los objetos en movimiento se utilizaron balines de acero de $\frac{3}{4}$ de pulgada, se utilizaron los balines ya que se tenía la necesidad de tener objetos ferromagnéticos para incorporar los electroimanes con el fin de sostenerlos.

La medición de los tiempos se logró con la incorporación de dos cronómetros los cuales son visualizados en dos pantallas de cristal líquido de 16×2, estos son controlados por sensores infrarrojos los cuales dan inicio y paro del tiempo de recorrido de los balines. Para protección del piso y la amortiguación de impacto de los balines se construyeron dos cajas amortiguadoras las cuales serían colocadas al final de cada movimiento.

Para la realización del tiro parabólico se agregó un péndulo con el fin de impactar al balín y mediante esto generar la fuerza necesaria para dar comienzo al movimiento, el soporte del electroimán para sostener el péndulo cuenta con un sistema de variación de altura, el cual funciona deslizando el electroimán sobre el riel en el que está apoyado; con esto se obtienen distintas fuerzas con las que el péndulo golpeará al balín y por lo tanto diferentes distancias de caída sin cambiar el tiempo de caída, estos serán datos que el observador podrá verificar durante la experimentación.

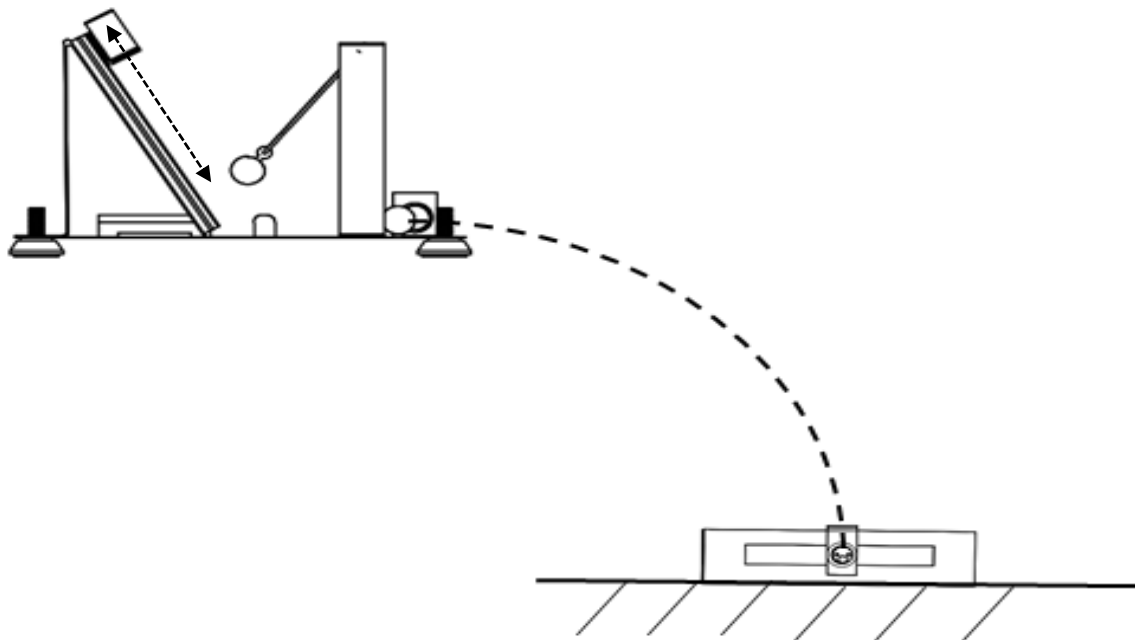


Fig.2.2 Representación del movimiento de tiro parabólico efectuado con el mecanismo.

Para el caso de caída libre se colocó un electroimán para sujetar el balón a la misma altura que el de tiro parabólico, el movimiento será iniciado una vez que se desactive el electroimán al mismo tiempo que inicie el tiro parabólico, la lectura de los tiempos se realizará colocando un sensor al inicio y otro sensor al final del movimiento.

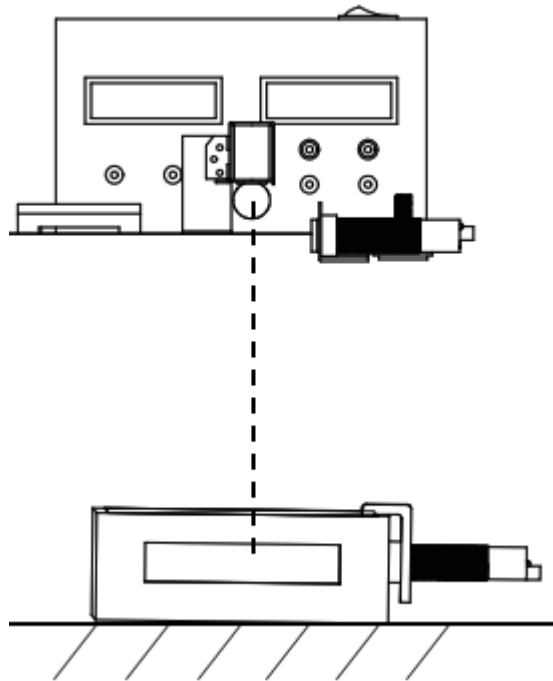


Fig.2.3 Representación del movimiento de caída libre efectuado con el mecanismo.

2.2 Estructura del mecanismo

Los soportes que formaron la estructura fueron construidos en aluminio utilizándolo en sus formas de solera, placa, y perfil; su elaboración fue de gran importancia debido a que dentro de esta estructura descansaran los demás componentes con los cuales se llevaran a cabo los movimientos; los soportes tiene como función principal mantener los componentes fijos para su correcto funcionamiento.

2.2.1 Placa base

Esta es la base donde se integran los componentes del prototipo se utilizó placa de aluminio para su elaboración la cual se cortó para obtener el área para que los componentes tuvieran el espacio para su correcta operación.

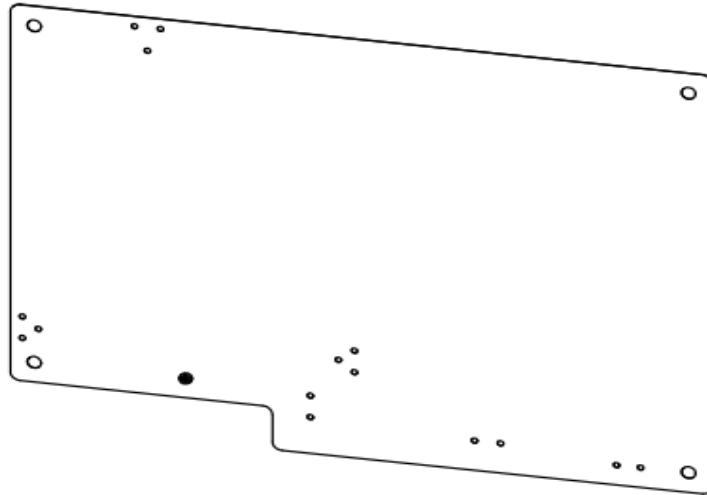


Fig.2.4 Placa base.

2.2.2 Soporte del péndulo

Este fue diseñado para mantener colgado el péndulo mediante hilo encerado y sujetado a la altura del balón de tiro parabólico, de tal forma que este pueda ser atraído por el electroimán en distintas posiciones.

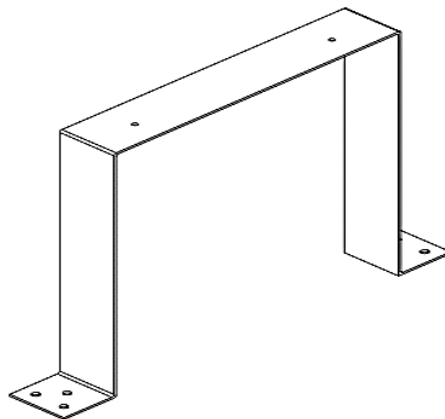


Fig.2.5 Soporte del péndulo.

2.2.3 Soportes de los electroimanes

Se realizó la construcción de dos soportes uno para cada movimiento, el soporte del electroimán de caída libre sirvió para mantener el electroimán fijo para que los balines se posicionaran a la misma altura; para el caso del soporte del electroimán de tiro parabólico se trató de un soporte angulado al cual se le agregó un riel por el cual se deslizará el electroimán para hacer variaciones de altura del péndulo.

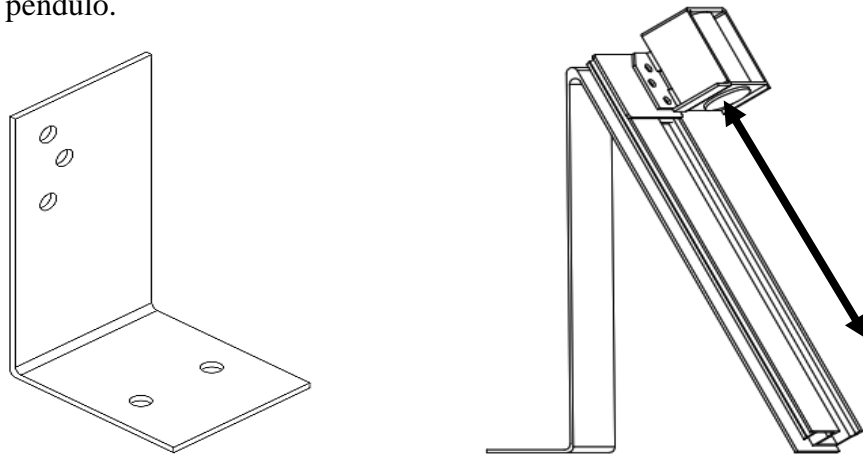


Fig.2.6 Soporte de electroimán de caída libre y soporte de electroimán de tiro parabólico.

2.2.4 Soportes de los sensores

Para la construcción de los soportes para los sensores se fijaron en sus posiciones con silicón para disminuir errores en la medición y ajustar estos al punto de partida de los balines; como forma de protección para los sensores de paro se agregó un encapsulado de goma eva a los soportes y así protegerlos de un posible impacto con los balines.

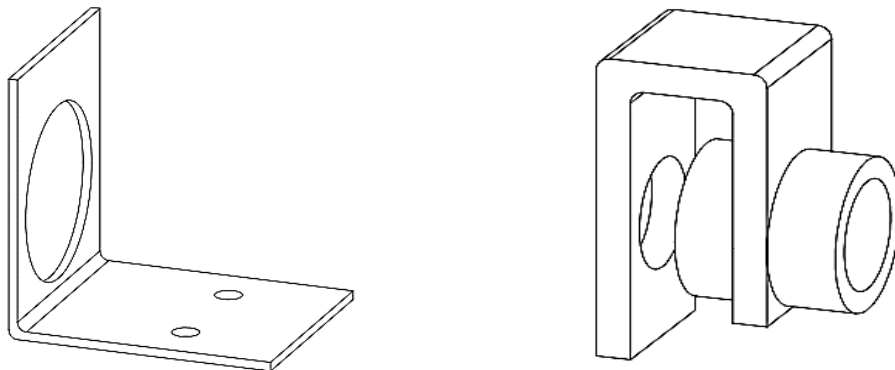


Fig.2.7 Soporte de sensor de inicio y soporte de sensor de paro.

2.2.5 Nivelación del prototipo

Para lograr el equilibrio de los balines y que no se diera una mayor variación en las alturas de estos se agregó una función de nivelado del prototipo mediante cápsulas de nivel para que el experimentador verifique el nivel de la superficie en la que se colocó el prototipo y corregirla mediante el giro de las patas niveladoras.

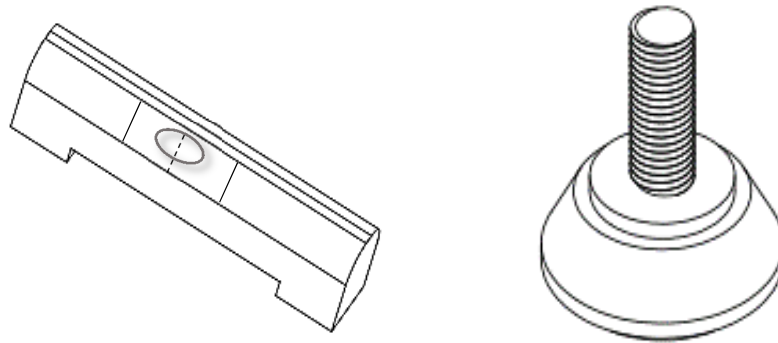


Fig.2.8 Cápsula de nivel y pata niveladora.

2.2.6 Caja amortiguadora

Para la amortiguación del impacto de los balines al momento de la caída se pensó en elaborar cajas acojinadas con las cuales se reduciría el efecto y con esto cuidar y dar una mayor durabilidad a los componentes del prototipo y las instalaciones utilizadas.

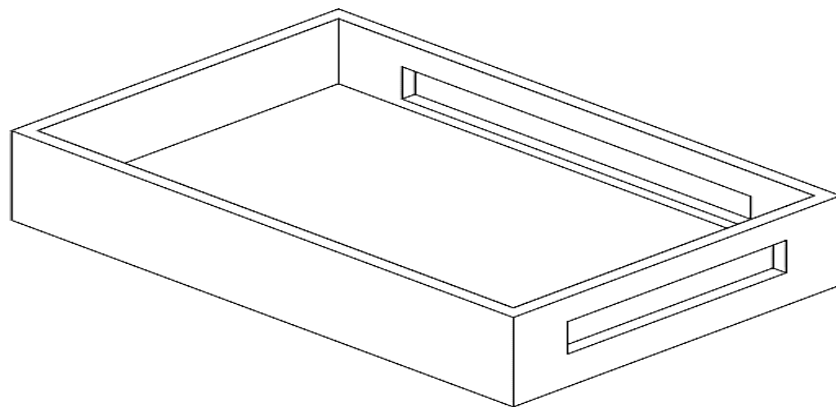


Fig.2.9 Caja amortiguadora.

2.3 Materiales

Los materiales son los recursos que se utilizaron en la elaboración del prototipo, los cuales al transformarlos mediante técnicas u operaciones dieron forma a cada parte del prototipo. Para la elección de los materiales principales se tomaron en cuenta factores como accesibilidad, la durabilidad, y el fácil manejo en las operaciones que estuvieron involucrados.

Aluminio

Para la estructura principal del prototipo se requirió que el material de fabricación fuera durable, económico, fácil de conseguir, y fácil de manejar a la hora de trabajarlo, se utilizó el aluminio, esto en diferentes formas como lo es en forma de placa, perfil, y tubo; este material es un metal ligero que abunda en la naturaleza por lo cual tiene un gran abasto de las opciones de formas en las que se encuentra en el mercado, las ventajas principales de la utilización de este material es la durabilidad, y la resistencia a la corrosión; aprovechando las propiedades mecánicas de este se obtuvo un manejo más sencillo en operaciones como cortado o doblado.

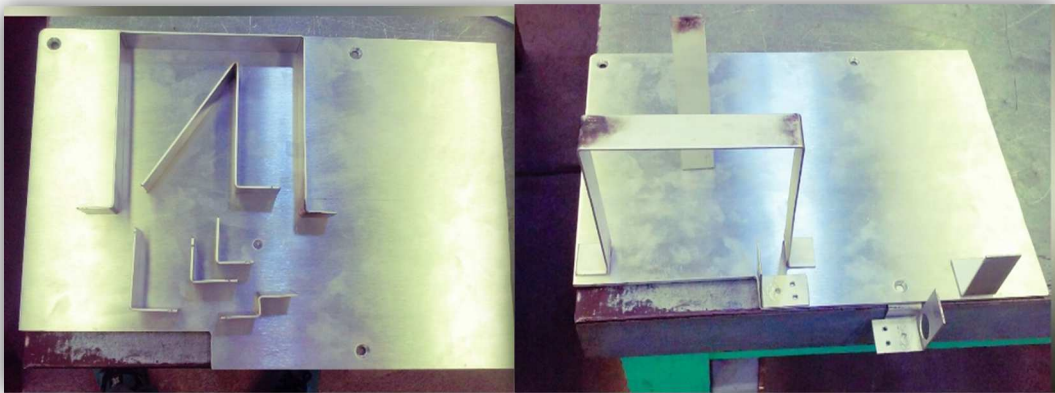


Fig.2.10 Elaboración de los soportes y la placa base con el aluminio como materia prima.

Acrílico

El material utilizado para la elaboración de la caja de circuitos electrónicos requería ser un material aislante, de fácil manejo y costo accesible; se eligió el acrílico debido a sus características ya que es un buen aislante, resistente al rayado y cuenta una gran capacidad impermeable, la cual ayuda a mantener más sellados y aislados los componentes de la intemperie.

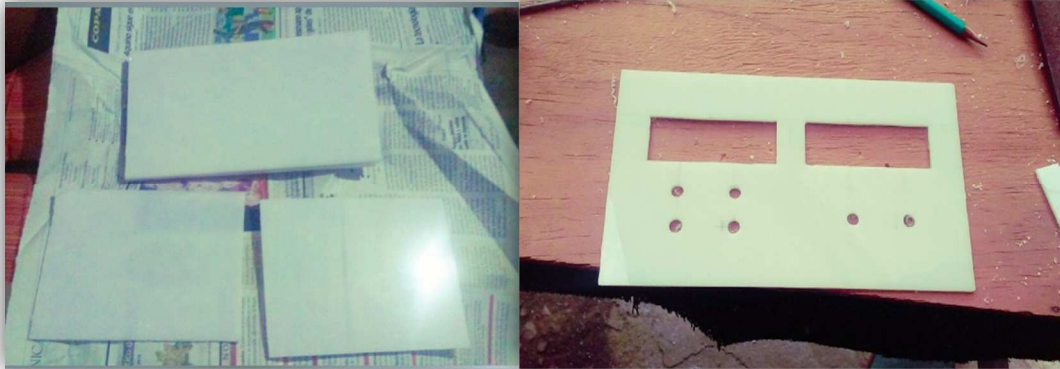


Fig.2.11 Cortes de acrílico para la formación de la caja electrónica.

Triplay

Esta lámina hecha de tres capas de madera fue utilizada para formar las cajas amortiguadoras, como está hecha de tres laminas presenta más resistencia, la madera con la que está elaborado el triplay es de fácil transformación ya que se le puede cortar y pegar para obtener la forma requerida, esta adquiere más resistencia a la intemperie si se le aplica una capa de barniz o laca, además de que se le da un mejor acabado.



Fig.2.12 Cortes de las caras de triplay para formar las cajas amortiguadoras.

Balines

Los balines de $\frac{3}{4}$ " utilizados para representar los objetos en movimiento, son bolas de acero al cromo las cuales se consiguen en tiendas de rodamientos, estas tienen una gran resistencia y durabilidad al paso del tiempo ya que están hechos para soportar grandes presiones, tienen alta dureza por lo cual también son algo frágiles al impacto al que serán sometidos, para prevenir esto se fabricaron las cajas amortiguadoras.



Fig.2.13 Balines del péndulo, de tiro parabólico, y caída libre.

Goma eva

Con el fin de amortiguar la caída de los balines se utilizó goma eva debido a que su costo es barato, se tiene la facilidad de cortar y pegar por lo que se puede aprovechar esta característica y dar el grosor adecuado para la absorción del impacto dentro de la superficie.



Fig.2.14 Goma eva utilizada para amortiguar la caída de los balines.

Silicón

El sellador utilizado para unir las partes del prototipo fue el silicón, debido a ser un aislante para las conexiones electrónicas y de impermeabilizante para evitar el paso de humedad y polvo a la caja de los componentes electrónicos, además de servir para evitar el movimiento de los componentes que se necesitaban tener fijos; este material cuenta con una gran resistencia a la intemperie y temperaturas extremas además de su gran flexibilidad y resistencia a la deformación.

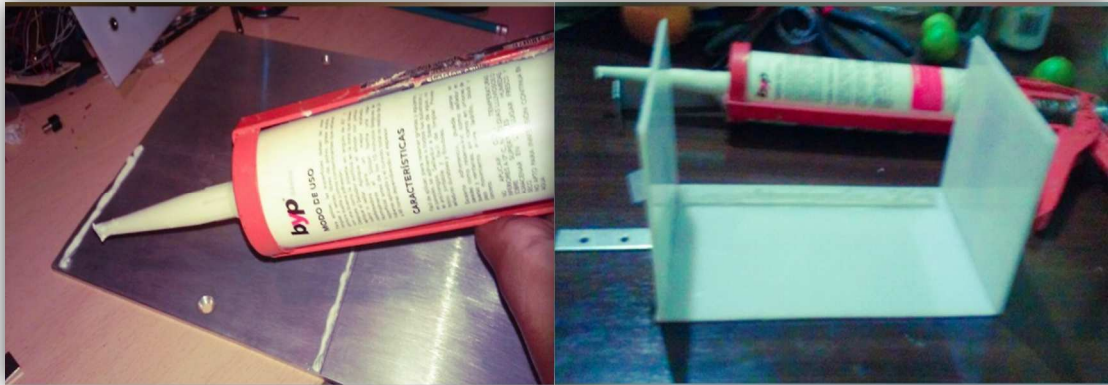


Fig.2.15 Sellado con silicón para juntas y como aislante.

CAPÍTULO 3 COMPONENTES ELECTRÓNICOS Y PROGRAMACIÓN

Para elegir el controlador del prototipo se requirió que este fuera de fácil manejo, con un costo accesible, y que cumpliera con las necesidades en cuanto a puertos requeridos y memoria; como el sistema se separó para obtener autonomía en cada movimiento para el movimiento de caída libre se requería memoria suficiente para los 3.5 KB del programa y de 8 puertos de conexión, para el caso del tiro parabólico se requerían 3.6 KB para el programa y 9 puertos de conexión, por lo cual dado a que la placa arduino uno cumplía con estas características y debido a su fácil adquisición y ser de uso con licencia libre fue que se eligió esta placa.

La programación de los microcontroladores de las placas se realizó para mandar las instrucciones necesarias para generar una acción u operación de los componentes, todo para dar como resultado la semi-automatización de la ejecución de los movimientos y la obtención de datos. Fue necesario hacer un registro de las conexiones de cada componente electrónico usado en el proceso de construcción del prototipo, esto para facilitar el mantenimiento, reparación, o reproducción de este si así se requiere.

3.1 Componentes electrónicos

Los componentes electrónicos se acoplaron al prototipo con el fin de automatizar algunas operaciones las cuales serían más complicadas de realizar por el operador de forma mecanizada, unas más se escogieron también para implementar aparatos de medición como los cronómetros elaborados en la programación de las placas, estos componentes electrónicos son:

- 2 Placas arduino uno
- 2 Pantallas de 16×2
- 4 Sensores infrarrojos
- 2 Electroimanes
- 1 Modulo relé

3.2 Microcontrolador

Es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos, estos procesos o acciones son realizados a través de un programa e introducidos al microcontrolador a través de un software; un microcontrolador cuenta con las tres unidades principales de un computador: CPU, memoria, y unidades de entrada y salidas para la ejecución de los programas.

Para el prototipo se utiliza el microcontrolador Atmega 328 el cual se encuentra insertado dentro de la placa arduino uno, este se encargará de ejecutar la instrucciones del programa y controlar así al sistema.

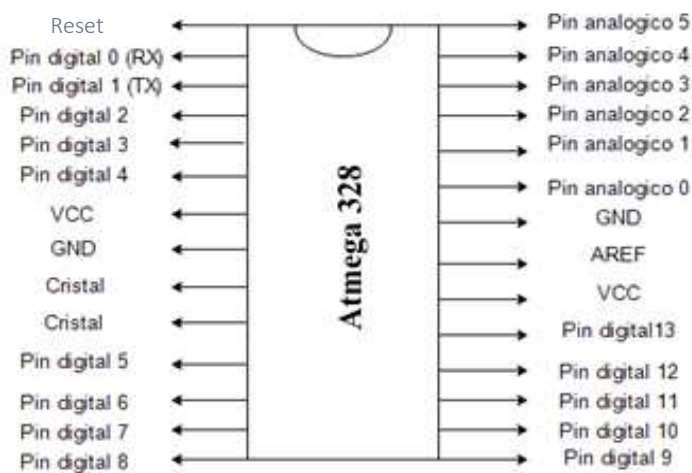


Fig.3.1 Esquema del microcontrolador Atmega 328.

3.3 Plataforma Arduino

Es una plataforma de hardware-software con licencia de uso libre la cual está basada en placas con microcontroladores diseñados para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

La plataforma fue utilizada para semi-automatizar algunas operaciones del prototipo, esta cuenta con la ventaja de ser conocida en el mercado debido a su fácil manejo y ser de licencia libre, lo cual permite que tanto el hardware como software pueda ser utilizado libremente en todos sus componentes; esto es ideal ya que para el proyecto se requería de un controlador el cual fuera de fácil acceso y uso.

3.3.1 Historia de Arduino

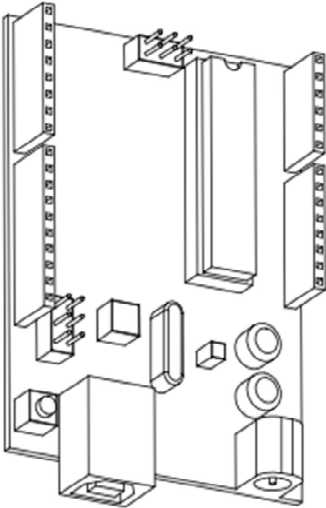
La primera placa de Arduino fue introducida en el mercado en el año 2005, con el principal objetivo de buscar el desarrollo de proyectos interactivos mediante el uso de su plataforma, apoyándose en el uso de actuadores.

Las placas Arduino están en el mercado de dos formas; ensambladas o en forma de kit, el diseño del hardware está bajo licencia libre lo cual permite el flujo de información referente a esta como especificaciones técnicas así como la iniciación a la programación y utilización de esta placa.

3.3.2 Placa Arduino Uno

Para el armado del prototipo se utilizaron dos placas Arduino Uno con las cuales se ejecutaron las acciones independientes para la representación de los movimientos; la utilización de esta tiene la ventaja de ser una placa armada a la cual se le puede programar mediante códigos a través del software de la misma plataforma, en estos códigos se generan las instrucciones de lo que se requiere que efectúen los componentes.

Tabla 3.1 Estructura de una placa Arduino Uno.

Placa Arduino Uno	Especificaciones técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Microcontrolador: Atmega 328 ▪ Voltaje de operación: 5V ▪ Voltaje recomendado de entrada: 7-12V ▪ Voltaje límite de entrada: 6-20V ▪ Pines digitales: 14 ▪ Pines analógicos: 6 ▪ Corriente para pines digitales: 40mA ▪ Frecuencia de operación del reloj: 16MHz ▪ 32 kb Memoria

Esta placa de programación es utilizada para desarrollar proyectos con una metodología sencilla, está utiliza el microcontrolador atmega 328, cuenta con 14 entradas digitales y 6 analógicas, incluye un resonador cerámico de 16MHz con el cual se ejecuta el cronómetro del prototipo, debido a que se requería un cronómetro para cada movimiento que cada movimiento y que estos se realizarán de manera independiente fue necesario utilizar 2 placas para el prototipo,


Tabla 3.2 Ventajas y desventajas de la utilización de la plataforma Arduino.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de encontrar en el mercado. • Información amplia para dar comienzo a su uso. • Tiene ejemplos de programas sencillos en el software como guías para la programación de la placa. • Toda la plataforma es de licencia libre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado en el mercado en comparación a otros controladores. • El microcontrolador cuenta con más pines de los que se necesitan. • Es una placa armada por lo que es más difícil hacer alguna modificación.

3.4 Gatillo

Para dar inicio a los movimientos se diseñó un switch con el cual el operador del prototipo se pudiera alejar de este al momento de activar el movimiento, y con esto encontrarse en una posición visual más cómoda para la experimentación; este funciona como interruptor del electroimán de tiro parabólico.

Tabla 3.3 Gatillo

Gatillo interruptor de corriente	Especificaciones técnicas
	<ul style="list-style-type: none">▪ Cuenta con un botón tipo interruptor▪ Voltaje máximo: 250V▪ Corriente máxima: 1A▪ Se conecta a través de un conector de 3.5mm

3.5 Sensores

Los sensores infrarrojos son dispositivos electrónicos los cuales detectan la presencia o el paso de objetos dentro de un rango de alcance; en este caso detectan el paso de los balines.

Los sensores infrarrojos se pueden clasificar respecto a la posición de los componentes de operación para la detección en dos tipos.

- Sensores de barrera
- Sensores réflex

3.5.1 Sensor de barrera

Los sensores de barrera están compuestos de un emisor y un receptor, estos componentes se encuentran separados y de forma alineada los cuales realizan la detección en el momento que se da la interrupción de la señal debido al paso de un objeto.

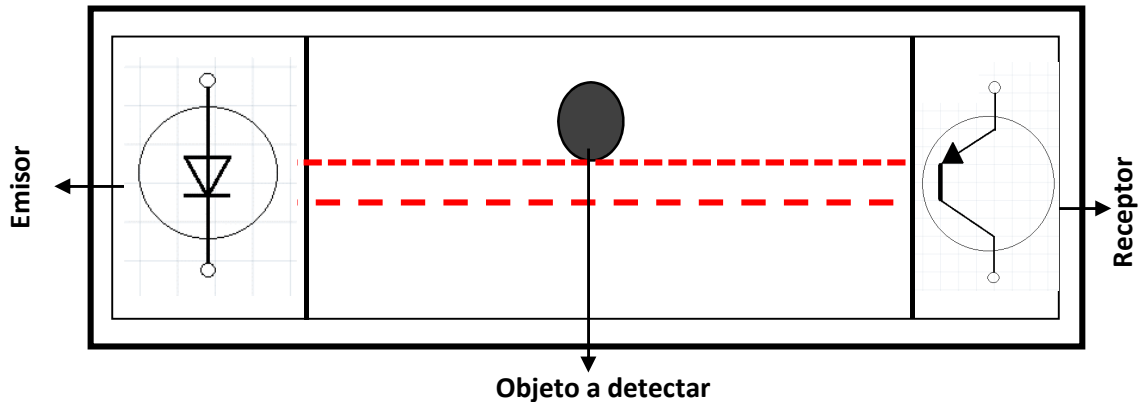


Fig.3.2 Función general de los componentes de un sensor de barrera.

3.5.2 Sensor réflex

Estos sensores cuentan con la característica de que el emisor y receptor se encuentran dentro del mismo encapsulado; este requiere un reflector adicional para su funcionamiento con el cual al momento del objeto reflejar el haz de luz infrarroja esto generara la detección del objeto.

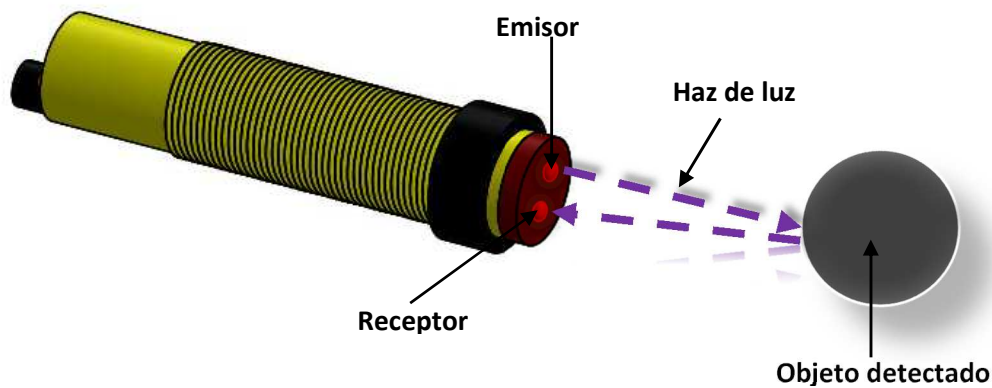
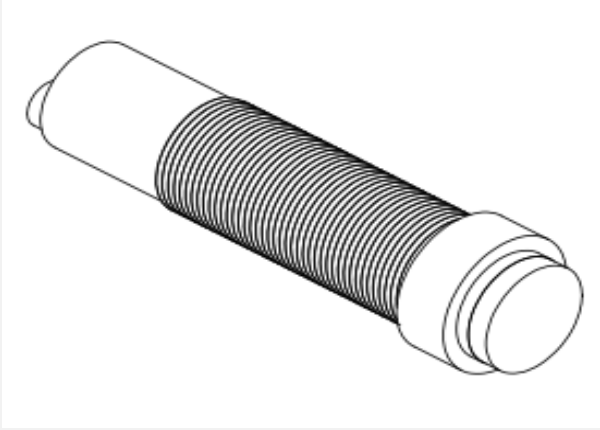


Fig.3.3 Representación del funcionamiento de un sensor réflex.

Los sensores utilizados para el prototipo son de tipo infrarrojos réflex debido a que solo se requiere la detección del objeto, este sensor cuenta con la ventaja de que los componentes se encuentran dentro de un mismo encapsulado, el sensor a utilizar es el modelo E-18 el cual incluye dentro un potenciómetro para la regulación de la distancia de detección, se utilizaron cuatro sensores de este tipo para detectar el inicio y fin de cada movimiento.

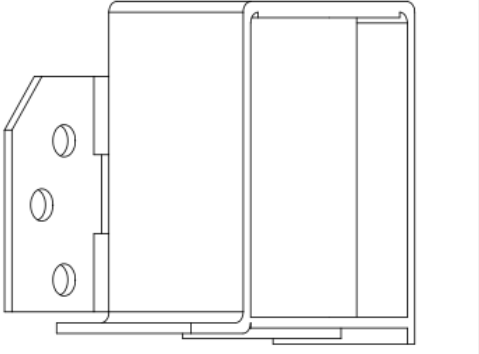
Tabla 3.4 Sensor infrarrojo réflex modelo E-18.

Sensor infrarrojo réflex modelo E-18	Especificaciones técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Voltaje de alimentación: 5V ▪ Corriente de operación: 25-100mA ▪ Rango de detección: 1-80cm ▪ Salida : tipo normal abierto ▪ Emisor de luz: Led infrarrojo ▪ Receptor: sensor fotoeléctrico infrarrojo ▪ Variación de rango de detección por medio de potenciómetro incluido

3.6 Electroimán

Se trata de un imán artificial creado por una bobina por la cual fluye corriente eléctrica generando un campo magnético, los electroimanes utilizados son de 12v pero estos pueden operar desde los 6v, debido a que los balines son metálicos los electroimanes sirvieron para sostenerlos a la altura requerida, para activar y desactivarlos se colocaron el gatillo y los sensores para que funcionaran como interruptores.

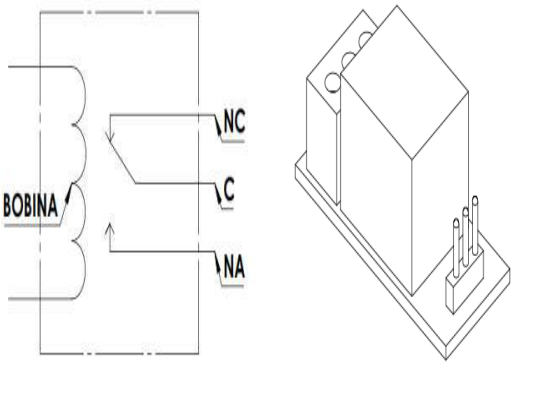
Tabla 3.5 Electroimán utilizado en el prototipo.

Electroimán de 12 v	Especificaciones técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Voltaje nominal: 12V ▪ Voltaje de operación: 6-15V ▪ Carrera nominal: 10mm ▪ Fuerza de atracción: 0.8 N

3.7 Relevador

El relé es un interruptor de tipo electromagnético, el cual está formado por una bobina la cual al energizarse genera la acción de abrir o cerrar un circuito según la operación deseada; este relevador fue colocado para interrumpir el flujo eléctrico y desenergizar el electroimán de caída libre, fue necesario agregar un diodo para evitar el retorno de la corriente eléctrica.

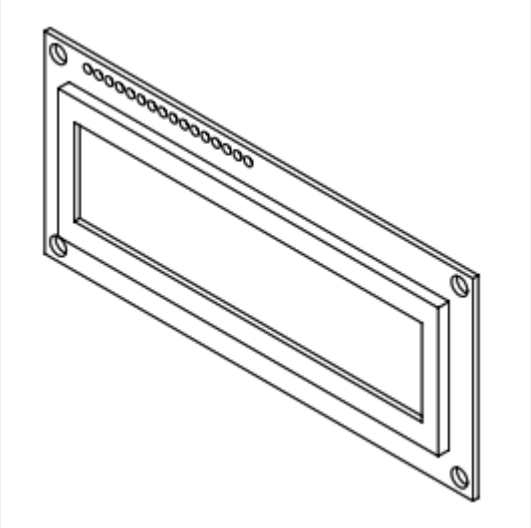
Tabla 3.6 Esquema del funcionamiento y componentes del relevador

Modulo relevador	Especificaciones técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Voltaje de entrada: 5V ▪ Voltaje de control: 3.3- 9V ▪ Voltaje máximo de salida: 250VCA o 30VCD ▪ Corriente máxima de salida: 10a

3.8 Pantalla de 16×2

Las pantallas utilizadas fueron unas de cristal líquido de 16×2 caracteres, en la pantalla se pueden visualizar los caracteres y números la cual sirvió para poder observar los tiempos de los movimientos, se colocaron dos pantallas una para cada movimiento, con esto se pudo obtener el tiempo individual para cada movimiento para su posterior comparación.

Tabla 3.7 Pantalla de 16×2

Pantalla de 16×2	Especificaciones técnicas
	<ul style="list-style-type: none">▪ Voltaje de alimentación: 5V▪ Retroiluminación azul▪ 16 caracteres por 2 líneas▪ Se pueden mostrar letras, números, y caracteres especiales▪ Operación con opción de 8 bits o 4 bits para ahorro de pines▪ Caracteres en color blanco

3.9 Conexiones de los componentes electrónicos

Todas las conexiones fijas fueron soldadas con estaño para asegurar los componentes, además fueron recubiertas con tubo termo retráctil para aislarlas; para las conexiones desmontables del prototipo se utilizaron conectores de 3.5 mm; estas se hicieron pensando en separar algunas piezas para el resguardo de las más delicadas.

Se registraron las conexiones con el fin de mantenimiento, reproducción, remplazo o mejora de las piezas que conforman el prototipo, este registro también ayuda a entender las operaciones realizadas de los componentes y de los que dependen para su funcionamiento.

Con los conectores de 3.5mm se tiene la desventaja de que la conexión de estos se debe de dar antes de energizar el circuito ya que si no se llega a conectar bien alguno se podría ocasionar un cortocircuito, esto se evita remarcando al operario que las conexiones se deben de llevar a cabo antes de la energización del prototipo.

Para la alimentación final del prototipo este requiere de un voltaje de 9v de corriente directa por lo cual se puede usar fácilmente con las fuentes existentes en los laboratorios de física, se separó la alimentación del electroimán de tiro parabólico con el fin de disminuir la corriente utilizada por los componentes del prototipo esto se logró agregando una pila de 9v, la cual se conecta al gatillo posteriormente al electroimán, esta pila puede ser cambiada ya que no se encuentra fija en el prototipo.

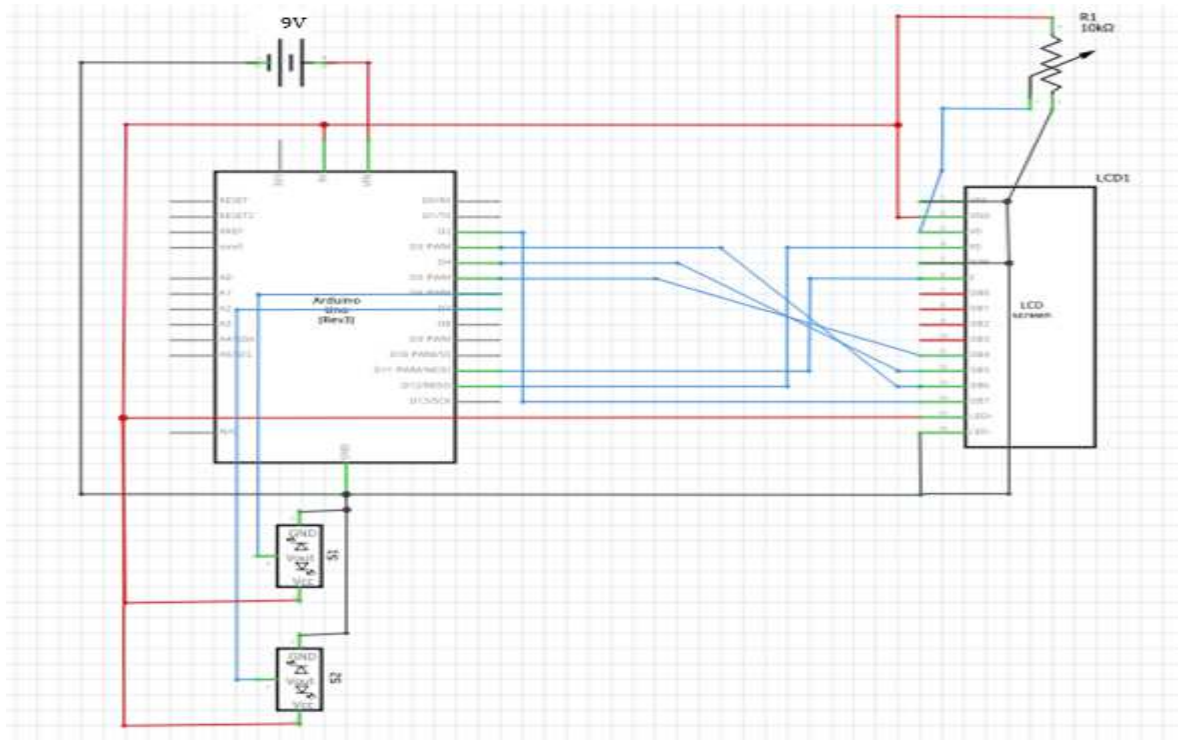


Fig.3.4 Esquema de conexiones para la placa Arduino Uno del movimiento de caída libre.

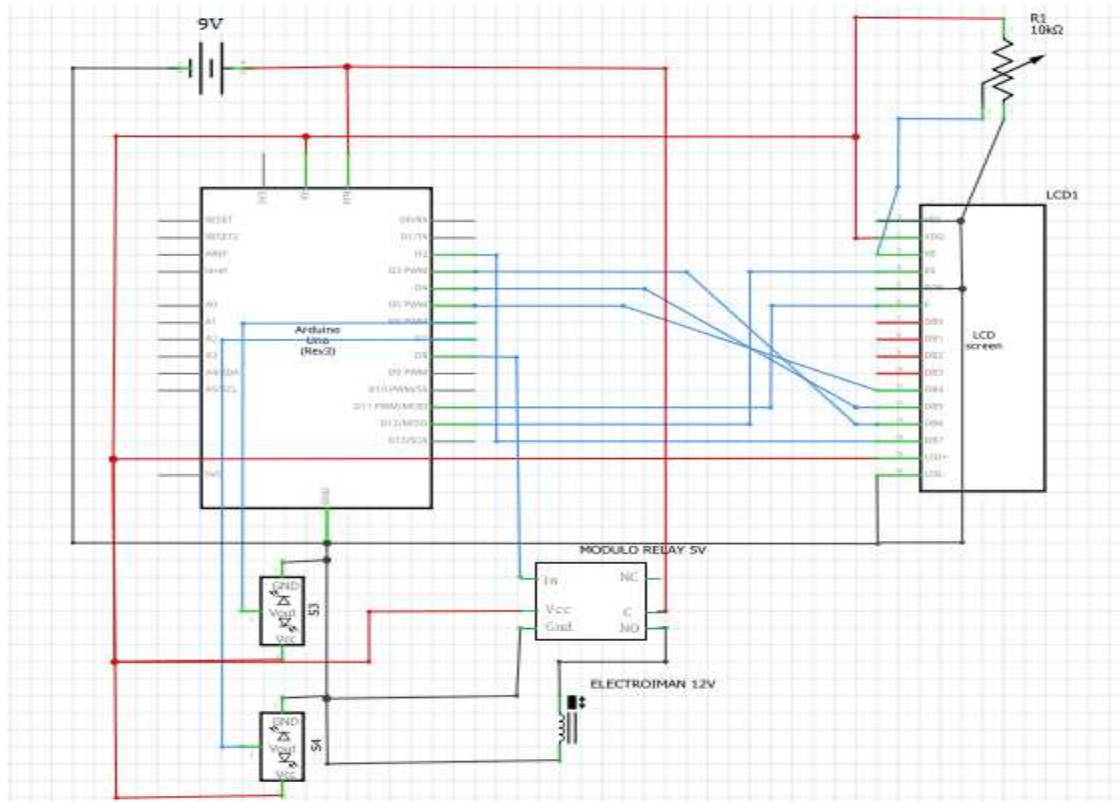


Fig.3.5 Esquema de conexiones para la placa Arduino Uno del movimiento de tiro parabólico.

Tabla 3.8 Esquema y conexiones de las placas Arduino Uno.

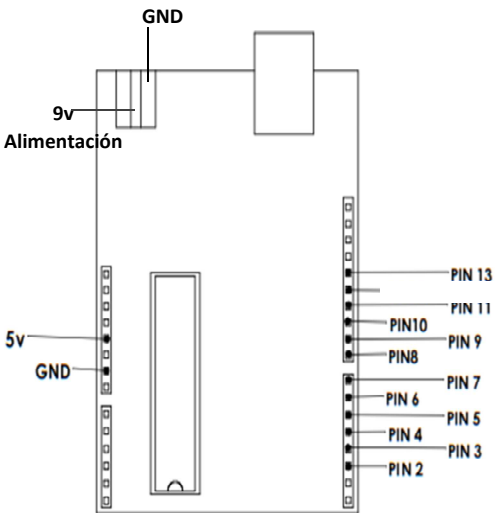
Placas Arduino Uno	Conexiones de las placas
 <p>El diagrama muestra un Arduino Uno con las siguientes conexiones y etiquetas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Alimentación: 9v y GND. 5v y GND en el conector de alimentación. Pines digitales etiquetados: PIN 13, PIN 11, PIN 10, PIN 9, PIN 8, PIN 7, PIN 6, PIN 5, PIN 4, PIN 3, PIN 2. 	<p>Placa de tiro parabólico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conectores de alimentación a Placa • Pin digital 2 a D7 de pantalla de tiro parabólico • Pin digital 3 a D6 de pantalla de tiro parabólico • Pin digital 4 a D5 de pantalla de tiro parabólico • Pin digital 5 a D74 de pantalla de tiro parabólico • Pin digital 6 a In del sensor1 • Pin digital 7 a In del sensor1 • Pin 8 digital a In del relé • Pin 9, Pin 10 sin conexión • Pin digital 11 a E de pantalla de tiro parabólico • Pin digital 12 a Rs de pantalla de tiro parabólico <p>Placa de caída libre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conectores de alimentación a placa • Pin digital 2 a D7 de pantalla de caída libre • Pin digital 3 a D6 de pantalla de caída libre • Pin digital 4 a D5 de pantalla de caída libre • Pin digital 5 a D74 de pantalla de caída libre • Pin digital 6 a In del sensor1 • Pin digital 7 a In del sensor1 • Pin 8, Pin 9, Pin 10 sin conexión • Pin digital 11 a E de pantalla de caída libre • Pin digital 12 a Rs de pantalla de caída libre

Tabla 3.9 Esquema y conexiones de las pantallas.

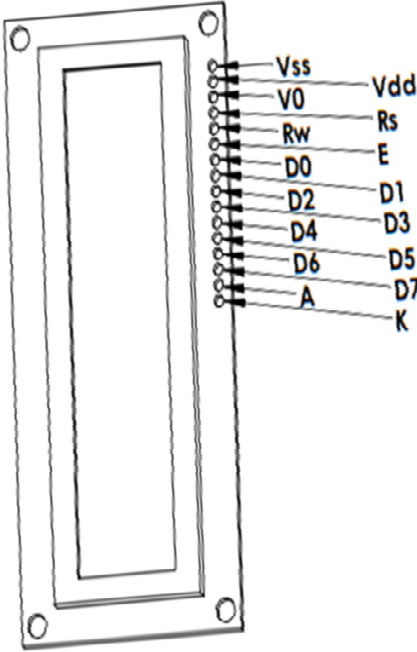
Pantalla de 16×2	Conexiones de la pantalla
 <p>The diagram shows a 16x2 LCD display with 16 pins on the right side. The pins are labeled as follows: Vss, V0, Rw, D0, D2, D4, D6, A, Vdd, Rs, E, D1, D3, D5, D7, and K. The display is shown in a perspective view with a dashed line indicating the top edge.</p>	<p>Pantalla de tiro parabólico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vss a Gnd de arduino tiro parabólico • Vdd a 5v de arduino de tiro parabólico • V0 a pata 2 de potenciómetro • Rs a pin digital 12 de arduino de tiro parabólico • Rw a Gnd de arduino caída libre • E a pin digital 11 de tiro parabólico • Vss a Gnd de arduino de tiro parabólico • D0, D1, D2, D3, sin conexión • D4 a pin digital 5 de arduino tiro parabólico • D5 a pin digital 4 de arduino tiro parabólico • D6 a pin digital 3 de arduino tiro parabólico • D7 a pin digital 2 de arduino tiro parabólico <p>Pantalla de caída libre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vss a Gnd de arduino caída libre • Vdd a 5v de arduino de caída libre • V0 a pata 2 de potenciómetro • Rs a pin digital 12 de arduino de caída libre • Rw a gnd de arduino caída libre • E a Pin digital 11 de arduino de caída libre • Vss a Gnd de arduino caída libre • D0, D1, D2, D3, sin conexión • D4 a pin digital 5 de arduino caída libre • D5 a pin digital 4 de arduino caída libre • D6 a pin digital 3 de arduino caída libre • D7 a pin digital 2 de arduino caída libre

Tabla 3.10 Esquema y conexiones del interruptor.

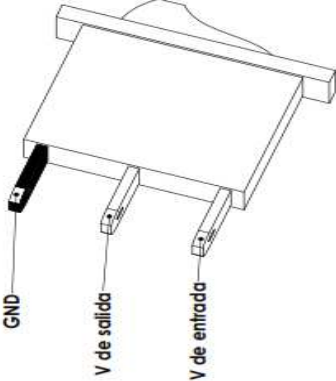
Interruptor KCD3	Conexiones del interruptor
 <p>The diagram shows a perspective view of the KCD3 switch. It has three pins extending from the bottom. The leftmost pin is labeled 'GND'. The middle pin is labeled 'V de salida'. The rightmost pin is labeled 'V de entrada'.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gnd a tierra de fuente de alimentación del prototipo, y a tierra de las placas • Vs a alimentación de las placas • Ve a alimentación del prototipo

Tabla 3.11 Esquema y conexiones de los potenciómetros.

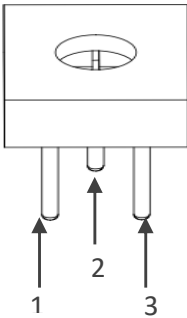
Potenciómetros de 10 k	Conexiones de los potenciómetros
 <p>The diagram shows a top-down view of a potentiometer. It has three pins extending from the bottom. The pins are labeled '1', '2', and '3' from left to right. Arrows point upwards from each pin label to the corresponding pin.</p>	<p>Potenciómetro de tiro parabólico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pata 1 a 5v de placa de tiro parabólico • Pata 2 a V0 de pantalla de tiro parabólico • Pata 3 a tierra de la placa de tiro parabólico <p>Potenciómetro de caída libre</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pata 1 a 5v de placa de caída libre • Pata 2 a V0 de pantalla de caída libre • Pata 3 a tierra de la placa de caída libre

Tabla 3.12 Esquema y conexiones de los electroimanes.

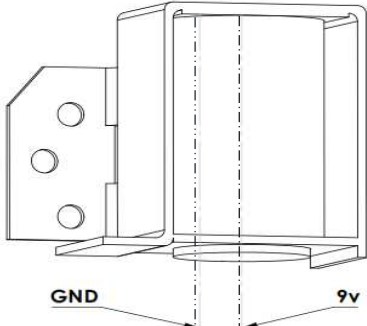
Electroimanes	Conexiones de los electroimanes
	<p>Electroimán de caída libre</p> <ul style="list-style-type: none"> • GND del electroimán a tierra de la fuente de alimentación • Vcc del electroimán a NA del relé <p>Electroimán de tiro parabólico</p> <ul style="list-style-type: none"> • GND del electroimán a tierra de la pila de 9v • Vcc del electroimán a Vcc del pulsador del gatillo

Tabla 3.13 Esquema y conexiones del relé.

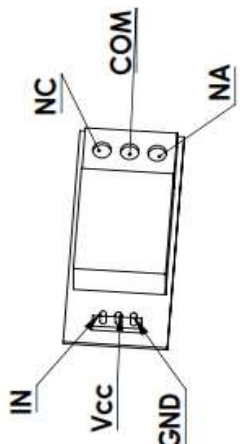

Modulo relé	Conexiones del relé
	<ul style="list-style-type: none"> • Normal cerrado sin conexión. • Común a 9v de la fuente de alimentación. • Normal abierto a 9v del electroimán. • Pin de entrada a pin digital 8 de arduino e tiro parabólico. • Vcc a 5v de arduino de tiro parabólico. • Gnd a tierra de arduino de tiro parabólico.

Tabla 3.14 Esquema y conexiones de las placas arduino.

Sensores infrarrojos	Conexiones de los sensores
 <p>The diagram shows a vertical infrared sensor module. It has a cylindrical body with a lens at the top. At the bottom, there are three pins: 'IN' on the left, 'VCC' in the middle, and 'GND' on the right.</p>	<p>Sensor 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • In a Pin digital 6 de arduino de tiro parabólico • Vcc a 5v de arduino de tiro parabólico • Gnd a tierra de arduino de tiro parabólico <p>Sensor 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • In a Pin digital 7 de arduino de tiro parabólico • Vcc a 5v de arduino de tiro parabólico • Gnd a tierra de arduino de tiro parabólico <p>Sensor 3</p> <ul style="list-style-type: none"> • In a Pin digital 6 de arduino de caída libre • Vcc a 5v de arduino de caída libre • Gnd a tierra de arduino de caída libre <p>Sensor 4</p> <ul style="list-style-type: none"> • In a Pin digital 7 de arduino de caída libre • Vcc a 5v de arduino de caída libre • Gnd a tierra de arduino de caída libre

3.10 Programación

Es un lenguaje formal de diseño el cual es utilizado para realizar procesos que pueden ser llevados a cabo por maquinas como las computadoras o microcontroladores.

El software de arduino utilizado en la programación de las placas tiene la ventaja de ser de libre uso y que dentro de él se encuentran ejemplos simples de programación los cuales sirven para familiarizarse con este tipo de programación y con los elementos que pueden utilizarse como actuadores.

3.11 Algoritmo

El algoritmo es un conjunto de instrucciones o reglas antes escritas, estas deben estar ordenadas y definidas para permitir realizar una actividad mediante pasos sucesivos y que no generen duda a quien deba realizar dicha actividad.

3.12 Estructura de un programa

El lenguaje que utiliza la plataforma arduino es un lenguaje c^{++} este de una forma simplificada en la cual se pueden tener los siguientes componentes para la elaboración de un algoritmo.

- Funciones

Estas son instrucciones las cuales permiten la toma de decisiones y hacer diversas repeticiones de acuerdo a parámetros establecidos dentro del programa, estas se crean para evitar repetir constantemente fragmentos de un código.

- Variables

Son las definiciones que se les da a los espacios reservados en la memoria, dentro de los cuales pueden cambiar de contenido a lo largo de la ejecución del programa.

- Operadores matemáticos

Estas se aplican en el manejo de variables para determinar, asignar o realizar alguna operación con estas.

3.13 Diagrama de flujo

Para la representación de las operaciones a realizar por el mecanismo se realizó un diagrama de flujo para visualizar las acciones necesarias de los componentes, estas acciones están sujetas a condicionales para que el mecanismo del prototipo no deje pasar ninguna operación necesaria para la ejecución de los movimientos.

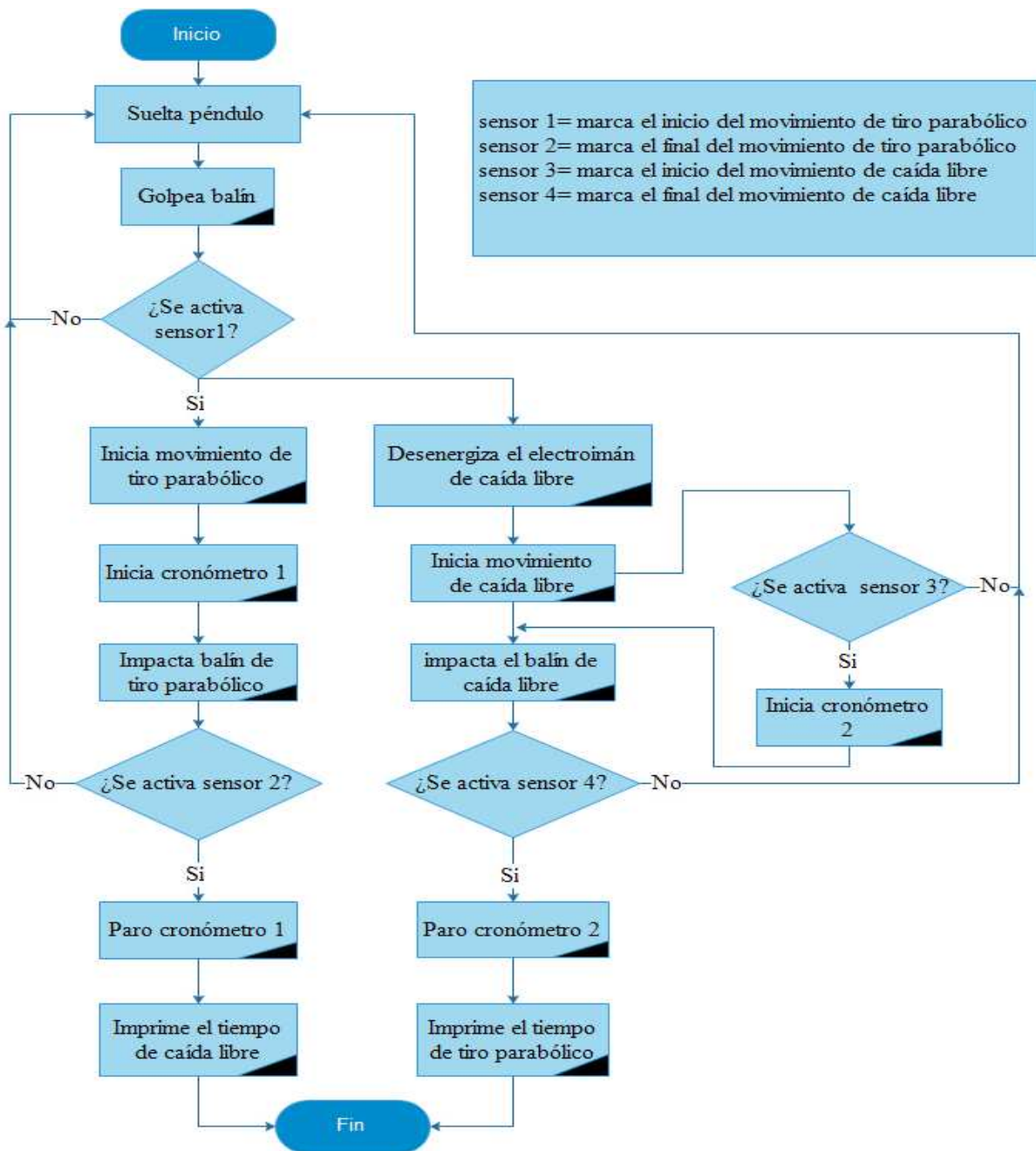


Fig.3.6 Diagrama de flujo de las operaciones requeridas por el prototipo.

3.14 Programación de la placa de caída libre

Tomando como base el diagrama de flujo para hacer la asignación de operaciones, la programación fue dividida en dos códigos uno para cada movimiento; en la programación de la placa para el movimiento de caída libre se insertaron las instrucciones de activar un cronómetro el cual diera inicio al activarse un sensor, y se detuviera al activarse el sensor en el momento de la caída del balón imprimiendo el tiempo total del movimiento en la pantalla.

Materiales electrónicos para el funcionamiento del programa

- 1 Placa Arduino Uno
- 2 Sensores infrarrojos
- 1 Pantalla de 16×2

*/*Código de programación para la operación de caída libre, memoria utilizada 3576KB
Este código se basó en un cronometro realizado por makers.la y mediante la modificación de este se obtuvo la programación requerida para el proyecto */*

```
#include <LiquidCrystal.h> //Se agrega la librería que contiene las funciones de la pantalla
```

```
int m, mu= 0,md= 0; //Declaramos las variables a usar para el cronometro  
int s, su= 0, sd= 0; // Se declaran los segundos  
int l, lu= 0, ld= 0, lc= 0; //Declaramos las milésimas de segundos  
int pulsador, antes, después;  
long int tiempo, inicio; //Se declaran las variables para el funcionamiento del cronometro
```

```
int sensor3=6; //Se asignan los pines para los sensores  
int sensor4=7;
```

```
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); //Pines a utilizar para la pantalla
```

```
void setup() {  
  lcd.begin(16, 2); // Se establece el tamaño del display (16×2 líneas )  
  lcd.setCursor(2, 0);  
  lcd.print("CAÍDA LIBRE"); //Se imprime "CAÍDA LIBRE" en la pantalla
```

```
  lcd.setCursor(3, 1); //Ubicamos el cursor en (3,1) en la pantalla  
  lcd.print("00:00:000"); //Imprimimos "00:00:000" en la pantalla
```

```
  pinMode(sensor3, INPUT); //Se configura el sensor 3 como entrada  
  pinMode(sensor4, INPUT); // Se configura el sensor 4 como entrada
```

```

antes= HIGH;           //Ponemos la variable antes a un valor de 1
después= HIGH;        //Ponemos la variable a un valor de 1
}

void loop() {

después= digitalRead(sensor3); //Se guarda en la variable después el valor del sensor 3
if(después==LOW&&antes==HIGH){ //El cambio de valor indica que se activa el sensor
  inicio=millis();           //Se guarda el tiempo desde que se inicia la placa
                             //se activa el sensor
  antes= después;           //Se cambia el valor de la variable antes por el de después
  pulsador= 0;              //Ponemos la variable pulsador a 0

  while(pulsador==0){       //Cuando la variable pulsador sea 0
    tiempo= millis()-inicio; //Calculamos el tiempo desde que se activó el sensor 3

    m=(tiempo/1000)/60;     //Calculamos los minutos
    mu=m%10;                // sacamos el valor de las unidades
    md=(m-mu)/10;          // sacamos el valor de las decenas

    s=(tiempo/1000)%60;    //Calculamos los segundos
    su=s%10;                //sacamos el valor de las unidades
    sd=(s-su)/10;          //sacamos el valor de las decenas

    l=(tiempo%1000);       //Calculamos las milésimas de segundo
    lu=l%10;                // sacamos el valor de las unidades
    ld=((l-lu)/10)%10;      // sacamos el valor de las decenas
    lc=(l-(ld*10)-lu)/100; // sacamos el valor de las centenas
    ldm=(lu/10);           //Se calculan las centésimas de microsegundos

    lcd.setCursor(3, 1);   //Posicionamos el cursor en (3,1)
    lcd.print(md);         //Se imprimen las decenas de minuto en la pantalla
    lcd.print(mu);         //Se imprimen los minuto en la pantalla
    lcd.print(":");
    lcd.print(sd);         //Se imprimen las decenas de segundo en la pantalla
    lcd.print(su);         //Se imprimen los segundos en la pantalla
    lcd.print(":");
    lcd.print(lc);         //Se imprimen las centésimas de segundo en la pantalla
    lcd.print(ld);         //Se imprimen las décimas de segundo en la pantalla
    lcd.print(lu);         //Se imprimen las milésimas de segundo en la pantalla
    lcd.print(ldm);        //Se imprimen en la pantalla las centésimas de microsegundo
    despues=digitalRead(sensor4); //Guardamos en la variable después el valor del sensor 4

```

```

if(después==LOW&&antes==HIGH){ // activación del sensor 4
    antes= después;           //cambiamos el valor de antes por el de la variable después
    pulsador= 1;              //Ponemos la variable pulsador a 1
    delay(200);               //Establecemos un retardo de 200 milisegundos
    }
    antes= después;           //cambiamos el valor de antes por el de la variable después
    }
    }
antes= después;              //cambiamos el valor de antes por el de la variable después

```

3.15 Programación de la placa de tiro parabólico

En el programa de tiro parabólico se asignaron las instrucciones para que el sensor infrarrojo detecta la presencia del balón dando inicio al cronómetro y simultáneamente desactivar el electroimán de caída libre mandando una señal al relé, para finalizar con la detección de la caída del balón por medio del segundo sensor con lo cual el cronómetro se detiene y se imprime en la pantalla el tiempo total del movimiento.

Materiales electrónicos para el funcionamiento del programa

- 1 Placa Arduino Uno
- 2 Sensores infrarrojos
- 1 Pantalla de 16x2
- 1 Electroimán
- 1 Relé

/*Código para el movimiento de tiro parabólico, memoria utilizada 3636KB

Este código se basó en un cronometro realizado por makers.la y mediante la modificación de este se obtuvo la programación requerida para el proyecto*/

```
#include <LiquidCrystal.h> //Se agrega la librería que contiene las funciones de la pantalla
```

```
int m, mu=0,md=0;           //Se declaran las variables de tiempo a utilizar
int s, su=0,sd=0;          //Se declaran los segundos
int l, lu=0,ld=0,lc=0,ldm=0; //Se declaran las milésimas de segundo
```

```
int sreset, antes, después; //Se declaran las variables para el funcionamiento del cronometro
long int tiempo, inicio;
```

```
int Sensor1=6;              //Se asignan los pines a utilizar para los sensores y el relé
int Sensor2=7;
int Relé=9;
```

```

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);    //Pines a utilizar por la pantalla

void setup() {
  lcd.begin(16, 2);                        //Se establece el tamaño del display (16×2 líneas )
  lcd.setCursor(0, 0);                    //Se posiciona el cursor en (0, 0)
  lcd.print("TIRO PARABÓLICO");          //Se imprime el mensaje en la pantalla

  lcd.setCursor(4, 1);                    //Colocamos nuestro cursor en (4,1)
  lcd.print("00:00:000");                 //Imprimimos "00:00:000"

  pinMode(Sensor1, INPUT);                //Se declara el Sensor 1 como entrada
  pinMode(Sensor2, INPUT);                //Se declara el Sensor 2 como entrada
  pinMode(Relé, OUTPUT);                  //Se declara el Relé como salida

  antes= HIGH;                            //Se envía el valor de 1 a la variable antes
  después= HIGH;                          //Se envía el valor de 1 a la variable después
}

void loop() {

  digitalWrite(ReleCL,HIGH);              //Se enciende el relevador desde que se energiza la placa

  después= digitalRead(Sensor1);          //Guardamos en la variable después el valor del sensor1
  if(después==LOW&&antes==HIGH){ //El cambio de valor indica la activación del sensor
    digitalWrite(Relé, LOW);              //Se apaga el relevador
    inicio= millis();                     //Se guarda el tiempo
                                          //Se activa el sensor
    antes= después;                       //Cambiamos el valor de la variable antes por la de después
    sreset= 0;                             //Ponemos la variable sreset a 0

    while(sreset==0){                     //Cuando la variable sreset sea 0
      tiempo= millis()-inicio;             //Calculamos el tiempo que paso desde que se activó el sensor
      m=(tiempo/1000)/60;                  //Se calculan los minutos
      mu=m%10;                             // Se obtiene el valor de las unidades
      md=(m-mu)/10;                         //Se obtiene el valor de las decenas

      s=(tiempo/1000)%60;                  //Se calculan los segundos
      su=s%10;                             //Se obtiene el valor de las unidades
      sd=(s-su)/10;                         //Se obtiene el valor de las decenas

      l=(tiempo%1000);                     //Se calculan las milésimas de segundo
      lu=l%10;                              //sacamos el valor de las unidades
      ld=((l-lu)/10)%10;                    //sacamos el valor de las decenas
      lc=(l-(ld*10)-lu)/100;               //sacamos el valor de las centenas
      ldm=(lu/10);                          //Se calculan las centésimas de microsegundos
    }
  }
}

```

```

lcd.setCursor(4, 1);      //Ponemos el cursor en la línea 1 y el carácter 4
lcd.print(md);           //Se imprimen en la pantalla las decenas de minutos
lcd.print(mu);           //Se imprimen en la pantalla los minutos
lcd.print(":");
lcd.print(sd);           //Se imprimen en la pantalla las decenas de segundo
lcd.print(su);           //Se imprimen en la pantalla los segundos
lcd.print(":");
lcd.print(lc);           //Se imprimen en la pantalla las centésimas de milisegundos
lcd.print(ld);           //Se imprimen en la pantalla las decenas de milisegundos
lcd.print(lu);           //Se imprimen en la pantalla los milisegundos
lcd.print(ldm);          //Se imprimen en la pantalla las centésimas de microsegundo

después= digitalRead(Sensor2); //Se guarda el valor del sensor2 en la variable después
if(después==LOW&&antes==HIGH){ //Si cambia de valor el sensor2 se activa
  antes= después;           //cambiamos el valor de la variable antes por el de después
  sreset= 1;               //Ponemos la variable sreset a el valor de 1
  delay(200);
}
antes= después; //cambiamos el valor de la variable antes por el de la variable después
}
antes= después; //cambiamos el valor de la variable antes por el de la variable después
}

```

Las placas arduino incluyen un puerto de conexión USB el cual fue utilizado para subir los códigos sin necesidad de licencia ya que el software es de uso libre, una vez hecho esto se verifico el funcionamiento de los programas conectando los componentes requeridos para la realización de cada instrucción.

CAPÍTULO 4 PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Las actividades necesarias para la construcción del prototipo fueron parte importante para dar forma y funcionamiento de cada pieza por lo cual se realizó su registró con una estimación del tiempo, con esto se obtuvo una guía detallada la cual servirá con fines de reparación, sustitución, o reproducción, del prototipo o de alguna de sus partes si esta se llegara a requerir.

4.1 Transformación de los materiales

En el manejo de los materiales y la transformación de estos para la obtención de las piezas para el armado del prototipo se realizaron varias operaciones las cuales con herramientas como esmeril, taladro, y dobladoras, las cuales se utilizaron en los laboratorios de procesos de manufactura del plantel fueron de gran ayuda para la disminución de los tiempo y el trabajo realizado en las operaciones de corte, barrenado, y doblado.

4.2 Calendarización de las actividades

Para el registro y calendarización de la construcción de un prototipo se elaboró un diagrama de Gantt el cual sirve para separar en operaciones principales las actividades del proyecto y con el tiempo medido de cada operación se puede obtener el avance estimado de las operaciones y con esto manejar y anticipar los retrasos o adelantos del proyecto.

Tabla 4.1 Duración de las actividades realizadas para la construcción del prototipo.

Nombre de la actividad	Actividad	Fecha de inicio	Duración en Días	Fecha de terminación
Obtención de materia prima, herramienta y equipo	Actividad 1	10/08/2017	2	12/08/2017
Medición, Corte y barrenado de los materiales aluminio, acrílico y triplay	Actividad 2	11/08/2017	3	14/08/2017
Doblado de los cortes de la solera de aluminio	Actividad 3	12/08/2017	1	13/08/2017
Unión con adhesivo de las piezas de aluminio acrílico y madera	Actividad 4	14/08/2017	3	17/08/2017
Barnizado de madera	Actividad 5	16/08/2017	1	17/08/2017
Programación de las placas, soldar las conexiones electrónicas	Actividad 6	17/08/2017	3	20/08/2017
Uniones mediante tornillos y tuercas, acabados de las piezas	Actividad 7	19/08/2017	1	20/08/2017
Armado y prueba del funcionamiento del prototipo	Actividad 8	20/08/2017	1	21/08/2017

Generalizando las actividades y dividiéndolas en las principales para la construcción del prototipo se calculó el tiempo de cada actividad de acuerdo a los tiempos tomados durante la realización de estas, con esto se obtuvo una aproximación del tiempo estimado para el armado total del prototipo el cual es de 11 días siendo realizado por un solo trabajador.

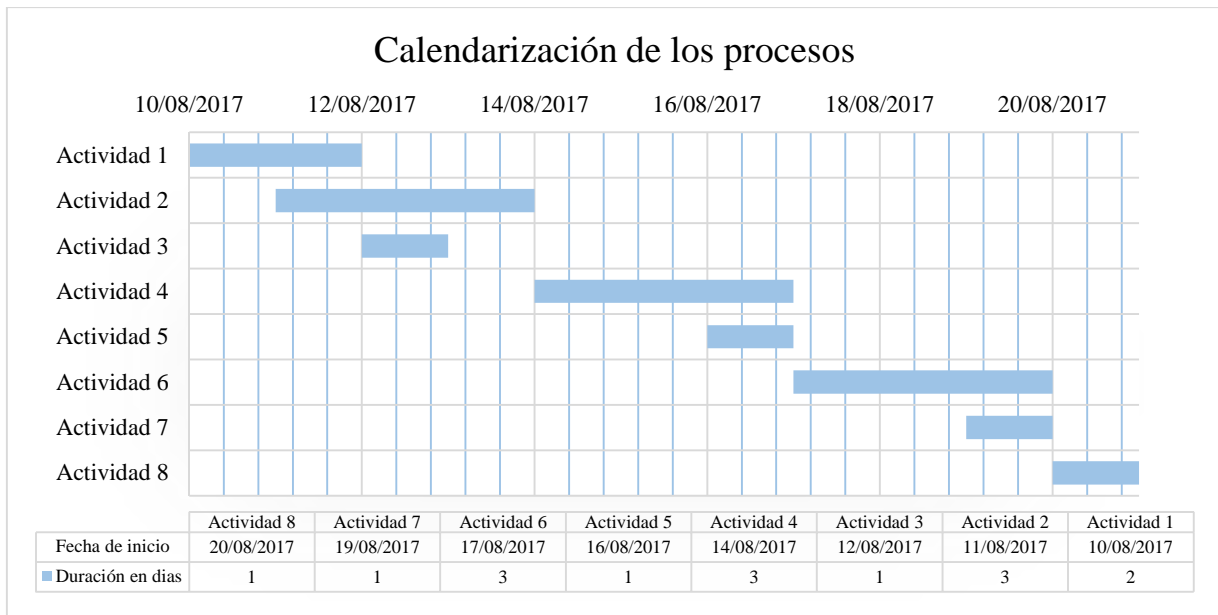
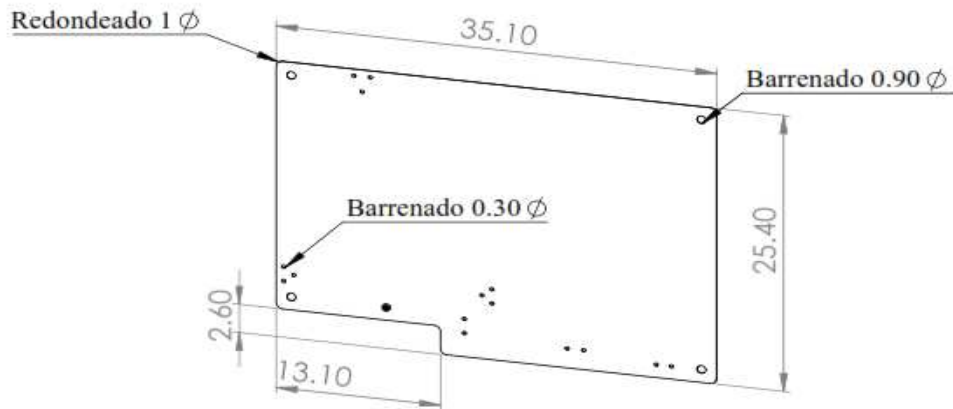


Grafico 4.1 Programación de las actividades necesarias para la construcción de un prototipo.

4.3 Procesos de producción del prototipo

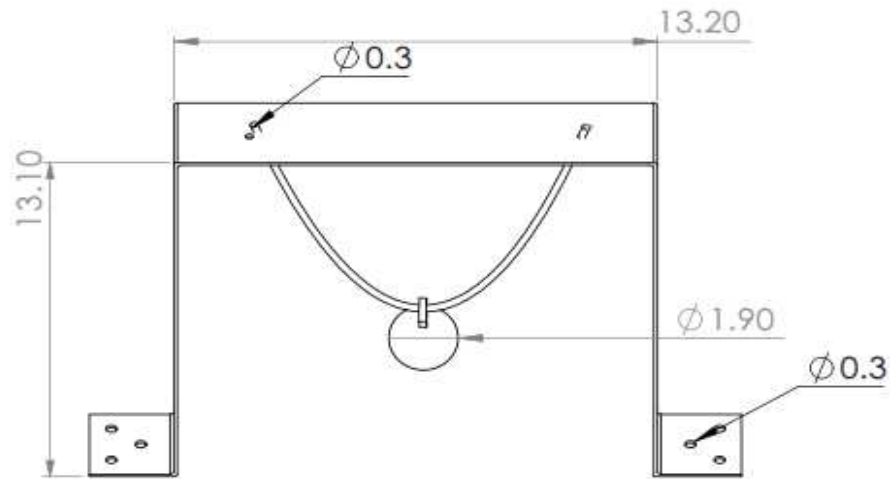
Los registros de los procesos de producción se dividieron en dos partes, la primera incluye unas tarjetas en las cuales se incluyen las operaciones realizadas para la construcción de cada pieza registrando los materiales, los diseños con sus medidas y visualizando algunas operaciones de ensamble o barrenado, y sus costos de producción. Para generalizar las operaciones para el armado del prototipo se utilizó la herramienta del diagrama de procesos en el que se registran los tiempos requeridos para la realización de cada operación y con esto obtener una estimación del tiempo de ensamblaje para un prototipo completo.

Tarjeta 1 Proceso de producción y costo de la placa base



Placa base		Acot. cm
Costo: \$ 25.00		Materiales: placa de aluminio de 3mm de espesor ,1 conector de 3.5mm, 4 tuercas de 9mm, resina epóxica.
Numero de cortes: 4	Numero de barrenados: 19 de 3mm Ø, y 4 de 9mm Ø	Numero de dobleces: 0
Numero de uniones con resina: 4		
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Traslade hacia la zona de operación los materiales, y las herramientas a utilizar: esmeril, disco de corte, disco de desbaste, lija, taladro, brocas, etc. ➤ Marque con un lápiz una distancia de 35.1cm de largo por 25.4 cm de ancho, así como un pequeño corte en la esquina inferior de 13.1cm de largo por 2.6cm de ancho sobre el corte anterior. ➤ Con el esmeril realice los cortes marcados anteriormente, utilice equipo de seguridad: guantes, lentes, tapones. ➤ Cambie el disco del esmeril de corte a uno de desbaste para quitar el exceso de rebabas, redondee las esquinas a 1mm para quitar filos. ➤ Marque con un punzón los centros a barrenar. ➤ Coloque una broca de 3mm en el taladro barrene lo que serán las uniones con los soporte y los pasa cables, cambie la broca a una de 9mm en el taladro barrene la aberturas de los niveladores. ➤ Suelde el conector de 3.5mm al cable de conexión para la pila de 9v, prepare la resina epóxica y con esta pegue a la superficie inferior de la placa las tuercas, la pila de 9v, y el conector de 3.5mm; deje secar durante 15 minutos, limpie la superficie con el trapo. 		

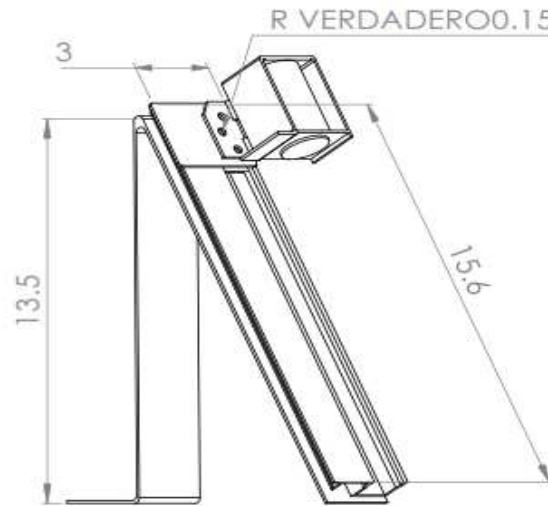
Tarjeta 2 Proceso de producción y costo del soporte del péndulo



Soporte del péndulo		Acot. cm
Costo: \$28.00	Material: 44.4 cm de solera de aluminio, 1 balín ¾ de pulgada, 25 cm de hilo encerado, 2 nudos para cable.	
Numero de cortes: 1	Numero de barrenados: 8 de 3mm Ø	Numero de doblesces: 4 de 90°

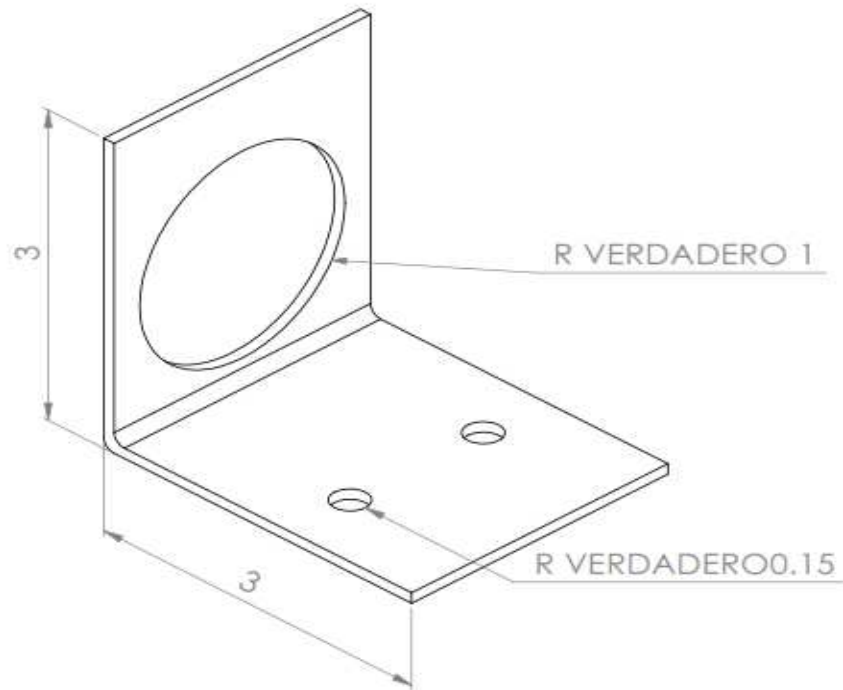
- Traslade hacia la zona de operación los materiales, y las herramientas a utilizar: esmeril, disco de corte, lija, trapo, taladro, brocas, etc.
- Marque con un lápiz la solera de aluminio a una distancia de 44.4 cm.
- Con el esmeril realice los cortes marcados anteriormente, utilice equipo de seguridad: guantes, lentes, tapones.
- Marque con un punzón los centros a barrenar.
- Coloque una broca de 3mm en el taladro, realice los barrenados de las uniones y los de soporte del péndulo.
- Marque con un lápiz las distancias a las que se doblara la solera.
- Realice 4 doblados de 90° en la solera de aluminio, teniendo cuidado de la dirección del doblado para obtener la figura deseada.
- Lije la superficie para quitar filos y rebabas; limpie la superficie con un trapo.

Tarjeta 3 Proceso de producción y costo del soporte del electroimán de tiro parabólico



Soporte del electroimán de tiro parabólico		Acot. cm
Costo: \$ 35.50	Material: 36cm solera aluminio, 15.6 cm perfil aluminio, 1 electroimán, 3 tornillos de 3mm, 3 tuercas de 3mm, resina epóxica.	
Numero de cortes: 1	Numero de barrenados: 9 de 3mm Ø	Numero de dobleces: 1 de 90° y 1 de 30°
Numero de uniones con resina: 1		
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Traslade hacia la zona de operación los materiales, y las herramientas a utilizar: esmeril, disco de corte, lija, trapo, taladro, brocas, etc. ➤ De la solera marque y corte con el esmeril los tramos de 32.1cm, 3.2cm, y 1.20cm. ➤ Del perfil corte un pedazo de 15.6cm de longitud. ➤ Marque con un punzón los centros a barrenar. ➤ Coloque la broca de 3mm al taladro y proceda a realizar los barrenados. ➤ Lije la superficie para quitar filos y rebabas, limpie con un trapo. ➤ Realice los dobleces 1 de 90° y 1 de 30°, cuide el sentido de los dobleces. ➤ Prepare la resina epóxica y con esta pegue las superficie del perfil con el lado más largo del soporte, cuide que el riel quede posicionado hacia arriba; pegue 3 tuercas de 3mm a la placa más pequeña centrando en los barrenados. ➤ Deje secar durante 15 minutos. ➤ Introduzca la placa pequeña en el riel, por encima de esta centre la placa exterior y arriba de esta coloque el electroimán, por ultimo fije estos tres con los 3 tornillos de 3mm. 		

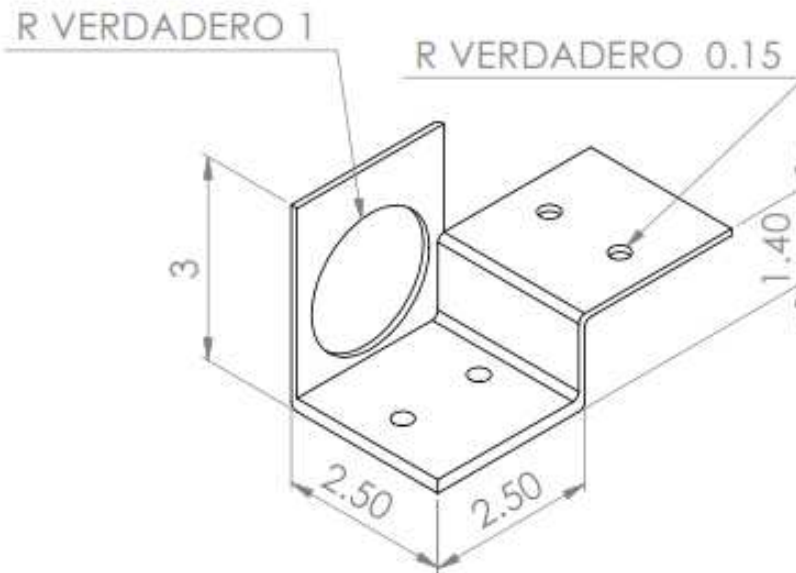
Tarjeta 4 Proceso de producción y costo del soporte del sensor de tiro parabólico



Soporte del sensor de tiro parabólico		Acot. cm
Costo: \$ 1.50	Material: 6 cm de solera de aluminio.	
Numero de cortes: 1	Numero de barrenados: 2 de 3mm Ø y 1 de 2cm Ø	Numero de dobleces: 1 de 90°

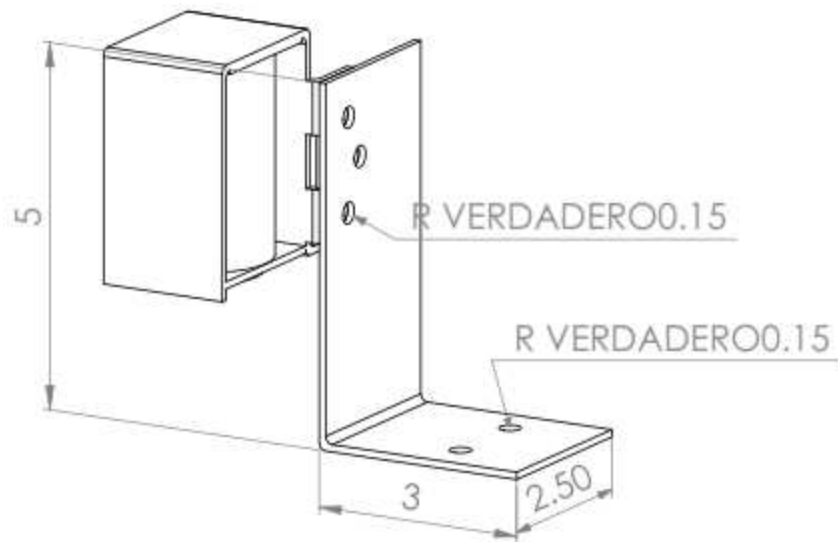
- Traslade hacia la zona de operación los materiales, y las herramientas a utilizar: esmeril, disco de corte, lija, trapo, taladro, brocas, etc.
- De la solera de aluminio marque y corte con el esmeril un pedazo de 6 cm de longitud.
- Marque con un punzón los centros a barrenar.
- Coloque la broca de 3mm en el taladro y haga los 2 barrenados para las uniones con la placa base, cambie la broca y efectúe el barrenado de 2cm de diámetro.
- Doble el pedazo de solera a 90° justo a la mitad del tramo de la solera.
- Lije la superficie para eliminar filos y rebabas.
- Limpie la superficie de la pieza con el trapo.

Tarjeta 5 Proceso de producción y costo del soporte del sensor de caída libre



Soporte del sensor tiro parabólico		Acot. cm
Costo: \$ 4.50		Materiales: 12.2 cm de solera de aluminio, 2 tornillos de 3mm, 2 tuercas de 3mm, 2 rondanas de 3mm, resina epóxica.
Numero de cortes:2	Numero de barrenados: 4 de 3mm Ø y 1 de 2cm Ø	Numero de dobleces: 3 de 90°
Numero de uniones con resina: 1		
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Traslade hacia la zona de operación los materiales, y las herramientas a utilizar: esmeril, disco de corte, lija, trapo, taladro, brocas, etc. ➤ De la solera marque y corte con el esmeril dos tramos de 6.2cm y 5.5cm de longitud. ➤ Marque con un punzón los centros a barrenar. ➤ Coloque la broca en el taladro y proceda a hacer 4 barrenados, cambie la broca y realice el barrenado de 2cm de diámetro. ➤ Lije la superficie hasta dejarla libre de filos y rebabas, limpie las piezas con el trapo. ➤ Una las piezas aplicando un poco de resina epóxica, y coloque los tornillo, rondana de presión y tuerca, a continuación apriete para una las dos piezas. ➤ Limpie el exceso de resina. ➤ Deje secar durante 15 minutos. 		

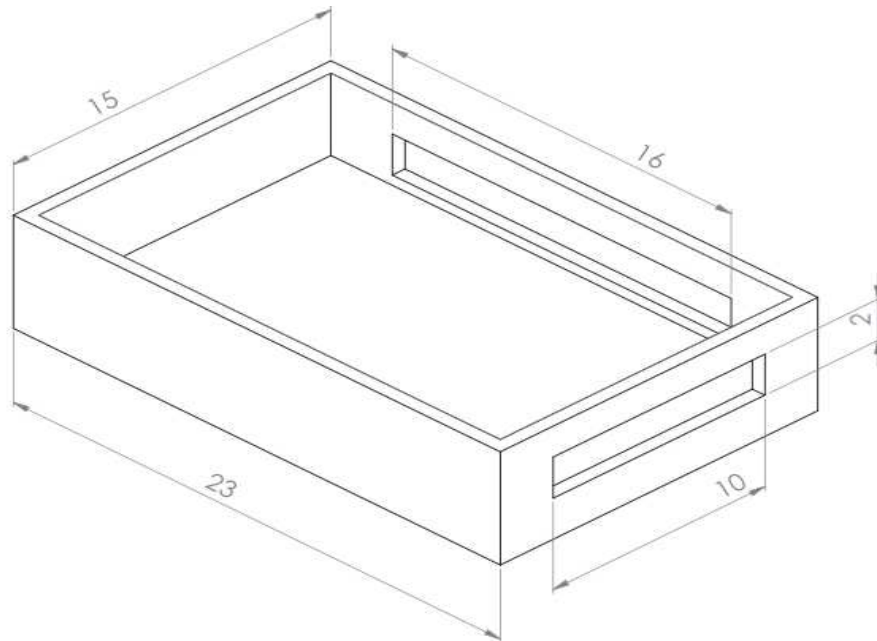
Tarjeta 6 Proceso de producción y costo del soporte del electroimán de caída libre



Soporte del electroimán de caída libre		Acot. cm
Costo: \$ 25.75	Materiales: 8cm de solera de aluminio, 1 electroimán.	
Numero de cortes:2	Numero de barrenados: 4 de 3mm Ø y 1 de 2cm Ø	Numero de dobleces: 1 de 90°

- Traslade hacia la zona de operación los materiales, y las herramientas a utilizar: esmeril, disco de corte, lija, trapo, taladro, brocas, etc.
- De la solera de aluminio marque y corte con el esmeril un pedazo de 8 cm de longitud.
- Marque con un punzón los centros a barrenar.
- Coloque la broca de 3mm en el taladro y haga los 5 barrenados de la pieza.
- Lije para eliminar filos y rebabas.
- Limpie la pieza con el trapo.
- Una con tornillos, tuercas, y rondanas el electroimán al soporte.

Tarjeta 7 Proceso de producción y costo de la caja amortiguadora

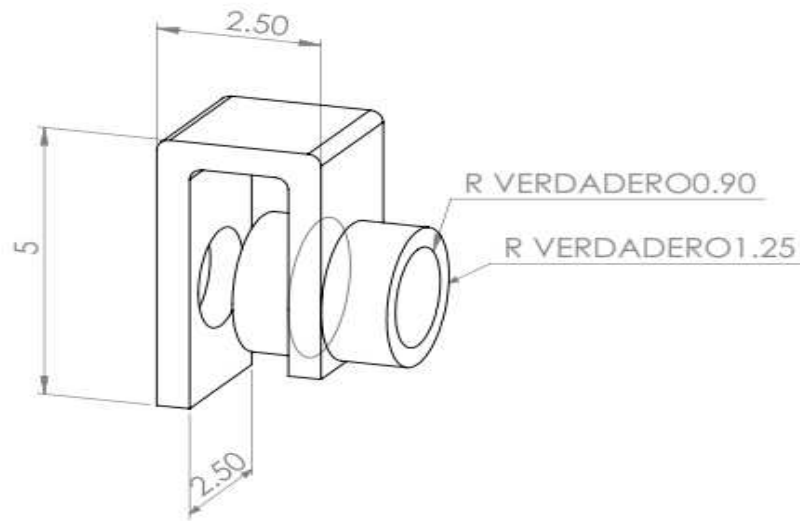


Caja amortiguadora		Acot. cm
Costo: \$ 35.50	Materiales: 38.66 cm^2 de triplay, 3 hojas de goma eva, 100ml laca con tinte, pegamento blanco, clavos sin cabeza.	
Numero de cortes: 20	Numero de barrenados: 0	Numero de dobleces: 0

- Traslade hacia la zona de operación los materiales, y las herramientas a utilizar: caladora, lija, taladro, martillo, trazo, etc.
- Utilice la caladora para cortar; 2 piezas de 23cm×5.5cm, 2 piezas de 15cm×5.5cm, y 1 pieza de 23cm×15cm.
- Realice un corte de 16cm×2cm al centro de una pieza de 23cm×5.5cm, sobre el centro de una pieza de 15cm×5.5cm realice un corte de 10cm×2cm.
- Una las caras para dar forma de una caja, coloque pegamento blanco en los puntos de uniones, y posteriormente fije con dos clavos por unión.
- Lije levemente la superficie.
- Aplique dos capas de laca, con una separación de 15 minutos de secado para cada capa.
- Cubra la superficie interior con goma eva, aplicando pegamento blanco en cada capa.
- Limpie el exceso de material.

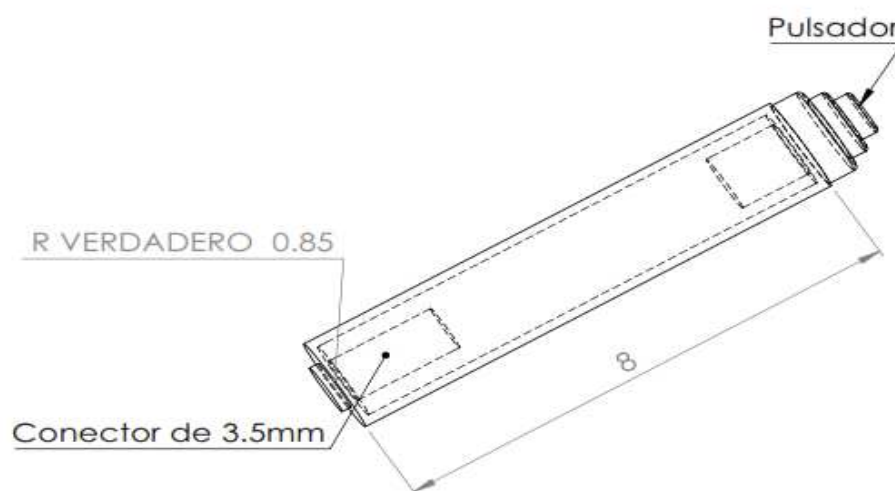
NOTA: Se necesitan 2 piezas para el proyecto

Tarjeta 8 Proceso de producción y costo del soporte del sensor de paro



Soporte del sensor de paro		Acot. cm
Costo: \$ 7.00	Materiales: 11.7cm de solera de aluminio, resina epóxica, 2.2cm de tubo de aluminio, esmalte negro.	
Numero de cortes: 2	Numero de barrenados: 1 de 1.8cm Ø y 1 de 2.5cm Ø	Numero de dobleces: 2 de 90°
Numero de uniones con resina: 1		
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Traslade hacia la zona de operación los materiales, y las herramientas a utilizar: esmeril, disco de corte, lija, trapo, taladro, brocas, resina epóxica, etc. ➤ Marque y corte con el esmeril la solera de aluminio a una longitud de 11.7cm. ➤ Corte un pedazo de tubo de aluminio de 1 pulgada de diámetro a una longitud de 2.2 cm. ➤ Marque y realice los 2 dobleces de 90° sobre la placa de aluminio. ➤ Coloque la broca en el taladro y realice el barrenado de 1.8cm sobre la cara más larga del pedazo de solera, cambie la broca y esta vez barrene a 2.5cm sobre la cara más corta. ➤ Lijar para eliminar filos y rebabas. ➤ Limpiar la pieza para eliminar el exceso de residuos del lijado. ➤ Prepare la resina para unir el pedazo de tubo dentro del barrenado de la placa de 2.5 cm, repartiendo las distancia equitativamente para que este quede centrado. ➤ Espere durante 15 minutos a que seque. ➤ Aplique una capa de esmalte negro. ➤ Deje secar 15 minutos. 		
NOTA: Se necesitan 2 piezas para el proyecto		

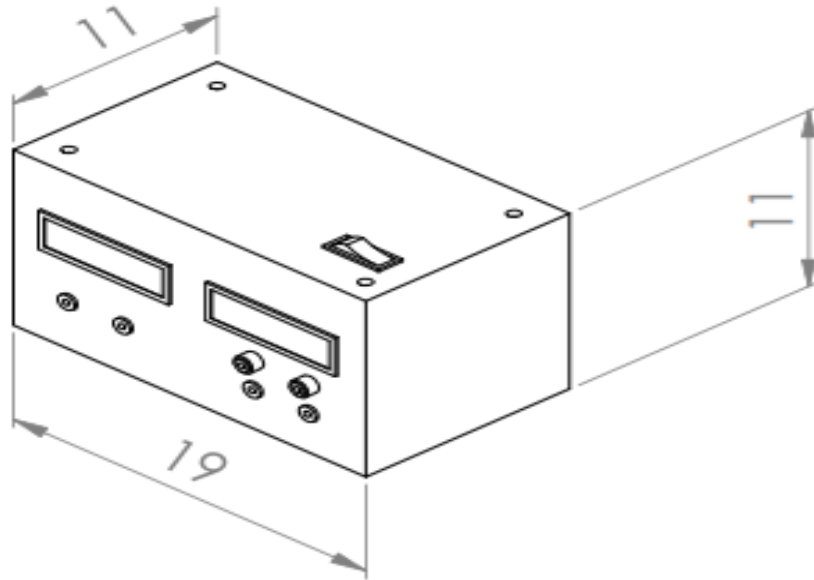
Tarjeta 9 Proceso de producción y costo del gatillo



Gatillo		Acot. cm
Costo: \$ 14.00	Materiales: 1 tubo de plástico, 1 botón pulsador, 1 conector de 3.5mm, tubo termo retráctil, cable calibre 22, soldadura, resina epóxica.	
Numero de cortes: 0	Numero de barrenados: 1 de 4mm Ø y 1 de 6mm Ø	Numero de uniones con resina: 2
Numero de uniones con resina: 2		

- Traslade hacia la zona de operación los materiales, y las herramientas a utilizar: taladro, brocas, cautín, pasta para soldar, soldadura, termo retráctil, etc.
- Quite la tapa del tubo y sobre de esta realice un barrenado de 6mm, en la parte inferior de tubo realice el barrenado de 4mm.
- Con el cautín suelde dos cables a las patas del conector dejando el largo de cable de 8cm de largo, coloque termo retráctil para cubrir la soldadura.
- Pase los cables por el barrenado inferior
- Pase por el orificio de la tapa el botón pulsador, de tal manera que este quede por fuera de la tapa.
- Pegue con resina epóxica el conector al extremo inferior del tubo y el botón a la tapa.
- Espere durante 15 minutos a que seque.
- Suelde los otros extremos de los dos cables a las patas del botón pulsador.
- Cierre la tapa.

Tarjeta 10 Proceso de producción y costo del gatillo



Caja de componentes electrónicos		Acot. cm
Costo: \$ 515.76	Materiales: acrílico blanco, silicón, 2 arduino uno, 2 pantallas, 4 conectores de 3.5mm, 2 conectores de alimentación, 1 interruptor de corriente, 1 relé de 5v, 1 potenciómetro de 10k, cable calibre 22.	
Numero de cortes: 22	Numero de barrenados: 4 de 3mm Ø, 4 de 6mm Ø, y 2 de 9mm Ø	Numero de uniones con resina: 0
Numero de uniones con silicón: 12 aristas de la caja, y 9 piezas.		
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Traslade hacia la zona de operación los materiales, y las herramientas a utilizar: taladro, brocas, caladora, cautín, pasta para soldar, soldadura, termo retráctil, etc. ➤ Marque y corte con caladora 3 pedazos de acrílico de 19cm×11cm y 2 de 11cm×11cm. ➤ Sobre la que será la cara frontal corte los orificios para colocar posteriormente las dos pantallas, en la cara que será la superior realice el corte para colocar posteriormente el interruptor. ➤ Marque y realice el barrenado de los conectores; con la broca de 3mm sobre la cara superior haga cuatro perforaciones en las esquinas, con la broca de 6mm sobre la cara frontal realice las cuatro perforaciones de los conectores de 3.5mm, y finalmente con la de 9mm sobre la cara frontal realice los barrenados para los conectores de alimentación. 		

- Sobre las patas de los componentes electrónicos suelde aproximadamente 10cm de cable, coloque termo retráctil para aislar.
- Coloque los conectores y componentes electrónicos que quedaran fijos en las cajas de acrílico como lo son las pantallas y el interruptor.
- Aplique silicón sobre los componentes para fijarlos a las piezas de acrílico.
- En las caras interiores pegue los soportes de plástico para cada arduino y las 4 escuadras en la parte superior interna.
- Deje secar durante media hora.
- Coloque termo retráctil dentro de los cables de todos los componentes electrónicos, suelde a pines macho, y conecte las placas arduino en su lugar correspondiente.
- Aplique silicón a las cuatro caras de acrílico para dar forma a la caja.
- Conecte sensores y la alimentación de 9v para verificar que todo funciona de manera correcta.
- Cierre la tapa de la caja con cuatro pijas en los orificios antes realizados.







Con la recopilación de las fichas anteriores se generó una idea de los materiales requeridos para la construcción de cada pieza así como los procesos requeridos para la transformación de los materiales dando como resultado final el costo de producción para cada elemento del prototipo.

4.4 Diagrama de procesos

El diagrama de procesos se elaboró para hacer una representación gráfica de las actividades involucradas en la elaboración del prototipo; esto sirve en gran medida para darse cuenta de los procesos involucrados en el desarrollo del producto.







En la práctica cuando se tiene un proceso productivo se busca mejorar esta; estos diagramas sirven para estudiar las diversas operaciones, para encontrar potenciales o reales cuellos de botella y dar soluciones a estos.

Tabla 4.2 Simbología utilizada en la elaboración del diagrama de procesos.

Simbología	Actividad	Resultado predominante
	Operación	Se produce o se realiza algo
	Transporte	Se cambia o se mueve algo
	Inspección	Se verifica cantidad o calidad del producto
	Demora o espera	Se interfiere una operación, o se retrasa al siguiente paso
	Almacenaje	Se guarda o se protege el producto, o los materiales
	Actividades combinadas	Operaciones combinadas

Para la elaboración del diagrama de procesos se tomaron en cuenta las operaciones generalizadas para la construcción y armado de un prototipo, dentro de este se registraron los tiempos estimados para cada actividad y con esto obtener una estimación del tiempo total de ensamble.

Diagrama de procesos			
Construcción de un prototipo para el análisis de tiro parabólico y caída libre			
Tipo de diagrama	Actividades	Número de actividades	Tiempo (s)
Operacional	<i>Transporte</i>	1	600
	<i>Operación</i>	38	17220
	<i>Inspección</i>	3	1080
Método	<i>Operaciones combinadas</i>	2	1320
	<i>Espera</i>	8	6000
Actual	<i>Almacén</i>	1	0
	Total	53	26220

Descripción de actividades							Tiempo (s)
Traslado desde el almacén o tienda, de los materiales y herramientas a utilizar.							600
Marque un corte rectangular de 35.1cm por 25.4cm, y sobre la marca en la parte inferior izquierda marque otro de 13.1 cm por 2.6cm.							240
Corte la placa base de aluminio a una medida de 35 por 25.4 cm.							600
En la parte frontal izquierda de la placa haga un corte rectangular de 13 por 2.5 cm.							180
Mida y marque con un punzón las distancias de los barrenados a hacer en la placa base.							360
Barrene con broca de 3 mm para las uniones con los soportes y el pasa cable; con broca de 9 mm realice los barrenados que se utilizaran para las patas niveladoras.							480
Lije la superficie para eliminarlas rebabas y filos, limpie para quitar los residuos.							300
Atornille la pija de apoyo del balón de tiro parabólico.							120
Prepare la resina epóxica y con esta pegue en la superficie inferior la pila de 9v y 1 conector de 3.55 para el gatillo, una también cuatro tuercas bajo los barrenados de 9mm.							480
Espere durante 10 minutos a que seque la resina.							600

Prepare la resina epóxica, con esta pegue en la cara superior de la placa las dos cápsulas de nivel de forma perpendicular.							360
Espere a que la resina seque durante 10 min.							600
Verifique que la resina epóxica aplicada en las tuercas halla secado completamente.							360
Proceda a enroscar las patas niveladoras en las tuercas.							240
Mida y marque la solera y el perfil de aluminio a las distancias indicadas para cada soporte.							360
Corte las secciones de solera y perfil.							720
Con un punzón marque los centros de los posteriores barrenados.							420
Realice los barrenados de los tramos de solera sobre las marcas.							600
Marque la distancia donde será doblado cada pedazo de solera, así como la dirección del doblado.							480
Doble la solera en las medidas anteriormente marcadas, tome en cuenta el ángulo y la dirección.							720
Fije con resina epóxica el perfil al soporte de electroimán de tiro parabólico.							480
Espere 10 minutos a que seque la resina.							600
Una el péndulo con su soporte apretando este con los nudos de cable.							360
Revise que el perfil y el soporte estén fijos.							360
Unimos los soportes de electroimanen, sensores y del péndulo a la placa base mediante tornillos rondanas de presión y tuerca en ese orden.							1200
Coloque los electroimanen en sus respectivos soportes y una con tornillo, rondana y tuerca.							480
Revise que no queden flojas las uniones y que cada pieza quede ajustada en su posición.							360
Mida y corte del acrílico las 5 caras para dar forma a la caja.							900
Realice los cortes y barrenados de la cara frontal y superior.							720
Lije para quitar filos y rebabas.							120
Cargue la programación a las placas arduino.							540

Suelde pedazos de 10 cm de cable a los componentes electrónicos, coloque termo retráctil para aislar.							1080
Coloque en su lugar las pantallas y conectores de la cara frontal, así como el interruptor de la cara superior.							240
Realice las conexiones de los componentes electrónicos a las placas arduino mediante conectores macho y hembra, suelde los componentes restantes como el relé, los potenciómetros y el electroimán.							900
Conecte sensores y alimentación para verificar que todo funcione correctamente.							600
Con silicón una las caras de acrílico, los soportes de plástico, las escuadras, y aplique silicón a los componentes para fijarlos.							900
Espere 15 minutos a que el silicón seque superficialmente y 24 horas para el secado completo.							900
Una con resina el conector del gatillo al tubo de plástico así como el pulsador.							300
Espere 10 minutos a que seque la resina.							600
Del triplay mida y corte las caras necesarias para las cajas amortiguadoras.							1080
Realice los cortes para los rieles sobre las dos caras laterales y dos frontales.							360
Una con pegamento blanco y dos clavos por unión las caras de las cajas.							720
Espere 20 minutos a que seque.							1200
Agregue dos capas de laca o barniz.							480
Espere 15 minutos a que seque el barniz.							900
Pegue tres capas de goma eva sobre la superficie de las cajas.							360
Corte dos trozos de tubo de aluminio.							180
Con resina pegue los tubos a la mitad de la superficie más corta de los soportes de sensores de paro.							300
Pinte los soportes con esmalte de secado rápido.							360
Espere 10 minutos a que seque.							600

Conecte los sensores, el gatillo y posicione los balines al prototipo, verifique que todo funcione correctamente.							720
Desconecte sensores gatillo balines y soportes de las cajas y empaquete estos en bolsas.							480

Analizando los resultados arrojados por el diagrama de procesos tenemos que:

- El tiempo total estimado de la construcción de un prototipo es de 26220 segundo o 7.28 horas por lo cual si se estandariza el proceso 1 prototipo podría elaborarse en una jornada de trabajo.
- Existen varios tiempos de espera en los que las operaciones son pausadas, la mayoría de estas esperas es a causa del secado de piezas para no tener tiempos muertos se pueden realizar otras operaciones mientras se espera el secado, también se puede dejar al aire libre o ventilar el área para bajar el tiempo de secado.
- Una forma de bajar los tiempos de operación sería teniendo más fuerza laboral ya que este sistema se dio con un solo trabajador.
- En este sistema no se tiene gran tiempo desperdiciado en traslado ya que se pensó en tener todo el material y herramientas a la mano a la hora de comenzar el proceso
- El almacén se puede eliminar teniendo listo el producto en el momento en el que sea requerido por el cliente.

CAPÍTULO 5 ANÁLISIS FINANCIERO

Los costos del prototipo obtenidos sirvieron como medio de comparación contra otros equipos de análisis de movimientos que se pueden encontrar en el mercado, esto para verificar si realmente conviene su construcción. Se realizó un análisis financiero para determinar si el proyecto pudiera ser rentable si el prototipo fuera producido con fines de comercialización.

5.1 Gastos del proyecto

Para obtener el monto de la inversión inicial y los factores a considerar en el análisis se enlistan los componentes necesarios para la construcción del prototipo y sus respectivos costos, los cuales son; el material, la herramienta y maquinaria.

Tabla 5.1 Costo total del material utilizado para la fabricación de un prototipo.

Material	Unidades, m, o m² utilizadas	Costo por unidad, m, o m²	Costo del material utilizado (\$)
Solera de aluminio de 1"	1.13m	25.00	28.25
Placa de aluminio de 3mm	0.089m ²	220.00	20.00
Acrílico blanco	0.072m ²	180.00	12.96
Perfil aluminio	0.15m	55.00	8.25
Tubo de aluminio 3/4"	0.05m	60.00	3.00
Tuerca de 9mm	4 piezas	0.50	2.00
Tuerca de 3mm	23 piezas	0.25	5.75
Tornillo de 3mm	23 piezas	0.25	5.75
Rondana de presión de 3mm	23 piezas	0.25	5.75
Pata niveladora	4 piezas	3.00	12.00
Balín de 3/4"	3 piezas	10.00	30.00
Capsula de nivel	2 piezas	6.00	12.00
Nudo para cable	2 piezas	1.50	3.00
Resina epóxica	10ml	30.00	12.00
Silicón	100ml	28.00	9.80
Hilo encerado	0.25m	3.00	0.75
Sensor infrarrojo	4 piezas	80.00	320.00
Electroimán 9v	2 piezas	20.00	40.00
Placa arduino uno	2 piezas	140.00	280.00
Pantalla 16×2	2 piezas	60.00	120.00
Conector hembra 3.5mm	6 piezas	3.00	18.00
Conector macho 3.5mm	4 piezas	6.00	24.00
Interruptor	1 pieza	12.00	12.00
Botón pulsador	1 pieza	8.00	8.00
Cable auxiliar	1 pieza	20.00	20.00
Extensión cable auxiliar	2 piezas	12.00	24.00
Pila 9v	1 pieza	35.00	35.00
Relé 5v	1 pieza	25.00	25.00

Conector macho para arduino	2 piezas	3.00	6.00
Potenciómetro de 10k	2 piezas	7.00	14.00
Cable calibre 22	3 piezas	3.00	9.00
Conector banana hembra	2 piezas	1.50	3.00
		TOTAL= \$1129.26	

Los equipos presentados a continuación son ofrecidos en el mercado con las características y precios descritos en las siguientes imágenes.



Fig.5.1 Equipo para el estudio del tiro parabólico.

Como se observa en la imagen el prototipo descrito a continuación tiene un precio de 174.98€ por lo cual si se hace la conversión a pesos mexicanos tenemos que el costo de este equipo sería de \$3636.93.

EQUIPO PARA EL ESTUDIO DE CAÍDA LIBRE

Referencia: ME94603

Escala graduada de 600mm . Soporte regulable de plástico con sistema electromagnético para la fijación y escape de la bola en el momento y altura determinados por el alumno.

260,00 € (IVA incluido)

entrega 24-48h

Cantidad: 1

Añadir al carrito

Tweet, Compartir, Google+, Pinterest, Imprimir

Ver más grande

Fig.5.2 Equipo para el estudio de la caída libre.

El costo de este equipo mostrado en la figura es de 260 € por lo cual haciendo la conversión a pesos mexicanos el precio de este sería de \$5434.

Analizando las funciones de los equipos anteriores se tendrían que comprar ambos equipos para efectuar los dos movimientos lo cual generaría un costo de \$9070.96, si se compara el precio con el de construcción del prototipo que es de \$1129.26 esto daría una diferencia de \$7941.67 de ahorro si se opta por elegirlo, esto es un punto a favor para nuestro prototipo ya que en un mismo mecanismo se pueden realizar el análisis de los movimientos además que los mecanismos ofrecidos en el mercado no arrojan el tiempo como dato.


Costos de herramienta y maquinaria.

La elección de la herramienta se realizó buscando la calidad de esta sin elevar tanto su costo, también buscando que fuera la ideal para realizar la operación con la que será adquirida, se compararon varias opciones y las elecciones fueron las siguientes.

Ficha 5.1 Costo y especificaciones técnicas del taladro.

	Especificaciones Potencia: 600W Voltaje: 120 V Frecuencia: 50/60 Hz Velocidad: 0-2800 rpm Tamaño de mandril: 3/8" (10 mm) Capacidad máx. madera 1" (25 mm) Capacidad máx. metal: 3/8" (10 mm)
Taladro Dewalt DWD014-B13 Precio: \$1600.00	Peso: 1,3 Kg

Ficha 5.2 Costo y especificaciones técnicas de la esmeriladora.

	Especificaciones Potencia: 900 W Velocidad sin carga: 12000 rpm Voltaje: 120 V c.a. Frecuencia: 50-60 Hz Consumo de energía en operación: 0.48619 kW
Esmeriladora Dewalt DWE4120 Precio: \$1400.00	Peso: 2.7 Kg


Ficha 5.3 Costo y especificaciones técnicas de la dobladora.

	Especificaciones Maneja material: acero calibre 17, acero galvanizado de calibre 18, aluminio de calibre 16 Construcción de acero reforzado Altura del producto 2-7 / 8 pulg. Longitud del producto 34-1 / 2 pulg. Ancho del producto 6 in
Dobladora de lámina Central Machinery Precio: \$2200.00	

Ficha 5.4 Costo y especificaciones técnicas de la sierra caladora.

	Especificaciones Potencia: 500W Frecuencia: 50/60 Hz Tensión: 120V Velocidad carrera/minutos: 0-3200 cpm Longitud de corte: 1"
Sierra Caladora Dewalt DW300 Precio: \$1300.00	

Ficha 5.5 Costo y especificaciones técnicas del tornillo de banco.

	Especificaciones Ancho de mordaza: 63.5mm×2" Apertura: 63.5mm×2" Dimensiones: 16cm×11.5cm×18.5cm Peso: 3.24kg
Tornillo de banco Precio: \$1300.00	

Costo total de la herramienta y maquinaria.

- 1 taladro= \$1600.00
 - 1 esmeril= \$1400.00
 - 1 dobladora= \$2200.00
 - 1caladora= \$1300.00
- Total = \$7700.00**

Otros costos

Luz costo bimestral: $\$400 \times 6 =$ **\$2400.00 al año**

Agua costo bimestral: $\$300 \times 6 =$ **\$1800.00 al año**

5.2 Análisis de producción futura

Con la meta de producción de 100 unidades al año se realizó la estimación de la inversión inicial para el arranque del proyecto. Como la fabricación de un prototipo cuesta \$1129.26 el precio fijado para introducirlo al mercado será de aproximadamente el doble de este costo siendo= **\$2400.00**

Tabla 5.2 Estimación mensual de ventas para el proyecto.

Mes	Número de estimación de ventas en unidades	Mes	Número de estimación de ventas en unidades
1	2	7	10
2	2	8	11
3	4	9	9
4	6	10	12
5	8	11	12
6	10	12	14

5.3 Inversión inicial

Es la cantidad de dinero que se necesita para dar comienzo al proyecto.

$I_0 =$ Costo del material para la producción de las unidades + costo de herramientas + costo anual de luz y agua

Costo del material para la fabricación de 100 unidades = $\$1129.26 \times 100 =$ **$\$112926.00$**

$I_0 = 112926 + 7700 + 2400 + 1800 =$ **$\$124826.00$**

Con la inversión inicial se da a conocer el monto necesario para dar comienzo a el proyecto, con la cantidad presentada anteriormente se logrará financiar los insumos necesarios para la fabricación de las unidades.

5.4 Periodo de recuperación

Para obtener el periodo de recuperación que es el plazo de tiempo en el que se recupera la inversión se deben de calcular los flujos de efectivos o ganancias esperadas durante un año.

Estimación mensual del flujo de efectivo.

- | | |
|---------------|----------------|
| 1) \$4800.00 | 7) \$24000.00 |
| 2) \$4800.00 | 8) \$26400.00 |
| 3) \$9600.00 | 9) \$21600.00 |
| 4) \$14400.00 | 10) \$28000.00 |
| 5) \$19200.00 | 11) \$28000.00 |
| 6) \$24000.00 | 12) \$33600.00 |

Para saber el periodo de recuperación debemos obtener el flujo de efectivo acumulado las cuales son las ganancias sumadas de cada mes hasta completar el periodo de análisis.

Flujo de efectivo acumulado.

1) \$4800.00	Periodo de recuperación {	7) \$100800.00
2) \$9600.00		8) \$127200.00
3) \$19200.00		9) \$148800.00
4) \$33600.00		10) \$177606.00
5) \$52800.00		11) \$206400.00
6) \$76800.00		12) \$240000.00

Periodo de recuperación= (Inversión inicial - Flujo próximo acumulado) / Flujo de efectivo próximo.

$$PR = (124826 - 100800) / 26400 = \mathbf{0.91}$$

Por lo tanto el periodo de recuperación= **7.91 meses**; que es el tiempo estimado en el cual se recuperara la inversión inicial del proyecto, este periodo de recuperación es aceptable y relativamente corto ya que después de los 7.91 meses comenzaremos a generar ganancias.

5.5 Tasa de rendimiento promedio

Esta tasa se obtiene de la relación del promedio de flujo efectivo durante un año respecto a la inversión inicial.

$$\text{Promedio} = 4800 + 4800 + 9600 + 14400 + 19200 + 24000 + 26400 + 24000 + 21600 + 28800 + 28800 + 36000 / 12 = \mathbf{\$20000.00}$$

Este resultado es el promedio de las ganancias mensuales obtenidas durante un año.

$$TRP = 20000 / 124826 = \mathbf{0.16}$$

Por lo tanto tenemos una tasa de rendimiento promedio del **16%** lo cual significa que por cada periodo mensual obtendremos utilidades en promedio del 16% de la inversión inicial.

5.6 Valor presente neto.

Es el valor del flujo de efectivo traído al presente mediante la aplicación de un descuento o tasa de interés en este caso del 5% descontando la inversión inicial.

$$VPN = \frac{\text{Flujo de efectivo}}{(1 + \text{tasa de interés})^{\text{periodo}}} - \text{Inversión inicial}$$

$$\begin{aligned} VPN &= \frac{4800}{(1+0.05)} + \frac{4800}{(1+0.05)^2} + \frac{9600}{(1+0.05)^3} + \frac{14400}{(1+0.05)^4} + \frac{19200}{(1+0.05)^5} + \frac{24000}{(1+0.05)^6} \\ &+ \frac{24000}{(1+0.05)^7} + \frac{26400}{(1+0.05)^8} + \frac{21600}{(1+0.05)^9} + \frac{28800}{(1+0.05)^{10}} + \frac{28800}{(1+0.05)^{11}} + \frac{33600}{(1+0.05)^{12}} - 124826 \\ &= 164095.46 - 124826 = \mathbf{\$39269.46} \end{aligned}$$

Esto nos indica que el valor de nuestro flujo de efectivo de un año descontando la inversión inicial nos generaría una ganancia \$39269.46

5.7 Índice de rentabilidad

Es un indicador de las ganancias en un periodo en comparación con la inversión inicial.

$$R = \text{Ganancia traída al presente} / \text{Inversión inicial}$$

$$R = 164095.46 / 124826 = \mathbf{1.31}$$

Como el resultado es mayor a 1 se dice que el proyecto es rentable ya que en el periodo determinado ya se habrá recuperado la inversión y un 31% de ganancia.

CAPITULO 6 PRÁCTICA

Se elaboró una propuesta de práctica en la cual el alumno hará uso del prototipo de la mejor manera posible, ya que en esta se detalla las instrucciones para el armado y los pasos a seguir para la realización de dicha práctica.

Esta práctica incluye tres tipos de análisis, el primero es el cuestionario previo donde el alumno deberá de obtener los tiempos y distancias teóricas de los movimientos, el segundo trata de realizar la experimentación y mediante esta recabar los datos reales obtenidos, y el tercer análisis consta de elaborar un análisis de video por el software Pasco Capstone con el cual se obtendrán de nueva cuenta los datos arrojados por este programa, cabe destacar que este programa ya se usa en los laboratorios de física; para finalizar se realizara la comparación de dichos datos llegando a las conclusiones finales de las tres formas.

6.1 Resultados estadísticos de los tiempos

Para probar el funcionamiento del prototipo se realizó la toma de tiempos de los movimientos con el fin de verificar la variación de estos durante la experimentación.

Obteniendo los tiempos teóricos por medio de las ecuaciones de posición de los movimientos tenemos que los tiempos de caída son iguales, por lo que:

$$t = \sqrt{\frac{2(H)}{g}}; \quad \text{para tiro parabólico y caída libre.}$$

Donde:

t= tiempo total de los movimientos

H=altura desde la que son efectuados los movimientos

g= gravedad

$$t = \sqrt{\frac{2(0.907)}{9.81}} = \mathbf{0.430\text{seg}}$$

A continuación se enlistan los tiempos del movimiento de caída libre con los que se obtendrá una gráfica de control para observar las variaciones de los tiempos arrojados.

Tabla 6.1 Lectura de tiempos de caída libre.

Lectura	Tiempo C. L.	$(x-\bar{x})$	$(x-\bar{x})^2$
1	0.427	-0.00687	0.00004715
2	0.438	0.00413	0.00001708
3	0.430	-0.00387	0.00001495
4	0.431	-0.00287	0.00000822
5	0.430	-0.00387	0.00001495
6	0.433	-0.00087	0.00000075
7	0.442	0.00813	0.00006615
8	0.431	-0.00287	0.00000822
9	0.435	0.00113	0.00000128
10	0.427	-0.00687	0.00004715
11	0.442	0.00813	0.00006615
12	0.438	0.00413	0.00001708
13	0.434	0.00013	0.00000002

14	0.438	0.00413	0.00001708
15	0.434	0.00013	0.00000002
16	0.431	-0.00287	0.00000822
17	0.437	0.00313	0.00000982
18	0.438	0.00413	0.00001708
19	0.433	-0.00087	0.00000075
20	0.438	0.00413	0.00001708
21	0.435	0.00113	0.00000128
22	0.433	-0.00087	0.00000075
23	0.440	0.00613	0.00003762
24	0.431	-0.00287	0.00000822
25	0.431	-0.00287	0.00000822
26	0.430	-0.00387	0.00001495
27	0.431	-0.00287	0.00000822
28	0.434	0.00013	0.00000002
29	0.434	0.00013	0.00000002
30	0.430	-0.00387	0.00001495

De la tabla anterior obtenemos el promedio, y $\sum(x-\bar{x})^2$ para obtener la varianza y la desviación estándar con la siguiente formula.

$$S^2 = \sum(X-\bar{x})^2 / N-1$$

Donde: S^2 = varianza

$\sum(X-\bar{x})^2$ = sumatoria de la diferencia del tiempo menos el promedio elevada al cuadrado

N= número total de los datos a analizar

PROMEDIO	$\sum(x-\bar{x})^2$	S^2	S
0.4339	0.00047347	0.000016	0.00404060

Con estos datos podemos obtener los límites de control para graficar los datos.

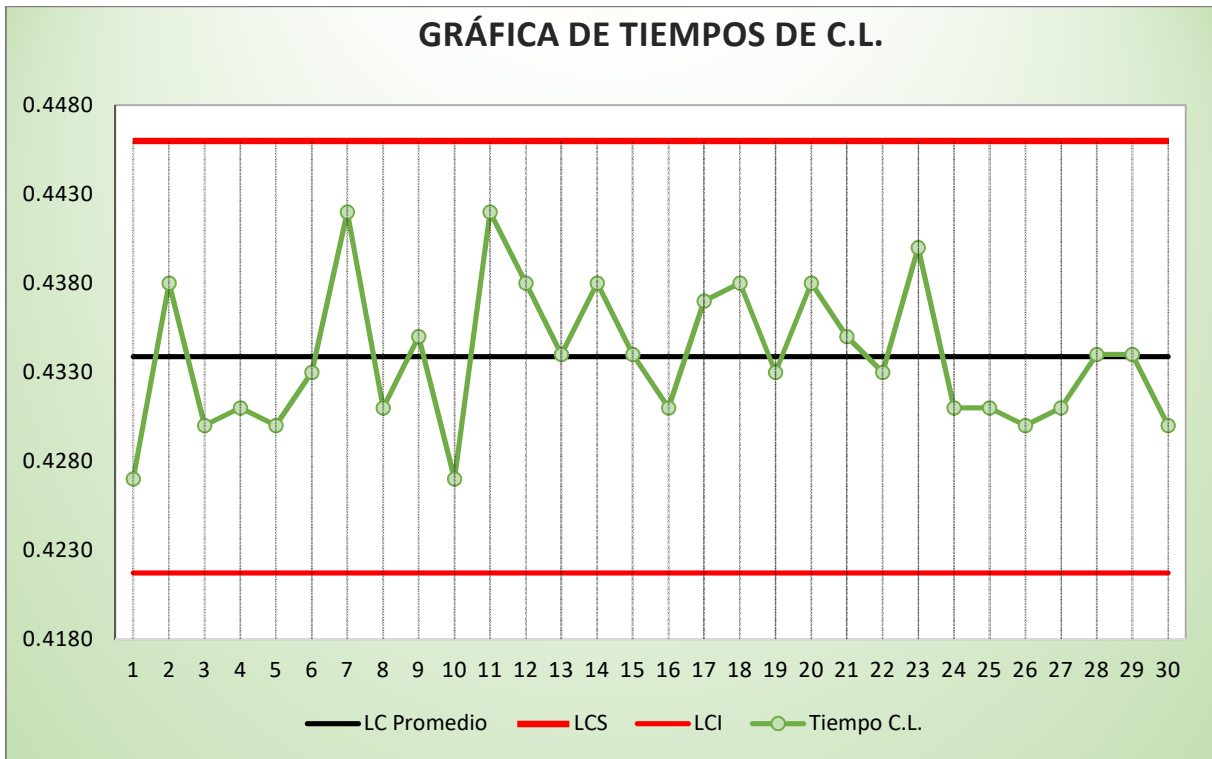
Límites a “3S”

$$LCS = 0.4339 + (3)(0.0040406) = 0.44573$$

$$LC = 0.4339$$

$$LCI = 0.4339 - (3)(0.0040406) = 0.42143$$

Gráfica 6.1 Variación de los tiempos de caída libre arrojados por el prototipo.



Los resultados observados en la tabla y gráfica para esta prueba son los siguientes:

- Todos los datos se encuentran dentro de los límites de control, los cuales son 0.4214 el límite inferior y 0.4457 el límite superior, teniendo una media de 0.4336.
- La variación obtenida gracias a los límites de control es de 0.0243 segundos.
- Los puntos más cercanos a caer fuera de los límites de control fueron los puntos 7 y 11 con 0.442 y los puntos 1 y 10 con 0.427.

Para comprobar la variación de los datos y ver si estos son confiables se obtendrá el coeficiente de variación.

$$C.V. = (S / \bar{x}) (100) = (0.0040406 / 0.4339) (100) = 0.93\%$$

Como el porcentaje de los datos es muy bajo se dice que los datos obtenidos serán homogéneos y por lo tanto son datos muy confiables.

En la siguiente tabla se enlistan los tiempos obtenidos para el movimiento de tiro parabólico.

Tabla 6.2 Lectura de tiempos de tiro parabólico.

Lectura	Tiempo T. P.	$(x-\bar{x})$	$(x-\bar{x})^2$
1	0.432	-0.00053	0.00000028
2	0.432	-0.00053	0.00000028
3	0.431	-0.00153	0.00000235
4	0.433	0.00047	0.00000022
5	0.431	-0.00153	0.00000235
6	0.438	0.00547	0.00002988
7	0.432	-0.00053	0.00000028
8	0.431	-0.00153	0.00000235
9	0.431	-0.00153	0.00000235
10	0.432	-0.00053	0.00000028
11	0.436	0.00347	0.00001202
12	0.435	0.00247	0.00000608
13	0.439	0.00647	0.00004182
14	0.435	0.00247	0.00000608
15	0.437	0.00447	0.00001995
16	0.44	0.00747	0.00005575
17	0.435	0.00247	0.00000608
18	0.436	0.00347	0.00001202
19	0.436	0.00347	0.00001202
20	0.433	0.00047	0.00000022
21	0.428	-0.00453	0.00002055
22	0.427	-0.00553	0.00003062
23	0.428	-0.00453	0.00002055
24	0.427	-0.00553	0.00003062
25	0.424	-0.00853	0.00007282
26	0.431	-0.00153	0.00000235
27	0.436	0.00347	0.00001202
28	0.427	-0.00553	0.00003062
29	0.427	-0.00553	0.00003062
30	0.436	0.00347	0.00001202

De la tabla anterior obtenemos el promedio, y $\Sigma(x-\bar{x})^2$ para obtener la varianza y la desviación estándar.

PROMEDIO	$\Sigma(x-\bar{x})^2$	S^2	S
0.4325	0.00047547	0.000016	0.00404912

Con estos datos podemos obtener los límites de control para graficar los datos.

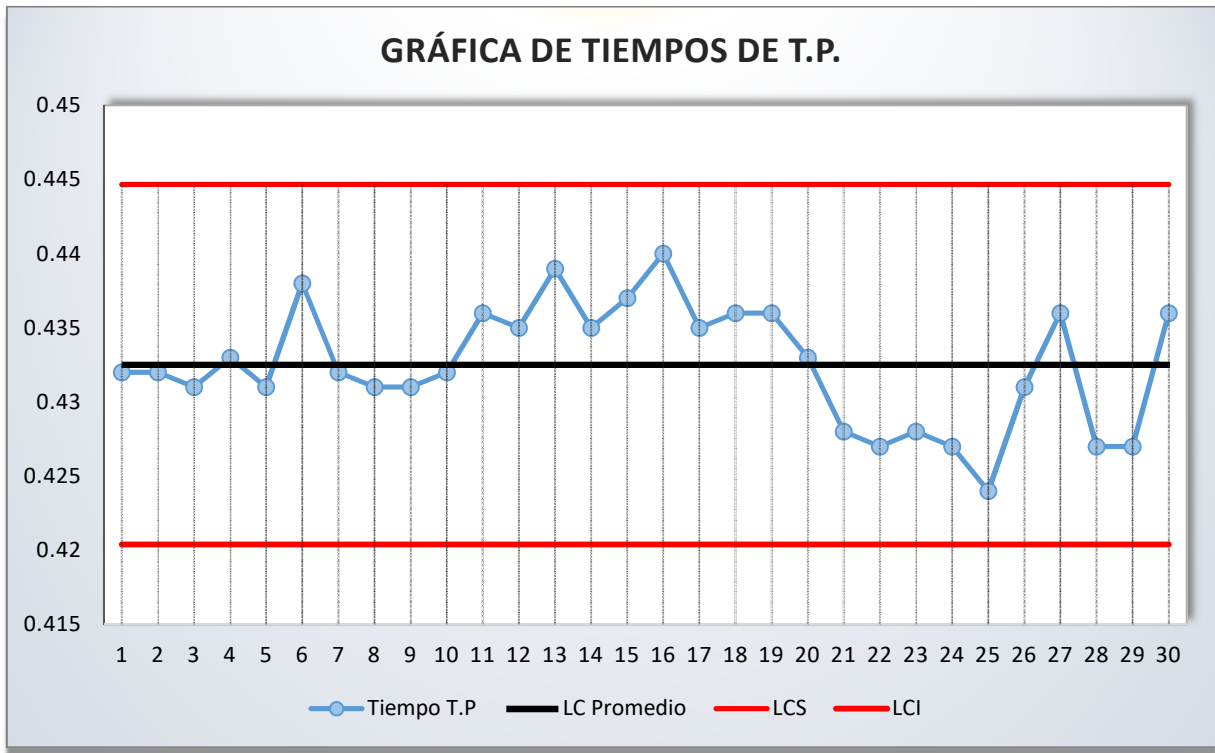
Límites a “3S”

$$\text{LCS} = 0.4325 + (3) (0.00404912) = 0.44684$$

$$\text{LC} = 0.4325$$

$$\text{LCI} = 0.4325 - (3) (0.00404912) = 0.42093$$

Gráfica 6.2 Variación de los tiempos de tiro parabólico arrojados por el prototipo.



Los resultados observados en la tabla y gráfica para esta prueba son los siguientes:

- Todos los datos se encuentran dentro de los límites de control los cuales son 0.4209 el límite inferior y 0.4468 el límite superior, teniendo una media de 0.4325.
- La variación obtenida de los límites de control es de 0.026 segundos.
- Los puntos más cercanos a caer fuera de los límites de control fueron el punto 16 con 0.440 y el punto 25 con 0.424.

Para comprobar la variación de los datos y ver si estos son confiables se obtendrá el coeficiente de variación.

$$C.V. = (S / \bar{x}) (100) = (0.004049 / 0.4325) (100) = 0.9361\%$$

Como el porcentaje de los datos es muy bajo se dice que los datos que se obtendrán serán homogéneos y por lo tanto son datos muy confiables.

Para analizar el tiro parabólico y obtener las diferentes distancias a las cuales caerá el balón provocadas por las distintas alturas del péndulo de impacto, se realizó un análisis de video y gráficas de control para observar la variación de los tiempos obtenidos.

El análisis de video para la primera distancia nos muestra la trayectoria parabólica como se observa en la siguiente imagen, en las tablas podemos observar la distancia recorrida que es de 0.60m y los tiempos que se obtiene de restar el ultimo valor de la tabla menos el primero.

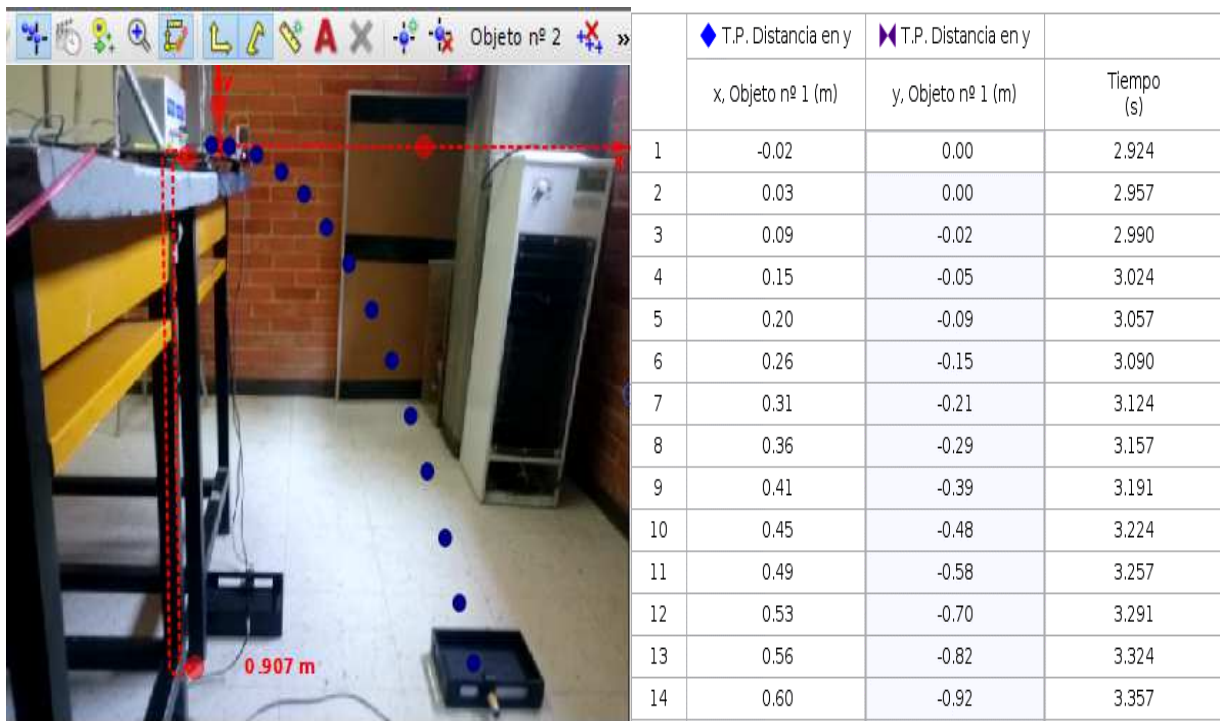


Fig.6.1 Descripción del movimiento en el análisis de video para la primera distancia.

Tabla 6.3 Tiempos tomados para la distancia 1.

Lectura	Tiempo T.P	$(x-\bar{x})$	$(x-\bar{x})^2$
1	0.438	0.00275	0.00000756
2	0.436	0.00075	0.00000056
3	0.432	-0.00325	0.00001056
4	0.436	0.00075	0.00000056
5	0.438	0.00275	0.00000756
6	0.434	-0.00125	0.00000156
7	0.436	0.00075	0.00000056
8	0.432	-0.00325	0.00001056

De la tabla obtenemos la desviación estándar y el promedio para sacar los límites de control.

PROMEDIO	$\Sigma(x-\bar{x})^2$	S^2	S
0.4353	0.00003950	0.00000564	0.00237547

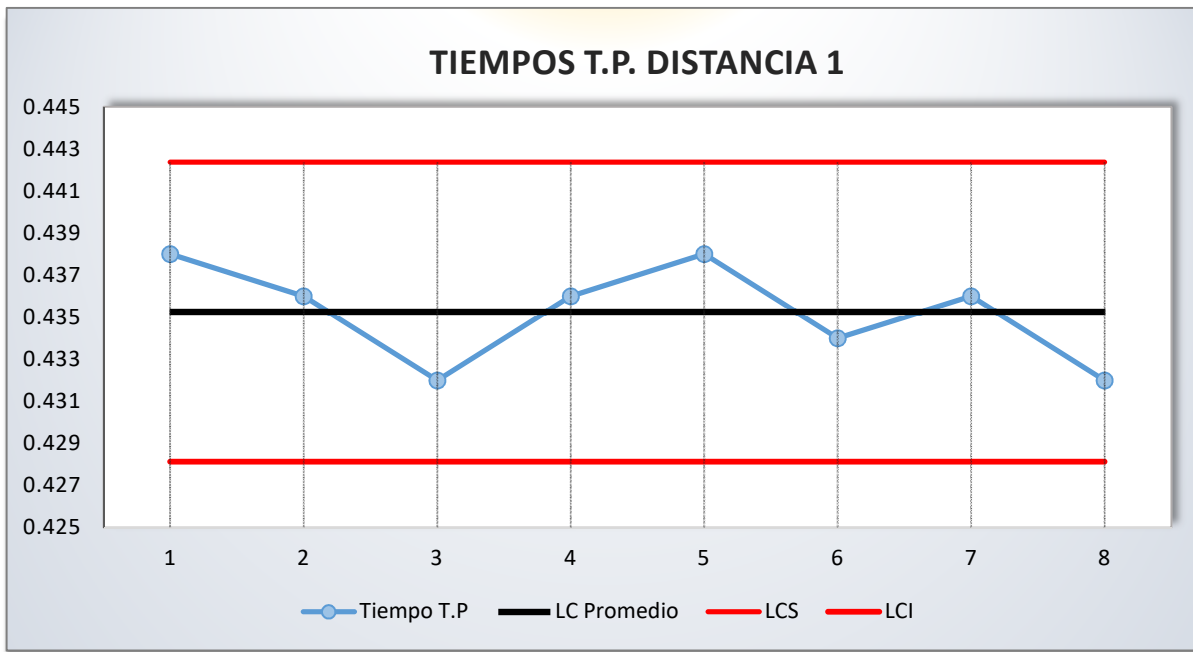
Límites a “3S”

$$LCS = 0.4353 + (3)(0.00237547) = 0.44236$$

$$LC = 0.4353$$

$$LCI = 0.4353 - (3)(0.00237547) = 0.428133$$

Gráfica 6.3 Tiempos del análisis de video para la primera distancia.



Los resultados mostrados en la tabla y grafica para esta prueba son los siguientes:

- Todos los datos se encuentran dentro de los límites de control los cuales son 0.4281 a 0.4423 y teniendo una media de 0.4353.
- La variación obtenida gracias a los límites de control es de 0.014 segundos.
- Los puntos más cercanos a caer fuera de los límites de control fueron los puntos 1 y 5 con 0.438 y el punto 3 con 0.432.
- Teniendo la distancia y el tiempo podemos calcular la velocidad para la primera distancia que es con la que sale disparada el balón sobre el eje x la cual sería de $V=1.3783$ m/s.

Para comprobar la variación de los datos y ver si estos son confiables se obtendrá el coeficiente de variación.

$$C.V.= (S / \bar{x}) (100) = (0.002375 / 0.4353) (100) = 0.54 \%$$

Como el porcentaje de los datos es muy bajo se dice que los datos obtenidos serán homogéneos y por lo tanto son datos muy confiables.

El análisis de video para la segunda lectura nos muestra una menor distancia recorrida, esta distancia es de 0.55m como se muestra en la tabla y los tiempos se obtuvieron restando el último valor de la tabla menos el menor.

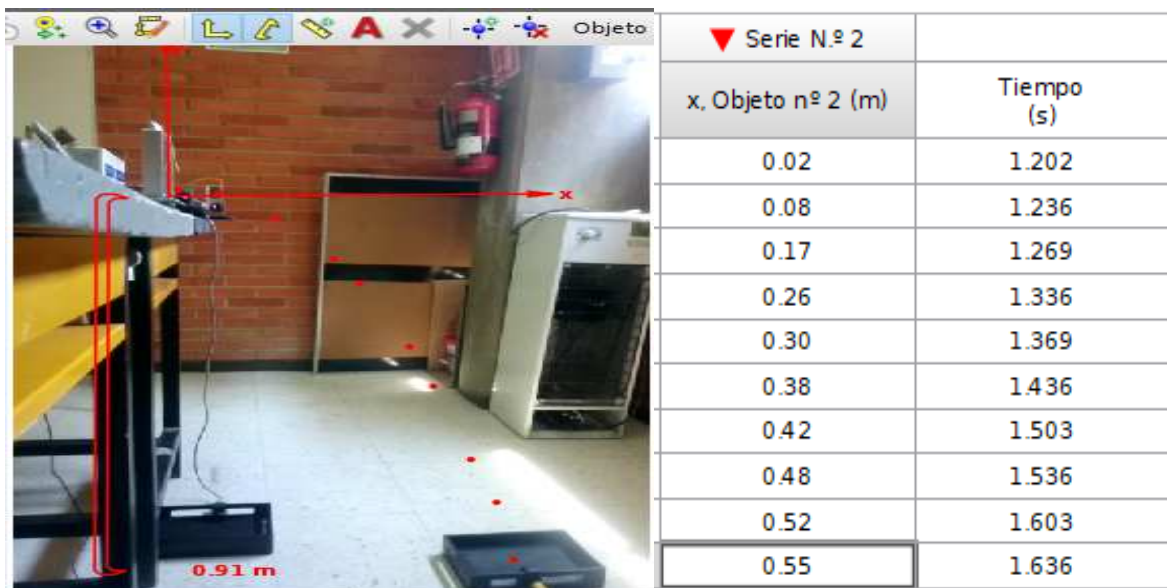


Fig.6.2 Descripción del movimiento en el análisis de video para la segunda distancia.

Tabla 6.4 Tiempos tomados para la distancia 2.

Lectura	Tiempo T.P	$(x-\bar{x})$	$(x-\bar{x})^2$
1	0.434	-0.00088	0.00000077
2	0.438	0.00312	0.00000977
3	0.433	-0.00188	0.00000352
4	0.434	-0.00088	0.00000077
5	0.438	0.00312	0.00000977
6	0.432	-0.00288	0.00000827
7	0.436	0.00112	0.00000127
8	0.434	-0.00088	0.00000077

De la tabla obtenemos la desviación estándar y el promedio para sacar los límites de control.

PROMEDIO	$\Sigma(x-\bar{x})^2$	S^2	S
0.4349	0.00003488	0.00000498	0.00223207

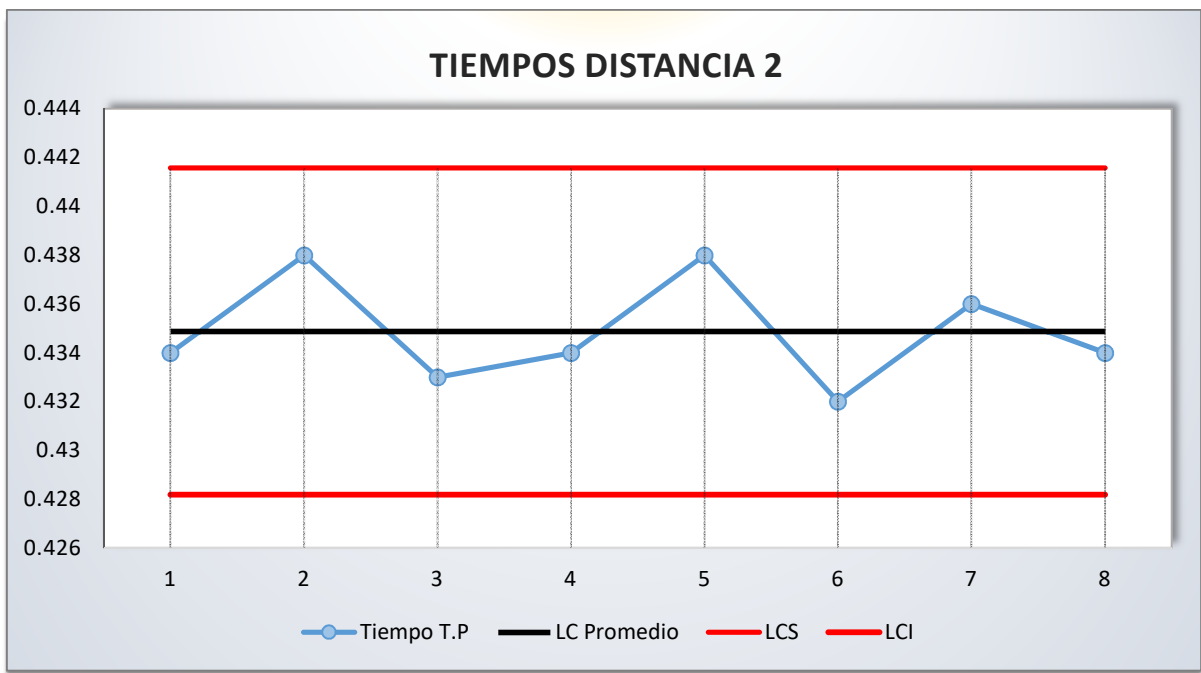
Límites a “3S”

$$LCS = 0.4349 + (3)(0.00223207) = 0.44150$$

$$LC = 0.4349$$

$$LCI = 0.4349 - (3)(0.00223207) = 0.42809$$

Gráfica 6.4 Tiempos del análisis de video para la segunda distancia.



Los resultados mostrados en la tabla y grafica para esta prueba son los siguientes:

- Todos los datos se encuentran dentro de los límites de control los cuales son 0.4280 a 0.4415 y teniendo una media de 0.4349.
- La variación obtenida gracias a los límites de control es de 0.01341 segundos.
- Los puntos más cercanos a caer fuera de los límites de control fueron los puntos 2 y 5 con 0.438 y el punto 6 con 0.432.
- Obteniendo la velocidad para la segunda distancia tenemos que $V= 1.2646$ m/s.

Para comprobar la variación de los datos y ver si estos son confiables se obtendrá el coeficiente de variación.

$$C.V.= (S / \bar{x}) (100)= (0.002236 / 0.4348) (100)= 0.51 \%$$

Como el porcentaje de los datos es muy bajo se dice que los datos obtenidos serán homogéneos y por lo tanto son datos muy confiables.

El análisis de video para la tercera lectura nos muestra una menor distancia recorrida, esta distancia es de 0.43m como se muestra en la tabla y los tiempos se obtuvieron restando el último valor de la tabla menos el menor.

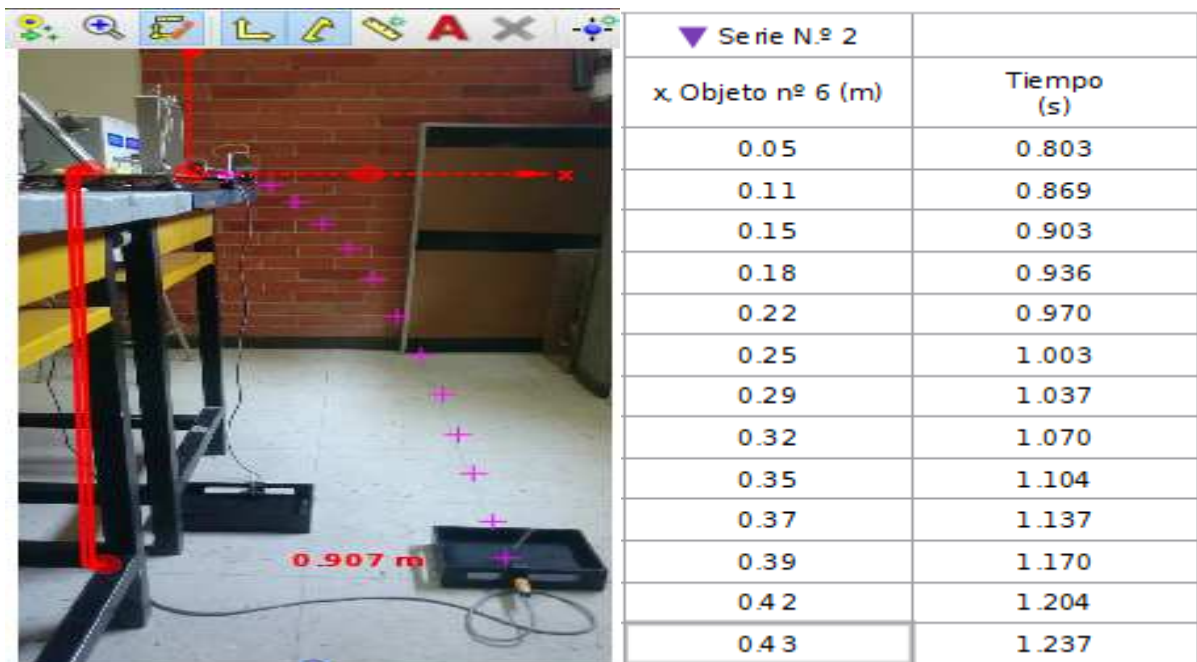


Fig. 6.3 Descripción del movimiento en el análisis de video para la segunda distancia.

Tabla 6.5 Tiempos tomados para la distancia 3.

Lectura	Tiempo T.P	$(x-\bar{x})$	$(x-\bar{x})^2$
1	0.438	0.00188	0.00000352
2	0.433	-0.00312	0.00000977
3	0.436	-0.00012	0.00000002
4	0.436	-0.00012	0.00000002
5	0.44	0.00388	0.00001502
6	0.434	-0.00212	0.00000452
7	0.436	-0.00012	0.00000002
8	0.436	-0.00012	0.00000002

De la tabla obtenemos la desviación estándar y el promedio para sacar los límites de control.

PROMEDIO	$\Sigma(x-\bar{x})^2$	S^2	S
0.4361	0.00003288	0.00000470	0.00216712

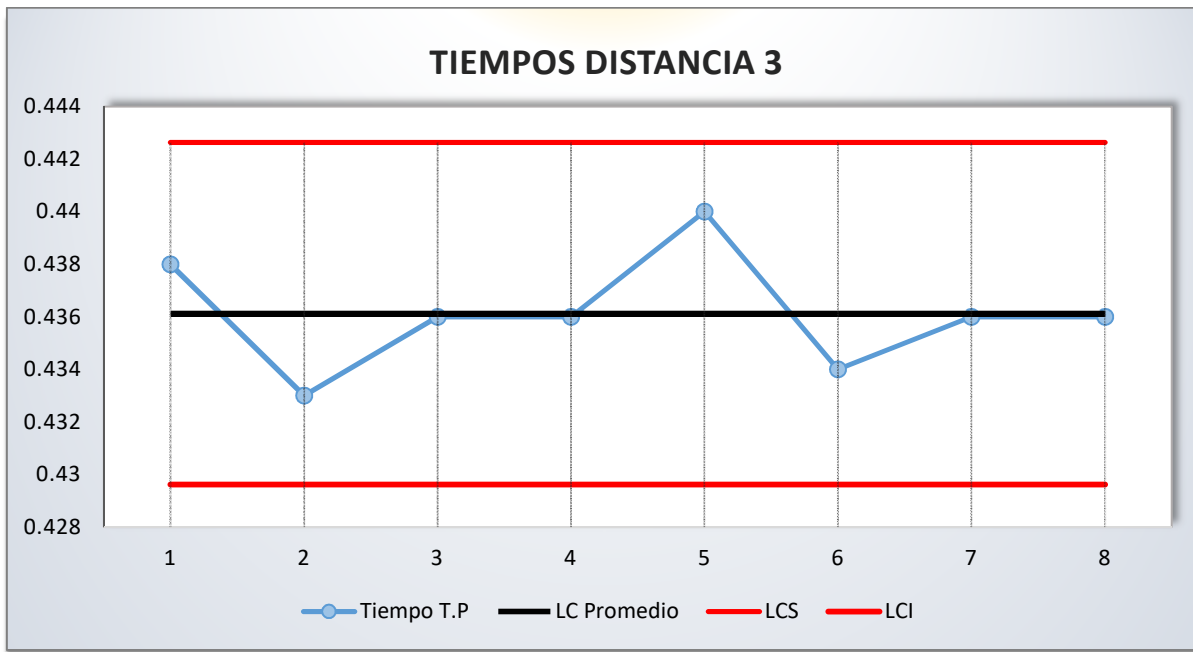
Límites a “3S”

$$LCS = 0.4361 + (3)(0.00216712) = 0.442277$$

$$LC = 0.4361$$

$$LCI = 0.4361 - (3)(0.00216712) = 0.42963$$

Gráfica 6.5 Tiempos del análisis de video para la tercera distancia.



Los resultados mostrados en la tabla y grafica para esta prueba son los siguientes:

- Todos los datos se encuentran dentro de los límites de control los cuales son 0.4296 a 0.4422 y teniendo una media de 0.4361.
- La variación obtenida gracias a los límites de control es de 0.01314 segundos.
- Los puntos más cercanos a caer fuera de los límites de control fue el punto 5 con 0.44 y el punto 2 con 0.433.
- Obteniendo la velocidad para la tercera distancia tenemos que $V = 0.9860$ m/s.

Para comprobar la variación de los datos y ver si estos son confiables se obtendrá el coeficiente de variación.

$$C.V. = (S / \bar{x}) (100) = (0.002165 / 0.43612) (100) = 0.49 \%$$

Como el porcentaje de los datos es muy bajo se dice que los datos obtenidos serán homogéneos y por lo tanto son datos muy confiables.

El análisis de video para la cuarta lectura nos muestra una menor distancia que las anteriores, esta distancia es de 0.28m como se muestra en la tabla y los tiempos se obtuvieron restando el último valor de la tabla menos el menor.

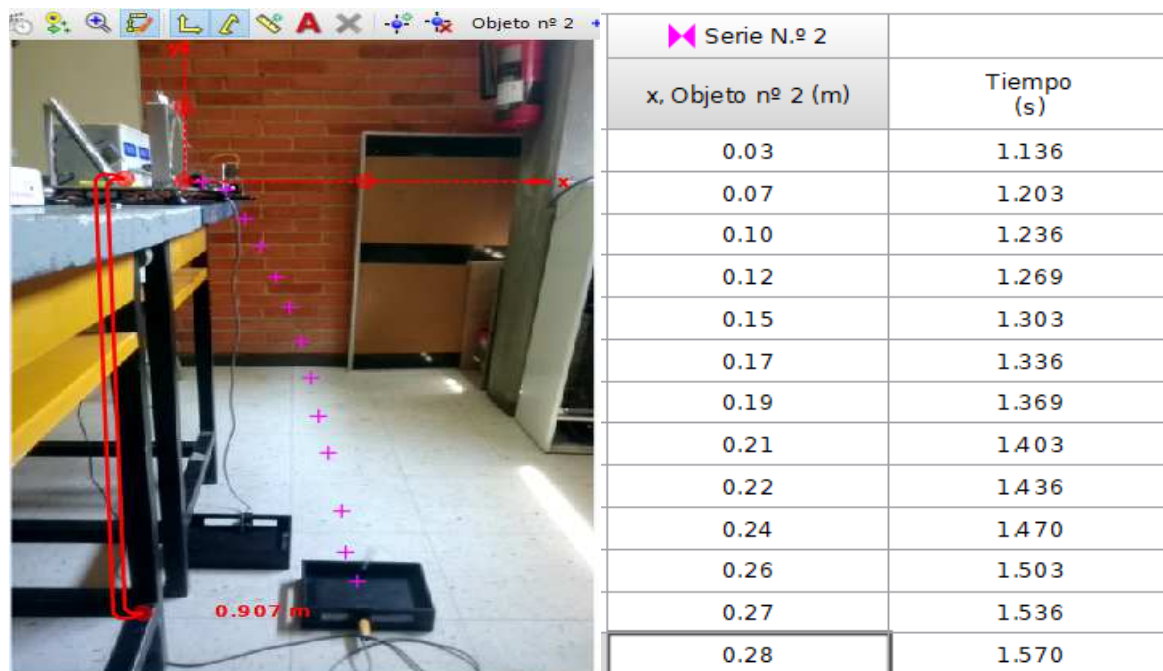


Fig.6.4 Descripción del movimiento en el análisis de video para la segunda distancia.

Tabla 6.6 Tiempos tomados para la distancia 4.

Lectura	Tiempo T.P	$(x-\bar{x})$	$(x-\bar{x})^2$
1	0.434	-0.00013	0.00000002
2	0.432	-0.00213	0.00000452
3	0.429	-0.00513	0.00002627
4	0.433	-0.00113	0.00000127
5	0.438	0.00387	0.00001502
6	0.434	-0.00013	0.00000002
7	0.439	0.00487	0.00002377
8	0.434	-0.00013	0.00000002

De la tabla obtenemos la desviación estándar y el promedio para sacar los límites de control.

PROMEDIO	$\Sigma(x-\bar{x})^2$	S^2	S
0.4341	0.00007088	0.00001013	0.00318198

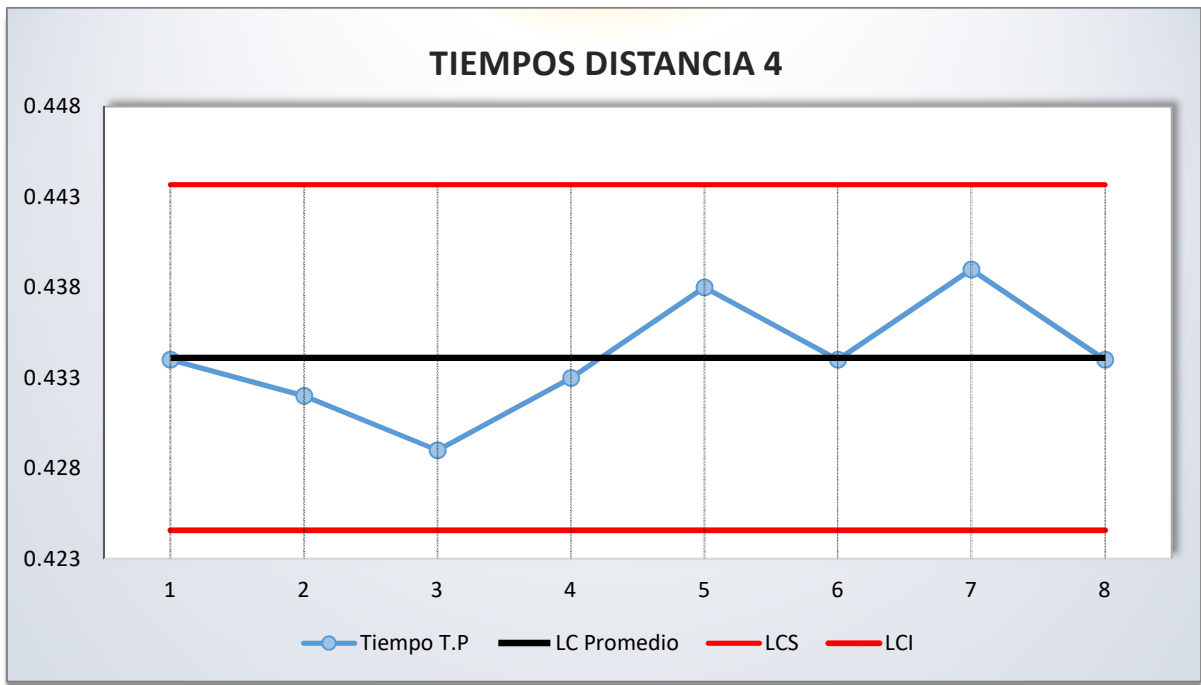
Límites a “3S”

$$LCS = 0.4341 + (3)(0.00318198) = 0.443659$$

$$LC = 0.4341$$

$$LCI = 0.4341 - (3)(0.00318198) = 0.42459$$

Gráfica 6.7 Tiempos del análisis de video para la tercera distancia.



Los resultados mostrados en la tabla y grafica para esta prueba son los siguientes:

- Todos los datos se encuentran dentro de los límites de control los cuales son 0.4245 a 0.4436 y teniendo una media de 0.4341.
- La variación obtenida gracias a los límites de control es de 0.019 segundos.
- Los puntos más cercanos a caer fuera de los límites de control fue el punto 7 con 0.439 y el punto 3 con 0.432.
- Obteniendo la velocidad para la tercera distancia tenemos que $V = 0.6450$ m/s.

Para comprobar la variación de los datos y ver si estos son confiables se obtendrá el coeficiente de variación.

$$C.V. = (S / \bar{x}) (100) = (0.003178 / 0.43412) (100) = 0.73 \%$$

Como el porcentaje de los datos es muy bajo se dice que los datos obtenidos serán homogéneos y por lo tanto son datos muy confiables.

De las siguientes tablas de datos arrojados por el análisis de video se elaboraron las gráficas para los movimientos con el fin de observar su comportamiento y las relaciones que guardan a la hora de efectuarse.

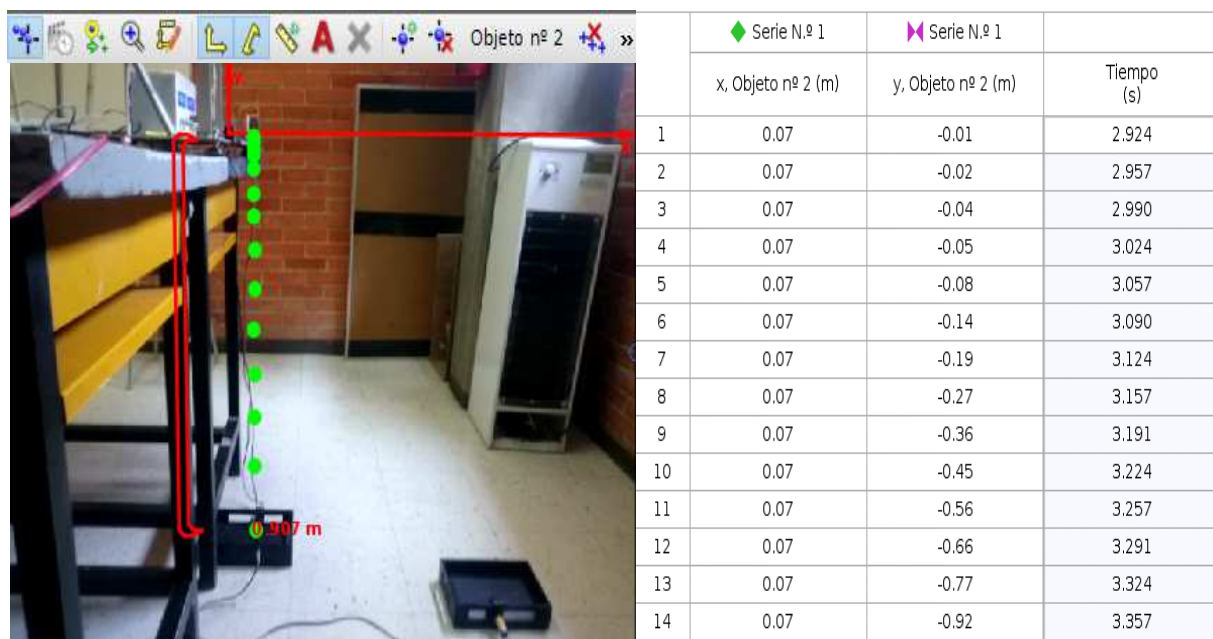
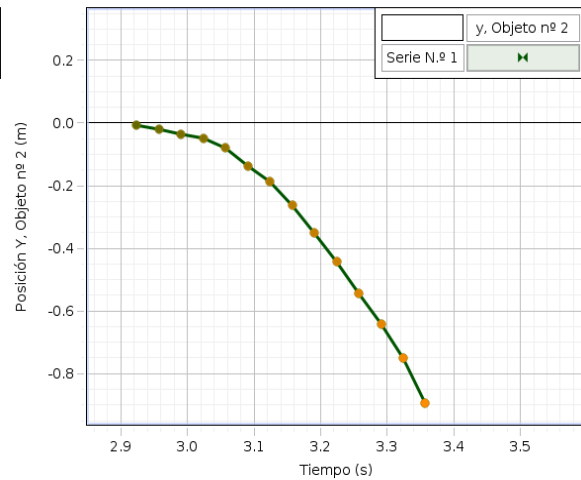
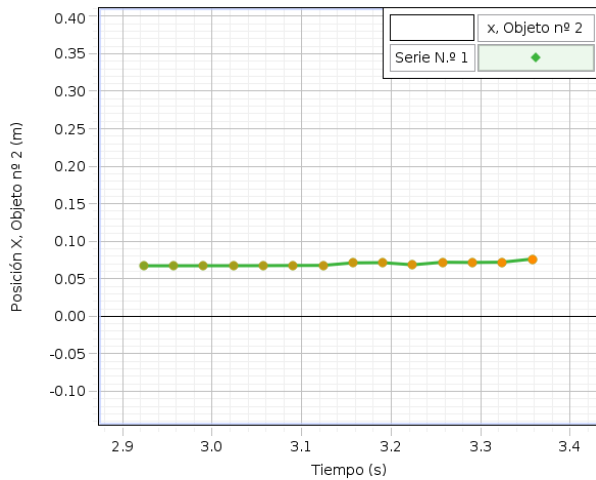


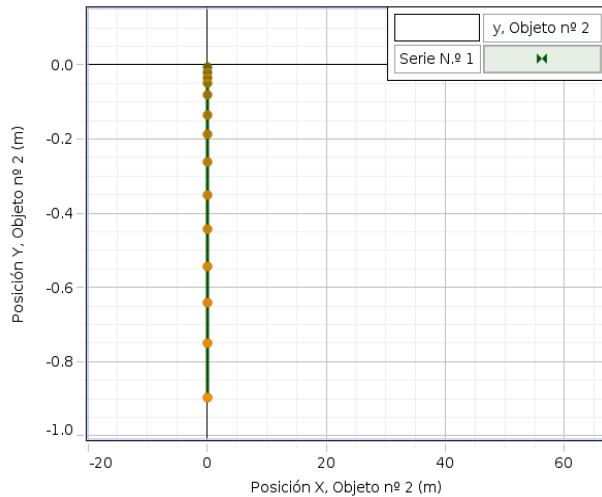
Fig.6.5 Datos arrojados por el análisis de video para la caída libre.

Gráficas 6.8 Gráficas para caída libre, respecto al movimiento del eje x en el tiempo, el movimiento del eje y en el tiempo, y la descripción del movimiento en los dos ejes.



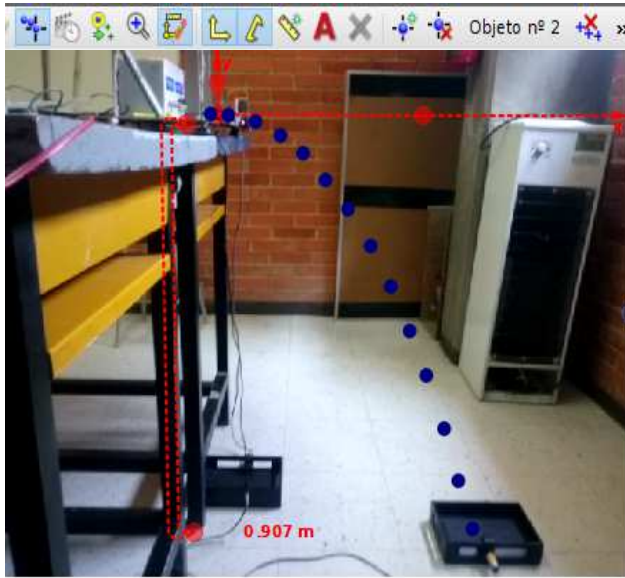
Posición respecto al tiempo en el eje horizontal de C.L.

Posición en el eje vertical respecto al tiempo de C.L.



Posición x y para C.L.

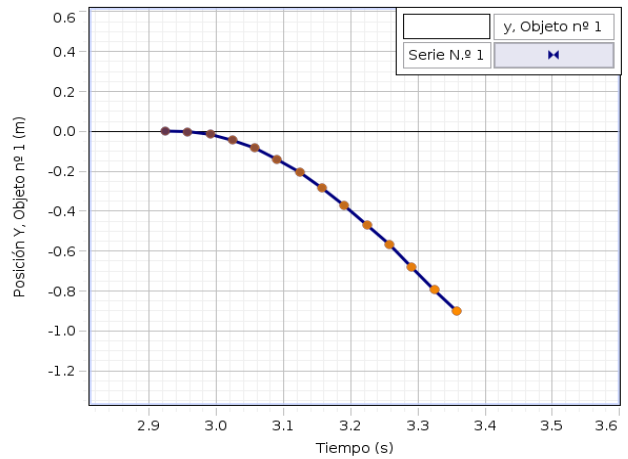
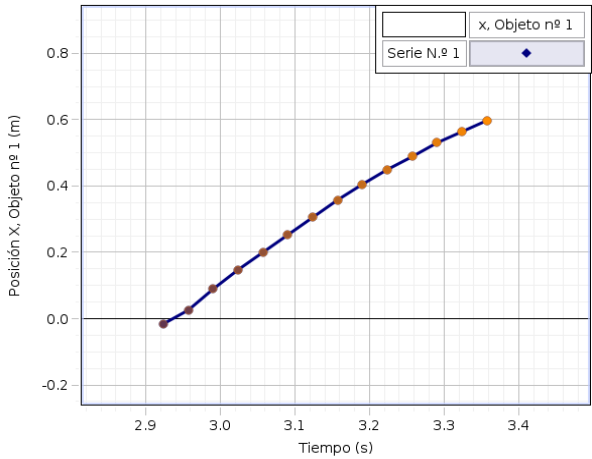
- En la gráfica de posición en el eje “x” podemos observar que no hay movimiento en este eje debido a que el balón describe una trayectoria recta
- En la segunda gráfica que es la de posición respecto a el eje “y” observamos que el balón va incrementando su velocidad, esto es debido a la fuerza de gravedad que actúa sobre este.
- En la tercer gráfica observamos la trayectoria que describe el balón en un sistema de dos dimensiones en el cual recorre una trayectoria recta hacia abajo, siendo esta distancia de 0.92m en un tiempo de 0.433 segundos



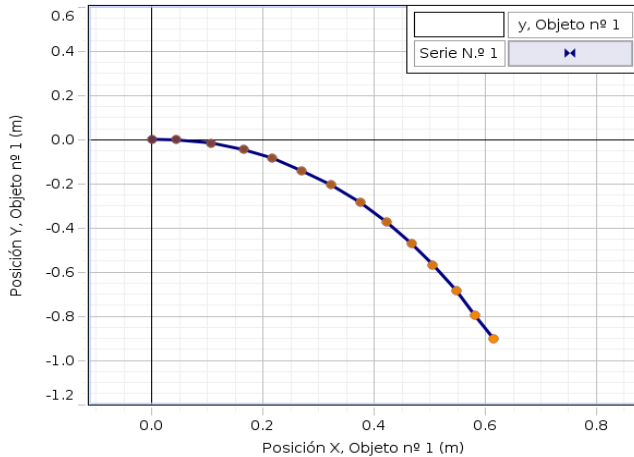
	◆ T.P. Distancia en x	▼ T.P. Distancia en y	Tiempo (s)
	x, Objeto nº 1 (m)	y, Objeto nº 1 (m)	
1	-0.02	0.00	2.924
2	0.03	0.00	2.957
3	0.09	-0.02	2.990
4	0.15	-0.05	3.024
5	0.20	-0.09	3.057
6	0.26	-0.15	3.090
7	0.31	-0.21	3.124
8	0.36	-0.29	3.157
9	0.41	-0.39	3.191
10	0.45	-0.48	3.224
11	0.49	-0.58	3.257
12	0.53	-0.70	3.291
13	0.56	-0.82	3.324
14	0.60	-0.92	3.357

Fig. 6.5 Datos arrojados por el análisis de video para el tiro parabólico.

Gráficas 6.8 Gráficas de tiro parabólico, respecto al movimiento del eje x en el tiempo, el movimiento del eje y en el tiempo, y la descripción del movimiento en los dos ejes.



Posición en el eje x respecto al tiempo de T.P.



Posición en el eje Y respecto al tiempo de T.P.

Posición respecto a los dos ejes de T.P.

- En la gráfica de posición en el eje “x” podemos observar que la distancia se va incrementando de forma constante respecto al tiempo, esto debido a que se tiene una velocidad constante del objeto sobre este eje.
- En la segunda gráfica que es la de posición respecto a el eje “y” observamos que el balón va incrementando su velocidad, esto es debido a la fuerza de gravedad que actúa sobre este; como observamos también este comportamiento también lo tiene el movimiento de caída libre.
- En la tercer gráfica observamos la trayectoria que describe el balón en un sistema de dos dimensiones en el cual recorre una trayectoria en forma de parábola siendo esta distancia recorrida en el eje vertical de 0.92m y sobre el eje horizontal de 0.6m en un tiempo de 0.433 segundos
- De la tercera gráfica podemos obtener su ecuación, teniendo el vértice que es donde inicia el movimiento en (-0.02, 0) y un punto por donde pasa (0.27, -0.42)

La ecuación que resulta es:

$$X^2 + 0.04x + 0.51y + 0.0004 = 0$$

La cual es la fórmula de una parábola vertical de la forma:

$$X^2 + Dx + Ey + F = 0$$

Los resultados arrojados durante los tres ejercicios de estudio comprueban que los datos obtenidos son confiables y con una variabilidad muy baja lo cual indica que se obtendrán datos más precisos.

6.2 Propuesta de práctica

Se elaboró una propuesta de practica en la cual se indica el procedimiento para armar el prototipo, también se describen los pasos a seguir para la realización de la experimentación incluyendo un previío de análisis teórico, en esta también se incluyó un análisis del video el cual servirá como medio de comparación para los datos. Para probar la metodología de la práctica se realizó una prueba con alumnos de un grupo de física con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

PRACTICA: “ANÁLISIS DEL TIRO PARABÓLICO Y LA CAÍDA LIBRE”

SEMESTRE LECTIVO:

ALUMNO	NUMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR (NOMBRE Y FIRMA)		

CONCEPTO		CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (investigar y comprender)	(20%)	
Aprender a usar los equipos	(20%)	
Trabajo en equipo	(20%)	
Comparación y análisis de resultados	(20%)	
Redacción y presentación de reporte	(20%)	

CALIFICACIÓN FINAL	
---------------------------	--

PRÁCTICA: “ANÁLISIS DEL TIRO PARABÓLICO Y LA CAÍDA LIBRE”

Objetivos

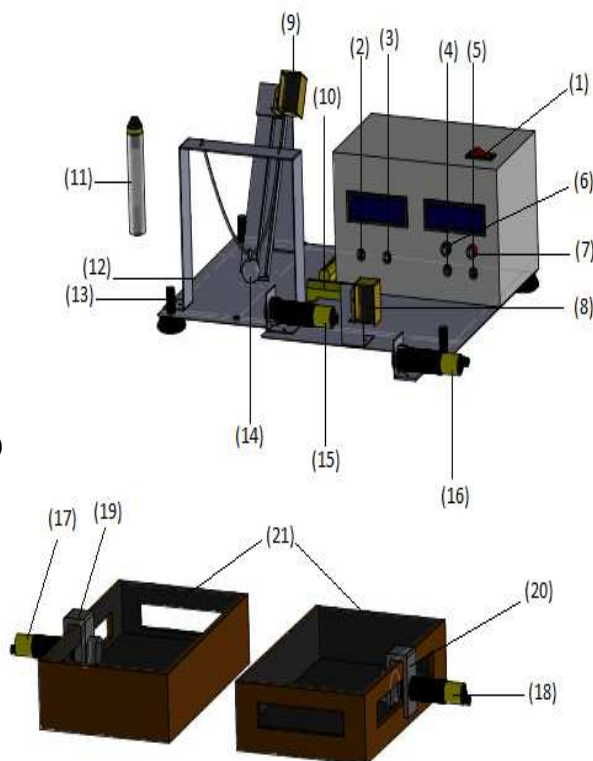
- Observar y analizar de forma experimental los movimientos de tiro parabólico y caída libre.
- Que el alumno llegue a las conclusiones de las relaciones que existen entre los dos movimientos, mediante la comparación de los datos obtenidos de manera teórica y los obtenidos de forma experimental.

MATERIAL Y EQUIPO

- Prototipo para el análisis del Tiro Parabólico y la Caída Libre (sensores, balines, cajas, etc.)
- Fuente de C.D.
- Voltímetro
- Cables de conexión
- Cinta métrica

COMPONENTES DEL PROTOTIPO

23. Interruptor
24. Conector 1 (inicio del cronómetro 1)
25. Conector 2 (paro del cronómetro 1)
26. Conector 3 (inicio del cronómetro 2)
27. Conector 4 (paro del cronómetro 2)
28. Conector de alimentación (-)
29. Conector de alimentación (+)
30. Electroimán de caída libre
31. Electroimán de tiro parabólico
32. Niveles
33. Gatillo
34. Conector 5 (alimentación del gatillo)
35. Pata niveladora
36. Péndulo
37. Sensor 1 (inicio del cronómetro 1)
38. Sensor 2 (paro del cronómetro 1)
39. Sensor 3 (inicio del cronómetro 2)
40. Sensor 4 (paro del cronómetro 2)
41. Soporte del sensor 3
42. Soporte del sensor 4
43. Cajas amortiguadoras



ARMADO DEL PROTOTIPO

- a) Arme el prototipo para el análisis de los movimientos como se muestra en la figura.

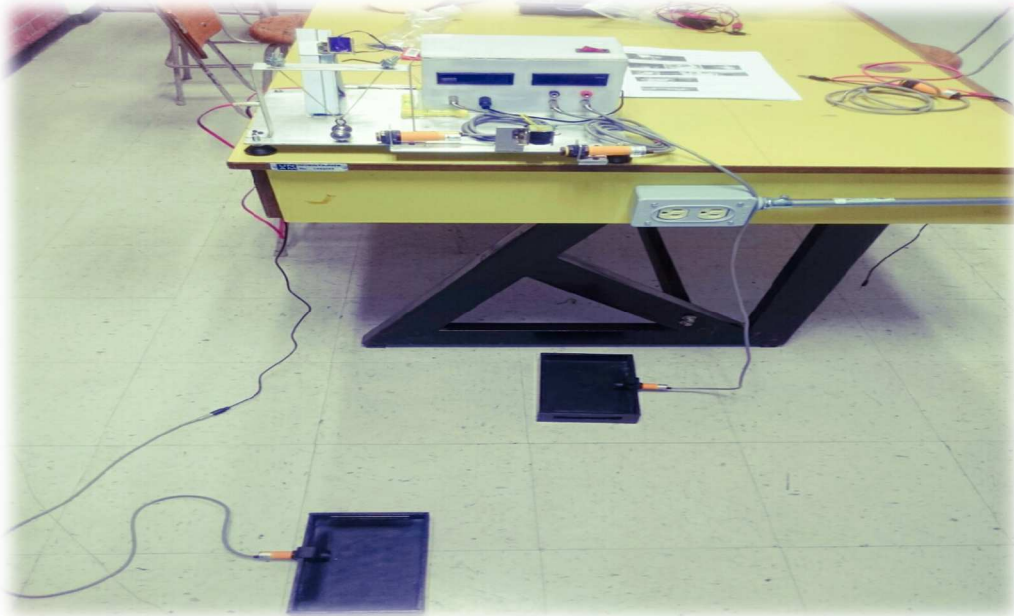


Fig.1.1 Prototipo armado.

- b) Verifique que la mesa donde se colocó el prototipo se encuentre nivelada, en caso contrario gire las patas niveladoras hasta que las burbujas de las capsulas se encuentren centradas tal y como se muestra en las figuras 1.2 y 1.3.

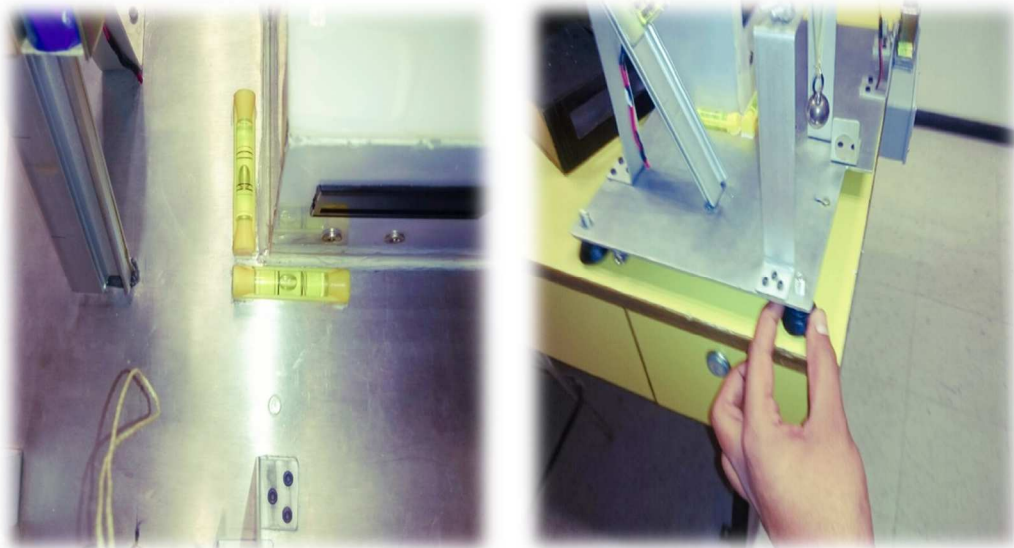


Fig.1.2 Revisión del nivel del prototipo. Fig.1.3 Se ajusta con las patas niveladoras.

- c) Enrosque el sensor 1 en el soporte de tiro parabólico y el sensor 3 en el soporte de caída libre como se muestra en las figuras.

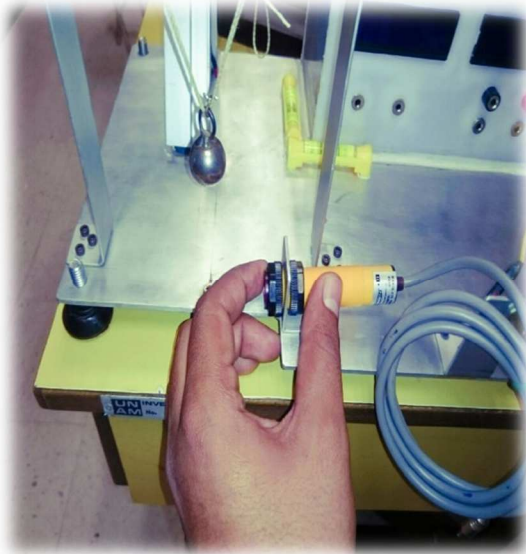


Fig.1.4 Colocación del sensor 1.

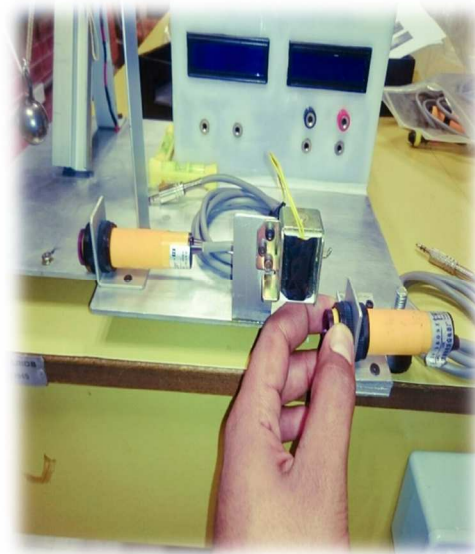


Fig. 1.5 Colocación del sensor 2.

- d) Enrosque el sensor 2 entre el soporte y la caja amortiguadora de tiro parabólico, enrosque el sensor 4 entre el soporte y la caja de amortiguadora de caída libre como lo indicado en la fig. 1.6.



Fig.1.6 Colocación de los sensores de paro del cronómetro en sus respectivas cajas amortiguadoras.

- e) Agregue la extensión del cable auxiliar al sensor 2 y si es necesario al sensor 4, esto para lograr la longitud adecuada, acople los sensores a sus respectivos conectores, es decir sensor 1 a conector 1 sensor 2 a conector 2; tal y como se observa en la fig.1.7.

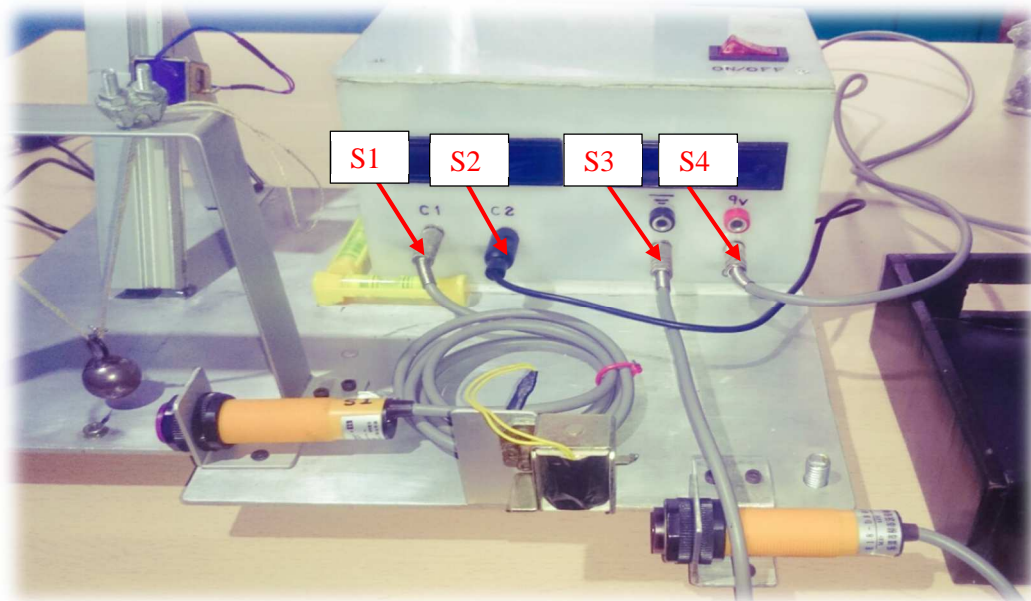


Fig.1.7 Conexión de los sensores en el prototipo.

- f) Ajuste el electroimán del tiro parabólico a la altura deseada aflojando los tornillos con una llave Allen y deslice el electroimán, una vez que obtenga la altura deseada apriete los tornillos, esta distancia se debe cambiar antes de tomar cada una de las 4 lecturas de los cronómetros, esto cambio solo es para el caso del tiro parabólico.

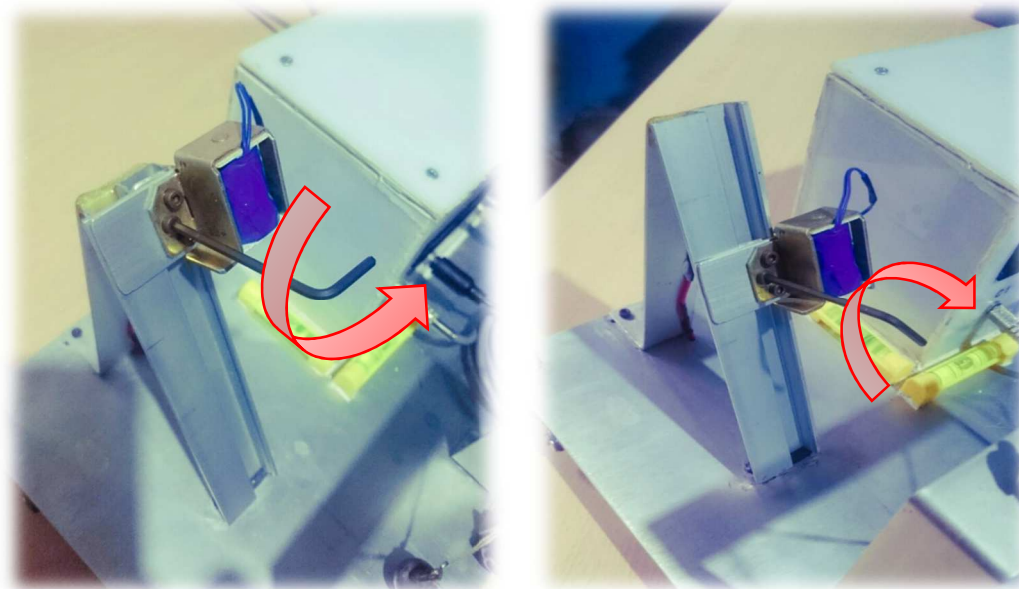


Fig.1.8 y 1.9 Cambio de altura del electroimán de tiro parabólico.

- g) Conecte un extremo del cable auxiliar al gatillo y el otro extremo al conector 5 como se muestra en las figuras 1.10 y 1.11.

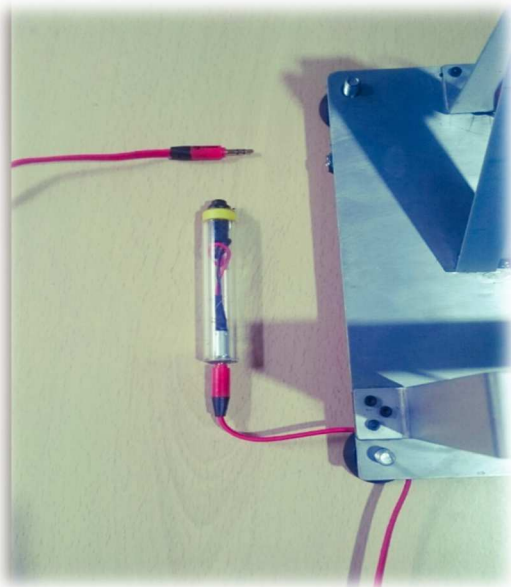


Fig.1.10 Conexión del cable auxiliar al gatillo.

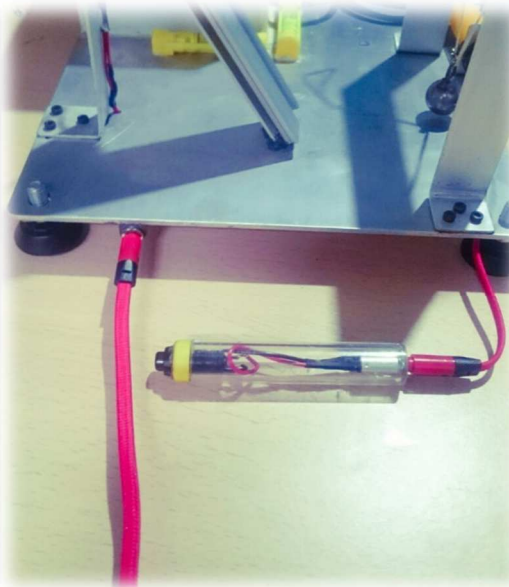


Fig.1.11 Conexión del cable auxiliar al conector 5.

- h) Proceda a conectar la pila de 9v a la alimentación del gatillo, pulse el gatillo una sola vez para activar el electroimán.

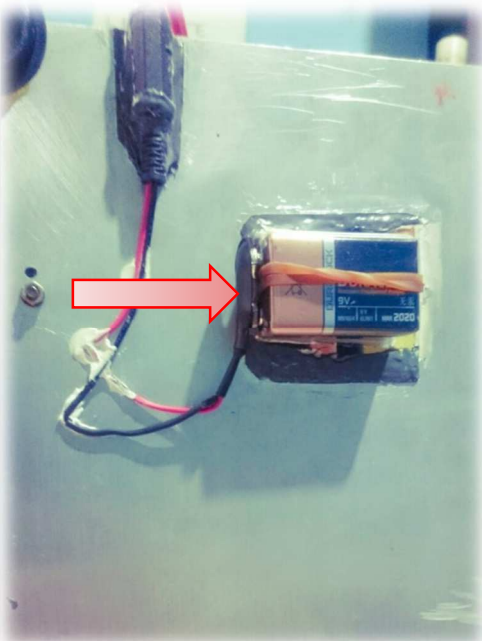


Fig.1.12 Conexión de la pila de 9v.

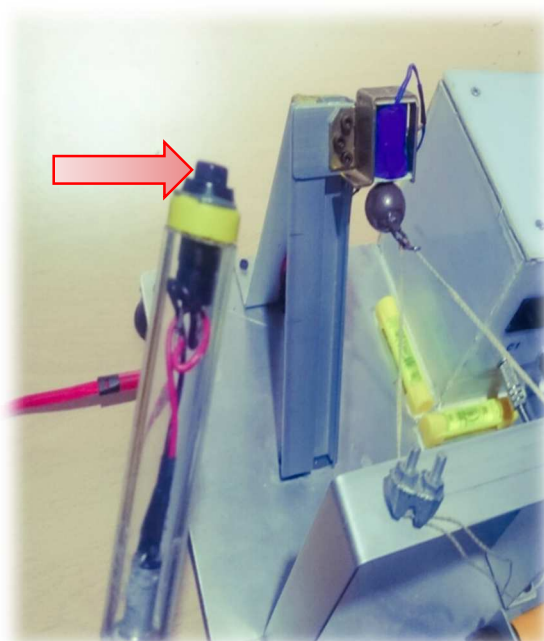


Fig.1.13 Encendido del electroimán de T.P.

- i) Lleve el péndulo hasta el electroimán para que este sea atraído, como se muestra en la figura 1.14.

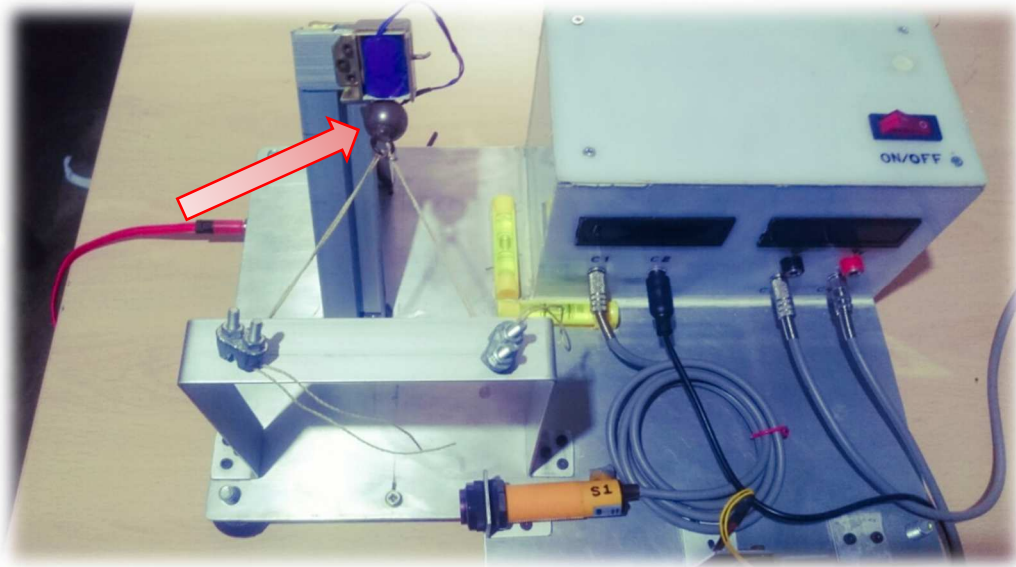


Fig.1.14 Colocación del péndulo en su posición inicial.

- j) Coloque las dos cajas amortiguadoras a las distancias de caída antes calculadas en el cuestionario previo.



Fig.1.15 Colocación de las cajas amortiguadoras para anticipar de la caída de los balines.

- k) A continuación Coloque el balón de tiro parabólico en su posición inicial, con la cinta métrica tome lectura de la medida que hay del balón hacia la caja amortiguadora, ya que esta será la constante de altura **H**.

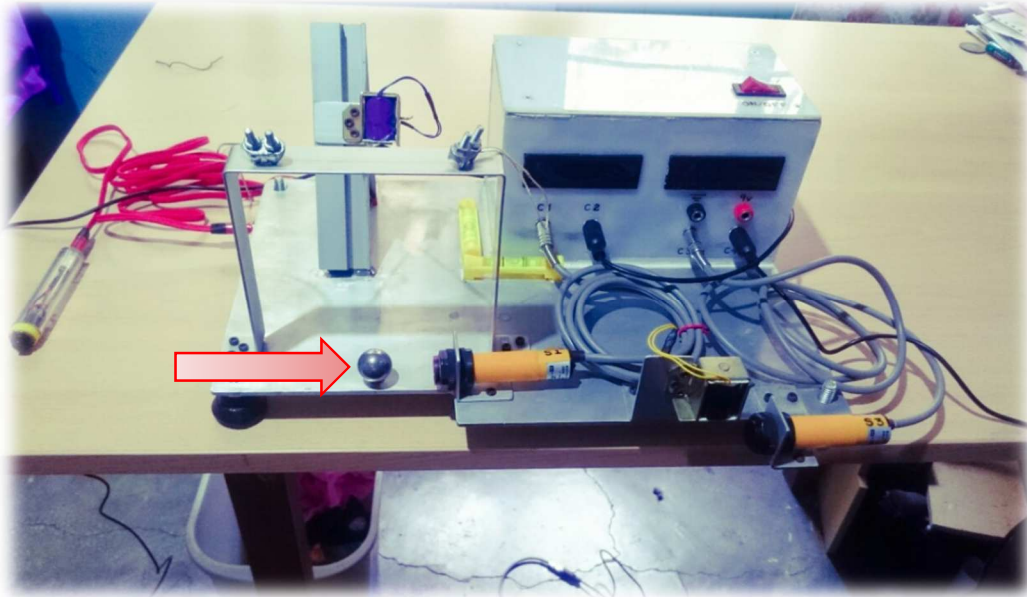


Fig.1.16 Colocación del balón de tiro parabólico.

- h) Ajuste la fuente de corriente directa a 9 volts y conecte la alimentación del prototipo teniendo cuidado en la polaridad indicada, pulse el interruptor del prototipo para encenderlo.

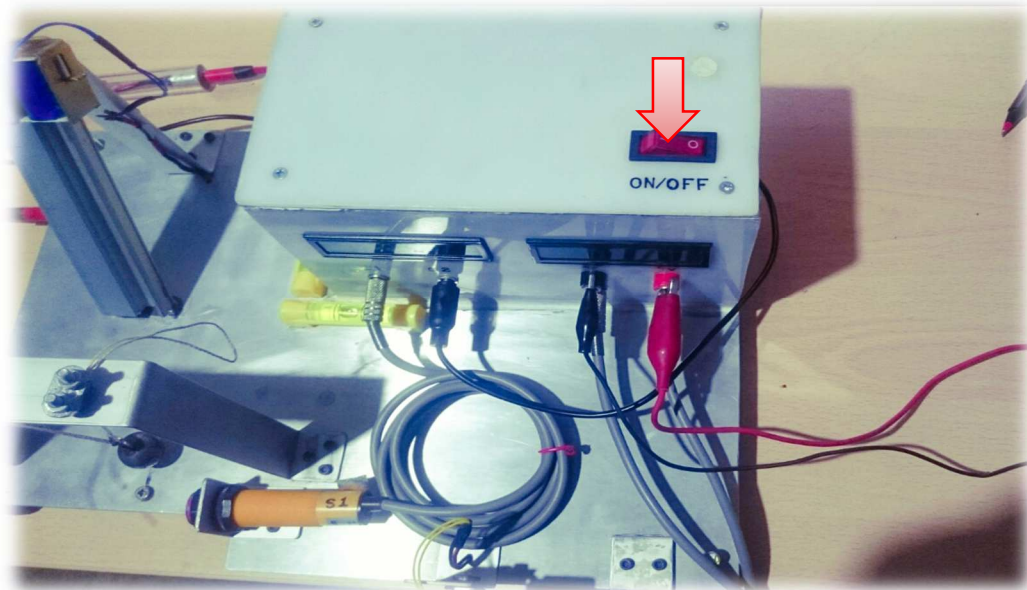


Fig.1.17 Alimentación del prototipo.

- i) Coloque el balón de caída libre, mida con el flexómetro la altura de este hacia la caja amortiguadora, este debe de coincidir con la altura medida anteriormente para el balón de tiro parabólico ya que esta será nuestra constante H .

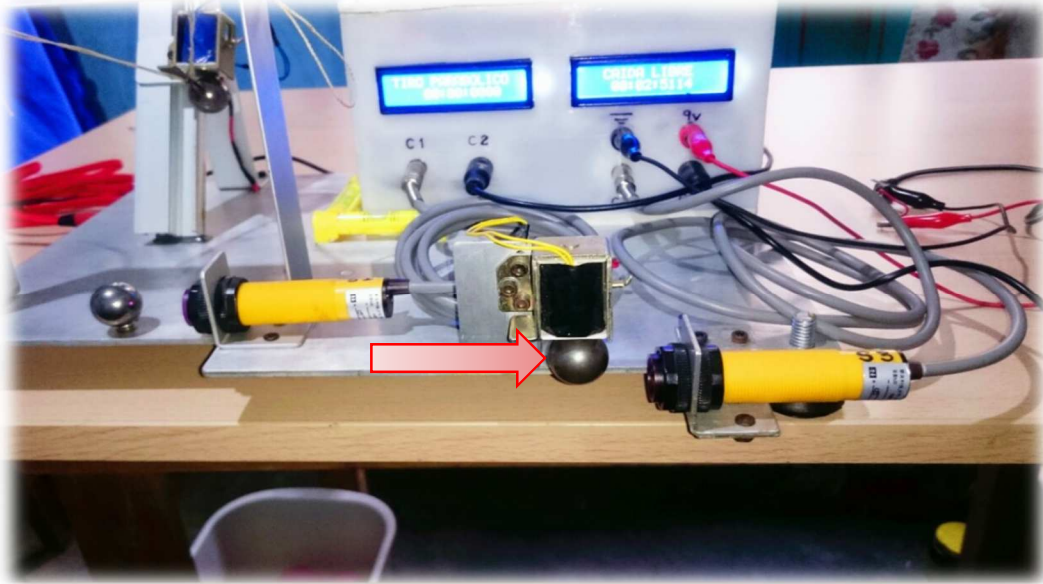


Fig.1.18 Colocación del balón de caída libre.

- j) Para iniciar los movimientos solo se vuelve a presionar el gatillo.

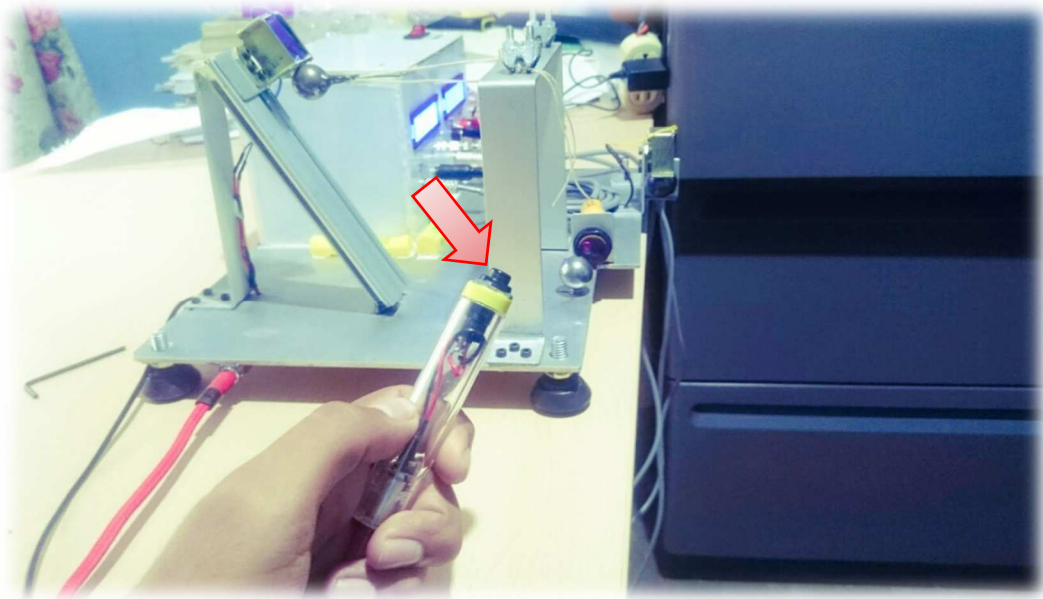


Fig.1.19 Pulse el gatillo para dar inicio al experimento.

Fórmulas de tiro parabólico

Posición en el eje vertical

$$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}gt^2;$$

Donde: y = posición final respecto al eje vertical (m)
 y_0 = posición inicial respecto al eje vertical (m)
 v_{0y} = velocidad inicial en el eje vertical (m/s)
 t = tiempo de trayecto (s)
 g = aceleración de la gravedad (m/s^2)

Posición en el eje horizontal

$$x = x_0 + v_x t;$$

Donde: x = distancia recorrida horizontalmente (m)
 x_0 = posición inicial respecto al eje horizontal (m)
 v_x = velocidad en el eje horizontal (m/s)
 t = tiempo de trayecto (s)

Velocidad de impacto

$$v_y^2 = v_{0y}^2 + 2gH;$$

Donde: v_{0y} = velocidad inicial en el eje horizontal (m/s)
 v_y = velocidad de impacto (m/s)
 H = altura desde la que se deja caer el cuerpo (m)

Fórmulas de caída libre

Posición en el eje vertical

$$H = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2;$$

Donde: H = altura desde la que se deja caer el cuerpo (m)
 g = aceleración de la gravedad (m/s^2)
 t = tiempo de trayecto (s)
 v_0 = velocidad inicial (m/s)

Velocidad de impacto

$$v_y = v_0 + gt;$$

Donde: v_y = velocidad de impacto (m/s)
 g = aceleración de la gravedad (m/s^2)
 t = tiempo de trayecto (s)
 v_0 = velocidad inicial (m/s)

CUESTIONARIO PREVIO

Obtenga los datos solicitados en las tablas teniendo en cuenta las fórmulas anteriores y el siguiente esquema de los movimientos.

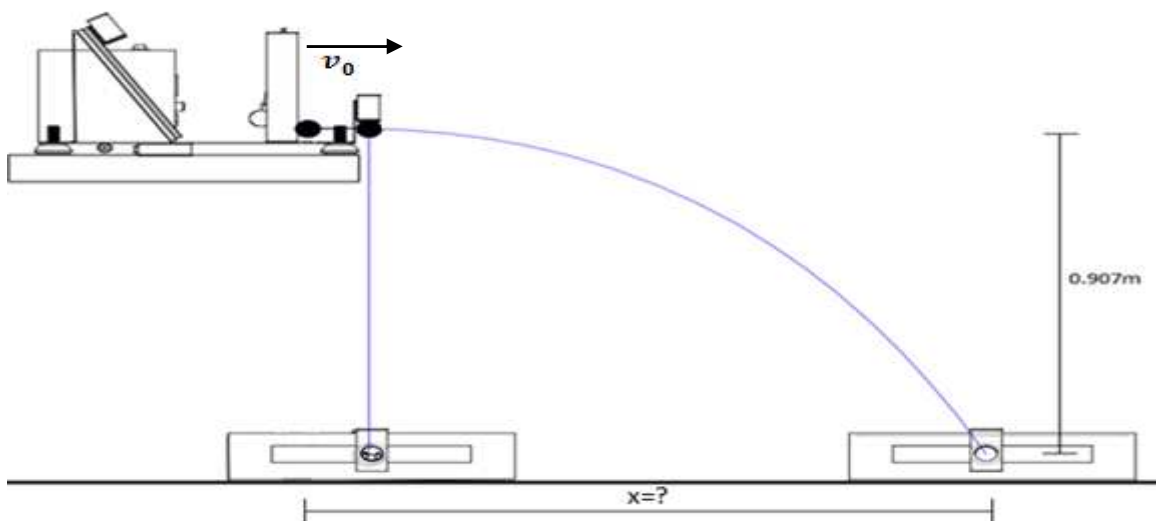


Fig.1.20 Diagrama de los movimientos.

Tabla 1.1 Datos teóricos para el movimiento de caída libre.

	H(m)	t(s)	v_y(m/s)
1	0.907	0.430	4.218
2	0.907	0.430	4.218
3	0.907	0.430	4.218
4	0.907	0.430	4.218

Tabla 1.2 Datos teóricos para el movimiento de tiro parabólico.

	v_0(m/s)	H(m)	t(s)	x(m)	v_y(m/s)
1	1.3994	0.907	0.430	0.601	4.218
2	1.2273	0.907	0.430	0.527	4.218
3	0.9520	0.907	0.430	0.409	4.218
4	0.5964	0.907	0.430	0.2564	4.218

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Una vez armado el prototipo correctamente, con la cinta métrica mida la altura de la mesa de trabajo desde donde caerán los balines (H), registre los tiempos arrojados por el prototipo (t), y para el caso de tiro parabólico mida la distancia recorrida en el eje horizontal (dx); obtenga los promedios de los tiempos y recopile los datos en las siguientes tablas, se deben hacer cuatro tomas de lectura cambiando en cada procedimiento la altura del péndulo ajustando esta mediante el electroimán de tiro parabólico; **grabe un video del experimento para su posterior análisis.**

Tabla 1.1. Datos recopilados durante la primera experimentación para el movimiento de caída libre.

	H(m)	t(s)
1	0.907	0.438
2	0.907	0.436
3	0.907	0.432
4	0.907	0.437
Promedio		0.437

Tabla 1.2. Datos recopilados durante la primera experimentación para el movimiento de tiro parabólico.

	H(m)	t(s)	x(m)
1	0.907	0.434	0.608
2	0.907	0.433	0.608
3	0.907	0.433	0.608
4	0.907	0.435	0.608
Promedio		0.433	

Tabla 1.3 Datos recopilados durante la segunda experimentación para el movimiento de caída libre.

	H(m)	t(s)
1	0.907	0.433
2	0.907	0.431
3	0.907	0.437
4	0.907	0.433
Promedio		0.433

Tabla 1.4 Datos recopilados durante la segunda experimentación para el movimiento de tiro parabólico.

	H(m)	t(s)	x(m)
1	0.907	0.435	0.532
2	0.907	0.434	0.532
3	0.907	0.435	0.532
4	0.907	0.433	0.532
Promedio		0.434	

Tabla 1.5 Datos recopilados durante la tercera experimentación para el movimiento de caída libre.

	H(m)	t(s)
1	0.907	0.427
2	0.907	0.436
3	0.907	0.432
4	0.907	0.431
Promedio		0.431

Tabla 1.6 Datos recopilados durante la tercera experimentación para el movimiento de tiro parabólico.

	H(m)	t(s)	x(m)
1	0.907	0.434	0.415
2	0.907	0.437	0.415
3	0.907	0.437	0.415
4	0.907	0.436	0.415
Promedio		0.436	

Tabla 1.7 Datos recopilados durante la cuarta experimentación para el movimiento de caída libre.

	H(m)	t(s)
1	0.907	0.430
2	0.907	0.433
3	0.907	0.433
4	0.907	0.435
Promedio		0.432

Tabla 1.8 Datos recopilados durante la cuarta experimentación para el movimiento de tiro parabólico.

	H(m)	t(s)	x(m)
1	0.907	0.432	0.259
2	0.907	0.434	0.259
3	0.907	0.428	0.259
4	0.907	0.430	0.259
Promedio		0.431	

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DEL VIDEO

- 1) Encienda la computadora y ejecute el programa Pasco Capstone.

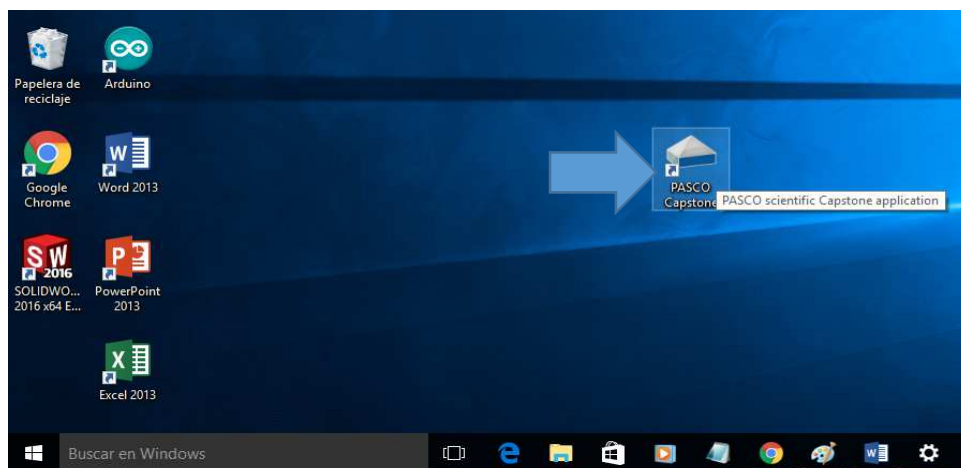


Fig.1.21 Arranque del programa Pasco Capstone.

- 2) Una vez abierto el programa elija una ventana, la más conveniente es la de dos pantallas pequeñas y una grande; la pantalla grande será para el análisis del video, y las pequeñas para la tabla de datos y las gráficas.

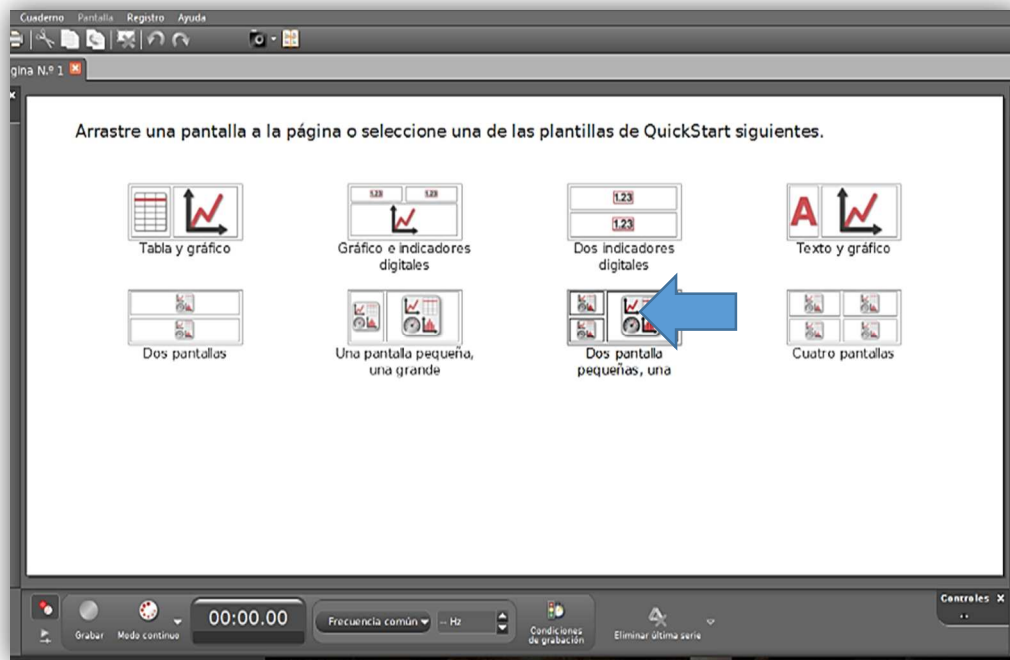


Fig.1.22 Elección de la opción de pantalla más conveniente a utilizar.

- 3) De clic sobre el icono que aparece sobre la pantalla grande, y seleccione la opción película en el menú que se despliega.

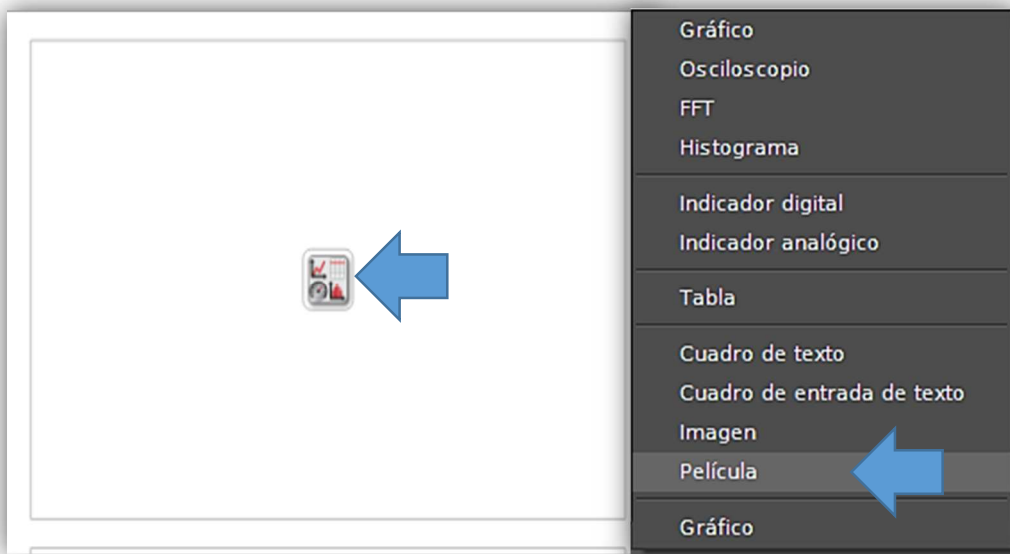


Fig.1.23 Insertar un video en la pantalla.

- 4) A continuación seleccione en la pantalla que aparece la opción de abrir archivo de películas, busque y seleccione el video, de clic en abrir.

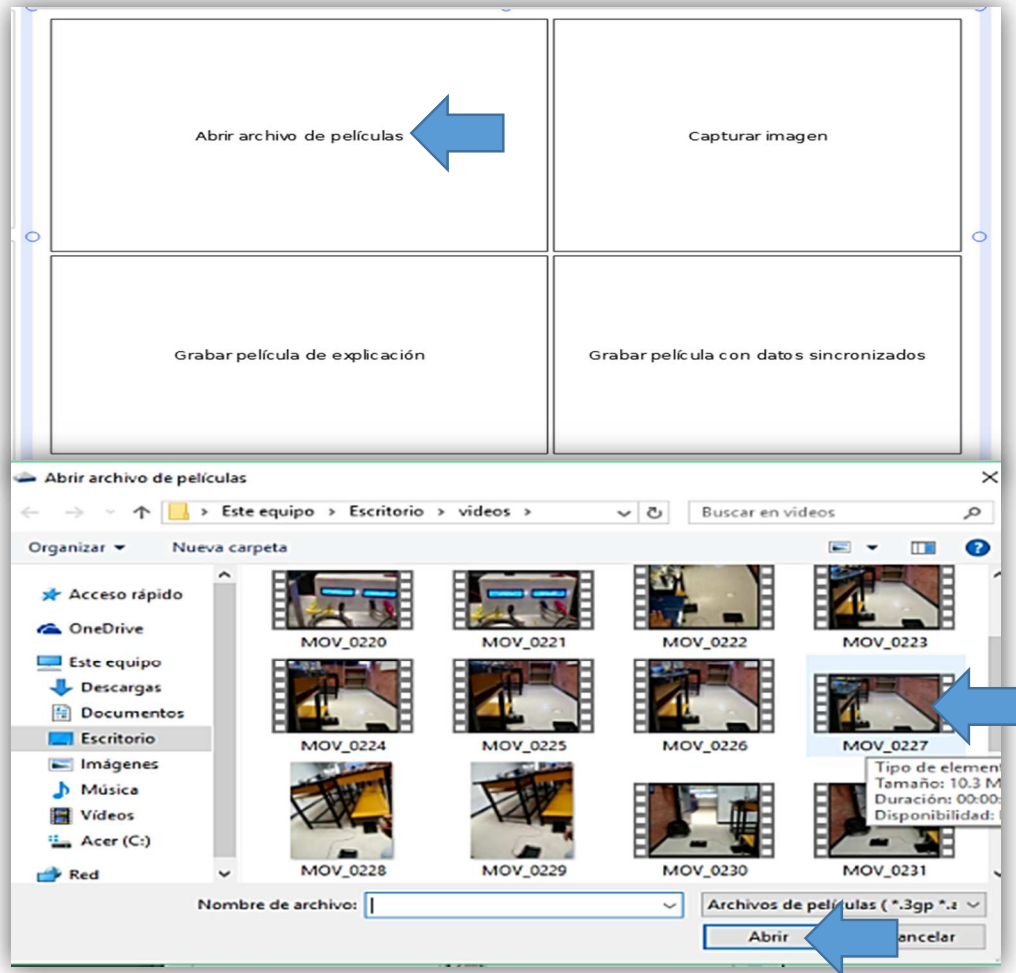


Fig.1.24 Elección del video a analizar en la pantalla.

- 5) Ubique en la barra de herramientas la opción de ingresar al modo análisis de video, y de clic en esta.

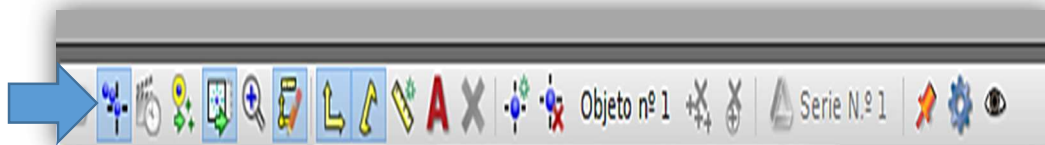


Fig.1.25 Inicio al modo análisis del video.

- 6) A continuación aparecerán las herramientas de análisis: la barra de calibración y el eje de coordenadas, tal y como se observa en la siguiente figura.

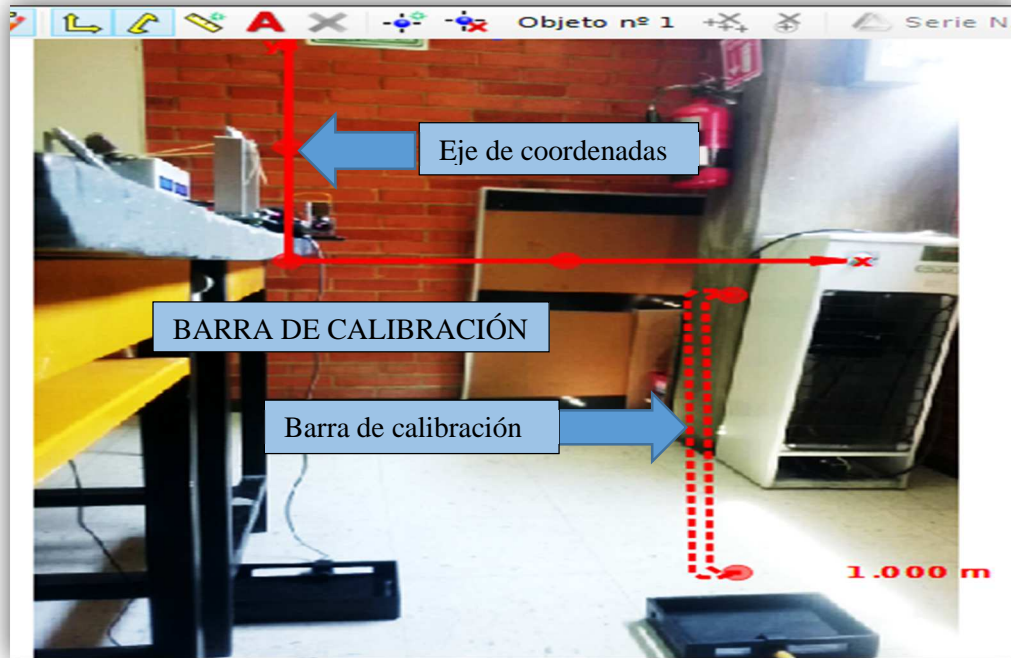


Fig.1.26 Identificación de las herramientas para el análisis.

- 7) Coloque el eje de coordenadas a la altura de los balines, posicione un extremo de la barra de calibración a la altura de salida de los balines y el otro al punto de caída como se observa en la figura.

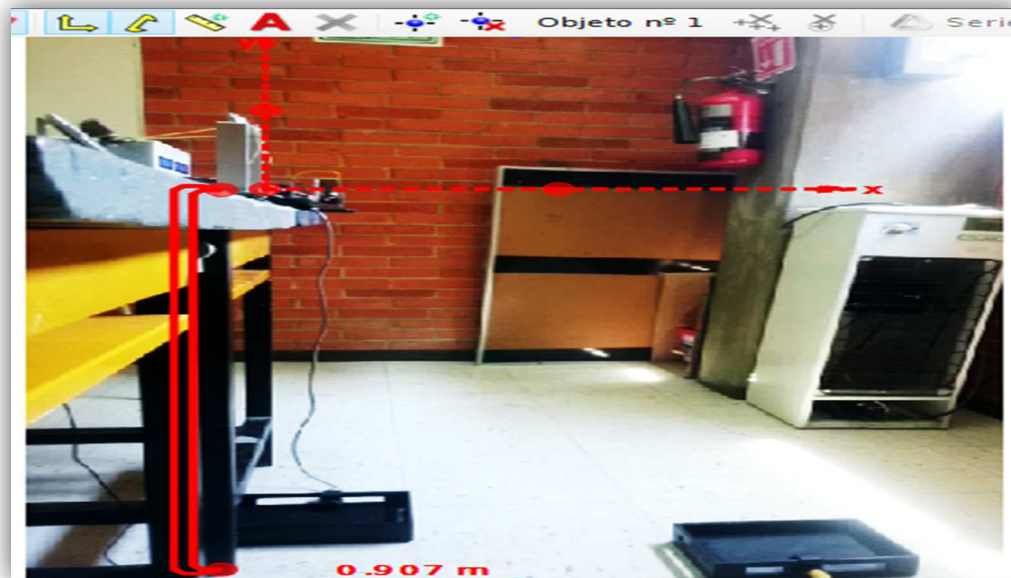


Fig.1.27 Colocación de las herramientas a para el análisis.

- 8) En la barra de herramienta localice y pulse el icono de propiedades, luego en la opción de herramientas de calibración introduzca la medida real, la cual es la altura de los balines respecto a el punto de caída, tome la medida con la cinta métrica la cual sería una **H** de **0.907**

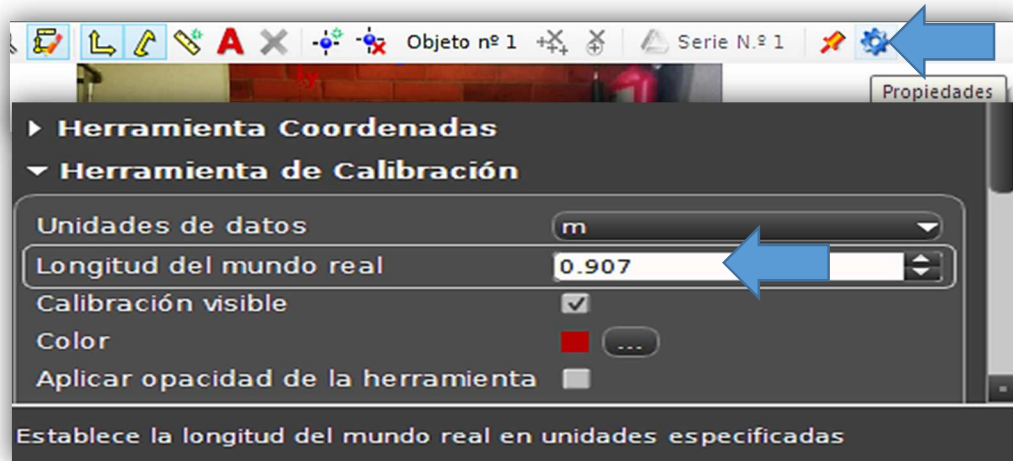


Fig.1.28 Calibración de las herramientas.

- 9) En la barra de herramientas busque y de clic en el icono de crear objeto seguido, con ayuda del menú de reproducción adelante hasta el momento del inicio del movimiento; apoyándose del botón zoom seleccione el primer objeto de análisis dando un primer clic sobre este, el cual sería el balón de tiro parabólico, avance el video y vuelva a dar clic, así hasta acabar de marcar el movimiento hasta el momento de impacto de este, se observara la trayectoria es marcada con unas cruces de color como en las siguiente figura.

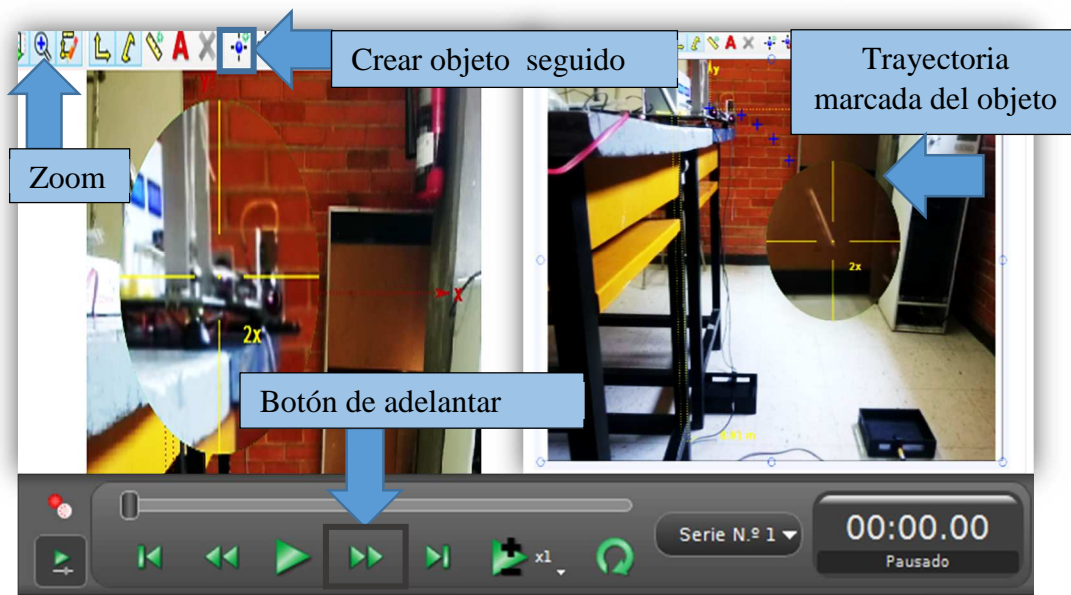


Fig.1.29 Procedimiento para marcar la trayectoria del primer objeto a analizar.

- 10) Para crear el segundo objeto seguido el cual representará el movimiento de caída libre, seleccione y de clic en la herramienta de crear objeto seguido, retroceda el video hasta el momento en que se inicia el movimiento, de clic sobre el balin y marque la trayectoria.



Fig.1.30 Creación y seguimiento del segundo objeto a analizar.

- 11) Para agregar una tabla de datos pulse clic en la segunda pantalla, se abra un menú, seleccione la opción de insertar tabla.

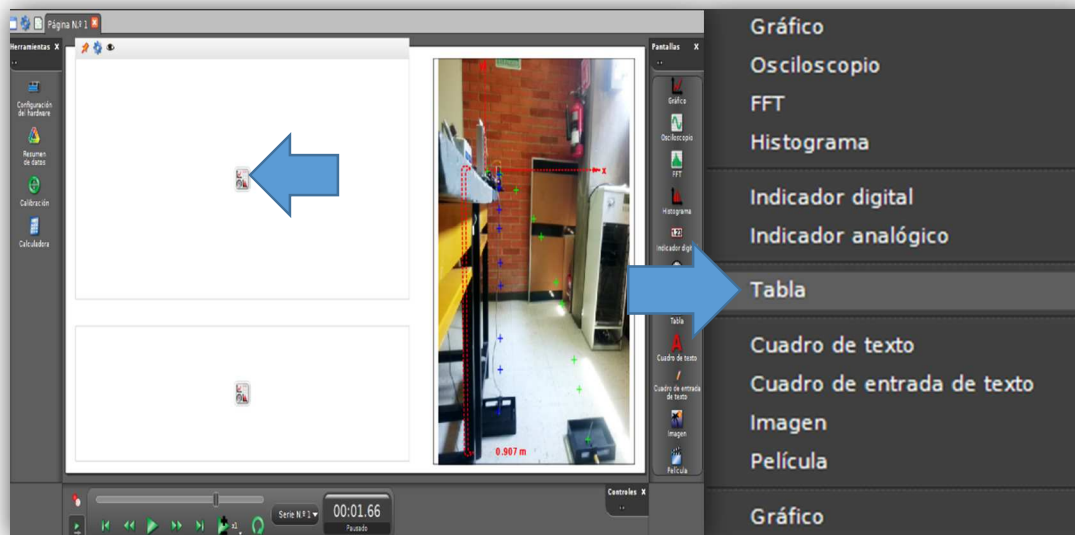


Fig.1.31 Selección de tabla de datos.

- 12) Para obtener los datos en la tabla que representen las distancias recorridas en el eje horizontal de la trayectoria del tiro parabólico. Aparecerá una tabla en blanco como en la figura, de clic en el botón de seleccionar medición, se desplegará un menú, seleccione objeto 1 y en el submenú de clic en x. objeto 1.

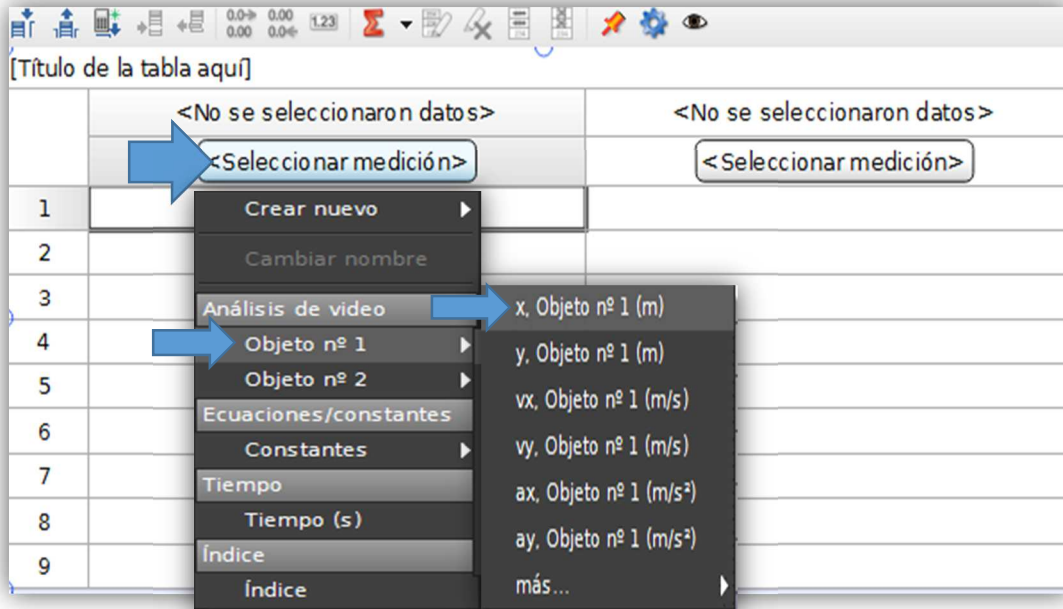


Fig.1.32 Selección de los datos a mostrar en la primera columna.

- 13) Para la obtención de los datos de la segunda columna los cuales representan los tiempos para el movimiento de tiro parabólico, de clic en seleccionar medición, ahora en el menú que aparece seleccione tiempo.

	● Serie N.º 1	<No se seleccionaron datos>
	x, Objeto nº 1 (m)	<Seleccionar medición>
1	0.01	
2	0.08	
3	0.16	
4	0.25	
5	0.29	
6	0.36	
7	0.39	
8	0.46	
9	0.48	

Fig.1.33 Obtención de los tiempos del movimiento de tiro parabólico.

- 14) Los tiempos arrojados en la tabla son los de la reproducción del video así que el tiempo total del movimiento respecto al eje “x” es la resta de los tiempos del último dato obtenido que es cuando impacta el balón menos el primero tiempo que es donde inicia el movimiento, dando: **tiempo total del movimiento de tiro parabólico= 0.436 s**; también de la primer columna se puede obtener la distancia recorrida del balón en el eje horizontal dando: **distancia recorrida en el eje x- 0.62 m**

Serie N.º 1	
x Objeto nº 1 (m)	Tiempo (s)
	2.950
0.07	2.983
0.12	3.017
0.17	3.050
0.23	3.084
0.28	3.117
0.33	3.151
0.38	3.184
0.42	3.218
	3.251
	3.284
	3.317
	3.350
	3.386

Tiempo de inicio del movimiento en el video → 2.950
 Distancia recorrida en el eje “x” → 0.62
 Tiempo final del movimiento → 3.386
 Tiempo en el eje “x” = 3.386 - 2.950 = 0.436 s

Fig.1.34 Obtención de las distancias recorridas y los tiempos respecto al eje horizontal.

- 15) Proceda a insertar los datos respecto al eje vertical, para el caso de tiro parabólico; agregue dos columnas a la tabla con la opción de la herramienta insertar columna, pulse seleccionar medición, posicione el cursor en objeto 1, y en el submenú que aparece de clic a la opción y. objeto1.

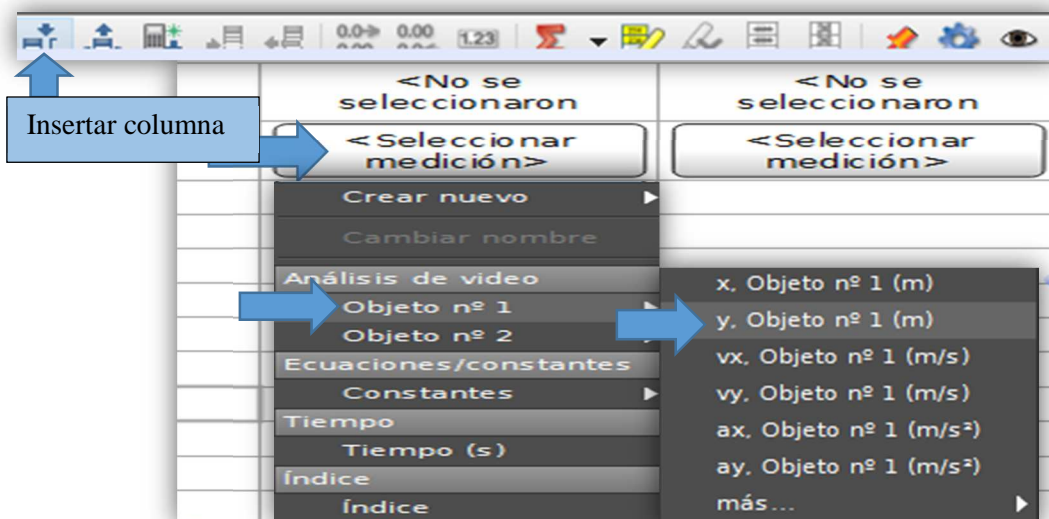


Fig.1.35 Obtención de las distancias y tiempos respectó al eje vertical

- 16) Para insertar los datos de la cuarta columna de clic en el botón seleccionar medición, y en el menú que se despliega seleccione la variable tiempo, con esto se obtendrán todos los datos para el movimiento de tiro parabólico.

Serie N.º 1		Serie N.º 1		<No se seleccionaron datos>
x, Objeto n.º 1 (m)	Tiempo (s)	y, Objeto n.º 1 (m)		<Seleccionar medición>
0.00	2.950	0.01		Crear nuevo ▶
0.07	2.983	0.01		Cambiar nombre
0.12	3.017	0.00		Análisis de video
0.17	3.050	-0.04		Objeto n.º 1 ▶
0.23	3.084	-0.08		Objeto n.º 2 ▶
0.28	3.117	-0.13		Ecuaciones/constantes
0.33	3.151	-0.20		Constantes ▶
0.38	3.184	-0.27		Tiempo
0.42	3.218	-0.35		Tiempo (s)
0.47	3.251	-0.45		Índice
0.51	3.285	-0.55		Índice
0.54	3.318	-0.64		
0.58	3.352	-0.77		
0.62	3.386	-0.88		

Fig.1.36 Obtención del tiempo para el movimiento de tiro parabólico.

- 17) Para insertar los datos para el movimiento de caída libre seleccione objeto 2 en el menú que se despliega, de clic en x. objeto2 o, y. objeto 2 según sea el caso.

<No se seleccionaron datos>	<No se seleccionaron datos>	<No se seleccionaron datos>	<No se seleccionaron datos>
<Seleccionar medición>	<Seleccionar medición>	<Seleccionar medición>	<Seleccionar medición>
Crear nuevo ▶		Crear nuevo ▶	
Cambiar nombre		Cambiar nombre	
Análisis de video		Análisis de video	
Objeto n.º 1 ▶		Objeto n.º 1 ▶	
Objeto n.º 2 ▶	x, Objeto n.º 2 (m)	Objeto n.º 2 ▶	x, Objeto n.º 2 (m)
Ecuaciones/constantes	y, Objeto n.º 2 (m)	Ecuaciones/constantes	y, Objeto n.º 2 (m)
Constantes ▶	vx, Objeto n.º 2 (m/s)	Constantes ▶	vx, Objeto n.º 2 (m/s)
Tiempo	vy, Objeto n.º 2 (m/s)	Tiempo	vy, Objeto n.º 2 (m/s)
Tiempo (s)	ax, Objeto n.º 2 (m/s ²)	Tiempo (s)	ax, Objeto n.º 2 (m/s ²)
Índice	ay, Objeto n.º 2 (m/s ²)	Índice	ay, Objeto n.º 2 (m/s ²)
Índice	más... ▶	Índice	más... ▶

Fig.1.37 Selección de los datos para el movimiento de caída libre.

- 18) Para agregar un gráfico a continuación haga clic en la tercera pantalla, se abrirá un menú, seleccione la opción de insertar gráfico.

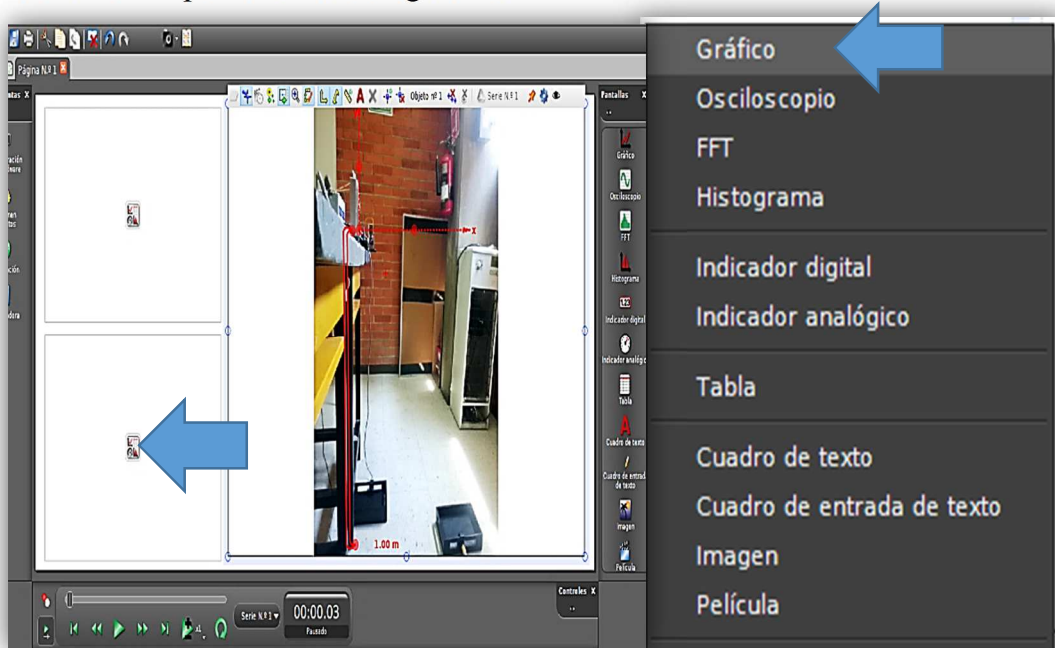


Fig.1.38 Selección de un gráfico para la pantalla.

- 19) Pulse el botón de seleccionar medición a continuación se despliega un menú, posicione el cursor en la opción de objeto1 el cual representa el balón de tiro parabólico, para hacer el grafico respecto a un eje, pulse x. objeto1 para el eje horizontal o y. objeto 1 para el vertical.

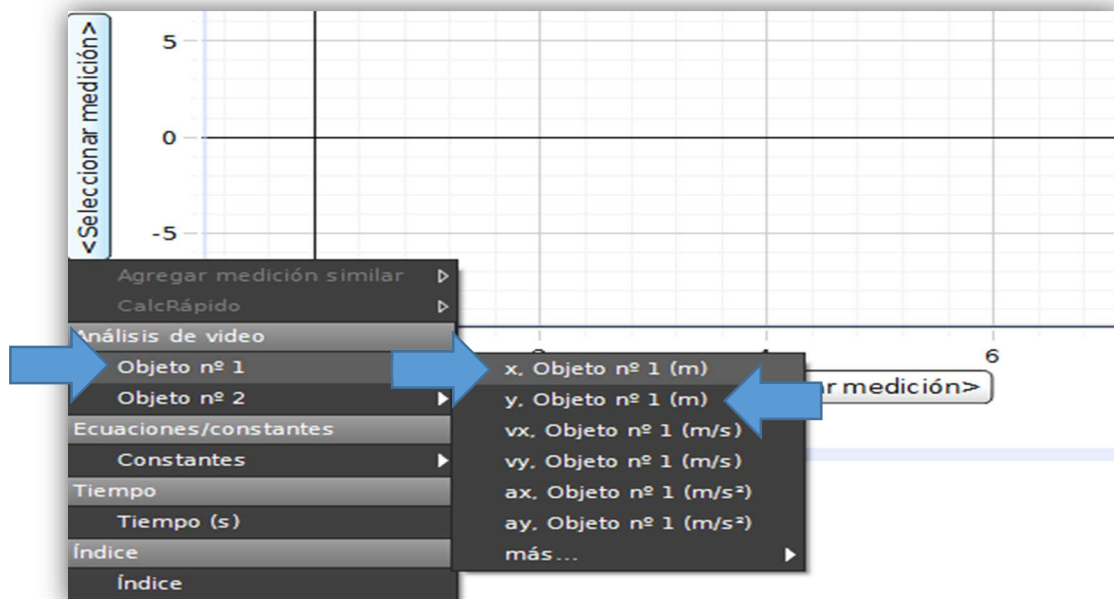


Fig.1.39 Selección del gráfico y los parámetros a considerar en el análisis.

20) Para obtener las 2 gráficas referentes al movimiento de caída libre pulse el botón de seleccionar medición, objeto 2 y en el submenú de clic en x. objeto 2 para el eje horizontal y para el eje vertical pulse y. objeto 2.

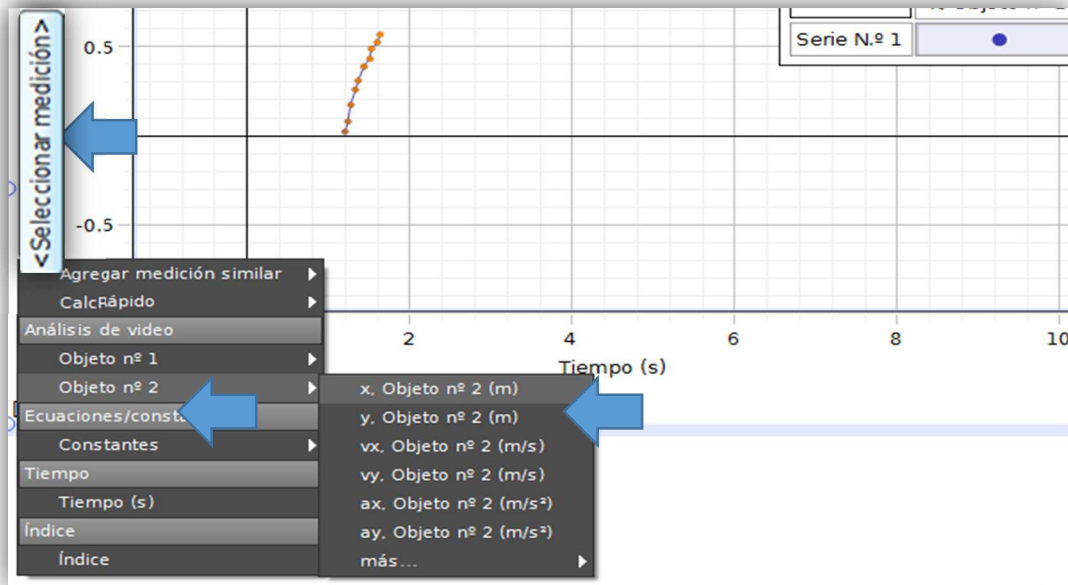


Fig.1.40 Obtención de las gráficas de caída libre.

21) A continuación pegue la tabla de datos para el movimiento de tiro parabólico, y de esta obtenga las siguientes variables.

TIRO PARABOLICO				
	● Serie N.º 1		◆ Serie N.º 1	
	x, Objeto nº 1 (m)	Tiempo (s)	y, Objeto nº 1 (m)	Tiempo (s)
1	0.00	2.950	0.01	2.950
2	0.07	2.983	0.01	2.983
3	0.12	3.017	0.00	3.017
4	0.17	3.050	-0.04	3.050
5	0.23	3.084	-0.08	3.084
6	0.28	3.117	-0.13	3.117
7	0.33	3.151	-0.20	3.151
8	0.38	3.184	-0.27	3.184
9	0.42	3.218	-0.35	3.218
10	0.47	3.251	-0.45	3.251
11	0.51	3.285	-0.55	3.285
12	0.54	3.318	-0.64	3.318
13	0.58	3.352	-0.77	3.352
14	0.62	3.386	-0.88	3.386

Tiempo total del movimiento de tiro parabólico (t_1)= 0.436s

Distancia recorrida en el eje horizontal (x_1)= 0.62m

Distancia recorrida en el eje vertical (H_1)= -0.88m

22) Pegue la tabla de datos para el movimiento de caída libre en el siguiente recuadro y obtenga las siguientes variables.

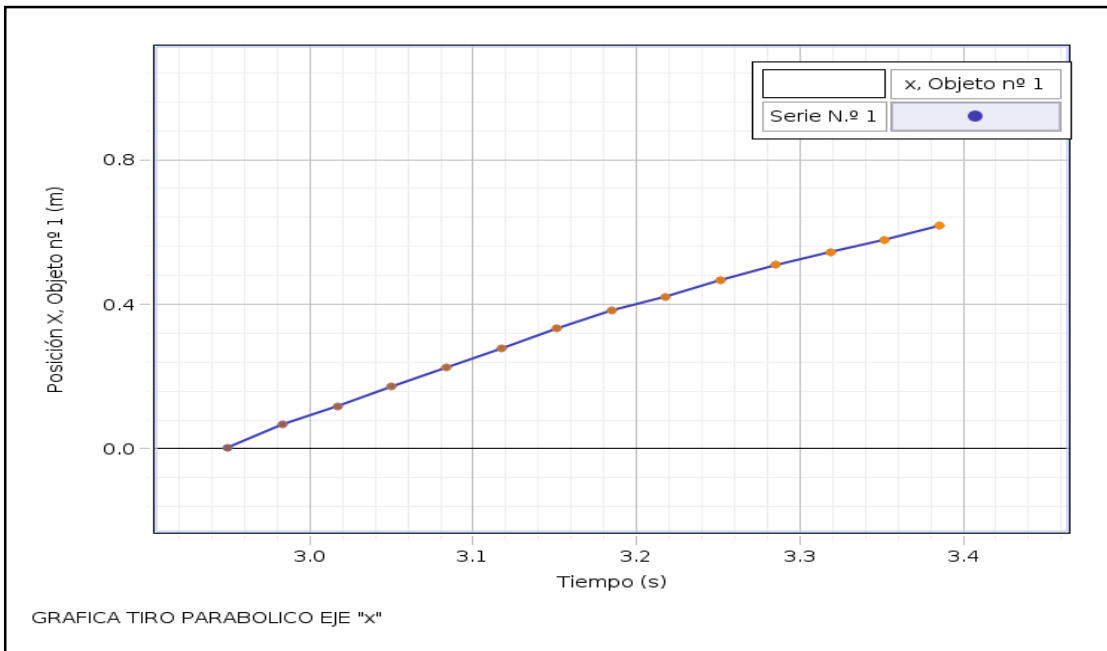
CAIDA LIBRE				
	● Serie N.º 1		◆ Serie N.º 1	
	x, Objeto nº 2 (m)	Tiempo (s)	y, Objeto nº 2 (m)	Tiempo (s)
1	0.09	2.950	0.00	2.950
2	0.08	2.983	-0.02	2.983
3	0.08	3.017	-0.04	3.017
4	0.08	3.050	-0.05	3.050
5	0.09	3.084	-0.07	3.084
6	0.09	3.117	-0.11	3.117
7	0.08	3.151	-0.17	3.151
8	0.09	3.184	-0.21	3.184
9	0.09	3.218	-0.29	3.218
10	0.09	3.251	-0.37	3.251
11	0.09	3.285	-0.47	3.285
12	0.09	3.318	-0.54	3.318
13	0.08	3.352	-0.61	3.352
14	0.08	3.386	-0.77	3.386
15				

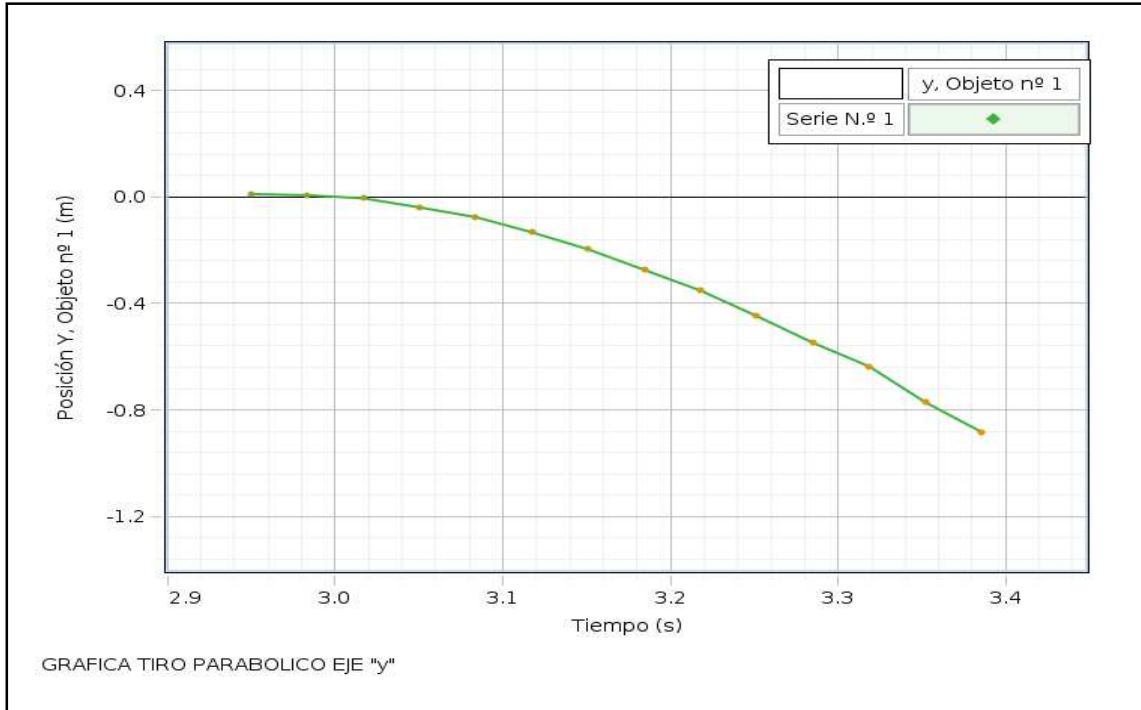
Tiempo total del movimiento de caída libre (t_2)= 0.436 s

Distancia recorrida den el eje horizontal (x_2)= 0.08 m

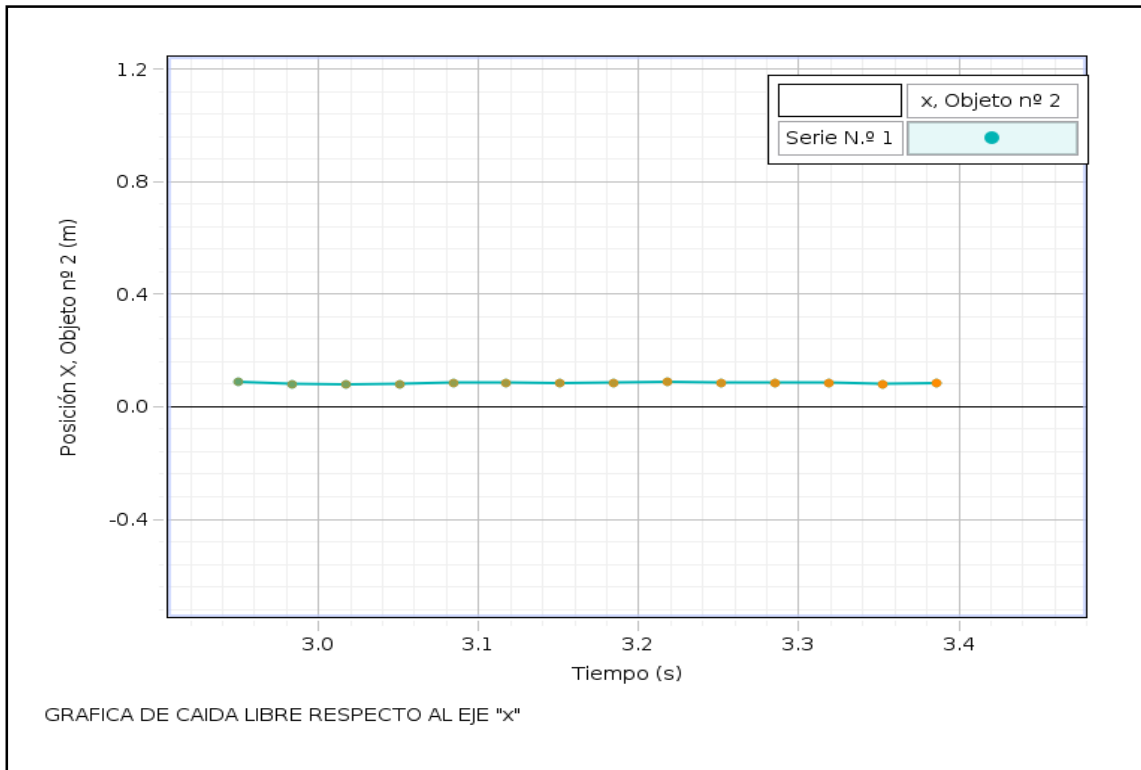
Distancia recorrida en el eje vertical (H_1)= 0.77m

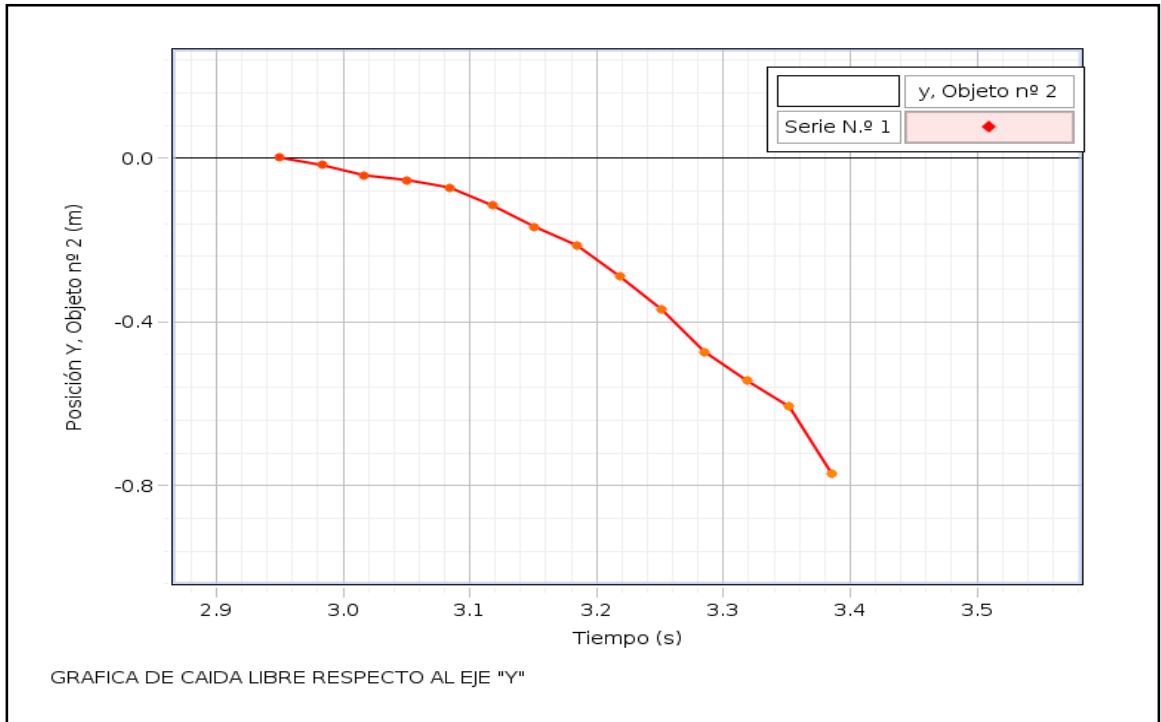
23) Recopile las gráficas que representan la posición en el tiempo para los ejes horizontal y vertical correspondientes al movimiento de tiro parabólico.





24) Recopile las gráficas que representan la posición en el tiempo para los ejes horizontal y vertical correspondientes al movimiento de caída libre.





25) En la siguiente tabla recopile los datos obtenidos durante toda la práctica; los obtenidos de forma teórica, los obtenidos mediante la experimentación, y los obtenidos mediante el análisis del video; comparando estos datos saque las conclusiones finales.

	Tiempo total de caída libre (s)	Tiempo total de tiro parabólico (s)	Distancia recorrida en el eje "x" para tiro parabólico (m)
Teórico	0.430	0.430	0.601
Experimental	0.437	0.433	0.608
Análisis video	0.436	0.436	0.620

26) Compare los datos obtenidos de manera teórica, los arrojados por el experimento y los del análisis del video escriba las relaciones entre los dos movimientos y a que se deben estas; escriba sus conclusiones a continuación.

-Analizando los fenómenos físicos más a fondo y comparando los datos obtenidos tanto de forma teórica, experimental, y del análisis del video, tenemos que el movimiento de caída libre solo actúa la fuerza de gravedad en el eje vertical, mientras que en el movimiento de tiro parabólico actúan dos fuerzas sobre este, la gravedad en el eje vertical y la velocidad inicial o de impacto del péndulo con el balón; debido a que esta se ejerce de forma constante únicamente sobre el eje horizontal, por lo cual no influye en la velocidad en el eje vertical la cual es la misma para los dos, por lo tanto la velocidad de impacto y en el tiempo total de los movimientos será el mismo.

-En el análisis del video pudimos observar mejor como caen prácticamente al mismo tiempo los dos balines, además de observar el movimiento del tiro parabólico y la descripción de la trayectoria del balón la cual como su nombre lo dice es una parábola así como la obtención de los tiempos y distancias recorridas mediante el análisis de las tablas de datos y sus respectivas gráficas.

NOTA: Los datos que deberían ser recabados por el alumno se encuentran en distinto color de fuente y las tablas y gráficas encerradas en cuadros.

- Datos recabados de forma teórica
- Datos recabados durante la experimentación
- Datos recabados mediante el análisis del video

6.3 Resultados

Los resultados generales del funcionamiento del prototipo obtenidos gracias a las pruebas realizadas con este son los siguientes.

- En general el prototipo cumplió con su propósito de manera adecuada ya que mediante la experimentación se pudieron obtener los datos requeridos para hacer la comparación de las relaciones que existen entre los dos movimientos.
- En la obtención de los tiempos no se dio mayor variación excepto en los casos en los que influían otros factores como la resistencia del aire, la calibración de los sensores o el péndulo de tiro parabólico, u otros errores de medición.
- El armado del prototipo es relativamente sencillo pero este es un poco tardado debido a que los sensores tienen que ser acomodados de tal forma que no afecten la medición de los tiempos, por lo cual se recomienda dejar estos en los soportes o separar el prototipo solamente en dos secciones o en su defecto tomarse el tiempo para el armado total del prototipo.
- En relación a la distancia recorrida por el balón de tiro parabólico se observó que hubo variaciones pero no para afectar la lectura del sensor; estas variaciones se deben principalmente a la mala colocación del péndulo el cual si no es colocado de forma adecuada en el electroimán hará que el balón salga disparado de lado, también se debe a que con cada impacto la caja amortiguadora se recorría un poco por lo cual se le colocaron gomas debajo de estas para disminuir este efecto.
- Agregando el análisis de video sirvió como medio de corroborar los datos obtenidos durante la experimentación del prototipo.

6.4 Conclusiones

El resultado final respecto al desempeño del prototipo durante las experimentaciones fue el esperado cumpliendo con la ejemplificación de los movimientos y los resultados esperados, aunque los resultados obtenidos tuvieron mínimas variaciones estas se deben a factores externos como errores de medición, calibración, o incluso a la resistencia del aire; los resultados de la comparación hecha mediante el análisis de video resultaron muy similares a los de la experimentación y datos teóricos pero también con sus mínimas variaciones, debidas al ángulo de grabación del video, y al posicionamiento de las herramientas de análisis, por lo tanto se concluye que el funcionamiento del prototipo es el correcto para la demostración de los movimientos.

La propuesta de practica final una vez realizada genero hacia los alumnos un mayor entendimiento de estos dos movimientos respecto a su comportamiento en el campo real, además de aprender la utilización de otras herramientas para el desarrollo experimental como lo fue el uso de un software para el análisis del video en el cual se incluyó un tutorial para guiar en el manejo de este.

Respecto al costo total del equipo no se requiere de una gran inversión en comparación con otros equipos que se ofrecen el mercado por lo que el prototipo cumple con la finalidad de mejorar el precio, nuestro equipo además cuenta con algunas características que lo hacen mejor ante otras posibles elecciones como lo es el análisis de los dos movimientos y la obtención de tiempos.

El proyecto está abierto a continuación para su reproducción o mejora del equipo ya que este proyecto fue realizado con el propósito de contar con equipo de análisis suficiente en el área de física; por tanto con este fin se registró el trabajo necesario tanto de diseño, programación, y construcción del equipo.

Bibliografía y Referencias

- Sears Francis W., Zemansky Mark W., Young Hugh D., y Freedman Roger A. (2004). Física Universitaria. México: Pearson educación.
- Hibbeler R.C. (2010). Ingeniería Mecánica. Dinámica. México: Pearson educación.
- Figueroa Montaña Arturo, Ramírez Sánchez Hermes Ulises, y Alcalá Gutiérrez Jaime. (2014). Introducción a la metodología experimental. México: Pearson educación.
- Aldea López Eugenio. (2016). Arduino. Guía práctica de fundamentos y simulación. España: Ra-Ma.
- Vega Ferreira. Juan Carlos (2008). Microcontroladores Motorola-Freescale: programación, familias y sus distintas aplicaciones en la industria. México: Alfa omega.
- Criollo García Roberto. (1998). Estudio del trabajo: ingeniería de métodos y medición del trabajo. México: McGraw-Hill.
- <https://www.fisicalab.com/apartado/caida-libre#contenidos>
- <https://www.fisicalab.com/apartado/movimiento-parabolico#contenidos>
- <https://www.arduino.cc/reference/en/>
- <https://www.prometec.net/rees/>
- <https://es.scribd.com/doc/3678453/SENSOR-INFRARROJO-Teoria-y-practica>
- <https://es.slideshare.net/efelixrdz/sensores-fotoelctricos>
- <https://makers.la/proyectos/electronica/cronometro-de-tiempo-con-arduino/>
- http://www.optikascience.com/catalogue/index.php?id_product=254&controller=product&id_lang=4
- <https://www.ibdciencia.com/es/accesorios-de-mecanica-para-laboratorio/2791-equipo-para-el-estudio-de-caida-libre.html>
- <https://www.ibdciencia.com/es/accesorios-de-mecanica-para-laboratorio/2791-equipo-para-el-estudio-de-caida-libre.html>