

# FASE III - Análisis Global de la Ballesta

Nombre del equipo: Lavanda  
Integrantes del equipo: Erin Sofia Ramos  
Aleján, Marijose López Hernández, Cielo  
Xiomara Uc Rodríguez , Aranza Jiménez  
León, Migue, Eduardo Rodríguez  
Contreras

Universidad Modelo

*Resumen:* Este documento presenta el desarrollo de un artefacto mecánico capaz de lanzar un proyectil, en este caso una pelota de goma, aplicando los principios del tiro parabólico. El diseño utiliza principalmente madera, una liga elástica de 8 mm y un tripié para estabilidad. Se describen el proceso de diseño, simulación, construcción y las pruebas realizadas para validar el funcionamiento del mecanismo, considerando alcance, altura y ángulo de disparo.

*Índice de Términos*—Ballesta, elasticidad, prototipo mecánico, tiro parabólico

## I. INTRODUCCIÓN

Este formato sirve como formato para reportar proyectos finales bajo el modelo de la escuela de ingeniería de la universidad modelo. Aquí se presenta el desarrollo de un prototipo de ballesta construido con materiales accesibles y diseñado para lanzar una pelota de goma hasta aproximadamente 20 metros, regulando el ángulo y la fuerza con la que se lanza.

## II. FASE I: PREPARACIÓN Y PLANEACIÓN

### A. Antecedentes

Los registros arqueológicos señalan que la ballesta tuvo su origen en China durante el Periodo de Primavera y Otoño (776–476 a.C.), dentro de la dinastía Zhou. Este modelo inicial destacaba por su arco más largo y flexible, lo que facilitaba su uso sin riesgo de ruptura. En los ejércitos chinos, la ballesta permitió equipar a campesinos sin necesidad de fuerza física considerable, ya que su manejo era sencillo y no requería una gran alimentación ni entrenamiento intensivo.

En el mundo occidental, la primera referencia conocida aparece en Grecia en el siglo IV a.C. con el gastraphetes, un arma de gran tamaño que se cargaba apoyándose en el suelo. Su mecanismo utilizaba un canal móvil con dientes que permitía tensar la cuerda de forma progresiva, y su arco compuesto generaba mayor energía que un arco tradicional. (López Domínguez, 2019)

La ballesta llegó a Europa medieval alrededor del siglo X, convirtiéndose en un arma clave en los asedios. Los primeros modelos europeos eran simples y se tensaban con los pies y las manos, pero posteriormente incorporaron innovaciones como el estribo y el torno, aumentando su potencia. A pesar de su eficacia, fue vista con desprecio por la nobleza y la Iglesia, que la consideraban un arma “desleal”, aunque su uso se expandió ampliamente en

## B. Objetivos

### Objetivo general

El objetivo general es diseñar y crear un artefacto que lance una pelota de goma aplicando los principios de tiro parabólico que permita impactar un objetivo ubicado diferentes distancias, pero siempre garantizando una precisión y seguridad al momento de funcionar.

### Objetivos específicos

- Calcular el tiro parabólico sacando cálculos de alcance, altura, velocidad inicial y su ángulo

- Diseñar y crear un prototipo mecánico materiales adecuados para un buen lanzamiento, pero estos a su vez deben ser creados por materiales accesibles y seguros creando un sistema de ajuste que asegure la precisión de cada disparo

- Realizar pruebas de calibración de los disparos a diferentes distancias calculando y comparando los resultados para comprobar el modelo matemático.

### C. Idea del proyecto

El proyecto consiste en el diseño y construcción de un artefacto capaz de lanzar una pelota de goma aplicando el principio de movimiento parabólico. El dispositivo estará elaborado con materiales accesibles, principalmente madera, utilizará una liga de 8mm como sistema de propulsión y se montará sobre un trípode para asegurar estabilidad. Su funcionamiento se limitará a un alcance máximo aproximado de 20 metros, y deberá permitir ajustar el ángulo y la tensión de lanzamiento para impactar objetivos situados a diferentes distancias. Asimismo, el diseño contempla únicamente el uso de una pelota de

goma como proyectil y estará sujeto a condiciones controladas, registrando variables como distancia, altura y ángulo. Las delimitaciones del proyecto incluyen la restricción de materiales, la distancia máxima de tiro y la necesidad de un diseño original que mantenga la seguridad durante cada lanzamiento.

## III. FASE II: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

### A. Diseño

En los primeros diseños se tuvo en cuenta la idea de una ballesta clásica normal, utilizando una liga para optimizar el tiro.

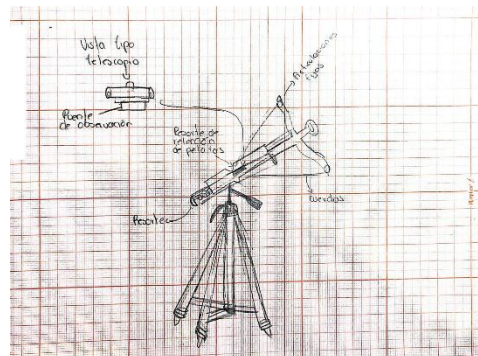


Ilustración 1. Boceto de ballesta original

A los siguientes diseños, se usó la idea de la clásica ballesta, utilizando la liga y la madera como base para un tiro más preciso. Y, por último, se diseñó una base intentando imitar un tripié, para poder ajustar la altura y ajustar los ángulos.

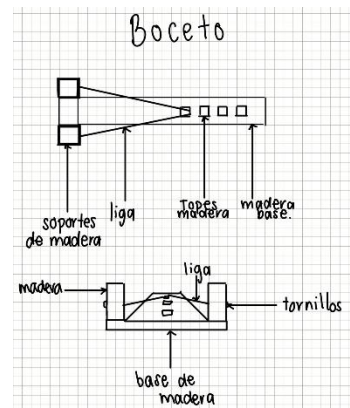


Ilustración 2. Boceto final

## Simulación

Se realizó una simulación del diseño final, y para esto se usó el programa Fusion 360 para modelar el diseño en 3D. Cada componente fue modelado con excepción de la liga.

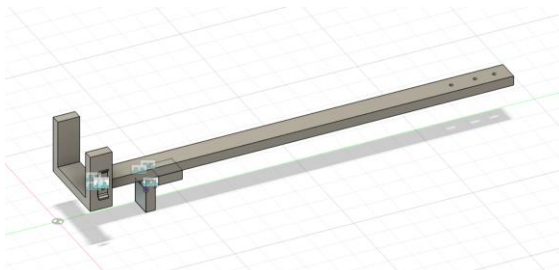


Ilustración 3. Modelo de la ballesta en 3D

Las medidas finales de la ballesta son: 87 cm de largo, 12 cm de alto y 4.6 cm de ancho, con cada pieza de madera teniendo la misma anchura.

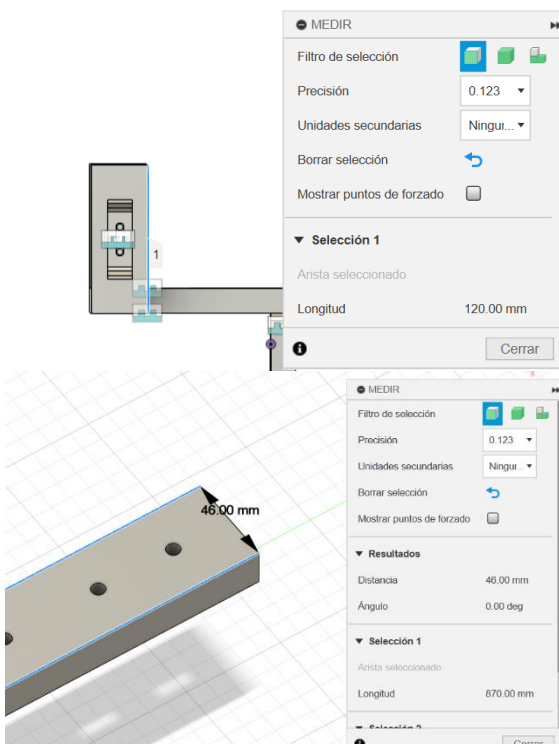
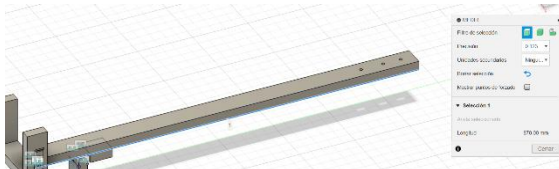


Ilustración 4, 5 y 6. Largo, alto y ancho de la ballesta

También cuenta con las medidas desde los agujeros creados para las distintas velocidades con respecto al extremo de la ballesta. Estas son de 13 cm

para la máxima velocidad, 21 cm para la segunda velocidad, y 28 cm para la primera velocidad, siendo la primera la más débil.

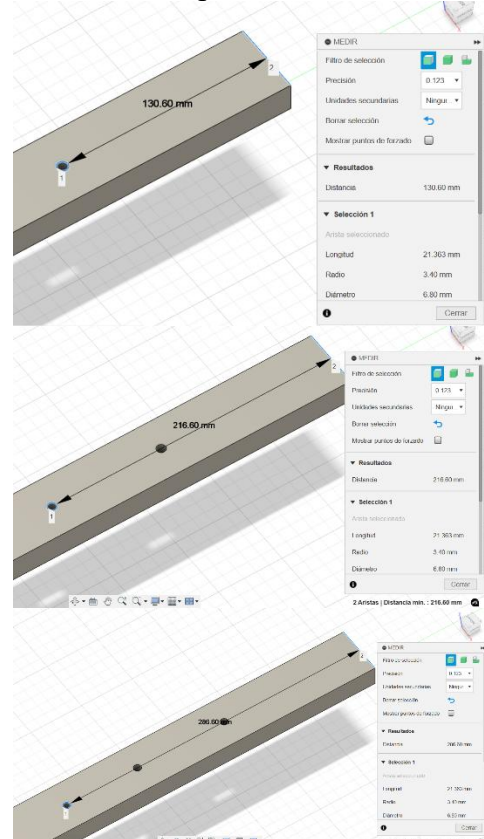


Ilustración 7,8 y 9. Distancia de las velocidades

## B. Protocolo de pruebas

Las pruebas consistieron en realizar lanzamientos controlados variando la tensión y el ángulo del disparo. Se registraron distancia, altura y trayectoria.

## C. Análisis de resultados

Los datos obtenidos mostraron que el modelo matemático del tiro parabólico coincide con el comportamiento del proyectil en condiciones controladas. Las distancias alcanzadas variaron de acuerdo con los ajustes de tensión y ángulo, confirmando la funcionalidad del diseño. Se cumplieron los objetivos específicos, demostrando la relación entre energía elástica, trayectoria parabólica y precisión.

#### IV. CONCLUSIONES

El desarrollo de la ballesta permitió demostrar que un dispositivo sencillo, construido con materiales accesibles y principios básicos de física, puede alcanzar un funcionamiento estable, preciso y seguro cuando se integran adecuadamente conceptos de elasticidad, movimiento parabólico y diseño mecánico. A lo largo del proyecto, quedó evidenciado que la correcta selección de materiales como la madera para la estructura, la liga como fuente de energía elástica y el tripié como soporte regulable no solo influye en el desempeño del artefacto, sino también en su capacidad de adaptación ante distintas condiciones de tiro.

Este trabajo destaca la relevancia de comprender cómo interactúan la tensión, el ángulo y la energía almacenada en el sistema para controlar la trayectoria del proyectil. Además, demuestra que el diseño de mecanismos de lanzamiento no solo tiene aplicación en actividades recreativas o académicas, sino que también puede extrapolarse a áreas como el desarrollo de prototipos mecánicos, la enseñanza de física experimental y la ingeniería aplicada a la recreación científica.

El proyecto abre la posibilidad de futuras mejoras, como la incorporación de sensores para registrar datos de vuelo, sistemas automatizados de ajuste o materiales alternativos que optimicen la durabilidad y precisión del dispositivo. De esta forma, la ballesta construida no solo cumple con sus objetivos planteados, sino que se convierte en un punto de partida para profundizar en el diseño y análisis de mecanismos de propulsión sencillos, seguros y funcionales.

#### REFERENCIAS

- Domínguez, I. L. (2019, 21 junio). *Ismael López Domínguez*.

<https://archivoshistoria.com/la-ballesta-historia-de-un-arma/>

- Elba, M. (2024) *Resistencia del Aire y Aerodinámica*. Física en Línea.  
<https://fisicaenlinea.com/2024/11/05/resistencia-del-aire-y-aerodinamica/>
- Fernández, J. L. (s. f.). *Movimiento parabólico*. Fisicalab.  
<https://www.fisicalab.com/apartado/movimiento-parabolico>
- Tarrés, A. (s. f.). *Ballestas - Sus partes, su funcionamiento, su historia*. .etc..  
<https://greatfrezzerspanishversion.blogspot.com/2012/03/partes-de-una-ballesta.html>
- López J. (2019) *Medidas de dispersión: Qué son, para qué sirven y fórmulas*. Economipedia.com  
<https://economipedia.com/definiciones/medidas-de-dispersion.html>
- López, J. (2019) *Qué es y cómo se utiliza*. Economipedia.com  
<https://economipedia.com/definiciones/medidas-de-tendencia-central.html>
- Nikon Corporation (s.f.) Nikon. *Air Resistance*.  
<https://ngpd.nikon.com/en/glossary/air-resistance.html#:~:text=Air%20resistance%20is%20the%20force,object%20collides%20with%20air%20molecules>
- Porto, J. P., & Gardey, A. (2016, febrero 25). *Ballesta*. Definición.de; Definicion.de.  
<https://definicion.de/ballesta/>
- (S/f). Sciencedirect.com. Recuperado el 4 de septiembre de

2025, de

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/leaf-springs>

## **Autores**

### **1. Ismael López Domínguez**

Autor que escribe para ArchivosHistoria.com, especializado en temas históricos y en la divulgación sobre armas, conflictos y hechos del pasado.

### **2. M. Elba**

Autora de contenido divulgativo para la plataforma Física en Línea, enfocada en explicar conceptos de física de manera accesible para estudiantes.

### **3. J. L. Fernández**

Colaborador del portal educativo Fisicalab, dedicado a la redacción de materiales didácticos sobre física y matemáticas, especialmente en temas de cinemática.

### **4. A. Tarrés**

Autor del blog Great Frezzer Spanish Version, donde se publican explicaciones sencillas sobre objetos mecánicos, armas antiguas y conceptos técnicos.

### **5. J. López**

Divulgador en Economipedia, especializado en artículos de economía, estadística aplicada y conceptos financieros para el público general.

### **6. Nikon Corporation**

Empresa japonesa líder en óptica y tecnología de imagen. Sus glosarios técnicos explican conceptos físicos relacionados con fotografía, como la resistencia del aire.

### **7. J. P. Porto**

Redactor del sitio Definición.de, dedicado a explicar conceptos generales y técnicos en lenguaje accesible.

### **8. A. Gardey**

Colaborador frecuente de Definición.de, autor de textos que condensan definiciones y

explicaciones de múltiples disciplinas.

## **9. ScienceDirect (Elsevier)**

Plataforma académica reconocida mundialmente por artículos científicos revisados por pares. En este caso, la entrada consultada pertenece a su categoría de ingeniería.

## ANEXOS:

### ENSAYOS INDIVIDUALES

**Erin:** El proyecto de construir una ballesta fue más complicado de lo que esperamos. Al principio, se pensaba que sería sencillo el construir un mecanismo que lanzara un proyectil, pero conforme fuimos avanzando nos dimos cuenta que era un proceso más complejo lleno de problemas.

Nuestro primer prototipo usaba un resorte como componente principal del mecanismo, el cual no funcionó, por lo que tuvimos que cambiar el diseño completamente en muy poco tiempo. Esto se debió a la falta de experiencia y conocimiento sobre la realización de ballestas, y al hecho de que los materiales que utilizamos no eran adecuados para lo que necesitábamos. Conseguir un resorte lo suficientemente grande y fuerte para lanzar un proyectil fue más difícil de lo esperado.

Otro problema imprevisto fue la falta de tiempo. Constantemente estábamos ocupados con otras exigencias académicas, la disponibilidad del equipo era limitada y hubo cambios en las fechas que redujeron más nuestro tiempo de trabajo. Además de esto, cada ajuste en el diseño implicaba volver a medir, cortar y ensamblar partes de la ballesta, lo cual consumía más tiempo no siempre teníamos.

Durante las pruebas, la ballesta no parecía funcionar correctamente, pues surgían problemas que no habíamos previsto. Cuando se realizaban pruebas en espacios seguros, sin vientos y con una base estable, los resultados eran más consistentes; sin embargo, al usar los tripiés que teníamos disponibles, el ángulo y estabilidad se comprometían, haciendo los tiros menos precisos. Pese a los esfuerzos, el resultado final no fue el esperado y la ballesta no logró encestar el proyectil en el objetivo el día del concurso.

A pesar del fallo, se aprendió mucho de esta experiencia. Descubrimos que los proyectos, especialmente en nuestra formación como ingenieros, no siempre tienen éxito o salen como se planean; sin embargo, el verdadero valor reside en el proceso, en comprender la importancia de dominar fundamentos teóricos, seleccionar los materiales adecuados y el gestionar el tiempo con mayor eficiencia.

En conclusión, aunque la ballesta no haya cumplido con el objetivo, el proyecto nos dejó aprendizajes valiosos, y nos preparó mejor para futuros desafíos, enseñándonos a resolver problemas bajo presión, ingeniosamente y con los recursos disponibles.

**Majo:** La realización del proyecto y la participación en la competencia fueron experiencias que nos dejaron muchos aprendizajes. Aunque logramos construir un prototipo funcional y entendimos bien los principios del tiro parabólico, uno de nuestros mayores errores fue no realizar suficientes pruebas previas. Esto provocó que, durante la competencia, el dispositivo no funcionara con la precisión que esperábamos.

Nos dimos cuenta de que pequeños detalles, como la tensión en la liga o el ángulo influyen mucho el resultado, y al no haberlos practicado lo suficiente, no pudimos corregirlos a tiempo. Aun así, la experiencia fue valiosa, porque nos enseñó la importancia de probar, ajustar y validar un diseño antes de presentarlo. Aunque fallamos, aprendimos en que mejorar y cómo prepararnos mejor para futuros proyectos.

**Aranza:** Cuando comenzamos este proyecto teníamos una idea muy diferente de lo que sería construir una ballesta. Nuestra primera versión se basaba en un resorte que debía proporcionar la fuerza necesaria para lanzar el proyectil. Creímos que sería sencillo, pero nos dimos cuenta de que necesitar tanta fuerza no solo complicaba el mecanismo, sino que también dejó de ser práctico y eficiente. Esa primera experiencia nos hizo entender que a veces no es suficiente tener una idea llamativa si no se adapta a nuestras posibilidades reales.

Decidimos entonces cambiar por completo el enfoque y construir una ballesta más parecida a las clásicas, usando una liga. Aunque suene más simple, esta versión terminó siendo mucho más manejable. Desde el inicio sentimos que avanzamos mejor. Se corrigieron detalles y cada quien aportó algo a la construcción.

Algo que me me dio mucha alegría fue comprobar que realmente se aplica la física cuando hacemos un proyecto práctico. A veces nos salía bien y a veces no, pero cada fallo nos obligaba a pensar un poco más y a entender lo que estábamos haciendo.

El día de la competencia sabíamos que la construcción final había sido un poco apresurada. Intentamos acertar a los 12 metros, pero no lo logramos, ni siquiera en la primera prueba. Obviamente nos sentimos decepcionados porque ese era nuestro objetivo. Sin embargo, nos dimos cuenta que nuestros cálculos teóricos no estaban no tenían tanto margen de error, lo que al final nos dio un poco de esperanza pero aun así fallamos.

Aunque la ballesta no cumplió con la meta de la competencia, su funcionamiento fue notable



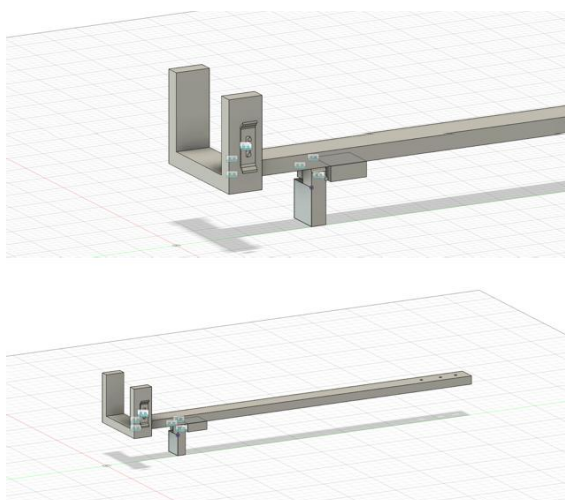
considerando que la terminamos en tan poco tiempo. La actividad no solo nos enseñó sobre física, sino también sobre cooperación, creatividad y resiliencia.

**Cielo:** Al empezar el proyecto decidimos construir una ballesta con un resorte, pensando que sería una buena solución. Sin embargo, al probarla nos dimos cuenta de que necesitaba demasiada fuerza y que no era tan funcional como imaginábamos. Por eso optamos por cambiar el diseño y hacer una ballesta más tradicional usando una liga, que resultó mucho más práctica y manejable. Durante las sesiones fuimos ajustando detalles, comentando ideas.

Cuando llegó la competencia estábamos un poco nerviosos porque la versión final la terminamos rápido y no estaba tan preparada. No logramos darle a los 12 metros y no pasamos la primera prueba, lo cual sí nos desanimó un poco. Aunque no alcanzamos la meta, sentimos que aprendimos cosas importantes y que la ballesta funcionó mejor de lo que hubiéramos creído considerando el poco tiempo que tuvimos para construirla.

**Miguel:** El proyecto de la ballesta terminó siendo muy diferente a lo que imaginamos al principio. Pensábamos que nuestro primer diseño iba a funcionar bien, pero conforme avanzamos vimos que no nos estaba ayudando mucho y que no era tan práctico como creíamos. Por eso cambiamos de idea y decidimos hacer una ballesta más sencilla, algo que pudiéramos armar sin tantas complicaciones y que nos permitiera enfocarnos en que al menos disparara bien.

### MODELO:



### COSTOS Y COMPONENTES:

Los materiales a utilizar fueron seleccionados por su practicidad y accesibilidad. Algunos ya estaban

disponibles o fueron reciclados, por lo que su costo se considera nulo en el monto total. A continuación, se presenta la lista de materiales con sus precios cotizados de forma aproximada:

Material	Precio
Pedazos De madera	Sin costo
Liga	Sin costo
Tornillos	Sin costo
Placas de metal	Sin costo
Pedazo de cuero	\$10

Costo total: \$281

La madera sirvió en mayor parte para la estabilidad del dispositivo, la liga para la propulsión así como diferentes topes para cambiar la tensión de la liga y optimizar la propulsión.

#### Madera:

La madera se utilizó como base estructural, ya que proporciona una superficie firme y estable para sostener el mecanismo principal. Su función fue servir de soporte al sistema, evitando movimientos indeseados durante las pruebas. Además, su ligereza permitió realizar ajustes y perforaciones fácilmente durante el armado del modelo. (Callister, 2018)

#### Liga:

Se utilizó debido a su buena elasticidad y capacidad para volver a su estado original, nos proporciona un buen lanzamiento de la pelota así como el control de la tensión.

Al igual actúa como el elemento que almacena energía potencial elástica cuando se deforma y al liberarse convierte esa energía en energía cinética del proyectil de forma que la fuerza transmitida depende de cuánto se estira la liga (C, 2025)

#### Pieza de cuero:

La pieza de cuero que sostiene la pelota actuó como una copa flexible y resistente que adapta su forma al balón manteniéndolo centrado y evitando que resbale al momento del disparo de esta forma la pieza de cuero distribuye la presión sobre una superficie mayor reduciendo puntos de concentración de carga

#### Tuercas y tornillos :

Las tuercas, junto con los tornillos, sirvieron para unir las piezas móviles del modelo, permitiendo que los elementos pudieran girar sin soltarse. Este sistema de unión mecánica ayudó a que el modelo mantuviera su estabilidad estructural

#### Placas metálicas:

Placas de metal circulares que sirvieron como base de apoyo y refuerzo en los puntos de unión, distribuyendo la presión de las tuercas y evitando daños en la madera, además de aportar estabilidad al cañón. (García & Patiño, 2019)

#### Tripié de fotos:

El tripié de fotos se usó como soporte estable y regulable del prototipo proporcionando una plataforma con altura y ángulo ajustables que permitió alinear con precisión de la ballesta y repetir la misma orientación entre pruebas su rigidez reduce vibraciones y desplazamientos no deseados durante el disparo por lo que mejora la reproducibilidad de las pruebas

CRONOGRAMA DEL PROYECTO

ETA P&S	ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE				OCTUBRE					NOVIEMBRE			
		Sem ana 1	Sem ana 2	Sem ana 3	Sem ana 4	Sem ana 1	Sem ana 2	Sem ana 3	Sem ana 4	Sem ana 5	Sem ana 1	Sem ana 2	Sem ana 3	Sem ana 4
1	Definir y justificar el problema (Investigación)	■												
1	Plantear un anteproyecto	■	■	■										
1	Programación de cálculos		■	■	■									
1	Realizar plan para el desarrollo del proyecto		■	■	■									
1	Diseño conceptual del proyecto		■	■	■									
1	Parcial 1			■										
2	Diseño				■	■								
2	Diseño a detalle del proyecto					■	■	■						
2	Implementación y pruebas del prototipo						■	■	■	■	■			
2	Pruebas del prototipo con cálculos							■	■	■	■	■		
2	Parcial 2											■	■	
3	Documentación del proyecto											■	■	■
3	Torneo												■	■