

UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ



FACULTAD DE INGENIERÍA



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN E
INFORMÁTICA



Plan de Proyecto

“Proyecto Ada”

Alumnos

Jeany Aravena
Tiara Canepa
Brandon Pizarro
Catalina Ramírez

Asignatura

Proyecto 1

Profesor(a)

Humberto Pizarro

Septiembre - 2024



| | |
|---|-----------|
| 1. Panorama General | 2 |
| 1.1. Introducción | 2 |
| 1.2. Objetivos | 2 |
| 1.2.1. Objetivo general | 2 |
| 1.2.2. Objetivos específicos | 2 |
| 1.3. Restricciones | 2 |
| 1.4. Entregables | 2 |
| 2. Organización del Personal | 4 |
| 2.1. Descripción de los roles | 4 |
| 2.2. Personal asignado | 4 |
| 2.3. Mecanismos de comunicación | 4 |
| 3. Planificación del Proyecto | 5 |
| 3.1. Actividades | 5 |
| 3.2. Calendario | 5 |
| 3.3. Gestión de riesgos | 5 |
| 4. Planificación de los Recursos | 7 |
| 4.1. Hardware | 7 |
| 4.2. Software | 7 |
| 4.3. Estimación de costos | 7 |
| 5. Análisis y Diseño | 9 |
| 5.1. Especificación de Requerimientos | 9 |
| 5.2. Arquitectura | 9 |
| 5.3. Interfaz | 9 |
| 6. Implementación | 12 |
| 6.1. Fundamentos de Mecánica | 12 |
| 6.2. Descripción de los Programas | 12 |
| 6.3. Diagramas | 13 |
| 7. Resultados | 14 |
| 7.1. Estado Actual del Proyecto | 14 |
| 7.2. Problemas Encontrados y Solución Propuesta | 14 |
| 8. Conclusión | 15 |
| 9. Referencias | 16 |



1. Panorama General

1.1. Introducción

Este documento detalla la planificación a largo plazo del **Proyecto Ada**, que consiste en la fabricación de un robot con el kit LEGO Ev3 Mindstorms capaz de ser controlado manualmente y rescatar objetos de tamaño pequeño. La programación del robot se hará en el lenguaje de programación *Python* mediante la librería *ev3dev2*.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

El objetivo general define la meta del proyecto, lo que se espera una vez termine el plazo definido.

*Diseñar y construir un robot funcional
capaz de movimiento controlado y rescate de objetos pequeños*

1.2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos definen el camino y las ramas que se tomarán para llegar a la meta. Algunos de los objetivos pueden ser modificados durante la ejecución del proyecto, pero es importante mantener cohesión entre ellos.

- Planificar el proyecto: roles, calendario y metas.
- Construir un modelo usando el kit LEGO Ev3 Mindstorms.
- Lograr la conexión inalámbrica con el robot.
- Programar las funcionalidades del robot.
- Agregar varios dispositivos para su control a distancia.
- Crear una interfaz para uso común.
- Adoptar satisfactoriamente la metodología AGIL.

1.3. Restricciones

La ejecución del proyecto tiene ciertas limitantes a considerar, por lo que la planificación deberá adecuarse a ellas. Algunas de las restricciones del proyecto son:

- La disponibilidad de las piezas está definida por el stock de la universidad.
- El lenguaje de programación del robot será *Python*.
- El tiempo límite del proyecto será de un semestre (4-5 meses).
- Solo se podrá trabajar con el robot dentro de la universidad.
- La plataforma de colaboración del equipo será Redmine y GitHub.

1.4. Entregables

La organización y registro del proyecto se realizará mediante documentos periódicos publicados en la plataforma Redmine.

- Bitácoras de avance cada semana.
- Calendario del proyecto.
- Informe de planificación del proyecto.



- Presentación de planificación del proyecto.



2. Organización del Personal

2.1. Descripción de los roles

Dentro del equipo se deben cubrir ciertos roles para la distribución de trabajos y carga del proyecto. Estos roles son:

1. **Jefe de grupo:** Se encarga de organizar las tareas del equipo.
2. **Ensamblador:** Se encarga de la construcción y diseño del robot.
3. **Programador:** Se encarga de implementar y mantener la comunicación con el robot y las funcionalidades que necesite.
4. **Diseñador:** Se encarga de diseñar las partes gráficas del proyecto, como el logotipo y las presentaciones.
5. **Documentador:** Se encarga de mantener actualizada la información del proyecto en la plataforma Redmine.

2.2. Personal asignado

1. **Jefe de grupo:** Tiara Canepa
2. **Ensamblador:** Brandon Pizarro, Catalina Ramírez
3. **Programador:** Jeany Aravena, Tiara Canepa
4. **Documentador:** Brandon Pizarro, Catalina Ramírez
5. **Diseñador:** Brandon Pizarro, Jeany Aravena

2.3. Mecanismos de comunicación

Para la comunicación entre los integrantes del equipo se utilizará la aplicación *WhatsApp* en donde se realizará la coordinación de las actividades y los horarios de cada miembro. Otras posibles opciones a considerar dada la necesidad serán *Discord* y la misma plataforma *Redmine*.



3. Planificación del Proyecto

3.1. Actividades

3.2. Calendario

La planificación del proyecto se realiza activamente mediante la repartición de actividades durante un tiempo estimado. El calendario, visto en la Figura 1, se describe en una carta gantt.

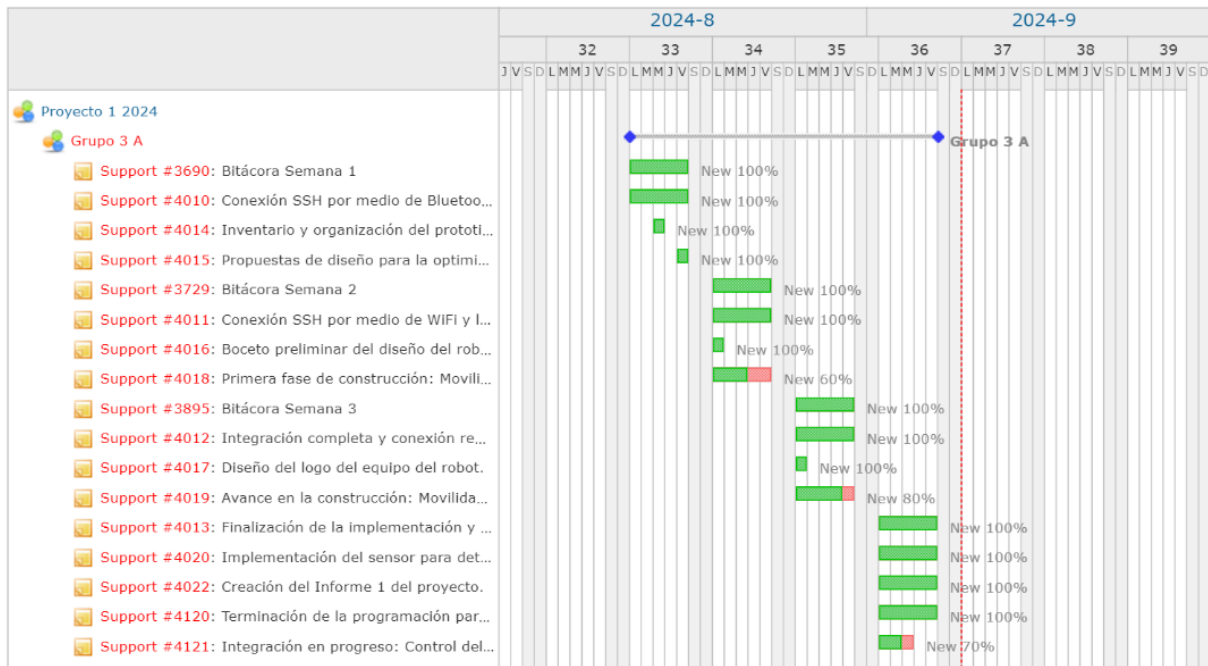


Figura 1: Calendario de actividades del proyecto

3.3. Gestión de riesgos

En la duración del proyecto pueden ocurrir inesperada e inevitablemente situaciones que pongan en peligro su avance. Para remediar estos casos se realiza un plan de acción dependiendo de su gravedad:

- Daño catastrófico:** El proyecto puede detenerse indefinidamente o incluso ser cancelado; las medidas a tomar deben ser eficientes y ejecutadas de forma inmediata.
- Daño crítico:** El proyecto puede retroceder en su avance o detenerse por cantidades considerables de tiempo; las medidas a tomar deben ejecutarse lo antes posible para evitar ramificaciones.
- Daño circunstancial:** El proyecto puede ser pausado o llevado por un camino no importante; las medidas a tomar tienen baja prioridad, pero deberían ejecutarse más temprano que tarde.
- Daño irrelevante:** El proyecto puede presentar pequeños obstáculos que no necesariamente detienen su avance; las medidas a tomar no siempre son necesarias y deberían priorizarse otras situaciones.



| Riesgo | Probabilidad de Ocurrencia | Nivel de Riesgo | Medidas |
|--|----------------------------|-----------------|--|
| Corrupción de la tarjeta SD | 10% | Crítico | Formatear y reinstalar el sistema del Ev3, recurrir a respaldos de archivos |
| Descarga de la batería del Ev3 | 70% | Circunstancial | Conectar el Ev3 a una fuente de poder |
| Diseño incompatible con las necesidades | 60% | Catastrófico | Volver a pensar en el diseño del robot y retroceder a un estado compatible |
| Error en el código | 90% | Crítico | Arreglar los bugs del código; volver a un estado anterior si es necesario |
| Ausencia inesperada de algún integrante | 20% | Irrelevante | Repartir la responsabilidad del miembro faltante |
| Piezas faltantes | 60% | Circunstancial | Pedir las piezas si es que quedan en stock; en caso contrario buscar diseño alternativo |
| Desarme accidental considerable del robot | 10% | Catastrófico | Intentar volver al diseño actual mediante material fotográfico y el manual |
| Cambio de horario en horas disponibles | 20% | Crítico | Reagendar las actividades del horario; considerar horas extra |
| Fallo de los dispositivos de los integrantes | 5% | Catastrófico | Recurrir a equipo prestado, contabilizar los daños; si es posible reponer dispositivos |
| Problemas en la conexión SSH | 60% | Circunstancial | Buscar el origen del problema; si toma mucho tiempo, recurrir a ejecución directamente en el brick |



4. Planificación de los Recursos

4.1. Hardware

El hardware son los dispositivos y accesorios físicos necesarios para la realización del proyecto.

- Kit LEGO Ev3 Mindstorms
- Micro SD para el almacenamiento del robot
- Notebooks para la programación y búsqueda de información
- Adaptador Wi-Fi
- Control a distancia

4.2. Software

El software son los programas y sistemas que se utilizarán para la realización del proyecto.

- Editores Visual Studio Code y Neovim
- WhatsApp
- Sistemas operativos Windows y Linux (Arch)
- Canva
- SSH

4.3. Estimación de costos

Las piezas de hardware a utilizar durante la realización del proyecto tienen los siguientes costos:

| Producto | Precio |
|------------------------------|---------------------|
| Kit LEGO Ev3 Mindstorms | \$ 750,000 |
| Set de Expansión LEGO Ev3 | \$ 250,000 |
| Control PS3 DualShock 3 | \$ 30,000 |
| Micro SD 8 GB | \$ 5,000 |
| Adaptador Wi-Fi USB | \$ 10,000 |
| Notebook Lenovo V14 G3 | \$ 300,000 |
| Notebook Acer | \$ 900,000 |
| Notebook ZenBook 14x Oled | \$ 600,000 |
| Notebook Lenovo Thinkpad E14 | \$ 500,000 |
| Tablet Samsung | \$ 300,000 |
| Total | \$ 3,645,000 |

El software a utilizar durante la duración del proyecto tiene principalmente características de acceso simple; gratuito, como Visual Studio Code, o de código abierto, como Neovim, SSH o los sistemas Linux. Si bien el sistema operativo Windows requiere una licencia pagada, este costo está incluido en los productos de la Tabla 2. Por esto, no hay costo por software.

También se consideran los costos asociados con los sueldos del equipo:



| Rol | Precio/Hora |
|---------------|--------------------|
| Jefe de Grupo | \$ 30,000 |
| Ensamblador | \$ 27,000 |
| Documentador | \$ 23,000 |
| Programador | \$ 25,000 |
| Diseñador | \$ 25,000 |

Naturalmente, como los miembros del equipo compartirán responsabilidad de roles los sueldos finales se ajustarán como sigue:

| Integrante | Horas | Precio/Hora | Sueldo Semestral |
|-------------------|--------------|--------------------|-------------------------|
| Jeany Aravena | 72 | \$ 28,000 | \$ 2,016,000 |
| Tiara Canepa | 72 | \$ 35,000 | \$ 2,520,000 |
| Brandon Pizarro | 72 | \$ 32,000 | \$ 2,304,000 |
| Catalina Ramírez | 72 | \$ 30,000 | \$ 2,160,000 |
| Total | - | - | \$ 8,890,000 |

En total se obtiene la siguiente estimación de costos:

| Tipo | Costo Total |
|--------------|--------------------|
| Hard-ware | \$ 3,645,000 |
| Sueldos | \$ 8,890,000 |
| Total | \$ 12,535,000 |



5. Análisis y Diseño

5.1. Especificación de Requerimientos

El **Proyecto Ada** debería ser capaz de ser controlado a distancia, moverse en todas las direcciones y manipular la garra para transportar objetos pequeños. Los casos de uso, o requerimientos funcionales, que un usuario presenta al utilizar el proyecto son:

- Mover el robot en todas direcciones.
- Manejar la garra.
- Controlar al robot a distancia mediante un dispositivo electrónico.
- Hacer uso de la interfaz gráfica para mayor facilidad.

Dentro de la ejecución del proyecto, se requiere tener en consideración ciertos puntos para mantener la cohesión y el ámbito. Dentro de ellos está el diseño del proyecto y su extensión; los siguientes son requerimientos no funcionales:

- Facilitar el uso y comunicación del proyecto mediante un manual de instrucciones.
- Diseñar controles en la interfaz gráfica para el desplazamiento y manipulación de objetos.
- Mantener una conexión estable y eficiente durante su uso.
- Lograr un control inalámbrico a distancias medianas.

5.2. Arquitectura

La arquitectura del proyecto utiliza comunicaciones mediante *sockets* entre un cliente, normalmente en un computador, y un servidor dentro del robot. El dispositivo procesa la entrada y envía mensajes al robot, quien actúa acorde al comportamiento que se espera.

Para esto, el servidor posee un módulo de librería en donde se especifican las funcionalidades que puede realizar. En particular:

- Funciones de movimiento: avance, retroceso y rotación.
- Funciones de la garra: subir, bajar, abrir y cerrar.
- Funciones extra: reproducir sonidos predeterminados.

Además, para su manejo mediante dispositivos extra (controles/mandos), el cliente tiene un diseño concurrente (multi-hilo) que utiliza para la ejecución de varios archivos al mismo tiempo: uno destinado a la interfaz gráfica y otro para el uso de controles a través de la librería *pygame*.

5.3. Interfaz

La interfaz gráfica está destinada para el uso común de los usuarios. Busca facilitar el manejo del robot al no necesitar conocimiento de su implementación interna.

Al desplegarla se muestran las teclas disponibles y sus categorías (movimiento, garra y conexiones), como se ve en la Figura 2, además de un botón destinado a introducir la dirección IP del robot en caso de que la dirección guardada localmente ya no sea válida, mostrado en la Figura 3.



Figura 2: Primera pantalla de la interfaz gráfica



Figura 3: Ventana para introducir la dirección IP del robot

Una lista desplegable en la esquina inferior izquierda permite cambiar la interfaz para mostrar los botones de un control genérico, lo que se ve en la Figura 4.

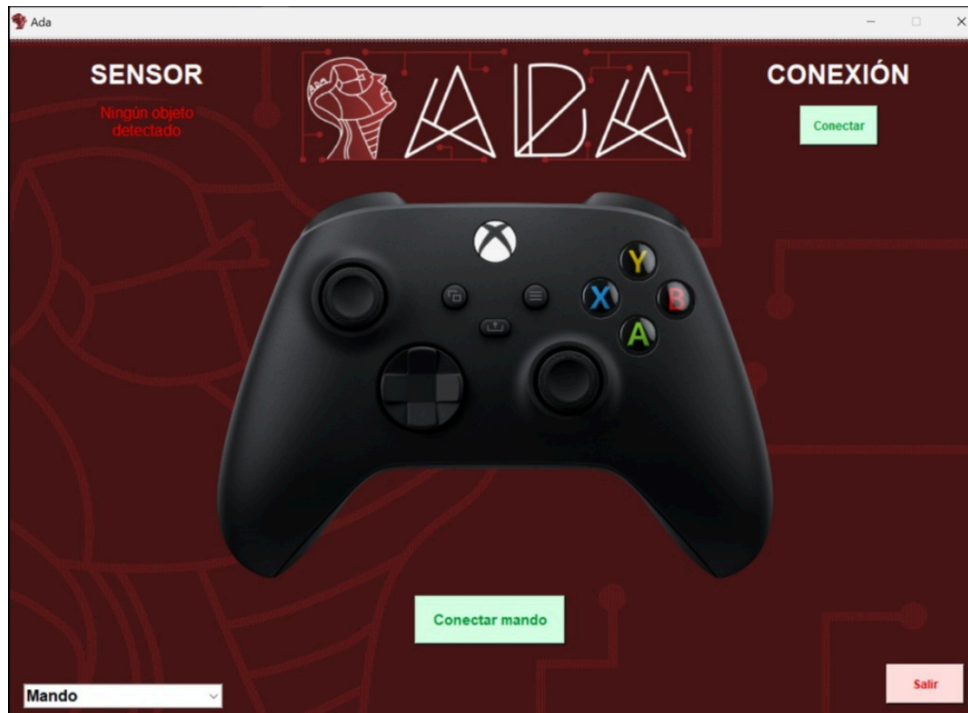


Figura 4: Segunda pantalla de la interfaz gráfica



6. Implementación

6.1. Fundamentos de Mecánica

Para el cálculo del movimiento del robot, se realizaron experimentos simples de manera de obtener su velocidad y aceleración media. Más pruebas se realizarán constantemente para controlar sus capacidades físicas.

En el experimento, partiendo desde el reposo el robot avanzó 5 metros en 10 segundos, por lo que su velocidad media está dada por $v_m = \frac{d}{t} = \frac{5 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Luego, el momento en que el robot alcanza su velocidad máxima es $t = 5 \text{ s}$ y dada su velocidad inicial de $v_i = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, se tiene que su velocidad final luego de los 5 segundos $v_f = v_m = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Finalmente, su aceleración media queda:

$$\begin{aligned} a_m &= \frac{\Delta x_2 - \Delta x_1}{\Delta t_2 - \Delta t_1} = \frac{0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \text{ m} - 0 \text{ m}} \\ &= 0.1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{aligned}$$

El transporte de objetos pequeños está modelado utilizando fuerzas de torque que debe manejar el robot en su garra. Debe ser capaz de sostener permanentemente, en particular, una pelota de ping-pong genérica.

Para esto, se asume la aceleración de gravedad $g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ y que el objeto tiene una masa $m = 0.0027 \text{ kg}$. Luego, la fuerza necesaria para levantarlo será:

$$\begin{aligned} F_m &= ma = 0.0027 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ &= 0.0265 \text{ N} \end{aligned}$$

Como la garra realiza una rotación sobre el eje del motor, levantar el objeto requiere realizar torque sobre él. Se tiene que el largo de la garra desde el eje de rotación y los dientes de la garra en donde reposa la pelota es $r = 0.2 \text{ m}$. Finalmente, el torque necesario que requiere realizar el robot:

$$\begin{aligned} \tau &= F_m r = 0.0265 \text{ N} \cdot 0.2 \text{ m} \\ &= 0.0053 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Estos cálculos ignoran el roce de las partes mecánicas internas del motor y la distribución de peso en los puntos de contacto del objeto sobre la garra.

6.2. Descripción de los Programas

El proyecto consiste de los siguientes archivos:

- server.py
- library.py
- main.py
- gui.py
- pygame_process.py
- client.py

Los dos primeros archivos se encuentran dentro del robot y permiten comunicarse con el dispositivo cliente. library.py define sus funcionalidades —principalmente manipulando los motores—, mientras que server.py abre un socket por el que escucha mensajes y actúa dependiendo de la acción que se quiera realizar.



El resto de archivos constituyen el programa cliente que procesa toda entrada y la envía al servidor. El archivo de entrada `main.py` se encarga de ejecutar un proceso multi-hilo capaz de manejar los otros procesos de manera concurrente, principalmente porque el módulo `pygame` se ejecuta así nativamente.

Así, los archivos `gui.py`, `pygame_process.py` y `client.py` definen la interfaz gráfica con la librería `tkinter`, el funcionamiento con controles externos, y la comunicación con el servidor, respectivamente.

6.3. Diagramas



7. Resultados

7.1. Estado Actual del Proyecto

El **Proyecto Ada** actualmente es capaz de movimiento en intervalos fijos de tiempo y a velocidades constantes. Se está trabajando en una implementación de manejo mediante análogos de controles que entregará mayor versatilidad.

La interfaz gráfica está muy cerca de su versión final; solo detalles estéticos quedan por pulir, mientras que el diseño del robot ya alcanzó su última etapa, por lo que no se esperan más cambios.

El movimiento y funcionamiento de la garra ha mostrado ser satisfactorio, aunque se deben implementar límites de seguridad para la extensión de los motores.

Se ha comenzado con la realización del manual de usuario para la documentación de uso y buenas prácticas.

En general el proyecto ha tomado su curso a tiempo y no se han presentado mayores retrasos en su ejecución, así que el itinerario formulado en la planificación del proyecto ha mostrado ser fiel a la realidad y es un buen descriptor del avance.

7.2. Problemas Encontrados y Solución Propuesta

Se detallan aquí las situaciones problemáticas más importantes que se han presentado hasta ahora, y las soluciones que se propusieron:

| Problemas encontrados | Soluciones propuestas |
|--|---|
| El cliente no logra la conexión con el robot | Revisar si la dirección IP del robot cambió |
| Durante la ejecución, el robot presenta bloqueos y no responde las instrucciones | Reiniciar el robot y el servidor para liberar los bloqueos |
| El programa cliente se cae si no hay un mando conectado | Refactorizar la lógica de detección de mandos con pygame |
| Un control no puede volver a ser conectado luego de desconectarse | Especificar la inicialización del control en específico dentro del código |
| El cliente no termina correctamente todos los procesos asociados | Buscar en la documentación de la librería multi-hilos de <i>Python</i> y realizar los cambios pertinentes |



8. Conclusión

La exitosa realización del proyecto dependerá de seguir a cabalidad las proyecciones registradas en este informe. Los plazos definidos y los roles asignados son el punto de partida de un buen producto, así que el equipo se muestra determinado a tener los mejores resultados posibles.



9. Referencias

- [Página principal de ev3dev](#)
- [Repositorio de la librería ev3dev2 en Python](#)
- [Referencia y documentación de la librería ev3dev2 en Python](#)
- [Referencia y documentación de la librería pygame en Python](#)