



UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ
Universidad del Estado

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería en Computación e Informática



Brazo Robótico de Lego

Autores: Eduardo Suaña
Dylan Calderon
Matias Agriano
Benjamin Sucso

Curso: Proyecto I
Profesor: Baris Nikolai Klobertanz Quiroz

Historial

Tabla 1

Historial de cambios

Fecha	Versión	Descripción	Autor(es)
09/10/2025	1.0	Creación del documento base del proyecto.	Matías Agriano
09/10/2025	1.1	Agregado de introducción, objetivos y especificación del problema. Inclusión de roles del equipo y métodos de comunicación.	Matías Agriano Eduardo Suaña Benjamín Sucso
10/10/2025	1.2	Desarrollo de la planificación de actividades y Carta Gantt.	Dylan Calderon
11/10/2025	1.3	Incorporación de la gestión de riesgos y planificación de recursos.	Dylan Calderon Benjamín Sucso
13/10/2025	1.4	Redacción del apartado de hardware y software utilizados.	Eduardo Suaña
16/10/2025	1.5	Agregado de costos estimados.	Benjamín Sucso
17/10/2025	1.6	Redacción de la conclusión y revisión general del informe.	Dylan Calderon Matías Agriano Benjamin Sucso
17/10/2025	1.7	Correcciones en referencias, precios y riesgos	Eduardo Suaña Matias Agriano Benjamin Sucso

Tabla de Contenidos

1. Panel general	5
1.1. Introducción	5
1.2. Especificación del Problema	5
1.3. Objetivos	6
1.3.1. Objetivo General	6
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4. Restricciones	7
1.5. Entregables	7
2. Organización del personal	8
2.1 Descripción de los roles	8
2.2 Personal que cumplirá los roles	10
2.3 Métodos de comunicación	10
3. Planificación del Proyecto	11
3.1 Actividades	11
3.2 Carta Gantt	12
3.3 Gestión de riesgos	13
4. Planificación de los recursos	14
4.1 Hardware	14
4.2 Software	15
4.3. Costos	15
5. Conclusión	17
6. Referencias	18

Índice de Tablas

Tabla 1.....	2
Tabla 2.....	10
Tabla 3.....	11
Tabla 4.....	13
Tabla 5.....	16
Tabla 6.....	16
Tabla 7.....	16

Índice de Figuras

Figura 1.....	12
----------------------	-----------

1. Panel general

1.1. Introducción

En este proyecto se trabajó en la construcción y programación de un brazo robótico utilizando el kit LEGO Spike Prime y otras extensiones. La idea principal fue crear un robot capaz de levantar y mover objetos de forma controlada, combinando el armado físico con la programación en MicroPython para dar movimiento y funcionalidad al sistema.

Durante el desarrollo del proyecto, el grupo aprendió a utilizar la programación para dar funcionamiento al robot, comprendiendo cómo el código permite coordinar las distintas partes del sistema.

Este proyecto no solo permitió aplicar los conocimientos teóricos vistos en clases, sino también desarrollar habilidades prácticas y de trabajo en equipo. Además, ayudó a comprender cómo la robótica y la automatización pueden facilitar tareas que en la vida real requieren precisión y seguridad, demostrando el potencial de estas tecnologías en distintos ámbitos de la ingeniería.

1.2. Especificación del Problema

El problema identificado se relaciona con la necesidad de reducir la exposición de los trabajadores a condiciones peligrosas durante las jornadas mineras subterráneas. En los procesos de carga y manipulación de material, los operarios enfrentan riesgos físicos y ambientales que pueden afectar su seguridad y salud.

Ante esta situación, se requiere el desarrollo de una herramienta robótica que incorpore tecnologías como la teleoperación, la automatización y la robótica, con el propósito de mejorar la productividad, reducir los costos operativos, optimizar los procesos y, principalmente, minimizar los riesgos humanos asociados a las labores mineras.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar, construir y programar un brazo robótico con LEGO Spike Prime, controlado a distancia mediante una interfaz de teleoperación, para manipular de forma segura y eficiente material fragmentado en un entorno minero simulado, reduciendo la exposición de los trabajadores a riesgos operacionales.

1.3.2. Objetivos específicos

- OE1: Seleccionar y construir el diseño del robot con las piezas del Set de Lego Spike Prime, para tener una base resistente y simétrica.
- OE2: Investigar y hacer pruebas para el desarrollo del software del robot para saber cómo funcionan los motores, experimentar en la práctica, ajustar la programación y crear un software final estable y eficiente para que el robot cumpla sus tareas.
- OE3: Analizar detalladamente el funcionamiento del Set de Lego Spike Prime, para comprender las capacidades y limitaciones de sus componentes.
- OE4: Programar la interfaz del control remoto, para controlar las funciones del robot mediante conexión remota.
- OE5: Diseñar una interfaz que represente un control remoto para el manejo del robot.

1.4. Restricciones

- Límites de piezas del Set de Lego.
- Límite de tiempo en el desarrollo del robot.
- Límite de integrantes.
- Se debe utilizar Git y Github para el registro de la codificación del robot.
- Se debe emplear RedMine para documentar y planificar la Carta Gantt y bitácoras.
- Disponibilidad del robot para su programación y manipulación.
- Disponibilidad de una red inalámbrica estable para el avance del proyecto.

1.5. Entregables

- Informe Inicial: Documento que describe la planificación del proyecto.
- Informe Final: Documento que describe los resultados del proyecto.
- Presentación oral del proyecto: Presentación que expone el proceso del proyecto hacia los clientes o stakeholders.
- Código base del cliente y servidor : Repositorio en el que se almacena el código utilizado en el proyecto.
- Carta Gantt: Documento que planifica las actividades que se realizarán durante todo el proyecto.
- Bitácoras: Documentos que registran las actividades realizadas en un periodo semanal.

2. Organización del personal

2.1 Descripción de los roles

Para garantizar un trabajo ordenado, eficiente y colaborativo, el equipo realizó una revisión de las tareas necesarias para llevar a cabo el proyecto. A partir de esta evaluación se identificaron las actividades principales: diseño y construcción del robot, programación, documentación y gestión del proyecto. Con base en estas necesidades, se asignaron roles específicos a cada integrante, buscando aprovechar las fortalezas individuales y asegurar que todas las áreas del proyecto estuvieran cubiertas.

Jefe de proyecto

Responsabilidades:

- Coordina el equipo, establece metas y plazos.
- Asegurar que todos los miembros del equipo estén alineados y cumplan sus tareas.
- Comunica avances y problemas a los stakeholders.

Constructor:

Responsabilidades:

- Construye el robot o estructura con las piezas de Lego Spike.
- Asegura que el diseño sea funcional y estable, realizando algunas pruebas.
- Propone modificaciones para mejorar el diseño o funciones.

Diseñador:

Responsabilidades:

- Crea y desarrolla el diseño visual y estructural del robot, priorizando la funcionalidad y la estética.

- Planifica la distribución de las piezas y componentes para optimizar el equilibrio y el rendimiento.
- Colabora con el constructor y el programador para asegurar que el diseño sea compatible con la programación y la construcción física.

Programador:

Responsabilidades:

- Programar el comportamiento del robot usando el Software de LEGO Spike (MicroPython).
- Depura y ajusta el código para lograr la funcionalidad deseada.

Documentador:

Responsabilidades:

- Documenta todo el proceso: pasos, problemas, soluciones y resultados
- Prepara informes, carta gantt, bitácora del proyecto y presentaciones.

2.2 Personal que cumplirá los roles

Tabla 2

Definición de roles.

Rol	Responsable
Jefe de proyecto	Eduardo Suaña
Programador	Matias Agriano
Diseñador	Benjamin Sucso
Constructor	Eduardo Suaña
Documentador	Dylan Calderon

2.3 Métodos de comunicación

El medio de comunicación que utilizaremos será Whatsapp, que es una herramienta para la comunicación rápida y constante entre los integrantes del equipo. A través de este medio se compartirá recordatorios, fotos del proceso, dudas, archivos y actualizaciones del trabajo. Su uso permite mantenernos conectados en todo momento, incluso fuera del horario de clases.

3. Planificación del Proyecto

3.1 Actividades

Tabla 3

Registro de actividades.

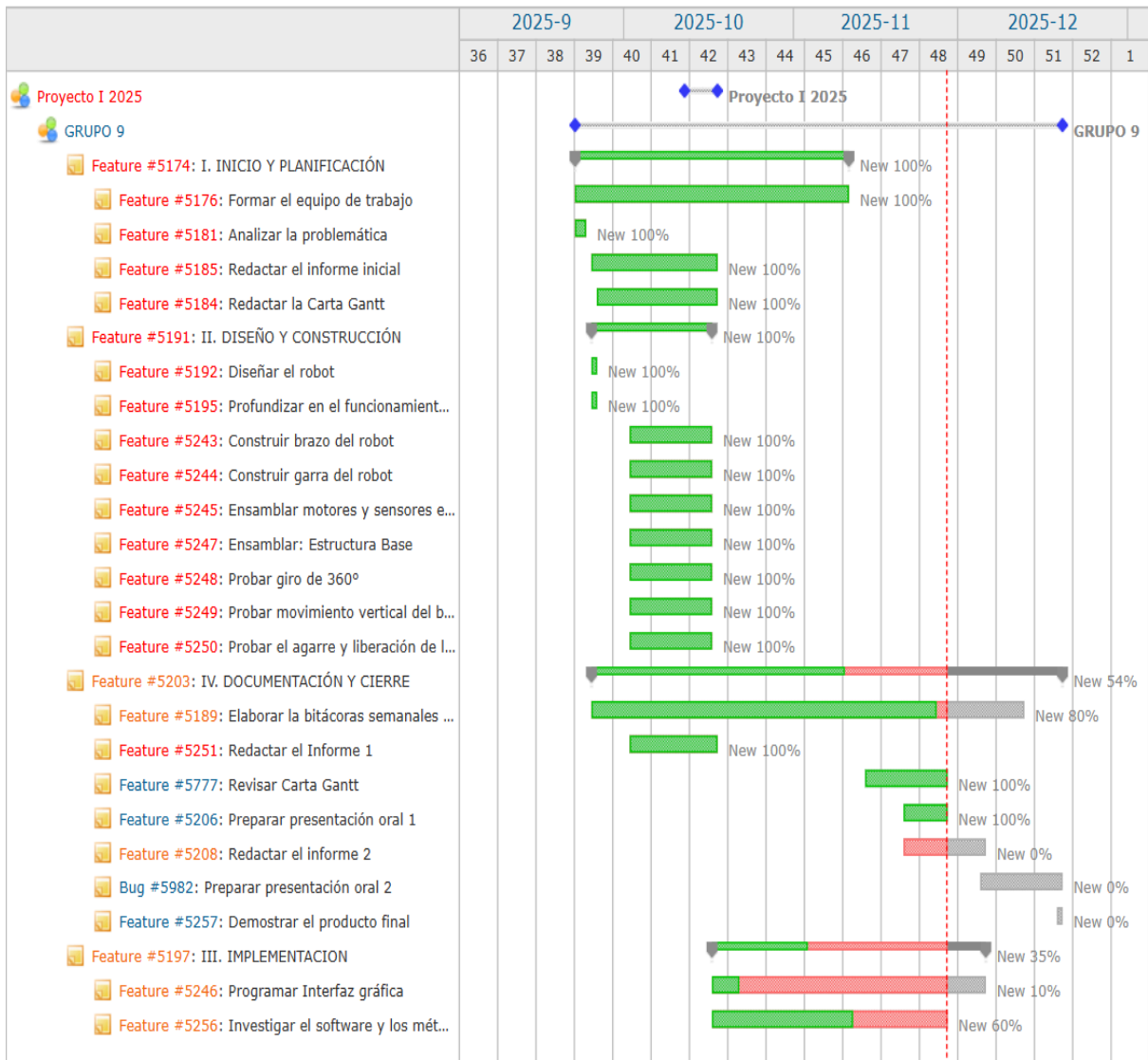
Nombre	Objetivos específicos	Responsables
Formar el equipo de trabajo	–	Todos
Analizar la problemática	–	Todos
Redactar el informe inicial	–	Todos
Redactar la Carta Gantt	–	Dylan Calderon
Diseñar el robot	OE1	Benjamín Sucso
Profundizar en el funcionamiento del Set	OE3	Eduardo Suaña Benjamín Sucso
Construir brazo del robot	OE1	Eduardo Suaña
Construir garra del robot	OE1	Eduardo Suaña
Ensamblar motores y sensores del robot	OE1	Eduardo Suaña
Ensamblar: Estructura Base	OE1	Eduardo Suaña
Probar giro 360°	OE2	Matías Agriano
Probar movimiento vertical del brazo robótico	OE2	Matías Agriano
Probar el agarre y liberación de la garra	OE2	Matías Agriano
Programar interfaz gráfica	OE4 - OE5	Matias Agriano Benjamín Sucso
Investigar el software y los métodos de programación	OE2	Matías Agriano
Elaborar las bitácoras semanales	–	Dylan Calderon
Redactar Informe 1	–	Todos
Revisar Carta Gantt	–	Dylan Calderon Eduardo Suaña
Preparar presentación oral 1	–	Todos
Redactar Informe 2	–	Todos
Preparar presentación oral 2	–	Todos
Demostrar el producto final	–	Todos

3.2 Carta Gantt

Para organizar de manera eficiente las actividades del proyecto, se elaboró una carta Gantt que permite visualizar la secuencia de tareas y su distribución en el tiempo. Esta herramienta facilita la planificación general del trabajo, ya que muestra cuándo debe iniciarse cada actividad, cuánto durará y cómo se relaciona con las demás etapas del proyecto. Gracias a esta representación temporal, el equipo puede monitorear el progreso, asegurar un flujo de trabajo ordenado y realizar ajustes cuando sea necesario. A continuación, se presenta la carta Gantt desarrollada para este proyecto.

Figura 1

Carta Gantt.



3.3 Gestión de riesgos

Durante el proyecto se identificaron algunos riesgos que podrían afectar el desarrollo del trabajo. A continuación, se describen los principales riesgos detectados, nivel de impacto y las medidas que se tomarán para prevenirlos o solucionarlos:

Para la siguiente tabla se estará categorizando por tres niveles de impacto los cuales son:

- Bajo: el riesgo puede generar retrasos o dificultades menores que no afectan significativamente el avance del proyecto; su solución requiere poca intervención.
- Medio: el riesgo puede afectar parcialmente el rendimiento del equipo o el cumplimiento del cronograma, requiriendo reestructuración moderada para ser solucionado.
- Alto: el riesgo puede comprometer gravemente la continuidad del proyecto, retrasar de forma considerable su desarrollo o impedir el cumplimiento de los objetivos si no se atiende oportunamente.

Tabla 4

Gestión de riesgos.

Riesgo identificado	Nivel de impacto (bajo / medio / alto)	Medida preventiva / Solución
Abandono de personal.	Alto	Redefinir roles, ofrecer ayuda mutua para tratar de prevenir.
Mal funcionamiento o desempeño del robot.	Alto	Volver a la fase de diseño teniendo en cuenta las complicaciones.
Cambios de actividades en horarios destinados al proyecto.	Bajo	Acordar reuniones y horas extraordinarias.
Limitación de piezas del Set de LEGO.	Bajo	Planificar bien el diseño antes de construir y adaptar el modelo según las piezas disponibles o solicitar piezas adicionales.

4. Planificación de los recursos

Para asegurar una correcta ejecución del proyecto, fue necesario identificar, organizar y determinar la cantidad de recursos involucrados en su desarrollo. Estos recursos se clasificaron en tres categorías principales: hardware, software y recursos humanos, correspondiendo estos últimos al sueldo estipulado según el rol asignado a cada integrante en función de los objetivos del proyecto.

4.1 Hardware

Para el desarrollo del proyecto se utilizó el kit LEGO Spike Prime, que incluye una variedad de componentes que permiten construir y controlar sistemas robóticos. A continuación, se detallan los principales elementos de hardware empleados en la construcción del brazo robótico:

- Hub LEGO Spike Prime: Es el cerebro del robot. Contiene un microcontrolador que ejecuta el código programado en MicroPython y coordina las acciones de los motores y sensores.
- Motores grandes y medianos: Se utilizaron para generar el movimiento del brazo y de la garra.
- Cables de conexión: Permiten la comunicación entre el Hub y los diferentes motores y sensores, garantizando el correcto flujo de datos y energía.
- Estructura de piezas LEGO : Conformada por vigas, ejes, conectores y engranajes, utilizada para construir la base y el mecanismo articulado del brazo de grúa.
- Computador personal (PC): Se utilizó para programar el robot, cargar el código en el Hub y realizar las pruebas de funcionamiento.
- Expansión del Set de LEGO Spike Prime.

4.2 Software

Para el desarrollo del proyecto se optó por utilizar software gratuito, para documentar el proceso, comunicarnos y programar el control del kit LEGO Spike Prime. Los principales elementos de software empleados fueron:

- Entorno de programación LEGO Spike App: Es la plataforma oficial de LEGO Spike, que permite crear, cargar y ejecutar programas en el Hub del robot. Ofrece un entorno visual y también la opción de programar en Python (MicroPython).
- MicroPython: Se utilizó como lenguaje de programación para controlar los motores, sensores y la lógica de movimiento del brazo y la garra.
- Control de versiones y almacenamiento de código: El código se guardó en el computador personal y en plataformas de respaldo (por ejemplo, Google Drive), asegurando que no se pierda información y permitiendo mantener un historial de cambios.
- Software de comunicación: La conexión entre el Hub y el computador se realizó mediante Bluetooth o USB, lo que permitió cargar el código, ejecutar pruebas y depurar errores en tiempo real. Además, se recomienda incorporar el uso de Git y GitHub para llevar un control adecuado de versiones, facilitar la colaboración entre los integrantes del equipo y mantener un historial claro de cambios durante el desarrollo del proyecto.

4.3. Costos

Hardware:

Los precios de los equipos fueron obtenidos mediante cotizaciones directas en tiendas nacionales de tecnología al momento de redactar el informe, y las fuentes están detalladas en la bibliografía del informe presente.

Personal / Recursos Humanos:

Los costos de personal son una estimación basada en el valor hora de mercado para perfiles de ingeniería o técnicos especializados. Y la contabilización de horas de trabajo se comenzó a registrar desde el 26 de septiembre hasta el 30 de diciembre. Las horas extras fueron valoradas al mismo costo que la hora de trabajo regular. Por último, el costo total se obtuvo mediante la multiplicación del sueldo del valor por hora correspondiente a cada rol por la cantidad de horas trabajadas, incluyendo las horas extras.

Tabla 5*Costo de Hardware.*

Hardware	Cantidad	Precio
Galaxy Tab S9 FE	1	\$579.991 CLP
Lenovo IdeaPad 5 15ITL05	1	\$799.990 CLP
Lego Education SPIKE PRIME Set	1	\$555.000 CLP
Lenovo V14 G2 ALC	2	\$1.598.000 CLP
Lego Set de expansión (45680)	1	\$174.000 CLP
Total	-	\$3.706.981 CLP

Tabla 6*Costo de Recursos Humanos.*

Rol del Personal	Horas	Horas extra	Sueldo/hora
Jefe de proyecto	58	10	\$28.000 CLP
Programador	58	10	\$24.000 CLP
Diseñador	58	10	\$23.000 CLP
Ensamblador	58	10	\$24.000 CLP
Documentador	58	10	\$23.000 CLP
Total	-	-	\$8.296.000 CLP

Tabla 7*Costo Total de Recursos.*

Costo Total	Precio
Hardware	\$3.706.981 CLP
Software	\$0 CLP
Personal	\$8.296.000 CLP
Total	\$12.002.981 CLP

5. Conclusión

Hasta este momento logramos planificar la solución al problema de manipulación de material de manera segura y familiarizarnos con el kit LEGO Spike Prime.

Durante esta fase adquirimos conocimientos esenciales sobre la coordinación entre motores y estructura, lo que nos permitió comprender mejor el funcionamiento general del robot y fortalecer nuestras habilidades de programación y diseño.

El trabajo realizado constituye un avance importante, pues establecimos las bases técnicas necesarias para continuar el proyecto de manera ordenada. En las próximas fases se desarrollarán actividades como el perfeccionamiento del diseño mecánico, la mejora de los algoritmos de control, la integración de nuevos componentes y la realización de pruebas más completas para validar el desempeño del robot. En conclusión, gracias a la planificación y al aprendizaje obtenido en esta etapa, el proyecto podrá avanzar conforme a lo previsto, contando ya con una base sólida para afrontar las siguientes fases de desarrollo.

6. Referencias

Opcstore. (s. f.). *Notebook Lenovo V14 G2 ALC Ryzen 5 8GB SSD 512GB 14", HD W10* Pro.

<https://opcstore.cl/products/notebook-lenovo-v14-alc-8gb-ssd-512gb-14-hd-w10-pro?srsltid=AfmBOoolBpYmDwqtouzl-KzZKBEM51Ze0ppGC6v71xVEH3puzvzHroH>

Falabella. (s. f.). *Samsung Galaxy Tab S9 FE 256GB*.
<https://www.falabella.com/falabella-cl/product/132630394/Samsung-Galaxy-Tab-S9-FE-256GB/132630395>

SmartDeal.cl. (2023, 14 de junio). *Notebook Lenovo IdeaPad 5 15ITL05 / Intel Core i7 / 512GB SSD / 12GB RAM / 15" FHD*.
<https://www.smartdeal.cl/producto/notebook-lenovo-ideapad-5-15itl05-intel-core-i7-512gb-ssd-12gb-ram-15-fhd/?srsltid=AfmBOopOpTB92IHwF1eQ4TYF9NUtbATMwByTw1JR5bGxvYxNU9kAZ1Nb>

The LEGO® Group. (s. f.-c). *LEGO Education Spike Prime Expansion Set 45681*.
<https://www.lego.com/es-es/product/lego-education-spike-prime-expansion-set-45681>

The LEGO® Group. (s. f.-d). *LEGO Education Spike Prime Set 45678*.
<https://www.lego.com/es-es/product/lego-education-spike-prime-set-45678>

Trabajo de programador | Bolsa de Trabajo Chile. (s. f.). *Computrabajo Chile*.
<https://cl.computrabajo.com/trabajo-de-programador>