

**UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL EN COMPUTACIÓN E  
INFORMÁTICA**



**Plan de Proyecto**  
**“Prototipo de un vehículo robot minero para el traslado de  
minerales a gran escala”**

**Alumnos:** Ayleen Humire  
Brandon Quispe  
German Castro  
Claudio Pinazo  
Daniela Poma

**Asignatura:** Proyecto I

**Profesor:** Baris Klobertanz

**Historial de Cambios**

| <b>Fecha</b> | <b>Versión</b> | <b>Descripción</b>                          | <b>Autores</b>                                     |
|--------------|----------------|---|--|
| 09/10/2025   | 1.0            | Concepción del documento.                   | <b>Ayleen Humire, Daniela Poma</b>                 |
| 10/10/2025   | 1.1            | Recopilación de información .               | <b>Ayleen Humire, Daniela Poma, Claudio Pinazo</b> |
| 16/10/2025   | 1.2            | Diseño principal del documento hecho.       | <b>Ayleen Humire, Daniela Poma</b>                 |
| 17/10/2025   | 2.0            | Revisión y finalización del primer informe. | <b>Todo el grupo</b>                               |
| 28/11/2025   | 2.1            | Corrección de informe.                      | <b>Todo el grupo</b>                               |

## Índice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Panorama General</b>                                    | <b>4</b>  |
| 1.1 Introducción  | 4         |
| 1.2 Objetivos   | 4         |
| 1.2.2 Objetivos específicos                                   | 4         |
| 1.3 Restricciones   | 6         |
| 1.4 Entregables   | 6         |
| <b>2. Organización del Personal</b>                           | <b>6</b>  |
| 2.1. Descripción de los roles                                 | 6         |
| 2.2 Personal que cumplirá los roles                           | 7         |
| Tabla 1. Asignación de Roles del Proyecto                     | 7         |
| 2.3. Métodos de Comunicación                                  | 7         |
| <b>3. Planificación del proyecto</b>                          | <b>8</b>  |
| 3.1. Actividades  | 8         |
| Tabla 2. Actividades del proyecto y sus criterios de término. | 8         |
| 3.2. Carta Gantt  | 9         |
| 3.3. Gestión de Riesgos                                       | 10        |
| Tabla 3. Gestión de riesgos del proyecto.                     | 10        |
| <b>4. Planificación de recursos</b>                           | <b>11</b> |
| 4.1 Hardware  | 11        |
| 4.2 Software  | 11        |
| 4.3 Estimación de costos                                      | 12        |
| Tabla 4. Presupuesto Hardware                                 | 12        |
| Tabla 5. Presupuesto Software                                 | 13        |
| Tabla 6. Presupuesto de Empleados                             | 13        |
| Tabla 7. Presupuesto Total                                    | 14        |
| <b>5. Conclusiones</b>  | <b>15</b> |
| <b>6. Referencias Bibliográficas</b>                          | <b>16</b> |

# **1. Panorama General**

## **1.1 Introducción**

La minería 4.0 es la transición de la minería tradicional hacia la industria 4.0, un modelo caracterizado por la digitalización y la automatización de los procesos productivos. Con base en tecnologías como el internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), el big data, la robótica y la realidad aumentada, las cuales mejoran la seguridad y eficiencia de las operaciones mineras. Aún así, se muestran altos niveles de riesgo para los trabajadores en la minería subterránea, principalmente en la etapa de carga, transporte y trabajo del material. Debido a la presencia de importantes accidentes ocurridos en la mina Grasberg (Indonesia) y en la mina El Teniente (Chile), se necesita reducir la exposición humana a zonas de gran peligro mediante soluciones tecnológicas.

Teniendo en cuenta el contexto anteriormente explicado, el presente proyecto propone el desarrollo de una maqueta robótica que pueda simular un proceso mineral realista, en este caso la maqueta robótica será el de un vehículo transportador, con el fin de explorar su uso como alternativa segura para realizar diversas tareas. Para lograrlo, se utilizará el kit lego Spike Prime, para desarrollar un robot que podrá ser movilizado y controlado a través de una interfaz gráfica de usuario (GUI) implementada en el lenguaje de programación Micro Python.

En este informe se presenta la formulación inicial del proyecto, detallando la justificación del problema, la definición de objetivos, la asignación de responsabilidades de cada miembro, la estrategia empleada y las acciones que se tomaron para lograr los objetivos del proyecto. También se registrará la investigación pertinente que se llevará a cabo a lo largo del semestre.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Diseñar y construir un robot utilizando el kit Lego Spike Prime que sea capaz de desplazarse, integrando principios de mecánica y programación, con el propósito de desarrollar competencias técnicas en robótica educativa y fomentar el trabajo colaborativo en equipo, además de en forma simulada poder ayudar en reducir los riesgos en las zonas de minería; beneficiando a los trabajadores.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

**Diseño del robot:**

Diseñar y planificar la estructura del robot usando las piezas del kit Lego Spike Prime, definiendo el tipo de chasis, el sistema de movimiento con ruedas y la ubicación de cada componente, para establecer una base sólida que permita el desplazamiento autónomo del robot.

- Actividades:
  - Reunión inicial y definición del proyecto.
  - Investigación del kit Lego Spike Prime.
  - Asignación de roles del equipo.
  - Diseño conceptual del robot.

**Armado físico:**

Ensamblar todas las partes del robot siguiendo el diseño establecido, integrando el chasis, las ruedas, el HUB, y los motores hasta obtener el robot completo y funcional.

- Actividades:
  - Construcción de la base del robot.
  - Instalación del chasis y ruedas.
  - Instalación del HUB, y motores.
  - Ensamblaje final.

**Programación:**

Desarrollar el código de control del robot escribiendo las instrucciones para el movimiento y los giros, logrando que el robot se desplace.

- Actividades:
  - Configuración del HUB.
  - Programación de movimientos básicos y giros.
  - Desarrollo de navegación autónoma.
  - Creación de repositorio de código.
  - Optimización y limpieza del código.

**Pruebas y ajustes:**

Evaluar el funcionamiento del robot en diferentes escenarios, identificando problemas tanto en el ensamblaje como en la programación y aplicando las correcciones necesarias, mientras se documenta el proceso completo para la presentación final del proyecto.

- Actividades:
  - Pruebas de movimiento y giros.
  - Identificación y corrección de errores.
  - Pruebas finales en pista de obstáculos.
  - Desarrollo de bitácoras semanales.

- Elaboración y corrección de informes.
- Preparación de presentación final.
- Entrega de entregables.

### 1.3 Restricciones

- ❖ Se utilizará el Kit Lego Spike Prime para la creación del robot.
- ❖ Se cuenta con un tiempo límite de ejecución.
- ❖ Para conectarse con el hub del robot tenemos dos opciones: usar cable USB o Bluetooth. No se permiten otros métodos de conexión.
- ❖ Se debe de usar Redmine de forma obligatoria todas las semanas para gestionar el proyecto.
- ❖ Se debe crear la interfaz gráfica usando librerías que implementan un GUIs.
- ❖ Se debe implementar únicamente el lenguaje de programación Python.

### 1.4 Entregables

- ❖ Carta Gantt: Herramienta visual esencial para la administración de proyectos. Su función principal es planificar y mostrar el calendario de todas las actividades del proyecto durante un período específico.
- ❖ Bitácoras: Registro continuo donde anotamos todo lo que hacemos: qué investigamos (sitios web y referencias técnicas) y qué tareas realizaremos. Lo importante es incluir tanto lo que funcionó como lo que no.
- ❖ Robot: La versión y modelo final del robot hecho con piezas de LEGO Spike Prime.
- ❖ Informe: Documento donde el proyecto está especificado y justificado en base al Caso de estudio respectivamente estudiado. En el se adjuntará el desarrollo de los demás entregables (Carta Gantt, Bitácoras, y el Robot).

## 2. Organización del Personal

El proyecto tiene diferentes áreas de trabajo (armado, programación, diseño y documentación), por lo que fue necesario dividir las tareas entre los integrantes del equipo de forma balanceada. Se decidió trabajar con roles específicos porque el proyecto necesita atención en varios frentes al mismo tiempo: la parte física del robot, el código, el aspecto visual y todo el papeleo administrativo. Si cada persona se enfoca en una cosa, el trabajo sale mejor y más rápido. También hace más fácil organizarse y revisar qué tanto se ha avanzado cada semana. Los roles del equipo son: Jefe de Proyecto, Ensamblador, Programador, Diseñador y Documentador.

## 2.1. Descripción de los roles

**Jefe de proyecto:** Representante del equipo, supervisa y organiza el progreso del proyecto, verifica que todo sea entregado en el tiempo acordado e interactúa con cada integrante del equipo para dar sugerencias o brindar soluciones para evitar retrasos.

**Ensamblador:** Encargado del montaje y el armado de las piezas, monitorea el cumplimiento de las funcionalidades del robot y brinda soluciones aplicando ingeniería en conjunto con el programador.

**Programador:** Encargado del área de la codificación para los motores del robot, buscando la movilidad del robot mediante una interfaz funcional, colabora con el ensamblador.

**Documentador:** Encargado de registrar el avance del proyecto, el cual, busque dar a conocer cuáles fueron los avances y retrasos del proyecto durante las semanas, además de la redacción del informe a presentar.

**Diseñador:** Encargado de la creación del logotipo y diseñador de pruebas de campo que busquen poner a prueba las funcionalidades del vehículo.

## 2.2 Personal que cumplirá los roles

Tabla 1. Asignación de Roles del Proyecto

| Rol              | Responsable    |
|------------------|----------------|
| Jefe de proyecto | German Castro  |
| Ensamblador      | Claudio Pinazo |
| Programador      | Brandon Quispe |
| Documentador     | Ayleen Humire  |
| Diseñador        | Daniela Poma   |

## 2.3. Métodos de Comunicación

Los principales medios de comunicación que se usarán son los siguientes: WhatsApp, que se utilizará para enviar mensajes, haciendo uso de los grupos de chat; Discord, que será usado para reuniones de llamada o videollamada (canales de texto y voz), y para la documentación de words se están usando los servicios de google para poder progresar en los documentos mientras todos tienen acceso a esto para poder editarlos.

## 3. Planificación del proyecto

### 3.1. Actividades

**Tabla 2. Actividades del proyecto y sus criterios de término.**

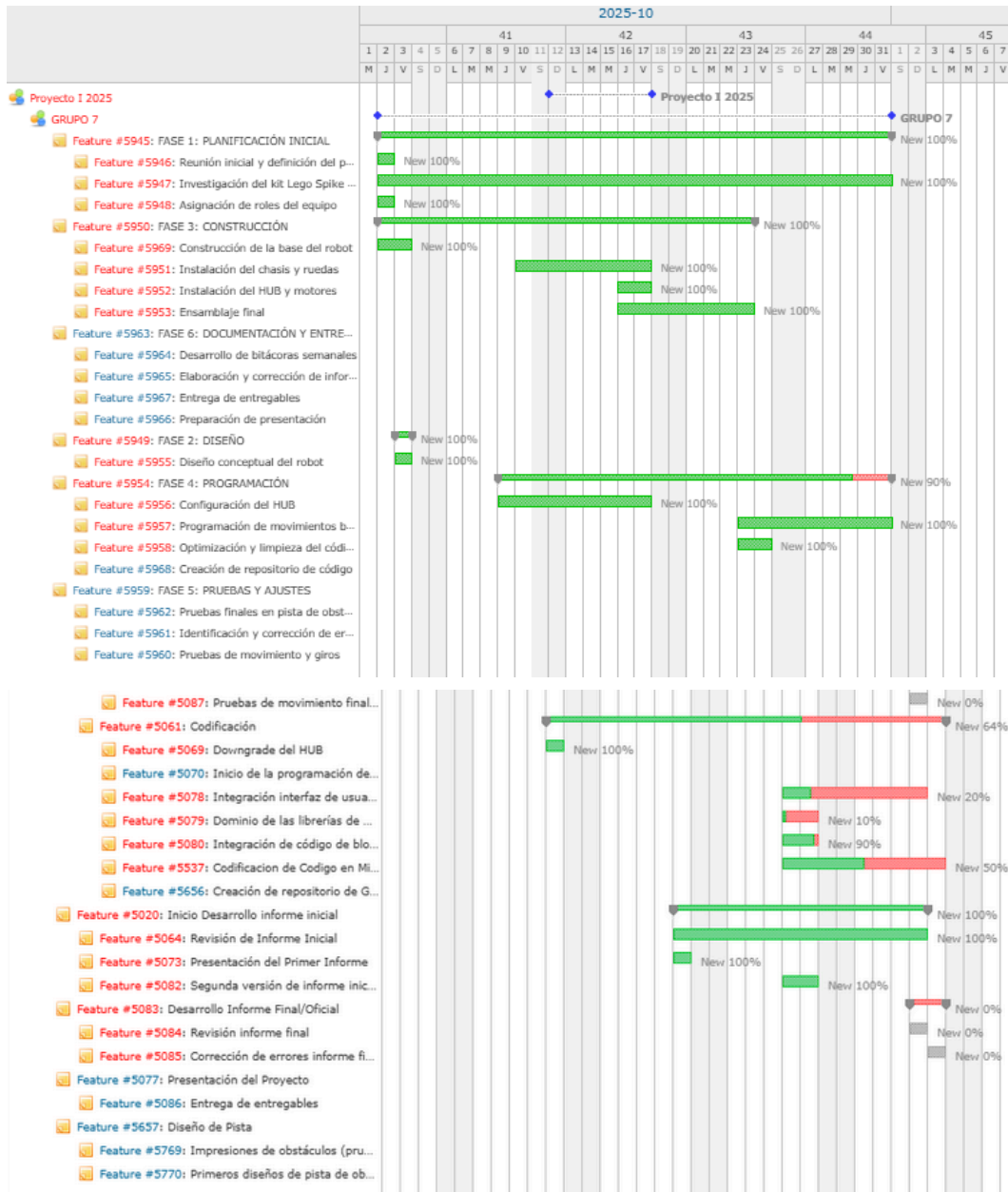
| Nombre                                     | Descripción   | Responsable                                    | Producto  |
|--|---|--|---|
| Reunión inicial y definición del proyecto. | Primera junta del equipo donde se conversa sobre qué se quiere lograr y cómo organizarse. | Todo el grupo.                                 | Acta de reunión con objetivos definidos.                  |
| Investigación del kit Lego Spike Prime.    | Revisar qué trae el kit, cómo funciona y qué se puede hacer con él.                       | Todo el grupo.                                 | Conocimiento sobre la información técnica acerca del kit. |
| Asignación de roles del equipo.            | Repartir las tareas según lo que cada uno sabe hacer mejor.                               | Todo el grupo.                                 | Tabla con los roles de cada integrante.                   |
| Diseño conceptual del robot.               | Hacer los primeros dibujos de cómo va a verse y funcionar el robot.                       | Todo el grupo.                                 | Bocetos y esquemas del diseño.                            |
| Construcción de la base del robot.         | Armar la parte de abajo que va a aguantar todo lo demás.                                  | German Castro, Claudio Pinazo, Brandon Quispe. | Estructura base armada.                                   |
| Instalación del chasis y ruedas.           | Poner las ruedas y lo que permite que el robot se mueva.                                  | Ayleen Humire, Claudio Pinazo.                 | Robot con ruedas funcionando.                             |
| Instalación del HUB, y motores.            | Integración de los componentes electrónicos principales y los motores que lo mueven.      | German Castro, Brandon Quispe.                 | Robot con componentes electrónicos y motores instalados.  |
| Ensamblaje final.                          | Juntar todas las piezas y hacer los últimos ajustes.                                      | Brandon Quispe, German Castro,                 | Robot completamente armado.                               |



|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| Configuración del HUB.                       | Preparar el HUB para que esté listo para recibir el código.                           | German Castro.                                    | HUB configurado.                        |
| Programación de movimientos básicos y giros. | Escribir el código para que el robot avance y gire.                                   | German Castro, Brandon Quispe.                    | Código con funciones básicas.           |
| Optimización y limpieza del código.          | Revisar el código para hacerlo más eficiente.   | Brandon Quispe.                                   | Código optimizado final.                |
| Creación de repositorio de código.           | Hacer un lugar donde guardar todas las versiones del código.                          | German Castro.                                    | Repositorio en GitHub o similar.        |
| Pruebas de movimiento y giros.               | Probar que el robot se mueva y gire como debe.  | Todo el grupo.                                    | Registro de las pruebas hechas.         |
| Identificación y corrección de errores.      | Encontrar lo que no funciona bien y arreglarlo.                                       | German Castro, Brandon Quispe.                    | Robot con sus problemas solucionados.   |
| Pruebas finales en pista de obstáculos.      | Probar el robot en la pista con obstáculos.   | German Castro<br>Brandon Quispe                   | Resultados de las pruebas en pista.     |
| Desarrollo de bitácoras semanales.           | Ir anotando cada semana qué se hizo y cómo fue el avance en el transcurso del tiempo. | Ayleen Humire,<br>Daniela Poma,<br>Claudio Pinazo | Bitácoras de cada semana.               |
| Elaboración y corrección de informes.        | Escribir los informes del proyecto y revisarlos                                       | Todo el grupo.                                    | Informes terminados                     |
| Preparación de presentación                  | Armar y coordinar la presentación para mostrar todo el trabajo.                       | Todo el grupo.                                    | Presentación en PowerPoint o PDF        |
| Entrega de entregables                       | Juntar todo lo que hay que entregar y mandarlo  | Todo el grupo.                                    | Todos los documentos y archivos listos. |

### 3.2. Carta Gantt

A continuación, se presenta la carta Gantt correspondiente al proyecto, la cual permite visualizar de manera clara y ordenada la planificación temporal de las tareas, sus dependencias y el progreso alcanzado hasta la fecha. Esta herramienta resulta fundamental para gestionar adecuadamente los plazos, asignar responsabilidades y mantener un seguimiento continuo del desarrollo del trabajo.



### 3.3. Gestión de Riesgos

Se verá a continuación una tabla que describe los problemas que se han identificado a lo largo de la primera fase del proyecto. Esta resume el impacto de cada desafío al clasificar el daño en cinco niveles. Cada nivel está asociado con diferentes tipos de daño:

**1. Daño catastrófico:** Las medidas a tomar en el caso son de forma inmediata, puede provocar que el proyecto se detenga o retrase significativamente, teniendo que volver a empezar desde cero.

**2. Daño crítico:** Se deben tomar medidas necesarias para resolver el riesgo, debido a que puede provocar que el proyecto se retrase en varias etapas.

**3. Daño circunstancial:** El riesgo se debe resolver en el momento, debido a que puede retrasar el desarrollo de una etapa base del proyecto.

**4. Daño irrelevante:** El riesgo no es de mayor importancia, es un detalle imprevisto que no necesita mucha atención y se puede resolver en cualquier momento.

**5. Daño recurrente:** El riesgo no es significativo, pero es reiterativo, retrasa en las sesiones de trabajo, pero no en etapas.

A continuación, se detallan los riesgos identificados durante el desarrollo del proyecto y las acciones remediales para prevenir o mitigar sus efectos.

**Tabla 3. Gestión de riesgos del proyecto.**

| Tabla de Riesgos   |                  |   |
|--|------------------|---|
| Riesgo   | Nivel de Impacto | Acción Remedial   |
| Ausencia de piezas del Kit LEGO Spike Prime.                     | 4                | Solicitar las piezas faltantes al administrador de los materiales o, en caso de no disponibilidad, diseñar y fabricar los repuestos mediante impresión 3D.                            |
| Horario insuficiente para el cumplimiento de tareas en conjunto. | 4                | Reorganizar los horarios de trabajo grupal, establecer reuniones con anticipación y distribuir las tareas individualmente.  |
| Atraso en el cumplimiento de tareas.                             | 3                | Notificar al equipo sobre el atraso y usar horas extraordinarias acordadas de forma previa con cada miembro. De esta forma se compensará el tiempo perdido y no afectará al progreso. |
| Dificultades con la conexión Wifi.                               | 3                | Esperar 10 minutos por si la red wifi de la sala se conecta automáticamente, de no ser así, cambiar a una conexión privada.   |
| Desarme e inestabilidad del robot.                               | 3                | Reforzar la estructura y revisar las piezas antes de las pruebas del robot con respecto a su funcionamiento en su entorno.  |
| Pérdida o daño de piezas del set LEGO Spike Prime.               | 2                | Mantener un inventario de piezas y guardarlas en el contenedor al finalizar cada clase de trabajo.  |
| Error en la codificación del robot.                              | 2                | Revisar y depurar el código, usar pruebas unitarias y corregir errores a través de la investigación.  |

|  |   |   |
|--|---|---|
| Incompatibilidad de sensores o motores con la programación.  | 2 | Verificar la compatibilidad antes de iniciar a programar, actualizar firmware y ajustar el diseño físico.                         |
| Problemas de almacenamiento de código/proyecto.              | 2 | Guardar copias de seguridad en la nube, adicional a la página Redmine.  |
| El desempeño del robot no cumple con la eficiencia esperada. | 2 | Ensamblar un robot más adecuado siguiendo guías en internet o diseñar un nuevo modelo adaptado a los requerimientos del proyecto. |
| Falla en el registro o acceso de Redmine.                    | 1 | Notificar al administrador o profesor encargado para restablecer el acceso a la página.   |

## 4. Planificación de recursos

Este proyecto requiere distintos tipos de recursos para poder llevarse a cabo. Estos recursos se han dividido en tres categorías: el hardware (elementos físicos necesarios para armar y operar el robot), el software (programas utilizados para programar, organizar el trabajo y documentar el proyecto), y los recursos humanos (equipo responsable del desarrollo e implementación).

### 4.1 Hardware

- Set LEGO Spike Prime.
- Cables USB y/o conexión Bluetooth.
- Computador personal o notebook con las especificaciones necesarias para la programación y control del robot.

### 4.2 Software

- Sistema operativo Windows: Plataforma base para ejecutar los programas necesarios, incluyendo la aplicación de LEGO.
- LEGO Education SPIKE App: Programa oficial de LEGO para programar el robot Spike Prime, permitiendo el uso de bloques visuales o código Python.
- Redmine: Plataforma web utilizada para organizar y almacenar la información del proyecto.
- Visual Studio Code: Editor de código empleado para desarrollar scripts adicionales o funciones personalizadas.
- Microsoft Office 365: Suite ofimática para elaborar documentos, presentaciones e informes del proyecto, con capacidad de trabajo colaborativo en línea.
- Canva: Herramienta gratuita para crear apoyo visual en la presentación.

### 4.3 Estimación de costos

A continuación, se presenta una estimación preliminar del presupuesto requerido para iniciar este proyecto bajo un enfoque profesional y con la perspectiva de una startup en fase de simulación. Este análisis identifica los costos fundamentales asociados a la implementación, operación y desarrollo inicial, permitiendo visualizar la inversión mínima necesaria para poner en marcha este tipo de iniciativas. Las siguientes tablas detallan los principales ítems junto con su precio, siendo principalmente el equipo mínimo fundamental para poder trabajar Hardware, Software y el pago a los trabajadores que están colaborando el proyecto.

#### Costo de Hardware:

Tabla 4. Presupuesto Hardware

| Producto                                    | Cantidad | Precio (CLP) |
|---|----------|--------------|
| Set Lego spike prime                        | 1        | \$460.000    |
| Hp Notebook Victus 15                       | 1        | \$600.000    |
| Lenovo V14 G2 ALC                           | 1        | \$700.000    |
| MSI GL63                                    | 1        | \$1.200.000  |
| Set de expansión LEGO Education Spike Prime | 1        | \$460.000    |
| Total:                                      | -        | \$3.420.000  |

**Costo de Software:****Tabla 5. Presupuesto Software**

| Producto                     | Precio (CLP)    |
|------------------------------|-----------------|
| Licencia Microsoft Office    | <b>\$14.000</b> |
| Licencia original de Windows | <b>\$10.000</b> |
| Total:                       | <b>\$24.000</b> |

**Costo de Trabajador:**

A continuación, se presenta una simulación del presupuesto estimado para la remuneración del personal involucrado en el proyecto, considerando los distintos roles necesarios para su desarrollo. Para las horas base, se contabilizó a partir de la fecha de formación del grupo (2025-10-02) hasta la fecha término del proyecto (2025-12-30), dando un total de **60 Horas**; y para las horas extras, se contabilizó el tiempo en el que se trabajó fuera del horario de clase, pero dentro del mismo departamento, estableciendo un símil entre las horas académicas y una jornada laboral real en el contexto de una startup.

El valor por hora expuesto es **especulativo**. Está basado en rangos de remuneración presentes en el mercado y en el tiempo que se estima pertinente para llevar a cabo un proyecto de estas características. La tabla siguiente detalla los roles considerados, las horas asignadas y el costo estimado asociado a cada uno.

**Tabla 6. Presupuesto de Empleados**

| Rol              | Horas | Horas Extras | Precio / Hora (CLP) |
|------------------|-------|--------------|---------------------|
| Jefe de proyecto | 60    | 5            | <b>\$30.000</b>     |
| Programador      | 60    | 5            | <b>\$28.000</b>     |
| Ensamblador      | 60    | 1            | <b>\$25.000</b>     |
| Diseñador        | 60    | 3            | <b>\$24.000</b>     |
| Documentador     | 60    | 4            | <b>\$24.000</b>     |
| Total:           | -     | -            | <b>\$8.343.000</b>  |

**Total de Costos:**

Tabla 7. Presupuesto Total

| <b>Producto</b> | <b>Precio (CLP)</b> |
|-----------------|---------------------|
| Costo Hardware  | <b>\$3.420.000</b>  |
| Costo Software  | <b>\$24.000</b>     |
| Costo Empleados | <b>\$8.343.000</b>  |
| Total:          | <b>\$11.787.000</b> |

## 5. Conclusiones

En esta etapa del proyecto hemos logrado desarrollar y documentar los avances correspondientes, abordando los aspectos más relevantes del tema propuesto. Si bien aún queda trabajo por realizar, este proceso ha representado una oportunidad para aplicar tanto habilidades blandas —como el trabajo en equipo, la definición de roles, la comunicación efectiva y la organización interna— como habilidades duras, entre ellas la programación en Python orientada a dispositivos físicos, el uso de herramientas como Git y GitHub, y la integración de librerías y funciones avanzadas en Visual Studio Code.

En el aspecto de las habilidades duras, ha sido una experiencia desafiante a la vez que informativa sobre lo que es hacer un proyecto en la línea de algo profesional y el aprender nuevas habilidades dentro de un trabajo grupal que contiene una explicación extensa en tiempo.

Cada uno de estos ámbitos implicó una curva de aprendizaje y adaptación, pero como grupo consideramos que hemos progresado de forma satisfactoria. Paralelamente, se trabajó en la elaboración de reportes de progreso, bitácoras y actualizaciones en la carta Gantt, elementos que permitieron llevar un control ordenado y sistemático del desarrollo del proyecto.

Asimismo, esta experiencia ha sido enriquecedora al involucrarnos en aspectos de gestión más cercanos al ámbito empresarial, como la valoración del trabajo realizado, el registro de horas, la estimación de costos y el análisis de problemas surgidos durante el proceso. Todo lo anterior ha contribuido a fortalecer tanto nuestras competencias técnicas como nuestras capacidades organizacionales, reafirmando la solidez del avance logrado hasta esta fase del proyecto.



## 6. Referencias Bibliográficas

- *LEGO Education.* ( s.f. ). *SPIKE*. Lego Education SPIKE  
<https://spike.legoeducation.com/>
- Valk, L. ( s. f.). *Pybricks*. Pybricks. <https://pybricks.com/>
- The LEGO® Group. ( s.f. ). *LEGO® MINDSTORMS®| About*. Mindstorm  
<https://www.lego.com/en-usthemes/mindstorms/about>
- UTA. ( s.f. ). *GRUPO 7 - Redmine*. Pomerape UTA.  
<http://pomerape.uta.cl/redmine/projects/grupo-7-2025>
- Prof. Bricks. (12 de Julio de 2024). *Mejora tus lecciones con este coche teledirigido LEGO SPIKE Prime*. YouTube.  
<https://www.youtube.com/watch?v=UQwJ1xpK3iM>