



# Sistema de control y monitoreo de tiempo de abastecimiento de camiones basado en una OrangePI5

Autor:

Anthony Martyn Maisincho Jivaja

Director:

MSc. Jefferson Cunalata (SIEMAV S.A)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos entre el 22 de agosto de 2023 y el 10 de octubre de 2023.*

## Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . .	5
2. Identificación y análisis de los interesados . . . . .	6
3. Propósito del proyecto . . . . .	6
4. Alcance del proyecto . . . . .	6
5. Supuestos del proyecto. . . . .	7
6. Requerimientos . . . . .	7
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .	8
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	9
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	10
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	11
11. Diagrama de Gantt . . . . .	11
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	14
13. Gestión de riesgos . . . . .	14
14. Gestión de la calidad . . . . .	16
15. Procesos de cierre . . . . .	17

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	22 de agosto de 2023
1.0	Se completa hasta el punto 5	07/09/2023
2.0	Se completa hasta el punto 9 y se hacen correcciones	14/09/2023
3.0	Se completa hasta el punto 12 y se hacen correcciones	26/09/2023
4.0	Se completa hasta el punto 15	28/09/2023

## Acta de constitución del proyecto

Guayaquil, 22 de agosto de 2023

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Anthony Martyn Maisincho Jivaja que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Sistema de control y monitoreo de tiempo de abastecimiento de camiones basado en una OrangePI5”, consistirá esencialmente en integrar en una OrangePI5 funcionalidades de un controlador lógico programable y ejecutar algoritmo de detección de objetos en videos en tiempo real, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 h de trabajo y \$4000 USD, con fecha de inicio 22 de agosto de 2023 y fecha de presentación pública 15 de mayo de 2024.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

MSc. Geovanny Arguello  
SIEMAV S.A

MSc. Jefferson Cunalata  
Director del Trabajo Final

## 1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

SIEMAV S.A, se dedica a generar soluciones tecnológicas innovadoras mediante el desarrollo de hardware y software a medida con el objetivo de mejorar la competitividad de sus clientes y optimizar su productividad. Actualmente uno de sus clientes requiere mejorar los tiempos de abastecimiento de camiones en uno de sus centros de distribución.

SIEMAV S.A propuso un sistema basado en un controlador lógico programable (PLC) y una mini CPU de altas prestaciones. El PLC, actualmente se encarga del control del tablero eléctrico, mientras que la CPU es empleada para ejecutar el algoritmo de detección de objetos en imágenes y videos en tiempo real.

Siempre buscando optimizar recursos y abaratar costos al producto final, se planteó utilizar un sistema embebido que sea capaz de asumir el rol del PLC y la CPU. Para esto se debe reestructurar el proyecto e integrar todo el sistema en una ORANGEPI5. Actualmente, este SBC (*System board Computer*) no ha sido utilizado en la empresa. Por lo tanto, se tiene como desafío migrar toda la funcionalidad del sistema en una sola placa embebida.

Utilizar una sola placa embebida como la ORANGEPI5 es una solución altamente eficiente y coste-efectiva. Al integrar todas las funcionalidades en este equipo se disminuirá la complejidad de la infraestructura. Además, se aprovechará su unidad de procesamiento de redes neuronales para la detección de los camiones parqueados y también sus periféricos para el control del tablero. Esta integración permitirá una mayor eficiencia energética, ahorro en términos de hardware, espacio físico, mantenimiento y optimización de recursos.

En la Figura 1 se presenta el diagrama en bloques del sistema. Se identifican tres fases, la primera es el montaje del algoritmo YOLOV8. La segunda es la comunicación y el manejo de la placa PLC SIEMAV, que permitirá controlar el tablero eléctrico. Finalmente, comunicación con cámaras IP y tablero LED, importante para la obtención de datos de imágenes e interfaz visual para los operadores, respectivamente.

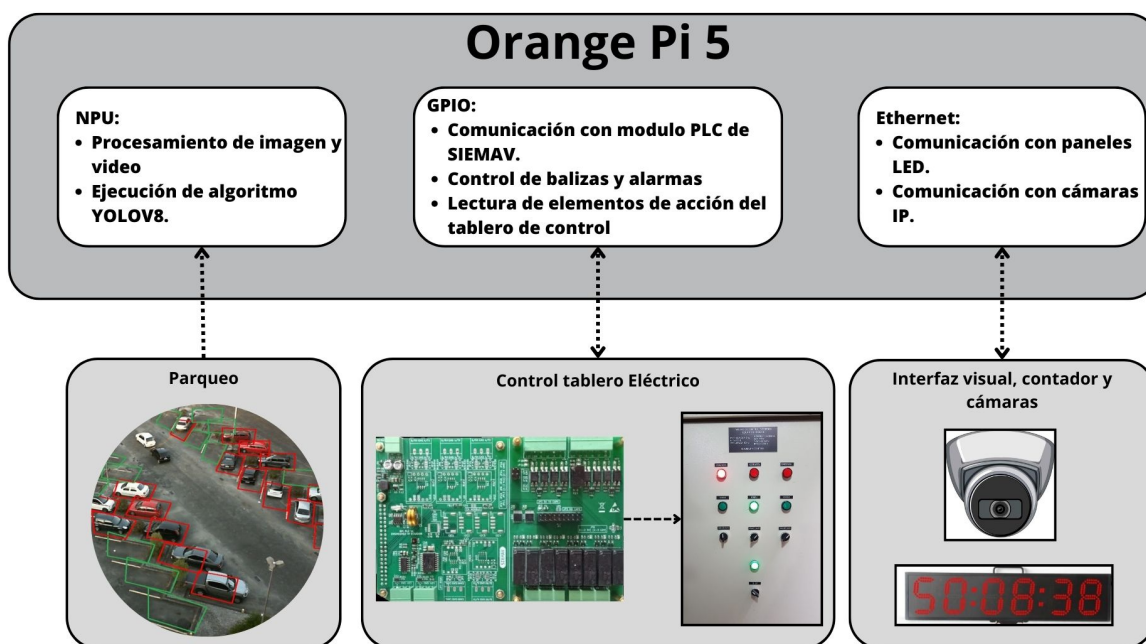


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	-	SIEMAV S.A	-
Cliente	MSc. Geovanny Arguello	SIEMAV S.A	C.T.O
Responsable	Anthony Martyn Maisincho Jivaja	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Ing. Alexis Mora	SIEMAV S.A	Consultor firmware
Orientador	MSc. Jefferson Cunallata	SIEMAV S.A	Director Trabajo final

- Auspiciante: SIEMAV S.A que impulsa el desarrollo tecnológico, un gran apoyo en adquisición de todos los equipos necesarios.
- Equipo: Alexis Mora, jefe de investigación y desarrollo, experto en miniordenadores como la OrangePI5 y con buen criterio al momento de desarrollar proyectos.
- Orientador: con amplia trayectoria en el desarrollo de hardware y firmware para sistemas embebidos, ayudará mucho con soporte, consultoría y objetivos del proyecto.

## 3. Propósito del proyecto

El propósito del proyecto es integrar todo el sistema de control y monitoreo de tiempo de abastecimiento de camiones en un solo sistema embebido. Con esto se quiere lograr un sistema más económico, reducir la complejidad de la infraestructura y aprovechar al máximo la OrangePI5.

## 4. Alcance del proyecto

Las actividades dentro del alcance del proyecto consiste en lo siguiente:

- Estudio de la tarjeta PLC de la empresa auspiciante.
- Adaptación y correcciones del hardware actual de la tarjeta PLC para que funcione con la OrangePI5.
- Desarrollo de software para manejo de la tarjeta PLC de SIEMAV y pruebas de su funcionamiento.
- Desarrollo de software para el manejo del tablero LED.
- Estudio de cómo usar la NPU de la OrangePI5.
- Integrar algoritmo de detección de objetos e imágenes YOLOV8 en la ORANGEPI5 usando la NPU.
- Estudio de como integrar diferentes tareas en una ORANGEPI5, ya que se debe interactuar con la tarjeta PLC, extraer imágenes y procesarlas y comunicarse con tableros LED.

Las actividades fuera del alcance del proyecto son las siguientes:

- Entrenamiento del algoritmo de detección de imágenes.
- Correcciones a características de funcionamiento del algoritmo YOLOV8.
- Implementación del tablero de control eléctrico.
- Instalación en campo del sistema.

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- La importación de la ORANGEPI5 no tomará más de un mes.
- Correr el algoritmo de detección de objetos e imágenes en la OrangePI5 no implicará profundizar en este tema.
- Se dispondrá de todos los recursos necesarios como placa, cámaras, tablero LED para el desarrollo eficiente del proyecto.
- La versión actual de la tarjeta Módulo PLC de SIEMAV, no requerirá de extensas modificaciones para la adaptación a la OrangePI5.
- Tomará menos de tres meses disponer del nuevo "Módulo PLC".
- Habrá un seguimiento por parte del director y del colaborador del proyecto mensualmente.

## 6. Requerimientos

### 1. Requerimientos funcionales

- 1.1. El sistema debe reconocer cuando un camión de abastecimiento se encuentra parqueado.
- 1.2. El sistema debe registrar el tiempo que se tomó durante el abastecimiento.
- 1.3. El usuario debe poder visualizar el número de andén y el tiempo transcurrido durante el abastecimiento.
- 1.4. El usuario reconocerá el estado del sistema visualizando las balizas.
- 1.5. El sistema debe tener dos modos de funcionamiento, manual y automático.
- 1.6. El usuario debe poder operar el sistema en modo manual mediante un tablero de control.

### 2. Requerimientos del controlador del tablero eléctrico

- 2.1. La OrangePI5 debe leer estado de selectores, pulsadores, contactos auxiliares y paro de emergencia.
- 2.2. La OrangePI5 controlará las balizas mediante el manejo de las salidas de la tarjeta PLC de SIEMAV.

- 2.3. La OrangePI5 controlará las luces piloto verde y rojo mediante la tarjeta PLC de SIEMAV.
- 2.4. Dentro del tablero se tendrá la OrangePI5 como tarjeta maestro o controladora del sistema.
3. Requerimiento de interfaz de usuario
  - 3.1. El tablero, mediante sus luces piloto verde y rojo por andén, indicarán el estado de inicio y final del proceso.
  - 3.2. Un selector de tres posiciones por andén establecerá el modo de funcionamiento del tablero, cuando el selector esté a la izquierda estaremos en modo manual, en el caso de la derecha modo automático, y cuando se encuentre en el centro, significa que ese andén esta fuera de servicio.
  - 3.3. Se contará con dos pulsadores por andén, estos serán utilizados en el caso de que estemos en modo manual, cuando se presiona el pulsador uno significa que el parqueo o andén esta ocupado, cuando se presiona el pulsador dos, significa que el andén ha sido desocupado.
  - 3.4. Cuando estamos en modo manual y se utilizan los pulsadores, el sistema tendrá que iniciar la cuenta, mostrar en las balizas el estado del proceso e indicar el tiempo en el tablero LED.
  - 3.5. Cada andén tendrá una baliza, el color verde indica que hay tiempo y el rojo que se expiró el tiempo.
  - 3.6. Se utilizará tableros LED como cronómetros digitales, donde el usuario tendrá información del tiempo actual.
4. Requerimientos de software
  - 4.1. Cuando el tablero esté en modo automático, el software debe detectar cuando un andén es ocupado por el camión, mediante el algoritmo de detección de objetos, posterior a esto se inicia el temporizador.
  - 4.2. Cuando se detecte el camión en el andén, el software debe guardar la hora de entrada.
  - 4.3. Cuando el camión desocupe el andén, se debe registrar la hora de salida.
  - 4.4. La creación de la API que controlará la tarjeta PLC de SIEMAV, será desarrollado en python.
  - 4.5. Se desarrollará una API en python para controlar los tableros de LED.
  - 4.6. Se debe utilizar la NPU de la OrangePI5 para el procesamiento de imágenes y vídeos.
5. Requerimientos de diseño
  - 5.1. El SBC a utilizar será la OrangePI5.

## 7. Historias de usuarios (*Product backlog*)

Las historias de usuario llevarán un puntaje según 3 aspectos:

- Dificultad: cantidad de trabajo a realizar.
- Complejidad: nivel de sofisticación del trabajo.



- Incertidumbre: nivel de riesgo que involucra realizar la tarea.
1. Como gerente tecnológico, deseo aprovechar al máximo la OrangePI5 para evitar tener que comprar un componente de hardware adicional.
    - Dificultad: 3
    - Complejidad: 5
    - Incertidumbre: 5
    - Total: 13
  2. Como operador de abastecimiento, deseo tener información del tiempo transcurrido durante la maniobra, para cumplir con los tiempos de abastecimiento.
    - Dificultad: 1
    - Complejidad: 1
    - Incertidumbre: 1
    - Total: 3
  3. Como programador del PLC de SIEMAV, deseo tener una API práctica y sencilla, para manejar las entradas y salidas de la tarjeta.
    - Dificultad: 5
    - Complejidad: 3
    - Incertidumbre: 1
    - Total: 13
  4. Como gerente tecnológico, deseo usar la NPU de la OrangePI5 para el procesamiento de imágenes y vídeos.
    - Dificultad: 5
    - Complejidad: 5
    - Incertidumbre: 5
    - Total: 21

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Documentación de uso de la NPU en la OrangePI5
- Repositorio de Github con los códigos desarrollados para la Implementación de las API's
- Informe final

## 9. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación y gestión del proyecto (115 hs)
  - 1.1. Desarrollo del plan de trabajo (20 hs)
  - 1.2. Informe de avances (15 hs)
  - 1.3. Preparación de la memoria de trabajo (40 hs)
  - 1.4. Redacción de la memoria de trabajo (40 hs)
2. Investigación preliminar (100 hs)
  - 2.1. Arquitectura y periféricos de la OrangePI5 (20 hs)
  - 2.2. Uso de la NPU en la OrangePI5 (20 hs)
  - 2.3. Estudio de protocolo UDP (20 hs)
  - 2.4. Algoritmo YOLOV8 y su aplicación usando python (40 hs)
3. Desarrollo de firmware (65 hs)
  - 3.1. Preparación del framework (5 hs)
  - 3.2. Módulo para manejo de tarjeta PLC de SIEMAV (20 hs)
  - 3.3. Creación de API para control de PLC de SIEMAV (10 hs)
  - 3.4. Módulo para control de tablero de LED basado en tramas UDP (20 hs)
  - 3.5. API para trama UDP (10 hs)
4. Uso de la NPU (100 hs)
  - 4.1. Adaptación del algoritmo YOLOV8 a la OrangePI5 (40 hs)
  - 4.2. Testeo del algoritmo utilizando la NPU (20 hs)
  - 4.3. Pruebas de rendimiento (20 hs)
  - 4.4. Ajustes y corrección de errores (20 hs)
5. Implementación del software de la aplicación (130 hs)
  - 5.1. Importación de bibliotecas y módulos creados (10 hs)
  - 5.2. Diseño conceptual de la aplicación (20 hs)
  - 5.3. Adaptación de las diferentes tareas a la aplicación (40 hs)
  - 5.4. Operación manual de la aplicación (20 hs)
  - 5.5. Operación automática de la aplicación (20 hs)
  - 5.6. Testeo de la aplicación (20 hs)
6. Pruebas finales (120 hs)
  - 6.1. Prueba del modo manual (20 hs)
  - 6.2. Prueba del modo automático (20 hs)
  - 6.3. Rendimiento de la OrangePI5 durante todo el proceso (40 hs)
  - 6.4. Depuración y corrección de errores (20 hs)

Cantidad total de horas: (630 hs)

## 10. Diagrama de Activity On Node

Se muestra en la Figura 2 el diagrama *Activity on Node*, donde la variable  $t$  representa las horas que tomará la tarea. El camino crítico marcado en negrita indica que el proyecto puede finalizarse en un tiempo mínimo de 565 horas.

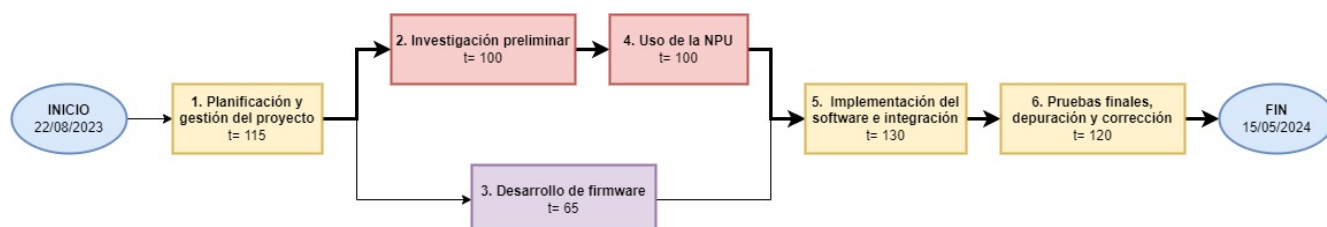
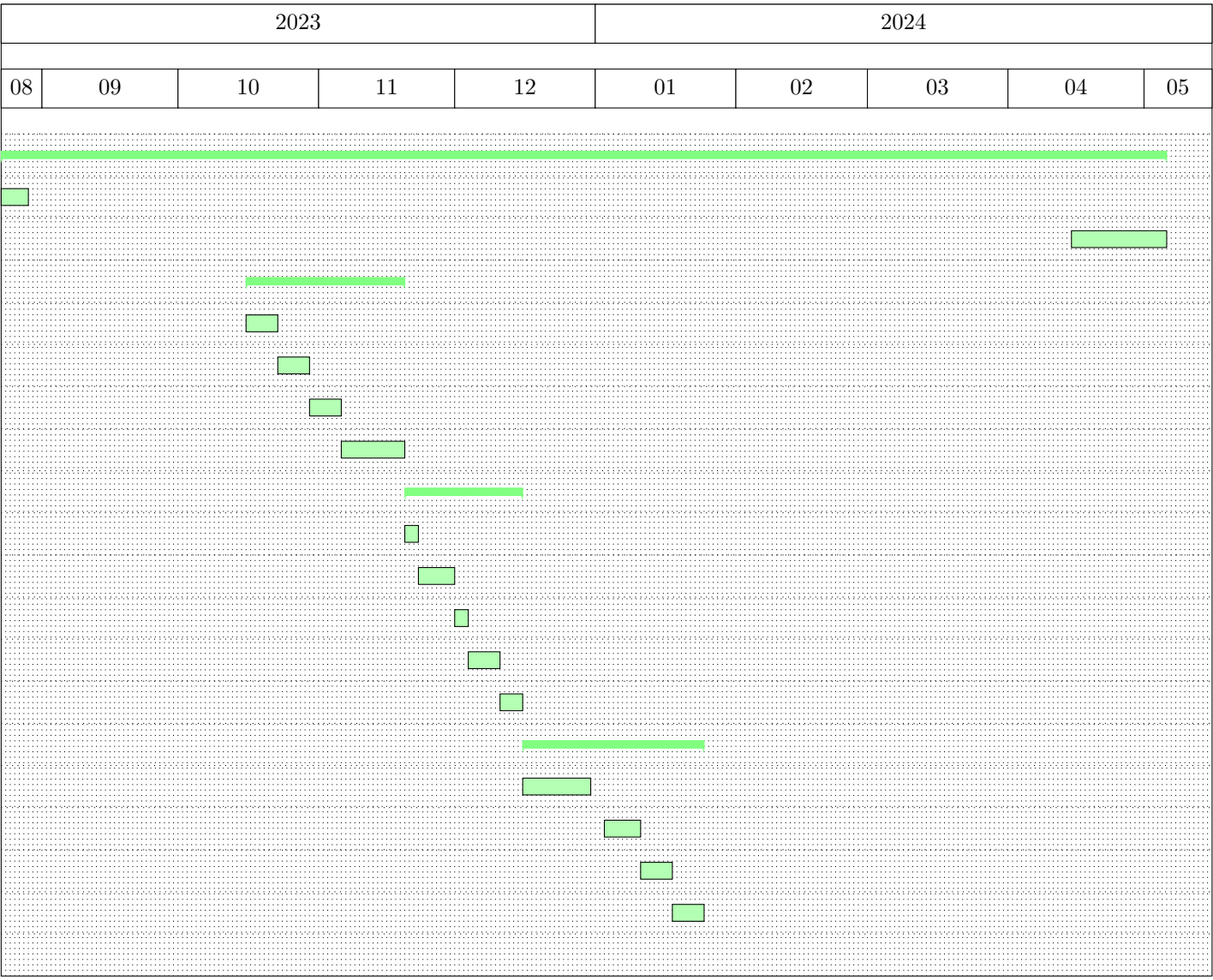
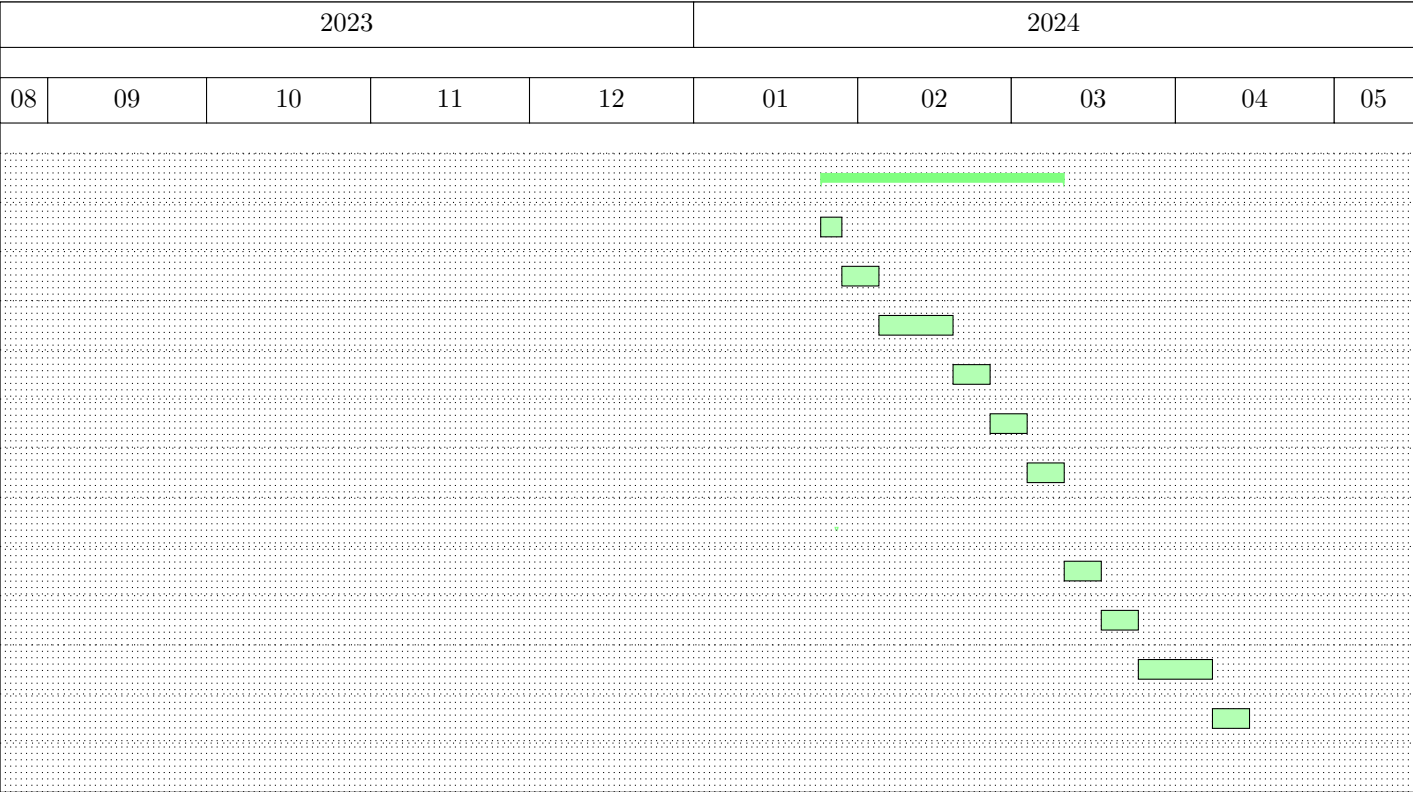


Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

## 11. Diagrama de Gantt

El siguiente *Diagrama de Gantt* fue elaborado en base a una carga semanal de veinte horas, donde se incluyen los sábados y domingos como días laborables.





## 12. Presupuesto detallado del proyecto

Cuadro 1. Costos del proyecto de tesis.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario \$ USD	Valor total \$ USD
<b>MATERIALES Y SUMINISTROS</b>			
OrangePI5	1	200	200
Tarjeta controladora esclavo	2	320	640
Tarjeta controladora maestro	1	560	560
Cámaras IP + Algoritmo machine learning	1	550	550
Tablero LED para exteriores	1	650	650
Memoria SD	1	20	20
Batería	4	10	40
<b>OTROS COSTOS DIRECTOS</b>			
Imprevistos (~10 % del total del proyecto)	1	266	266
<b>SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS</b>			<b>2.926</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>			
Descripción	Cantidad	Valor unitario \$ USD	Valor total \$ USD
Alquiler, mantenimiento y servicios generales del lugar de trabajo	8	100	800
<b>SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>			<b>800</b>
<b>TOTAL</b>			<b>3.726</b>

## 13. Gestión de riesgos

a) Riesgos identificados:

Riesgo 1: correr el algoritmo de detección de objetos e imágenes en la OrangePI5 no implicará profundizar en este tema.

- Severidad (S): 9. En el caso de se requiera hacer modificaciones en el algoritmo, se necesitará de mucho más tiempo debido a la gran curva de aprendizaje que conlleva dominar los algoritmos de inteligencia artificial.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 8. Es muy difícil encontrar una portabilidad a medida de un sistema a otro, por lo tanto, es posible encontrarse frente a este escenario.

Riesgo 2: se retrase la entrega de la nueva PCB de modulo de entradas y salidas digitales adaptada a la OrangePI5.

- Severidad (S): 8. El proyecto gira en torno a este módulo, un retraso en la adquisición significaría retrasos.
- Ocurrencia (O): 8. El problema sería al momento de importar la PCB personalizada, ya que muchas veces la aduana se demora en liberar los productos y en Ecuador siempre ocurre esto.

Riesgo 3: no llegue a tiempo el stock de OrangePI5.

- Severidad (S): 10. No disponer del principal elemento del proyecto implicará no terminar el proyecto a tiempo.
- Ocurrencia (O): 1. Este producto se lo pidió hace dos meses atrás, por lo tanto, debería llegar pronto.

Riesgo 4: problemas con el uso de la NPU de la OrangePI5.

- Severidad (S): 5. Al ser un producto nuevo la OrangePI5, no tenemos conocimiento del rendimiento de la NPU y de sus librerías en el kernel.
- Ocurrencia (O): 1. OrangePi tiene sus librerías y APIs de desarrollo para sus periféricos, lo mas probable es que la NPU tenga su API.

Riesgo 5: no contar con el stock de materiales eléctricos, cámaras, balizas, tableros LED y parlantes para hacer pruebas de laboratorio.

- Severidad (S): 5. Se puede encontrar reemplazos a estos materiales localmente.
- Ocurrencia (O): 1. Se está importando balizas y tableros led actualmente.

b) Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como  $RPN=S \times O$ )

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
1	9	8	72	5	6	30
2	8	8	64	6	6	36
3	10	1	10	-	-	-
4	5	1	5	-	-	-
5	5	1	5	-	-	-

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 50.

Nota: los valores marcados con (\*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

c) Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el RPN máximo establecido:

Riesgo 1: se realizarán capacitaciones sobre algoritmos de detección de imágenes y Python para inteligencia artificial a lo largo del proyecto.

- Severidad (S): 5. Con los conocimientos adquiridos, no habrá incertidumbre al momento de montar el algoritmo en cualquier equipo.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 6. Se debe tener en cuenta si habrá tiempo para capacitarse, caso contrario podemos caer en lo mismo.

Riesgo 2: se utilizará la versión antigua del módulo de entradas y salidas digitales, la cual fue diseñada para otro equipo y se verá la forma de adaptarla a la OrangePI5.

- Severidad (S): 6. Actualmente se dispone del antiguo modelo.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 6. Es probable que no hallemos manera de encontrar la compatibilidad entre el antiguo módulo y la OrangePI5.

## 14. Gestión de la calidad

- Req #1: la placa embebida encargada de la lectura de señales de control y el procesamiento de detección de imágenes será la OrangePI5.
  - Verificación: analizar el datasheet de la OrangePI5, verificar disponibilidad de GPIOs, periféricos de comunicación integrados y además de la unidad de procesamiento neuronal integrada.
  - Validación: prototipo para leer señales del tablero y detectar imágenes.
- Req #2: la OrangePI5 deberá utilizar el módulo de entradas y salidas digitales otorgado por SIEMAV.
  - Verificación: análisis de la tarjeta de entradas y salidas digitales.
  - Validación: testeo de lectura de señales utilizando selector o pulsadores.
- Req #3: se debe utilizar Python para la creación de módulos, librerías e integración de los procesos.
  - Verificación: se revisará toda la documentación en la comunidad de python asociado a los periféricos a usar de la OrangePI5.
  - Validación: integración y compatibilidad con el algoritmo de inteligencia artificial que se desarrolló en python por SIEMAV.
- Req #4: el sistema debe constar de tres modos de operación; manual, automático y deshabilitado. Estos modos de operación deben ser escogidos por el selector de tres posiciones del andén o parquero.
  - Verificación: se desarrollará una función por cada modo de operación.
  - Validación: se usará la terminal para imprimir el modo de operación en que se encuentra el proceso.
- Req #5: la OrangePI5 mediante el módulo de entradas y salidas digitales, leerá por andén dos señales de entradas; *manualauto* y *confirmacion*. Además, activará cinco salidas por andén las cuales son; *balizarojo*, *balizaamarillo*, *balizaverde*, *parlante* y *activarcontador* .
  - Verificación: se desarrollarán las APIs para el uso del módulo de entradas y salidas digitales con la OrangePI5.
  - Validación: se hará una prueba de laboratorio donde se estimule al sistema y comprobar su respuesta ya sea en lectura como escritura.
- Req #6: indiferente del modo de operación del sistema, se debe usar las balizas y parlantes para indicar el estado del proceso.
  - Verificación: consultar con director de proyecto el margen de tiempo para cada color de baliza.
  - Validación: hacer una prueba de laboratorio donde se pueda visualizar los diferentes colores según el tiempo de abastecimiento.



- Req #7: se debe utilizar trama UDP para enviar comandos al tablero led que se usará como el cronómetro del proceso.
  - Verificación: estudiar la hoja de datos del tablero LED y verificar como se debe enviar la trama.
  - Validación: manejar el tablero LED con la OrangePI5 para mostrar el tiempo transcurrido en el abastecimiento.
- Req #8: se debe utilizar la NPU de la OrangePI5 para el procesamiento de imágenes y videos que utilizará el algoritmo de inteligencia artificial.
  - Verificación: estudiar la documentación de la NPU de la OrangePI5, integrar el algoritmo de inteligencia artificial y testear el rendimiento.
  - Validación: mostrar parámetros de rendimiento del procesador y contrastar rendimiento con una computadora normal que utiliza el mismo algoritmo.
- Req #9: en modo automático, el software mediante el algoritmo de inteligencia artificial, debe detectar cuando un andén es ocupado por un vehículo e iniciar el contador.
  - Verificación: se analizará la salida del algoritmo que sería una clasificación binaria que indica si se encuentra ocupado el andén o si se encuentra libre.
  - Validación: se hará una prueba de laboratorio en un parqueadero, donde se iniciará el contador automáticamente cuando un vehículo se estacione.
- Req #10: el sistema deberá enviar información del estado del andén, registro hora de entrada y salida del vehículo en el andén y el tiempo transcurrido de abastecimiento mediante MQTT a un tópico general.
  - Verificación: se revisará los tópicos del broker que reciban la información correctamente y se leerá la documentación del broker mosquitto.
  - Validación: se creará un pequeño dashboard que contenga la información en tiempo real del andén.

## 15. Procesos de cierre

A continuación se enuncian cuáles serán las actividades de cierre del proyecto y quien será el encargado de su organización:

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:
  - Responsable: Anthony Maisincho Jivaja
  - Actividad: evaluar si se logró cumplir con los requerimientos del proyecto en los tiempos establecidos en el plan de trabajo.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se emplearon, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron:
  - Responsable: Anthony Maisincho Jivaja

- Actividad: se hará una retroalimentación con el director del proyecto sobre las herramientas utilizadas para llevar a cabo el proyecto. Además se reflexionará sobre las metodologías empleadas para la gestión del proyecto y si será conveniente aplicarlo a proyectos futuros de la organización.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores:
  - Responsable: Anthony Maisincho Jivaja
  - Actividad: agradecer públicamente al director del proyecto, gerente y colaboradores que contribuyeron y me dieron la oportunidad de desarrollar un proyecto de este nivel para la empresa.