



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

Sistema de ensayos de relés ferroviarios de seguridad basado en computación en la nube

Autor:

Gaspar Santamarina

Director:

Nombre del Director (pertenencia)

Jurados:

Nombre y Apellido (1) (pertenencia (1))

Nombre y Apellido (2) (pertenencia (2))

Nombre y Apellido (3) (pertenencia (3))

*Este trabajo fue realizado en el curso de Gestión de proyectos
entre el 22 de junio de 2020 y el 22 de Agosto de 2020.*

Índice

Registros de cambios	3
Acta de Constitución del Proyecto	4
Descripción técnica-conceptual del Proyecto a realizar	5
Identificación y análisis de los interesados	7
1. Propósito del proyecto	7
2. Alcance del proyecto	7
3. Supuestos del proyecto	7
4. Requerimientos	7
5. Entregables principales del proyecto	8
6. Desglose del trabajo en tareas	8
7. Diagrama de Activity On Node	9
8. Diagrama de Gantt	9
9. Matriz de uso de recursos de materiales	10
10. Presupuesto detallado del proyecto	10
11. Matriz de asignación de responsabilidades	11
12. Gestión de riesgos	11
13. Gestión de la calidad	12
14. Comunicación del proyecto	13
15. Gestión de Compras	13
16. Seguimiento y control	13
17. Procesos de cierre	13

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento: propósito, alcance, supuestos y tareas	09/07/2020

Acta de Constitución del Proyecto

Buenos Aires, 22 de junio de 2020

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg	-
Director posgrado FIUBA	CONICET-GICSAFe

Nombre del Director
Director del Trabajo Final

Nombre y Apellido (1)	Nombre y Apellido (2)
Jurado del Trabajo Final	Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (3)
Jurado del Trabajo Final

Descripción técnica-conceptual del Proyecto a realizar

Las barreras automáticas de los pasos a nivel y los sistemas de cambios de vía del sistema ferroviario de la Argentina dependen mayormente de componentes electromecánicos. Estos componentes deben cumplir altos niveles de seguridad para alcanzar la fiabilidad necesaria. Un componente importante de estos sistemas son los relés de señalamiento, llamados también relés de seguridad (“safety relays” en inglés) o relés vitales (“vital relays” en inglés).

Un único paso a nivel automático puede emplear decenas de relés. Estos solo se consiguen por importación y cada uno tiene un valor superior a los U\$S 1,000 (mil dólares estadounidenses). Es conveniente entonces el desarrollo de una industria nacional que fabrique relés certificados; un sistema de ensayos de relés es una parte esencial para elaborar una certificación local.

El diseño del sistema de ensayos de relés se basa en la norma UNE-EN 50578. En la misma se establecen valores máximos y mínimos en las variaciones de los valores iniciales de la corriente de excitación, la corriente de caída y el factor K. El sistema de ensayos de relés debe permitir el monitoreo de estos valores eléctricos.

En la Figura 1 se puede ver la arquitectura completa del sistema, incluyendo el servidor remoto encargado de monitorear el ensayo a lo largo de todo el proceso.

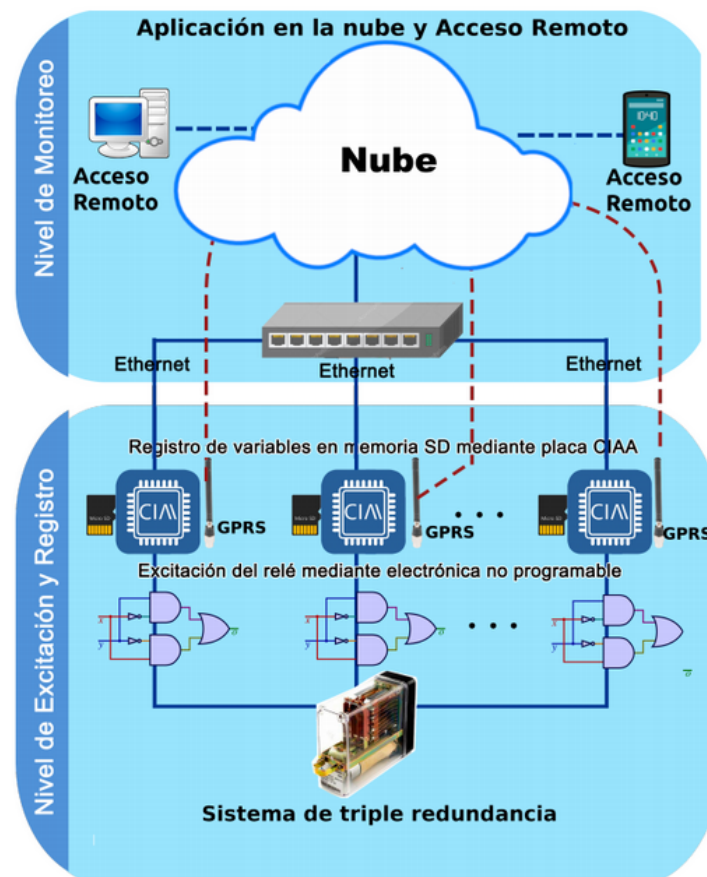


Figura 1: Diagrama en bloques del sistema

El firmware correrá sobre 3 placas CIAA-NXP en simultáneo para asegurar los niveles de disponibilidad deseados. Sobre cada una de las CIAA-NXP se monta una placa de lógica no programable. Este subsistema cuenta entre otras con las siguientes funciones:

- Generar la señal de activación del relé (incluyendo los transistores de potencia y circuitos de activación correspondientes).
- Realizar la sincronización automática de las señales de activación del relé generadas por tres placas independientes entre sí.
- Detectar cuando una de las tres placas falla y en ese caso desconectarla del relé en forma automática.
- Realizar la medición de múltiples valores de voltaje y corriente asociados al funcionamiento del relé. Estos valores son el voltaje aplicado al bobinado del relé y la corriente que circula, junto con los valores de voltaje aplicado y la corriente que circula por cada contacto. Se ensayarán relés que usualmente cuentan con hasta seis contactos normal cerrado y seis contactos normal abierto.
- Mostrar indicaciones luminosas relativas al estado del sistema mediante diodos LED.
- Establecer una comunicación MQTT sobre TCP/IP con el broker para recibir los comandos del usuario y enviar, en tiempo real, los datos recabados.

Para cumplir con los requerimientos de la norma, el sistema debe ser capaz de realizar los siguientes ensayos:

- **Sistema magnético, corriente de excitación y corriente de caída:** la corriente de excitación se define como la corriente mínima a través de la bobina que, partiendo de un valor nulo, alcanza para mover la armadura de la posición de reposo a la posición de trabajo y para aplicar la fuerza de contacto especificada por el fabricante, cerrando todos los contactos de trabajo. La corriente de caída es la corriente máxima a través de la bobina que, partiendo del valor de la corriente nominal, produce la apertura de todos los contactos de trabajo. Este ensayo permite medir el factor K. Para esto se debe generar una función de rampa que, luego de ser amplificada, se aplica al bobinado del relé.
- **Ensayo de vida útil mecánica:** este ensayo es en vacío. El usuario puede ingresar la cantidad de ciclos a ensayar siendo el valor máximo de $10 \cdot 10^6$ movimientos porque la norma se cumple cuando se llega esta cantidad de ciclos. Este ensayo registra la corriente y el voltaje del bobinado y el estado de los contactos.
- **Ensayo con carga:** este ensayo se realiza aplicando el voltaje nominal los contactos abiertos y la corriente nominal a los contactos cerrados. A la bobina del relé también se le aplica el voltaje nominal. La norma dice que en estas condiciones se debe asegurar una cantidad mínima de $2 \cdot 10^6$ movimientos durante la vida útil del relé. En este ensayo se registran los voltajes y las corrientes de la bobina y los voltajes y las corrientes de los contactos.

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	-	CONICET-GICSAFe	-
Impulsor	-	CONICET-GICSAFe	-
Responsable	Gaspar Santamarina	CESE 12Co2020	Alumno
Orientador	Nombre del Director	pertenencia	Director Trabajo final
Usuario final	-	Trenes Argentinos S.E.	-

CONICET-GICSAFe: Grupo de Investigación en Calidad y Seguridad de las Aplicaciones Ferroviarias

Identificación y análisis de los interesados

1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar el firmware para un probador de relés de seguridad ferroviarios. El mismo deberá comunicarse con un servidor remoto, desde el cuál se configurarán e iniciarán las pruebas. Además, deberá reportar en tiempo real el estado de las pruebas, junto con las mediciones que la conforman.

2. Alcance del proyecto

Se diseñará e implementará el firmware capaz de realizar, junto con el hardware, las tres pruebas mencionadas anteriormente en la descripción técnica del proyecto. En la entrega final no se incluirá el desarrollo de hardware del probador ni el software del servidor remoto.

3. Supuestos del proyecto

- Se contará con el hardware terminado al arrancar con el desarrollo de firmware.
- Se dispondrá, en una etapa avanzada del desarrollo, de un servidor de pruebas con las funcionalidades mínimas requeridas por el probador.

4. Requerimientos

Los requerimientos deben numerarse y de ser posible agruparlos por afinidad:

1. Grupo de requerimientos asociados con...

- 1.1. Requerimiento 1
- 1.2. Requerimiento 2
- 1.3. Requerimiento 3 (prioridad menor)

2. Grupo de requerimientos asociados con...

- 2.1. Requerimiento 1
- 2.2. Requerimiento 2 (prioridad menor)

Leyendo los requerimientos se debe poder interpretar cómo será el proyecto y su funcionalidad.

De ser posible indicar cómo se obtuvieron cada uno de los requerimientos

Indicar claramente cuál es la prioridad entre los distintos requerimientos.

No olvidarse de que los requerimientos incluyen a las regulaciones y normas vigentes!!!

Y al escribirlos seguir las siguientes reglas:

- Ser breve y conciso (nadie lee cosas largas).
- Ser específico: no dejar lugar a confusiones.
- Expresar los requerimientos en términos que sean cuantificables y medibles.

5. Entregables principales del proyecto

- Código fuente del firmware
- Informe de avance
- Memoria del trabajo

6. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación	(45 hs)
1.1. Estudio del funcionamiento básico de un probador	(25 hs)
1.2. Elaboración del documento de Planificación del proyecto	(20 hs)
2. Desarrollo de firmware	(187 hs)
2.1. Desarrollo del driver para el ADC	(32 hs)
2.2. Diseño de la arquitectura general y el flujo de datos.	(16 hs)
2.3. Diseño de las tareas (tasks) que ejecutará el RTOS y los mecanismos de comunicación entre ellas.	(35 hs)
2.4. Desarrollo del módulo de adquisición	(32 hs)
2.5. Desarrollo del módulo de almacenamiento SD	(32 hs)
2.6. Desarrollo del módulo de comunicación	(40 hs)
3. Verificación y Validación	(55 hs)
3.1. Pruebas de firmware	(20 hs)
3.2. Pruebas de integración con el hardware	(35 hs)
4. Documentación	(60 hs)
4.1. Elaboración de la Memoria del trabajo	(40 hs)
4.2. Producción de la presentación final	(20 hs)

Cantidad total de horas: (347 hs)

7. Diagrama de Activity On Node

Armar el AoN a partir del WBS definido en la etapa anterior.

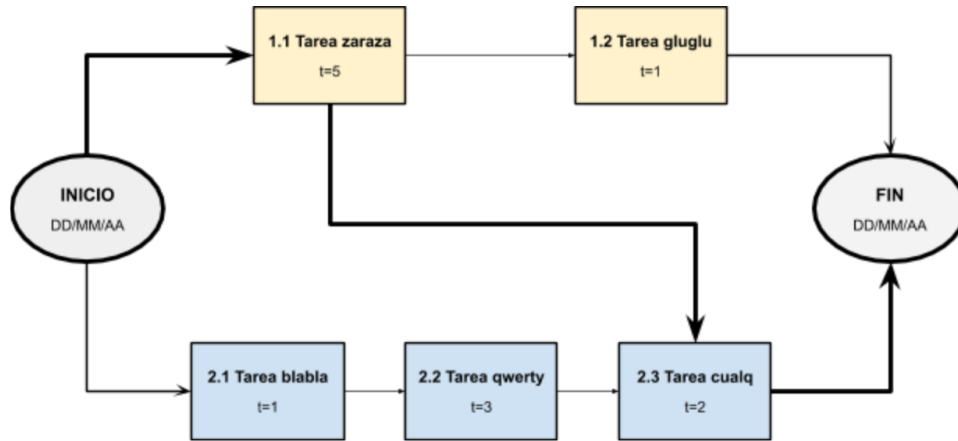


Figura 2: Diagrama en *Activity on Node*

Indicar claramente en qué unidades están expresados los tiempos. De ser necesario indicar los caminos semicríticos y analizar sus tiempos mediante un cuadro. Es recomendable usar colores y un cuadro indicativo describiendo qué representa cada color, como se muestra en el siguiente ejemplo:

8. Diagrama de Gantt

Utilizar el software Ganttter for Google Drive o alguno similar para dibujar el diagrama de Gantt.

Existen muchos programas y recursos *online* para hacer diagramas de gantt, entre las cuales destacamos:

- Planner
- GanttProject
- Trello + *plugins*. En el siguiente link hay un tutorial oficial:
<https://blog.trello.com/es/diagrama-de-gantt-de-un-proyecto>
- Creately, herramienta online colaborativa.
<https://creately.com/diagram/example/ieb3p3ml/LaTeX>
- Se puede hacer en latex con el paquete *pgfgantt*
<http://ctan.dcc.uchile.cl/graphics/pgf/contrib/pgfgantt/pgfgantt.pdf>

Pegar acá una captura de pantalla del diagrama de Gantt, cuidando que la letra sea suficientemente grande como para ser legible. Si el diagrama queda demasiado ancho, se puede pegar primero la “tabla” del Gantt y luego pegar la parte del diagrama de barras del diagrama de Gantt.

Configurar el software para que en la parte de la tabla muestre los códigos del EDT (WBS).
Configurar el software para que al lado de cada barra muestre el nombre de cada tarea.
Revisar que la fecha de finalización coincida con lo indicado en el Acta Constitutiva.

En la figura 3, se muestra un ejemplo de diagrama de gantt realizado con el paquete de *pgfgantt*.
En la plantilla pueden ver el código que lo genera y usarlo de base para construir el propio.

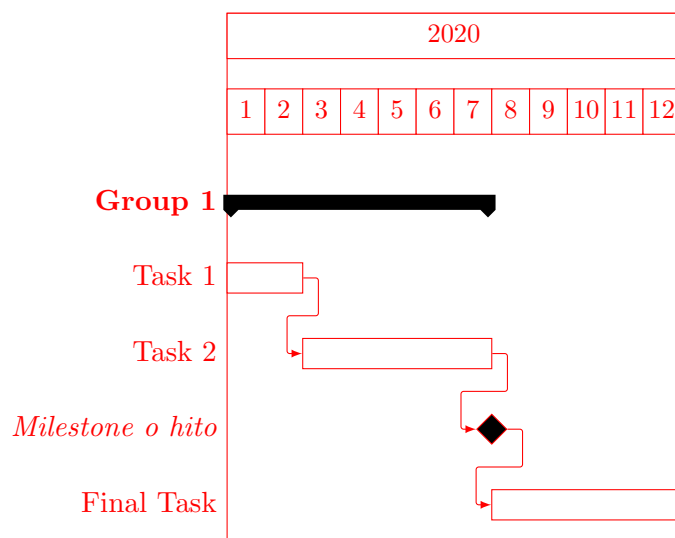


Figura 3: Diagrama de gantt de ejemplo

9. Matriz de uso de recursos de materiales

Código WBS	Nombre tarea	Recursos requeridos (horas)			
		Material 1	Material 2	Material 3	Material 4

10. Presupuesto detallado del proyecto

Si el proyecto es complejo entonces separarlo en partes:

- Un total global, indicando el subtotal acumulado por cada una de las áreas.
- El desglose detallado del subtotal de cada una de las áreas.

IMPORTANTE: No olvidarse de considerar los **COSTOS INDIRECTOS**.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
TOTAL			

11. Matriz de asignación de responsabilidades

Establecer la matriz de asignación de responsabilidades y el manejo de la autoridad completando la siguiente tabla:

Código WBS	Nombre de la tarea	Listar todos los nombres y roles del proyecto			
		Responsable	Orientador	Equipo	Cliente
		Gaspar Santamarina	Nombre del Director	Nombre de alguien	-

Referencias:

- P = Responsabilidad Primaria
- S = Responsabilidad Secundaria
- A = Aprobación
- I = Informado
- C = Consultado

Una de las columnas debe ser para el Director, ya que se supone que participará en el proyecto. A su vez se debe cuidar que no queden muchas tareas seguidas sin “A” o “I”.

Importante: es redundante poner “I/A” o “I/C”, porque para aprobarlo o responder consultas primero la persona debe ser informada.

12. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos (al menos cinco) y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: detallar el riesgo (riesgo es algo que si ocurre altera los planes previstos)

- Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S).

- Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10).
Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

Riesgo 3:

- Severidad (S):
- Ocurrencia (O):

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

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*

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

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: Plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación). Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación: - Severidad (S): mientras más severo, más alto es el número (usar números del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de severidad (S). - Probabilidad de ocurrencia (O): mientras más probable, más alto es el número (usar del 1 al 10). Justificar el motivo por el cual se asigna determinado número de (O).

Riesgo 2: Plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación).

Riesgo 3: Plan de mitigación (si por el RPN fuera necesario elaborar un plan de mitigación)

13. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: Copiar acá el requerimiento.
Verificación y validación:

- Verificación para confirmar si se cumplió con lo requerido antes de mostrar el sistema al cliente:
Detallar
- Validación con el cliente para confirmar que está de acuerdo en que se cumplió con lo requerido:
Detallar

Tener en cuenta que en este contexto se pueden mencionar simulaciones, cálculos, revisión de hojas de datos, consulta con expertos, etc.

14. Comunicación del proyecto

El plan de comunicación del proyecto es el siguiente:

PLAN DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO					
¿Qué comunicar?	Audiencia	Propósito	Frecuencia	Método de comunicac.	Responsable

15. Gestión de Compras

En caso de tener que comprar elementos o contratar servicios: a) Explique con qué criterios elegiría a un proveedor. b) Redacte el Statement of Work correspondiente.

16. Seguimiento y control

Para cada tarea del proyecto establecer la frecuencia y los indicadores con los se seguirá su avance y quién será el responsable de hacer dicho seguimiento y a quién debe comunicarse la situación (en concordancia con el Plan de Comunicación del proyecto).

El indicador de avance tiene que ser algo medible, mejor incluso si se puede medir en % de avance. Por ejemplo, se pueden indicar en esta columna cosas como “cantidad de conexiones ruteadas” o “cantidad de funciones implementadas”, pero no algo genérico y ambiguo como “%”, porque el lector no sabe porcentaje de qué cosa.

17. Procesos de cierre

Establecer las pautas de trabajo para realizar una reunión final de evaluación del proyecto, tal que contemple las siguientes actividades:

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:
 - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento a aplicar.

SEGUIMIENTO DE AVANCE						
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.	

- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se utilizaron, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron: - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento para dejar registro.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores: - Indicar esto y quién financiará los gastos correspondientes.