



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

# Detector de descargas parciales

Autor:

Pablo Severini

Director:

Marcos Maillot (UTN FRP)

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 . . . . .	6
1. Propósito del proyecto . . . . .	6
2. Alcance del proyecto . . . . .	6
3. Supuestos del proyecto . . . . .	7
4. Requerimientos . . . . .	7
5. Entregables principales del proyecto . . . . .	7
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 . . . . .	12
13. Gestión de la calidad . . . . .	13
14. Comunicación del proyecto . . . . .	13
15. Gestión de Compras . . . . .	13
16. Seguimiento y control . . . . .	13
17. Procesos de cierre . . . . .	14

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	22/06/2020
1.1	Se agrego del punto 1 al 6	05/07/2020

## Acta de Constitución del Proyecto

Buenos Aires, 22 de junio de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Pablo Severini que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Detector de descargas parciales”, consistirá esencialmente en un generador de patrones de descargas parciales, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo, con fecha de inicio 22 de junio de 2020 y fecha de presentación pública 22 de diciembre de 2020.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Nombre del cliente  
Empresa del cliente

Marcos Maillot  
Director del Trabajo Final

Cristian Bonini  
Co-Director del Trabajo Final

Nombre y Apellido (1)  
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (2)  
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (3)  
Jurado del Trabajo Final

## Descripción técnica-conceptual del Proyecto a realizar

### Introducción general al tema

Una descarga parcial es un fenómeno de disrupción eléctrica. Se caracteriza por ser un pulso de corriente de alta frecuencia el cual se produce en el seno de un sistema aislante de una máquina o equipo eléctrico de potencia como consecuencia de la presencia de oclusiones gaseosas, impurezas, aristas aguzadas u otras anomalías que distorsionan la distribución de las líneas de campo eléctrico. La ocurrencia de este fenómeno provoca un deterioro local o total del sistema aislante; dependiendo de la tecnología de aislación utilizada. Indistintamente de cuál sea el medio en el que este fenómeno se manifiesta y cual sea la causa que lo origina, el deterioro del sistema es acumulativo. El detector de descargas parciales es un equipo que permite realizar mediciones de distintos tipos de DP en máquinas o equipos eléctricos de potencia. Por medio de estas mediciones es posible monitorear el estado de su aislación. En la figura 1 se presenta el diagrama en bloques del sistema.

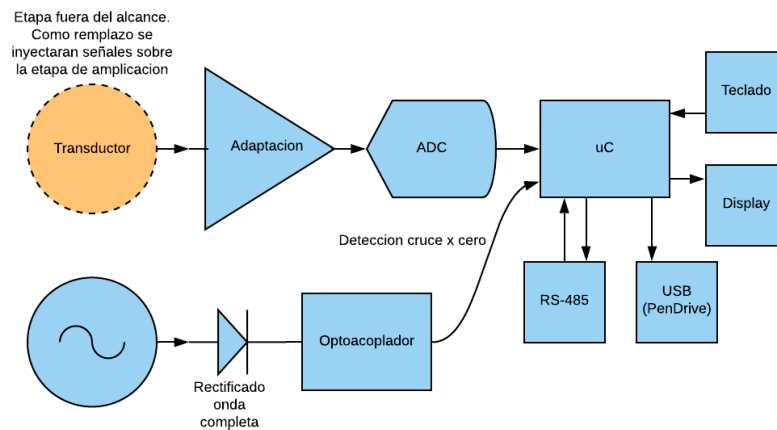


Figura 1: Diagrama en bloques del sistema

### Descripción detallada

El objetivo del presente trabajo es desarrollar un hardware capaz de detectar los picos máximos de los pulsos de DP y representarlos sobre una senoide de referencia de frecuencia industrial - 50 Hertz – en fase con la tensión de ensayo. La superposición de eventos conformará una nube cuya estructura o morfología dará indicios del tipo de DP (corona, interna o superficial). A la representación antes mencionada se la conoce con el nombre de “Patrón de DP”. Una imagen de este puede apreciarse en la figura número 2.

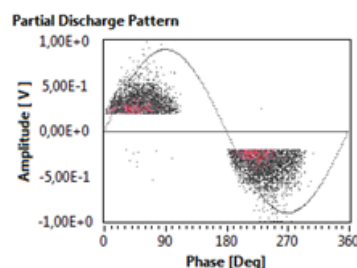


Figura 2: Diagrama en bloques del sistema

### Situación actual

Actualmente existen equipos de medición de descargas parciales fabricados por empresas extranjeras como TechImp. No obstante, debido a su diseño, los equipos existentes en el mercado son equipos de alto costo no aptos para trabajar como equipos estacionarios.

Mediante este proyecto se pretende crear un equipo de bajo costo capaz de ser instalado permanentemente para monitoreo en tiempo real.

### Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Nombre del cliente	Empresa del cliente	
Impulsor	Pablo Severini	FIUBA	Alumno
Responsable	Pablo Severini	FIUBA	Alumno
Orientador	Marcos Maillot	UTN FRP	Director Trabajo final
Orientador	Cristian Bonini	UTN FRP	Co-Director Trabajo final

### 1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es crear un equipo de medición de descargas parciales de bajo costo capaz de ser instalado permanentemente, para brindar un monitoreo constante, rápido y eficiente.

### 2. Alcance del proyecto

El presente proyecto incluye:

- El desarrollo del prototipo del producto.
- El desarrollo del firmware.
- El diseño electrónico del hardware.
- Confección de un manual de uso.
- Pruebas de validación y verificación.

El presente proyecto no incluye:

- El desarrollo del equipo final.
- Diseño de gabinete.
- Pruebas en campo.

### 3. Supuestos del proyecto

- Las características de las señales a utilizar durante la etapa de prueba serán provistas por UTN FRP.
- En el ámbito del COVID 2019, no se cerraran las importaciones impidiendo el acceso a equipamiento o materiales necesarios para la ejecución del proyecto.

### 4. Requerimientos

#### 1. Requerimientos generales

- 1.1. El dispositivo deberá, mediante el procesamiento de las adquisiciones, detectar los picos máximos de los pulsos de DP y representarlos sobre una senoide de referencia de frecuencia industrial - 50 Hertz - en fase con la tensión de ensayo.
- 1.2. El dispositivo deberá funcionar como un sistema "stand-alone".
- 1.3. El dispositivo debe tener capacidad de almacenar al menos 1000 descargas parciales.
- 1.4. El dispositivo debe tener una entrada para la señal analógica y una entrada para la señal de referencia.

#### 2. Requerimientos asociados a la adquisición de la señal analógica

- 2.1. Se deben poder adquirir señales de al menos 45Mhz con una resolución mínima de 8 bits
- 2.2. El trigger de disparo debe ser configurable.
- 2.3. La duración del pulso medido sera como máximo 1 mili segundo.
- 2.4. La amplitud máxima de la señal de entrada sera de 1Vpp.
- 2.5. La entrada para el sensor analógico deberá ser de 50 ohms diferencial.

#### 3. Requerimientos asociados a la adquisición de la señal de referencia

- 3.1. La entrada de señal de referencia debe poder detectar los cruces por cero de una senoide de 50 Hz.
- 3.2. La entrada de señal de referencia debe ser opto-acoplada.

#### 4. Requerimientos asociados a la interfaz de usuario

- 4.1. Deberá contar con un acceso a un puerto SD o USB para la descarga de datos.
- 4.2. Deberá contar con un display y teclado para configuración de parámetros básicos.
- 4.3. Deberá poder graficar el patrón de descargas parciales actual en el display.
- 4.4. Deberá tener un puerto de acceso serial (preferentemente diferencial) para configuración y acceso a datos remoto.

### 5. Entregables principales del proyecto

- Manual de uso
- Diagrama esquemático

- Diagrama de instalación
- Informe final

## 6. Desglose del trabajo en tareas

### 1. Planificación

- 1.1. Realizar el plan de proyecto (16hs)

### 2. Recopilación de información

- 2.1. Búsqueda de información teórica de muestreo a alta velocidad (12hs)
- 2.2. Búsqueda de componentes para la etapa de adquisición analógica (12hs)
- 2.3. Búsqueda de información de puertos de comunicación de alta velocidad (4hs)

### 3. Análisis de periféricos de comunicación

- 3.1. Codificar funciones para testear limitaciones en la comunicación con el ADC. (20hs)
- 3.2. Codificar funciones para simular la salida digital del ADC a alta velocidad. (20hs)
- 3.3. Codificar funciones para el trigger de disparo. (24hs)

### 4. Diseño de hardware

- 4.1. Selección y calculo de filtros. (8hs)
- 4.2. Selección de componentes. (20hs)
- 4.3. Diseño del esquemático para la etapa de adquisición analógica. (20hs)
- 4.4. Diseño del PCB para la etapa de adquisición analógica. (12hs)
- 4.5. Montaje de componentes. (8hs)
- 4.6. Verificación y puesta en marcha del hardware. (20hs)
- 4.7. Validación de señales analógicas. (8hs)

### 5. Desarrollo modulo de adquisición

- 5.1. Codificar funciones de comunicación con ADC. (40hs)
- 5.2. Codificar funciones de detección de cruce por cero. (8hs)
- 5.3. Codificar funciones de integración entre la senoide de referencia y la descarga parcial. (24hs)
- 5.4. Integrar funciones de trigger. (12hs)
- 5.5. Testeo de integridad por medio de inyección de señales simuladas. (24hs)

### 6. Desarrollo modulo de comunicación por linea de comandos

- 6.1. Codificar funciones de comunicación para la UART. (16hs)

### 7. Desarrollo modulo interfaz de usuario

- 7.1. Codificar funciones de comunicación con display. (24hs)
- 7.2. Codificar funciones del teclado de entrada. (4hs)
- 7.3. Codificar menú de configuración. (20hs)



8. Desarrollo modulo de almacenamiento
  - 8.1. Codificar funciones de almacenamiento USB. (40hs)
9. Integración
  - 9.1. Integrar todos los módulos de software. (40hs)
  - 9.2. Testeo funcional. (30hs)
  - 9.3. Diseño del esquemático final. (24hs)
10. Proceso final
  - 10.1. Confeccionar manual de uso. (10hs)
  - 10.2. Confeccionar memoria (50hs??)
  - 10.3. Revisión final del documento (24hs??)

Cantidad total de horas: (600 hs)

## 7. Diagrama de Activity On Node

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

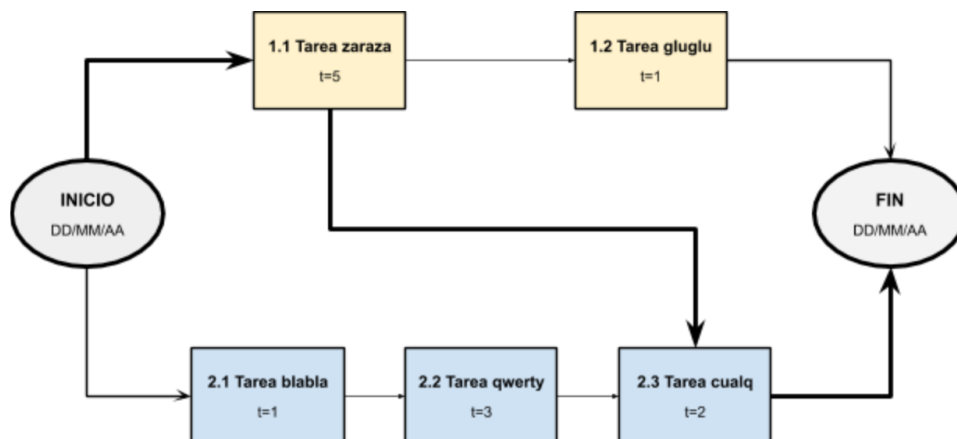


Figura 3: Diagrama en *Activity on Node*

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 4, 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.

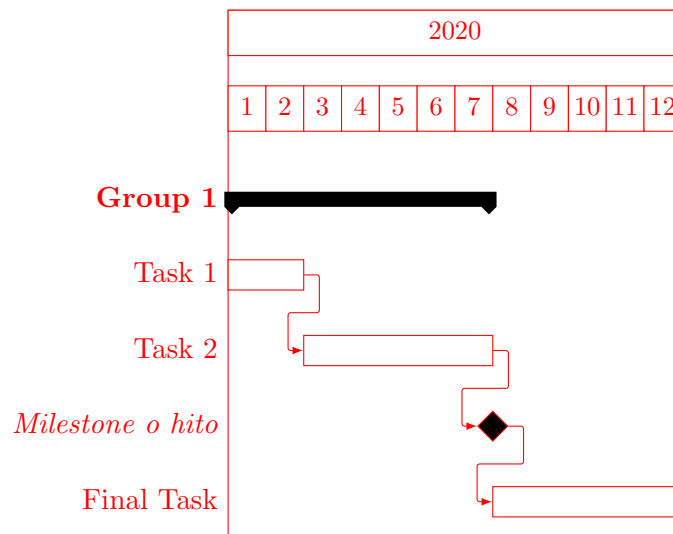


Figura 4: Diagrama de gantt de ejemplo

## 9. Matriz de uso de recursos de materiales

## 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.

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

- 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 Pablo Severini	Orientador Marcos Maillot	Equipo Nombre de alguien	Cliente Nombre del cliente

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.

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

## 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.
- 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.