



## Sistema de detección de interrupciones para subestaciones transformadoras de distribución de baja tensión

Autor:  
Ing. Lucas Gabriel Robles

Director:  
(-)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 20 de octubre de 2022 y el 8 de diciembre de 2022.*



## Sistema de detección de interrupciones para subestaciones transformadoras de distribución de baja tensión

Autor:  
Ing. Lucas Gabriel Robles

Director:  
Mg. Ing. Leonardo Del Sancio (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 20 de octubre de 2022 y el 8 de diciembre de 2022.*

## 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 . . . . .	9
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	10
11. Diagrama de Gantt . . . . .	11
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	13
13. Gestión de riesgos. . . . .	13
14. Gestión de la calidad . . . . .	14
15. Procesos de cierre. . . . .	15

## 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 . . . . .	9
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	10
11. Diagrama de Gantt . . . . .	11
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	12
13. Gestión de riesgos. . . . .	12
14. Gestión de la calidad . . . . .	13
15. Procesos de cierre. . . . .	13

### Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	20 de octubre de 2022
1	Redacción del acta de constitución del proyecto Redacción de la descripción técnica-conceptual Identificación y análisis de los interesados Definición del propósito y alcance del proyecto	3 de noviembre de 2022

### Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	20 de octubre de 2022
1	Redacción del acta de constitución del proyecto Redacción de la descripción técnica-conceptual Identificación y análisis de los interesados Definición del propósito y alcance del proyecto	3 de noviembre de 2022

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 20 de octubre de 2022

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Lucas Gabriel Robles que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará "Sistema de detección de interrupciones para subestaciones transformadoras de distribución de baja tensión", consistirá esencialmente en una red de sensores inalámbricos que detecten la ausencia de tensión y/o corriente en una subestación transformadora de distribución de baja tensión, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo, con fecha de inicio 20 de octubre de 2022 y fecha de presentación pública a confirmar.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Ing. Adrián Abella  
EDET SA

Director del Trabajo Final

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 20 de octubre de 2022

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Lucas Gabriel Robles que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará "Sistema de detección de interrupciones para subestaciones transformadoras de distribución de baja tensión", consistirá esencialmente en una red de sensores inalámbricos que detecten la ausencia de tensión y/o corriente en una subestación transformadora de distribución de baja tensión, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo, con fecha de inicio 20 de octubre de 2022 y fecha de presentación pública a confirmar.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Ing. Adrián Abella  
EDET SA

Mg. Ing. Leonardo Del Sancio  
Director del Trabajo Final

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

Uno de los principales objetivos de una empresa de distribución eléctrica es mantener los índices de calidad de servicio y producto técnico dentro de determinados parámetros predefinidos para garantizar que el usuario final goce de una buena calidad de suministro eléctrico. Es por esta razón que la gestión de la calidad de producto técnico se ocupa de que la onda de tensión suministrada se encuentre dentro de los umbrales establecidos por la entidad reguladora, mientras que la gestión de la calidad de servicio técnico se encarga de minimizar el tiempo y la frecuencia de las interrupciones del suministro eléctrico. Gracias al avance tecnológico, se pudieron adoptar nuevos sistemas capaces de optimizar la gestión de reclamos por falta de suministro, lo que permitió agilizar el proceso de restablecimiento del servicio y, por consiguiente, aminorar el tiempo en el que un cliente se encuentra desenergizado. A pesar de ello, estos sistemas pueden carecer de precisión al momento de determinar las posibles causas y las zonas afectadas por la interrupción, lo que en ocasiones resulta en una mala gestión de los recursos y las tareas. Por lo expuesto, se le propone a la Empresa de Distribución Eléctrica de Tucumán (EDET SA) implementar la utilización de un sistema electrónico embebido que sea capaz de sensor a nivel de cada subestación transformadora de baja tensión el estado del suministro eléctrico. Esto permitirá, en caso de ocurrir una interrupción, detectarla inmediatamente y así poder contar con una mayor velocidad de respuesta, mayor precisión, menor tiempo de reposición del servicio y menor cantidad de personal abocado a estas tareas. En la Figura 1 se muestra el diagrama en bloques del sistema propuesto, en el que se pueden diferenciar dos componentes principales: el nodo sensor (izquierda) y el concentrador o *Gateway* (derecha).

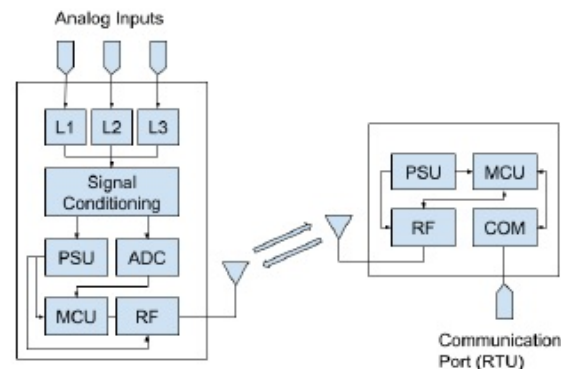


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

El concentrador o *Gateway* será el encargado de gestionar y monitorear la red de nodos sensores y de almacenar la información que luego será consultada por la RTU. Estará conformado por un microcontrolador de 32 bits, una fuente de alimentación que puede adicionalmente funcionar como cargador de baterías, un módulo de conectividad inalámbrica mediante el cual se comunicará con los nodos sensores y un puerto de comunicaciones para la conexión con la RTU. Respecto al módulo RF, en principio se propone utilizar alguna tecnología LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) para minimizar el consumo de energía y proporcionar un largo alcance. En cuanto a las comunicaciones con la unidad remota, se propone utilizar el protocolo Modbus-RTU o Modbus-TCP. Los nodos sensores serán los encargados de traducir las variables analógicas (tensiones y/o corrientes) en señales digitales binarias ON-OFF que se activarán si

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

Uno de los principales objetivos de una empresa de distribución eléctrica es mantener los índices de calidad de servicio y producto técnico dentro de determinados parámetros predefinidos para garantizar que el usuario final goce de una buena calidad de suministro eléctrico. Es por esta razón que la gestión de la calidad de producto técnico se ocupa de que la onda de tensión suministrada se encuentre dentro de los umbrales establecidos por la entidad reguladora, mientras que la gestión de la calidad de servicio técnico se encarga de minimizar el tiempo y la frecuencia de las interrupciones del suministro eléctrico. Gracias al avance tecnológico, se pudieron adoptar nuevos sistemas capaces de optimizar la gestión de reclamos por falta de suministro, lo que permitió agilizar el proceso de restablecimiento del servicio y, por consiguiente, aminorar el tiempo en el que un cliente se encuentra desenergizado. A pesar de ello, estos sistemas pueden carecer de precisión al momento de determinar las posibles causas y las zonas afectadas por la interrupción, lo que en ocasiones resulta en una mala gestión de los recursos y las tareas. Por lo expuesto, se le propone a la Empresa de Distribución Eléctrica de Tucumán (EDET SA) implementar la utilización de un sistema electrónico embebido que sea capaz de sensor a nivel de cada subestación transformadora de baja tensión el estado del suministro eléctrico. Esto permitirá, en caso de ocurrir una interrupción, detectarla inmediatamente y así poder contar con una mayor velocidad de respuesta, mayor precisión, menor tiempo de reposición del servicio y menor cantidad de personal abocado a estas tareas. En la Figura 1 se muestra el diagrama en bloques del sistema propuesto, en el que se pueden diferenciar dos componentes principales: el nodo sensor (izquierda) y el concentrador o *Gateway* (derecha).

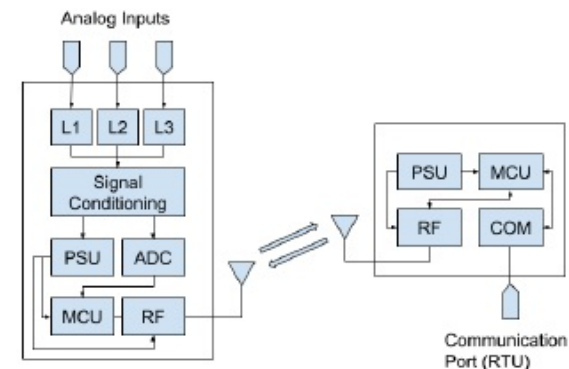


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

El concentrador o *Gateway* será el encargado de gestionar y monitorear la red de nodos sensores y de almacenar la información que luego será consultada por la RTU. Estará conformado por un microcontrolador de 32 bits, una fuente de alimentación que puede adicionalmente funcionar como cargador de baterías, un módulo de conectividad inalámbrica mediante el cual se comunicará con los nodos sensores y un puerto de comunicaciones para la conexión con la RTU. Respecto al módulo RF, en principio se propone utilizar alguna tecnología LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) para minimizar el consumo de energía y proporcionar un largo alcance. En cuanto a las comunicaciones con la unidad remota, se propone utilizar el protocolo Modbus-RTU o Modbus-TCP. Los nodos sensores serán los encargados de traducir las variables analógicas (tensiones y/o corrientes) en señales digitales binarias ON-OFF que se activarán si

se superan los umbrales predefinidos; luego, estas serán transmitidas hacia el concentrador. Se propone que sea de esta manera para minimizar la cantidad de información enviada, lo que permitirá ahorrar espacio de almacenamiento, reducir la cantidad de información transmitida hacia el sistema SCADA y reducir los tiempos de actualización de los estados y las alarmas. También se prevé que cada nodo sensor posea una fuente de alimentación capaz de obtener su energía sin necesidad de conectarla a la red de 220 V, siendo las opciones más probables las que operen con energía solar o inducción magnética. La intención de esta prestación es la de facilitar la instalación del sistema, además de reducir el riesgo eléctrico al eliminar la necesidad de conectarse directamente a la red de baja tensión. Al igual que el concentrador, los nodos también contarán con un microcontrolador de 32 bits, aunque se espera que estos sean de baja potencia o que admitan trabajar en modos de ultra bajo consumo o *deep-sleep*. También se utilizarán los mismos módulos RF *LPWAN* para la comunicación con el *Gateway*.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Adrián Abella	EDET SA	Jefe de Calidad de Servicio
Responsable	Ing. Lucas Gabriel Robles	FIUBA	Alumno
Orientador	-	-	Director Trabajo <b>final</b>
Usuario final	EDET SA		

## 3. Propósito del proyecto

Mejora de la calidad del servicio eléctrico brindado por la distribuidora mediante la obtención de información precisa y en tiempo real sobre el estado del suministro eléctrico en subestaciones transformadoras (SETS) de baja tensión a través de un sistema distribuido de sensores inalámbricos que detecten la presencia de tensión y/o corriente en cada una de las salidas de baja tensión de las SETS.

## 4. Alcance del proyecto

Se encuentra dentro del alcance de este proyecto el desarrollo del hardware y del firmware de ambos componentes principales: concentrador y nodo sensor. Se espera desarrollar al menos una unidad del primero y al menos dos del segundo. Los nodos sensores deberán ser capaces de convertir las señales analógicas de tensión y/o corriente en señales digitales binarias y transmitirlas hacia el concentrador. El concentrador deberá ser capaz de recibir la información enviada por los nodos sensores, almacenarla en una memoria no volátil y organizarla de acuerdo con las especificaciones del protocolo Modbus. También deberá proveer un método o interfaz que le permita a una unidad terminal remota acceder a dicha información.

No se incluye en el desarrollo del proyecto la encriptación de la información transmitida desde los sensores hacia el concentrador. Tampoco se incluye el desarrollo de una interfaz humano-máquina (HMI) para la configuración de los dispositivos y la visualización de la información.

se superan los umbrales predefinidos; luego, estas serán transmitidas hacia el concentrador. Se propone que sea de esta manera para minimizar la cantidad de información enviada, lo que permitirá ahorrar espacio de almacenamiento, reducir la cantidad de información transmitida hacia el sistema SCADA y reducir los tiempos de actualización de los estados y las alarmas. También se prevé que cada nodo sensor posea una fuente de alimentación capaz de obtener su energía sin necesidad de conectarla a la red de 220 V, siendo las opciones más probables las que operen con energía solar o inducción magnética. La intención de esta prestación es la de facilitar la instalación del sistema, además de reducir el riesgo eléctrico al eliminar la necesidad de conectarse directamente a la red de baja tensión. Al igual que el concentrador, los nodos también contarán con un microcontrolador de 32 bits, aunque se espera que estos sean de baja potencia o que admitan trabajar en modos de ultra bajo consumo o *deep-sleep*. También se utilizarán los mismos módulos RF *LPWAN* para la comunicación con el *Gateway*.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Adrián Abella	EDET SA	Jefe de Calidad de Servicio
Responsable	Ing. Lucas Gabriel Robles	FIUBA	Alumno
Orientador	Mg. Ing. Leonardo Del Sancho	FIUBA	Director Trabajo <b>Final</b>
Usuario final	EDET SA		

## 3. Propósito del proyecto

Mejora de la calidad del servicio eléctrico brindado por la distribuidora mediante la obtención de información precisa y en tiempo real sobre el estado del suministro eléctrico en subestaciones transformadoras (SETS) de baja tensión a través de un sistema distribuido de sensores inalámbricos que detecten la presencia de tensión y/o corriente en cada una de las salidas de baja tensión de las SETS.

## 4. Alcance del proyecto

Se encuentra dentro del alcance de este proyecto el desarrollo del hardware y del firmware de ambos componentes principales: concentrador y nodo sensor. Se espera desarrollar al menos una unidad del primero y al menos dos del segundo. Los nodos sensores deberán ser capaces de convertir las señales analógicas de tensión y/o corriente en señales digitales binarias y transmitirlas hacia el concentrador. El concentrador deberá ser capaz de recibir la información enviada por los nodos sensores, almacenarla en una memoria no volátil y organizarla de acuerdo con las especificaciones del protocolo Modbus. También deberá proveer un método o interfaz que le permita a una unidad terminal remota acceder a dicha información.

No se incluye en el desarrollo del proyecto la encriptación de la información transmitida desde los sensores hacia el concentrador. Tampoco se incluye el desarrollo de una interfaz humano-máquina (HMI) para la configuración de los dispositivos y la visualización de la información.



## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se podrá adquirir todos los componentes necesarios para el desarrollo de los dispositivos.
- Se podrán realizar pruebas de campo en instalaciones reales.
- Se podrá utilizar una unidad de transmisión remota de la distribuidora para enviar la información al sistema SCADA.
- Se podrán dedicar al menos 15 horas semanales al desarrollo del proyecto.
- Se podrá finalizar el proyecto en 600 horas o menos.

## 6. Requerimientos

### 1. Requerimientos funcionales

- 1.1. Los dispositivos deben ser de tipo *Plug and Play*.
- 1.2. La distancia mínima de comunicación entre los nodos y el *Gateway* debe ser de 3 metros.
- 1.3. El emparejamiento entre los nodos y el *Gateway* debe ser **automática**.
- 1.4. Tanto el *Gateway* como los nodos sensores deben almacenar la información de la red en memoria no volátil.
- 1.5. Los nodos sensores deben enviar el estado del suministro eléctrico cada 1 minuto.

### 2. Requerimientos de hardware

- 2.1. El *Gateway* debe estar basado en un microcontrolador ESP32 del fabricante Espressif.
- 2.2. Cada nodo sensor debe estar basado en un microcontrolador ESP8266 del fabricante Espressif.
- 2.3. El *Gateway* debe contar con una fuente de alimentación universal de **220VAC**.
- 2.4. Los nodos sensores deben poseer una fuente de alimentación que utilice energía solar o inducción magnética.
- 2.5. Los nodos sensores deben poseer 3 entradas de corriente o tensión, las cuales:
  - se deben conectar a la línea de baja tensión (220/380 VAC) por intermedio de transformadores de corriente o de tensión,
  - deben soportar hasta 100 A o 1000 V en el lado primario,
  - deben soportar hasta 1 A o 5 V en el lado secundario.

### 3. Requerimiento firmware

- 3.1. El firmware del *Gateway* debe:
  - administrar la red de nodos sensores y poseer un algoritmo para registrarlos y desvincularlos de esta,
  - almacenar la información de cada uno de los nodos sensores registrados en la red,

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se podrá adquirir todos los componentes necesarios para el desarrollo de los dispositivos.
- Se podrán realizar pruebas de campo en instalaciones reales.
- Se podrá utilizar una unidad de transmisión remota de la distribuidora para enviar la información al sistema SCADA.
- Se podrán dedicar al menos 15 horas semanales al desarrollo del proyecto.
- Se podrá finalizar el proyecto en 600 horas o menos.

## 6. Requerimientos

### 1. Requerimientos funcionales

- 1.1. Los dispositivos deben ser de tipo *Plug and Play*.
- 1.2. La distancia mínima de comunicación entre los nodos y el *Gateway* debe ser de 3 metros.
- 1.3. El emparejamiento entre los nodos y el *Gateway* debe ser **automático**.
- 1.4. Tanto el *Gateway* como los nodos sensores deben almacenar la información de la red en memoria no volátil.
- 1.5. Los nodos sensores deben enviar el estado del suministro eléctrico cada 1 minuto.

### 2. Requerimientos de hardware

- 2.1. El *Gateway* debe estar basado en un microcontrolador ESP32 del fabricante Espressif.
- 2.2. Cada nodo sensor debe estar basado en un microcontrolador ESP8266 del fabricante Espressif.
- 2.3. El *Gateway* debe contar con una fuente de alimentación universal de **220 VAC**.
- 2.4. Los nodos sensores deben poseer una fuente de alimentación que utilice energía solar o inducción magnética.
- 2.5. Los nodos sensores deben poseer 3 entradas de corriente o tensión, las cuales:
  - se deben conectar a la línea de baja tensión (220/380 VAC) por intermedio de transformadores de corriente o de tensión,
  - deben soportar hasta 100 A o 1000 V en el lado primario,
  - deben soportar hasta 1 A o 5 V en el lado secundario.

### 3. Requerimientos de firmware

- 3.1. El firmware del *Gateway* debe:
  - administrar la red de nodos sensores y poseer un algoritmo para registrarlos y desvincularlos de esta,
  - almacenar la información de cada uno de los nodos sensores registrados en la red,

- consultar el estado y las mediciones de los nodos sensores,
- almacenar la información obtenida de los sensores en una base de datos Modbus,
- proveer una interfaz de comunicación que permita que la base de datos sea consultada por una RTU.

### 3.2. El firmware de los nodos sensores debe:

- procesar las señales analógicas y convertirlas en señales digitales binarias *ON-OFF* que indiquen el estado del suministro eléctrico,
- transmitir el estado del suministro hacia el *Gateway* a través del módulo RF *LPWAN*,
- poner en modo de bajo consumo al microcontrolador y al módulo RF mientras no se esté transmitiendo información.

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

Se analizan las historias de usuario con los índices de **ponderación**, que representan el valor que aporta la historia de usuario al cliente o usuario y con el índice de **prioridad**, que refleja el orden de importancia en la implementación de las historias. Se valora cada dimensión de 1 a 10, donde 10 representa la ponderación o prioridad más alta. Los *story points* se calculan como la suma de la ponderación y la prioridad.

Como encargado del área de calidad de **servicio**, quiero conocer en tiempo real el estado del suministro eléctrico de cada subestación transformadora para reducir el tiempo en el que los usuarios se encuentran sin suministro.

- Ponderación: 10.
- Prioridad: 8.
- *Story Points*: 18.

Como encargado del área de **operaciones**, quiero conocer en todo momento el estado de la red de distribución para poder contar con mayor información posible a la hora de realizar las operaciones.

- Ponderación: 6.
- Prioridad: 5.
- *Story Points*: 11.

Como encargado del área de **reclamos**, quiero conocer de manera inequívoca e inmediata las zonas que se encuentran afectadas por un corte de energía para poder gestionar eficientemente los recursos humanos con los que contamos.

- Ponderación: 9.
- Prioridad: 7.

- consultar el estado y las mediciones de los nodos sensores,
- almacenar la información obtenida de los sensores en una base de datos Modbus,
- proveer una interfaz de comunicación que permita que la base de datos sea consultada por una RTU.

### 3.2. El firmware de los nodos sensores debe:

- procesar las señales analógicas y convertirlas en señales digitales binarias *ON-OFF* que indiquen el estado del suministro eléctrico,
- transmitir el estado del suministro hacia el *Gateway* a través del módulo RF *LPWAN*,
- poner en modo de bajo consumo al microcontrolador y al módulo RF mientras no se esté transmitiendo información.

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

Se analizan las historias de usuario con los índices de **ponderación** que representan el valor que aporta la historia de usuario al cliente o usuario y con el índice de **prioridad** que refleja el orden de importancia en la implementación de las historias. Se valora cada dimensión de 1 a 10, donde 10 representa la ponderación o prioridad más alta. Los *story points* se calculan como la suma de la ponderación y la prioridad.

Como encargado del área de calidad de **servicio** quiero conocer en tiempo real el estado del suministro eléctrico de cada subestación transformadora para reducir el tiempo en el que los usuarios se encuentran sin suministro.

- Ponderación: 10.
- Prioridad: 8.
- *Story Points*: 18.

Como encargado del área de **operaciones** quiero conocer en todo momento el estado de la red de distribución para poder contar con mayor información posible a la hora de realizar las operaciones.

- Ponderación: 6.
- Prioridad: 5.
- *Story Points*: 11.

Como encargado del área de **reclamos** quiero conocer de manera inequívoca e inmediata las zonas que se encuentran afectadas por un corte de energía para poder gestionar eficientemente los recursos humanos con los que contamos.

- Ponderación: 9.
- Prioridad: 7.



- *Story Points*: 16.

Como encargado del área de mantenimiento de la **red**, quiero conocer cuáles son las subestaciones transformadoras o las zonas con mayor tasa de fallas para realizar un mejor plan de mantenimiento y enfocar las inversiones en esos lugares.

- Ponderación: 5.
- Prioridad: 4.
- *Story Points*: 9.

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Manual de uso.
- Diagrama de instalación.
- Listado de materiales.
- Diagramas esquemáticos.
- Informe final.

## 9. Desglose del trabajo en tareas

1. Gestión y documentación (200 horas).
  - 1.1. Planificación del proyecto (40 horas).
  - 1.2. Documentación de avances (20 horas).
  - 1.3. Confección de la memoria técnica (80 horas).
  - 1.4. Elaboración de la presentación final (20 horas).
  - 1.5. Redacción del manual de usuario (40 horas).
2. Desarrollo de hardware (230 horas).
  - 2.1. Investigación preliminar (20 horas).
  - 2.2. Diseño de esquemáticos del Gateway (20 horas).
  - 2.3. Diseño de esquemáticos del nodo sensor (20 horas).
  - 2.4. Construcción de prototipo del Gateway (40 horas).
  - 2.5. Construcción de prototipo del nodo sensor (40 horas).
  - 2.6. Diseño de PCB (30 horas).
  - 2.7. Fabricación de PCB (30 horas).
  - 2.8. Compra de componentes (10 horas).

- *Story Points*: 16.

Como encargado del área de mantenimiento de la **red** quiero conocer cuáles son las subestaciones transformadoras o las zonas con mayor tasa de fallas para realizar un mejor plan de mantenimiento y enfocar las inversiones en esos lugares.

- Ponderación: 5.
- Prioridad: 4.
- *Story Points*: 9.

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- Un prototipo de Gateway.
- Dos prototipos de nodo sensor.
- Manual de uso.
- Diagrama de instalación.
- Listado de materiales.
- Diagramas esquemáticos.
- Informe final.

## 9. Desglose del trabajo en tareas

1. Gestión y documentación (220 horas).
  - 1.1. Planificación del proyecto (40 horas).
  - 1.2. Investigación preliminar (20 horas).
  - 1.3. Documentación de avances (20 horas).
  - 1.4. Confección de la memoria técnica (80 horas).
  - 1.5. Elaboración de la presentación final (20 horas).
  - 1.6. Redacción del manual de usuario (40 horas).
2. Desarrollo de hardware (210 horas).
  - 2.1. Diseño preliminar (20 horas).
  - 2.2. Diseño de esquemáticos del Gateway (20 horas).
  - 2.3. Diseño de esquemáticos del nodo sensor (20 horas).
  - 2.4. Construcción de prototipo del Gateway (40 horas).
  - 2.5. Construcción de prototipo del nodo sensor (40 horas).

- 2.9. Armado de PCB (20 horas).
3. Desarrollo de firmware (130 horas).
- 3.1. Diseño preliminar (20 horas).
- 3.2. **Diseño detallado** para el Gateway (40 horas).
- 3.3. **Diseño detallado** para el nodo sensor (40 horas).
- 3.4. Pruebas de funcionamiento (30 horas).
4. Verificación y finalización (40 horas).
- 4.1. Montaje final (20 horas).
- 4.2. Pruebas funcionales (20 horas).

Cantidad total de horas: 600.

## 10. 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:

## 11. Diagrama de Gantt

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

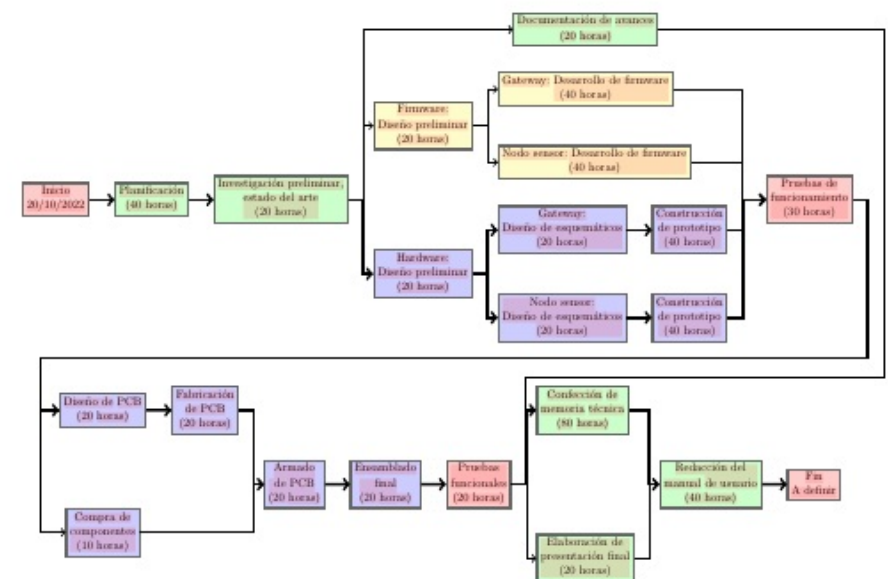
- **Planner**

- 2.6. **Diseño de PCB** (20 horas).
- 2.7. **Fabricación de PCB** (20 horas).
- 2.8. **Compra de componentes** (10 horas).
- 2.9. Armado de PCB (20 horas).
3. Desarrollo de firmware (130 horas).
- 3.1. Diseño preliminar (20 horas).
- 3.2. **Desarrollo del código** para el Gateway (40 horas).
- 3.3. **Desarrollo del código** para el nodo sensor (40 horas).
- 3.4. Pruebas de funcionamiento (30 horas).
4. Verificación y finalización (40 horas).
- 4.1. Montaje final (20 horas).
- 4.2. Pruebas funcionales (20 horas).

Cantidad total de horas: 600.

## 10. Diagrama de Activity On Node

En la Figura 2 se observa el diagrama de Activity on Node con los tiempos en horas de trabajo. El camino crítico se encuentra resaltado con trazo grueso, en el que se totalizan 390 horas.



### ■ 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.

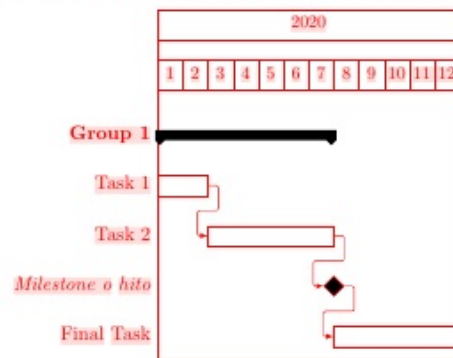


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo

### 11. Diagrama de Gantt

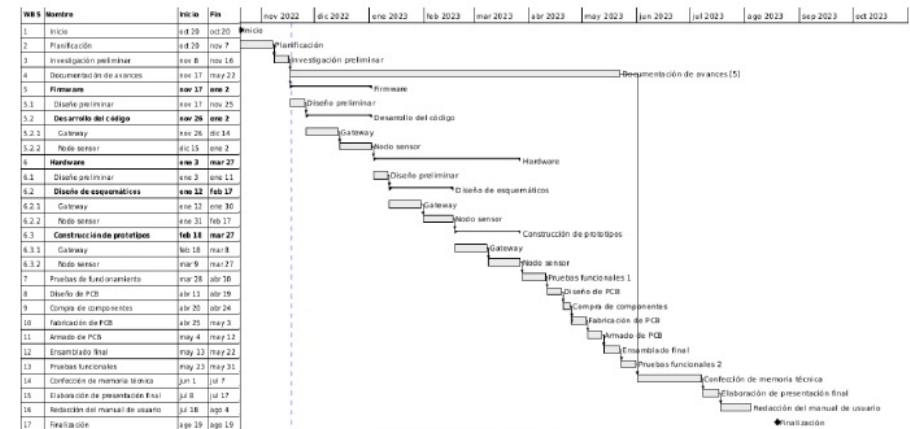


Figura 2. Diagrama de Gantt

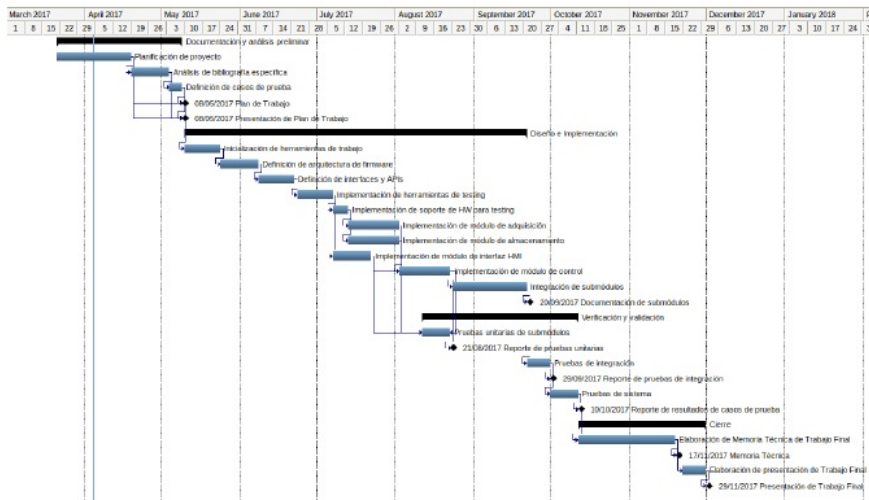


Figura 4. Ejemplo de diagrama de Gantt rotado

## 12. Presupuesto detallado del proyecto

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario (AR\$)	Valor total(AR\$)
ESP32 Development Board	1	4285	4285
ESP8266 Development Board	2	2000	4000
SX1278 LoRa Module	3	3542	10626
Sensor de corriente efecto Hall 100 A	3	4415	13245
Batería de litio 18650 3,7 V	2	2230	4460
Fabricación de PCB	3	3000	9000
Resistencias, capacitores, conectores, etc	3	1000	3000
Hora de trabajo	600	2000	1200000
SUBTOTAL			1248616
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
40 % de los costos directos			19449,40
SUBTOTAL			19449,40
TOTAL			1268062,40

## 13. 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 de forma negativa)

- 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  $RPN=S \times O$ )





■ **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).

## 14. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: copiar acá el requerimiento.
  - 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, mediciones, etc. Las acciones de verificación suelen considerar al entregable como "caja blanca", es decir se conoce en profundidad su funcionamiento interno. En cambio, las acciones de validación suelen considerar al entregable como "caja negra", es decir, que no se conocen los detalles de su funcionamiento interno.

- 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 emplearon, 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.