



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

Sistema de sensores autónomos para monitoreo de redes de distribución de baja tensión mediante LoRaWAN

Autor:

Ing. Milton Eduardo Sosa

Director:

Ing. Marcelo E. Romeo (UNSAM)

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	5
Identificación y análisis de los interesados	8
1. Propósito del proyecto	8
2. Alcance del proyecto	8
3. Supuestos del proyecto	9
4. Requerimientos	9
Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>)	10
5. Entregables principales del proyecto	11
6. Desglose del trabajo en tareas	12
7. Diagrama de Activity On Node	14
8. Diagrama de Gantt	14
9. Matriz de uso de recursos de materiales	18
10. Presupuesto detallado del proyecto	19
11. Matriz de asignación de responsabilidades	20
12. Gestión de riesgos	21
13. Gestión de la calidad	23
14. Comunicación del proyecto	27
15. Gestión de Compras	27
16. Seguimiento y control	28
17. Procesos de cierre	29

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	22/06/2020
1.2	Avances hasta el desglose de trabajo en tareas.	10/07/2020
1.3	Se corrigen errores ortográficos y espaciado entre párrafos. Se agranda el tamaño de las figuras 1 y 2. Marcelo E. Romeo pasa a ocupar el rol de cliente. Se corrigen los requerimientos y estimaciones del desglose del trabajo en tareas. Se agregan tareas de documentación	17/07/2020
1.4	Se desarrollan los puntos 6 al 11. Se modifica el valor del presupuesto en base a la cotización del día del Banco Central de la República Argentina.	31/07/2020
1.5	Se desarrollan los puntos 12 al 17	08/08/2020
1.6	Se corrigen errores ortográficos y de redacción. Se reemplaza el punto por coma como notación decimal en el presupuesto. Se corrige el formato de la matriz de asignación de responsabilidades para hacerla mas legible. Se corrigen valores de severidades, criterios para adopción de medidas de mitigación y modifica tabla de gestión de riesgos.	14/08/2020

Acta de Constitución del Proyecto

Buenos Aires, 22 de junio de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Milton Eduardo Sosa que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Sistema de sensores autónomos para monitoreo de redes de distribución de baja tensión mediante LoRaWAN”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un sistema embebido que sea capaz de determinar valores eficaces de corriente alterna en redes de distribución de baja tensión y enviarlos a un centro de operaciones. Será no invasivo y autónomo. Tendrá un presupuesto preliminar estimado de 676 hs de trabajo y \$887.356, ochocientos ochenta y siete mil trecientos cincuenta y seis pesos argentinos, 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

Ing. Marcelo E. Romeo
Universidad Nacional de San Martín

Ing. Marcelo E. Romeo
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

El presente trabajo surge como idea del autor, en base a la necesidad de permitir a las redes de distribución metropolitanas y megalopolitanas integrar características de las así llamadas Ciudades Inteligentes y así enmarcarlas dentro del concepto de Internet de las Cosas (IoT). Una ciudad inteligente, es aquella que hace uso de las diferentes tecnologías de información y comunicación disponibles con el objetivo de lograr su desarrollo sostenible, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y hacer un uso eficiente de los recursos energéticos.

Se siguen las premisas de minimizar impactos y costos de implementación en las redes de distribución actual y a la vez lograr un aumento en la calidad de servicio de energía eléctrica haciendo uso de los datos relevados.

Es menester mencionar que este trabajo es parte de un proyecto de una PyME de base tecnológica con el objeto de prestar servicios a diferentes empresas distribuidoras de energía eléctrica en Sudamérica, como así también a personas que deseen monitorear el estado de una carga eléctrica en particular haciendo uso de una estructura de red de comunicación de largo alcance.

El sistema que se propone implementar, ocuparía un mínimo espacio físico adicional en la red. Sin embargo, la información que proporcionaría sería de gran relevancia para realizar un relevamiento en tiempo semi real del estado de operación de la red de distribución de energía eléctrica.

Entre las características técnicas que sobresalen de este sistema se encuentra la utilización de tecnologías de comunicación de largo alcance y bajo consumo de energía, como por ejemplo LoRa y redes LoRaWAN, para reportar el estado de operación de un nodo en particular de la red. También propone el uso de formas de conversión y acumulación de energía eléctrica de bajo impacto medioambiental con el objeto de lograr autonomía de operación aún en condiciones meteorológicas desfavorables y operando en régimen 24/7.

Finalmente, es la intención de que este prototipo se mantenga independiente de la frecuencia y tensión de operación otorgando así, facilidad a la hora de realizar el comisionamiento en diferentes redes.

El sistema propuesto se compondrá por un hardware (HW) a desarrollar para cada nodo y los servicios interconectados en la nube también llamados backend services (BES).

El diagrama de bloques del HW a desarrollar es presentado en la Figura 1. Este posee cinco etapas:

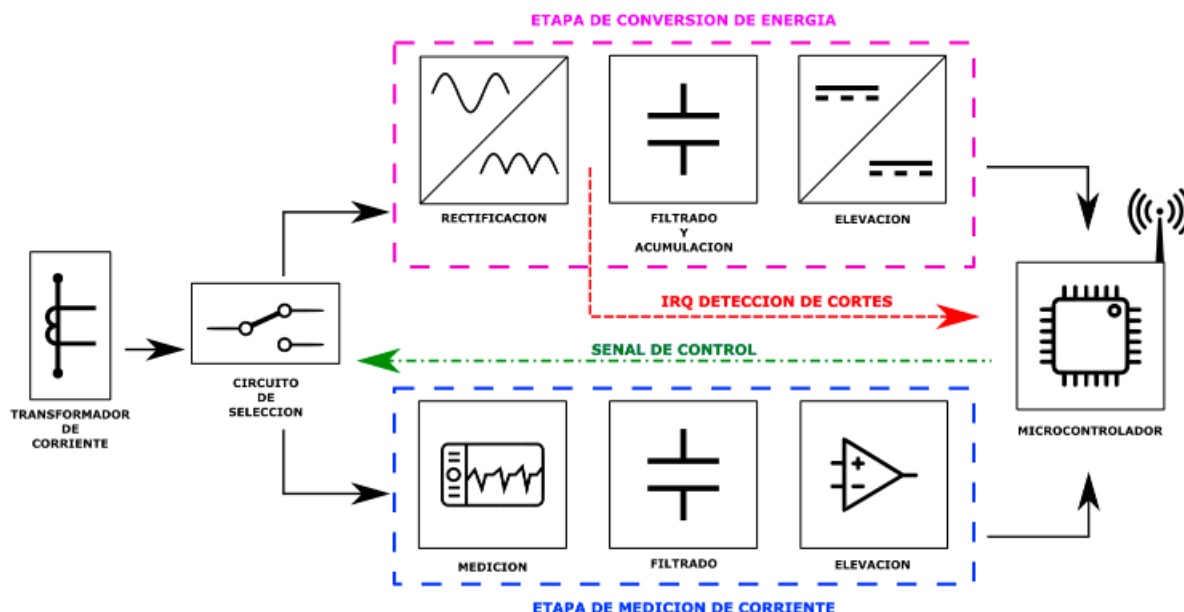


Figura 1: Diagrama en bloques del hardware asociado al sistema.

- Transformador de corriente (TI): encargado de proveer de corriente eléctrica para la carga del acumulador, como así también actuar como transductor de corriente para la medición de su valor eficaz.
- Etapa de conversión y acumulación de energía: compuesta por un rectificador de baja caída, un acumulador y un convertor DC/DC.
- Etapa de medición/detección de corriente: encargado de las mediciones de valor eficaz de corriente alterna junto a un circuito de acondicionamiento de señal.
- Circuito de selección de modo: compuesto por un relay (RL) acorde al TI y su circuito de excitación.
- Etapa de procesamiento, control y comunicaciones: compuesto por un microcontrolador (uC) y un módulo de comunicaciones (MC) LoRa.

Para lograr la recuperación de datos generados por el HW y enviados a la red LoRaWAN, es necesario contar con un conjunto de servicios privados de backend (BES). Estos deberán estar integrados de manera permanente con la red LoRaWAN, que se considera preexistente, y cuya infraestructura es presentada en la Figura 2.

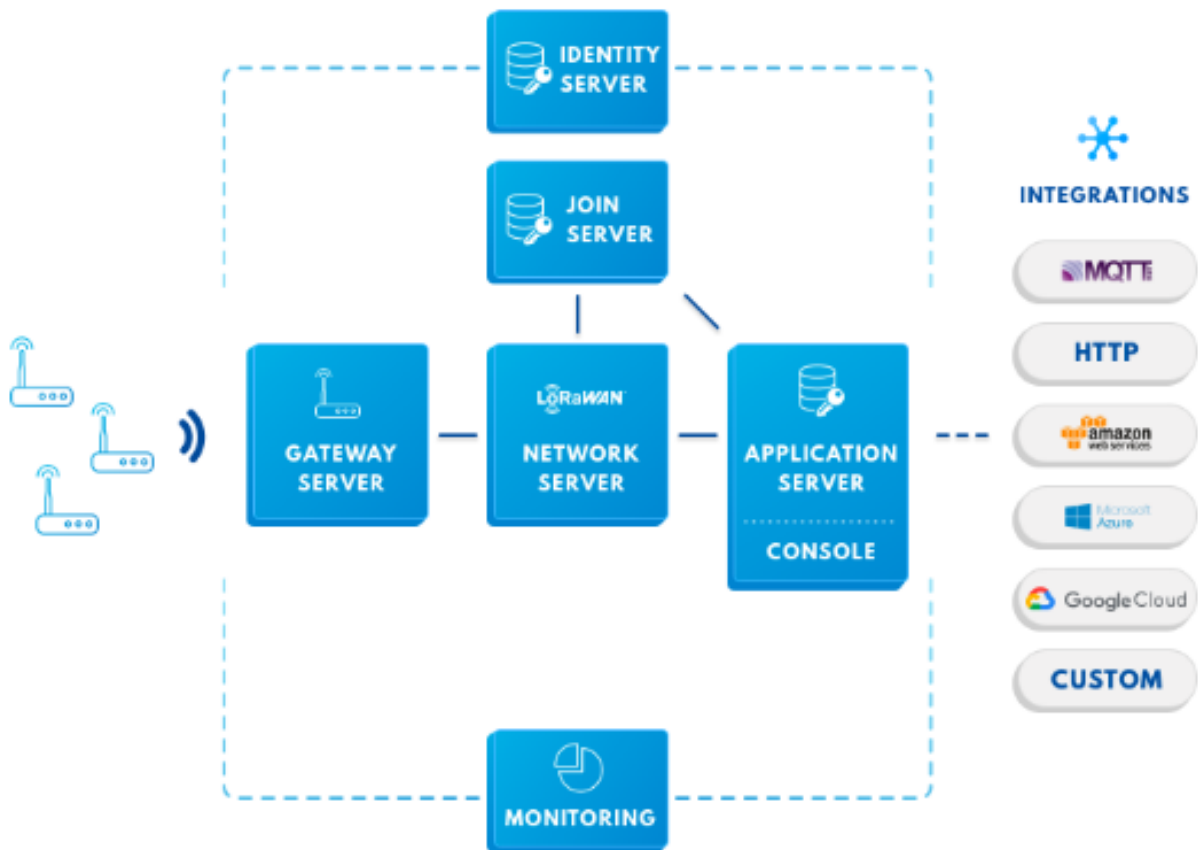


Figura 2: Diagrama en bloques de la red LoRaWAN a utilizar y sus posibles integraciones con terceras partes.

Esta integración se logrará a través de APIs HTTP o mediante suscripciones a tópicos de agentes de mensajería.

Los BES privados a desarrollar en este proyecto serán 3:

1. Servicio de Recuperación de Datos: encargado de recuperar los datos enviados por los nodos a través de la API proporcionada por la red LoRaWAN y almacenarlos en una base de datos.
2. Base de datos (DB): encargado de almacenar los valores históricos de los nodos sensores y generar diferentes métricas para los reportes de estado.
3. Interfaz Gráfica de Usuario (GUI): encargada de presentar el último estado recuperado de cada nodo al usuario final del sistema.

Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Marcelo E. Romeo	UNSAM	Docente investigador
Responsable, auspiciante e impulsor	Ing. Milton E. Sosa	Universidad Nacional de Misiones	Egresado
Orientador	Ing. Marcelo E. Romeo	UNSAM	Docente investigador
Colaborador	Dr. Ing. Eduardo O. Sosa	Universidad Nacional de Misiones	Docente Investigador
Colaborador	Ing. Germán A. Xánder	Universidad Nacional de Misiones	Docente Investigador
Usuario final			

- Ing. Marcelo E. Romeo, de vasta experiencia profesional en el ámbito de la microelectrónica e investigación y desarrollo para diferentes entidades y universidades nacionales.
- Dr. Ing. Eduardo O. Sosa, cuenta con más de 20 años de experiencia en el área de las TELCO, ex miembro colaborador de la RIU, profesor titular de la cátedra de Física en la Universidad Nacional de Misiones y lidera proyectos bilaterales entre Argentina y Alemania en el ámbito de WSN.

1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un sistema formado por un circuito electrónico autónomo y un conjunto de software dedicado a la recuperación y almacenamiento de datos generados y transmitidos por el circuito.

El sistema debe ser capaz de permitir a las actuales redes de distribución de energía eléctrica reportar su estado actual de operación a un centro de monitoreo.

2. Alcance del proyecto

Se pretende desarrollar un prototipo de HW capaz de ser autosuficiente en cuanto a la conversión, acumulación y gestión de energía eléctrica con el objeto de alimentar y permitir su operación en estado autónomo y permanente. Para ello se desarrollará un circuito de *micro energy harvesting* basado en rectificadores de bajas pérdidas, acumuladores aptos para la aplicación final y un conversor DC/DC de alta eficiencia.

Se desarrollará una etapa de medición de valor eficaz de corriente alterna, con el objeto de medir la intensidad de corriente que actualmente circula por el conductor conectado a la salida de baja tensión e inmediatamente después del fusible aéreo de protección.

Agregado a los módulos mencionados anteriormente, un microcontrolador se encargará de la gestión de energía de todo el HW y de digitalizar todas las mediciones realizadas para finalmente, enviarlas al centro de operaciones a través de un módulo de comunicación.

Los BES se albergarán en una computadora de bajo costo que proporcionará suficientes recursos para su operación y ensayo en la etapa de desarrollo.

No es parte del alcance del presente proyecto llegar a una etapa de lanzamiento del producto a clientes finales, sino la de lograr un demostrador tecnológico. Sin embargo, si los tiempos lo permiten y se logra contar con una infraestructura adecuada, se desean realizar ensayos *end-to-end* en laboratorio sobre el sistema, involucrando los prototipos de hardware que fueran desarrollados, y una integración mínima entre los BES y la red LoRaWAN ya existente.

3. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- El autor del trabajo no tendrá ningún problema para hacerse de los insumos necesarios para alcanzar los objetivos recurriendo a distribuidores de componentes en el mercado local.
- Al momento de ensayar el sistema se contará con conectividad a internet.
- El responsable no tendrá en ningún momento limitaciones de movilidad.
- En caso de ser necesario realizar ensayos *end-to-end*, el responsable deberá fabricar un banco de ensayos apropiado para simular los casos de uso y probar el sistema en su conjunto, como así disponer de instrumentos patrones para contrastar y verificar el correcto funcionamiento.
- Los ensayos *end-to-end* no demorarán la fecha de finalización del proyecto.

4. Requerimientos

1. Grupo de requerimientos asociados con hardware

- 1.1. El dispositivo deberá ser de tipo *plug and play*.
- 1.2. El circuito impreso no deberá ocupar un volumen mayor a 10x10x5 cm.
- 1.3. Basarse en un microcontrolador ESP32 y disponer de:
 - 1.3.1. 4 entradas analógicas.
 - 1.3.2. 3 salidas digitales.
 - 1.3.3. Unidad UART.
 - 1.3.4. Integrar un módulo de comunicaciones LoRa.
- 1.4. Deberá tener al menos 12 horas de autonomía de funcionamiento.
- 1.5. Bajo consumo en modo ocioso: el consumo del hardware en total, no deberá superar los 5 mA cuando no está midiendo ni transmitiendo.

- 1.6. El circuito elevador de tensión DC-DC deberá:
 - 1.6.1. Funcionar con tensiones menores a 2V en la entrada.
 - 1.6.2. Otorgar 5 Volts a la salida.
 - 1.6.3. Ser capaz de otorgar 300 miliamperes a la salida.
 - 1.7. El transformador de corriente debe:
 - 1.7.1. Ser de tipo núcleo partido.
 - 1.7.2. Admitir 100 Amperes de corriente en el circuito primario y un máximo 5 Amperes en el circuito secundario.
 - 1.8. El relay encargado de cambiar el modo de operación debe:
 - 1.8.1. Ser de tipo doble inversor sin retención.
 - 1.8.2. Su bobina debe poder energizarse con 5V o menos.
 - 1.8.3. Soportar al menos 5 Amperes de corriente por los contactos.
 - 1.9. Debe funcionar de manera independiente a la frecuencia de operación de la red 50/60 Hz.
 - 1.10. Debe funcionar de manera independiente a la tensión de fase del sistema de distribución 110/220 Voltios.
2. Grupo de requerimientos asociados con el firmware
 - 2.1. Debe manejar un módulo de comunicación LoRa y protocolo LoRaWAN.
 - 2.2. Deberá tener un porcentaje de cobertura de tests unitarios del 60 % como mínimo.
 - 2.3. Antes configurarse en modo ocioso, debe desenergizar la etapa de medición de corriente y el módulo de comunicaciones con el objeto de ahorrar energía.
 3. Grupo de requerimientos asociados con los BES
 - 3.1. Todos los servicios deben poder correr en una Raspberry Pi 3.
 - 3.2. El software de los BES se desarrollará en lenguaje Python.
 - 3.3. Recuperar los datos de la red LoRaWAN.
 - 3.4. Almacenar los datos en una tabla de MySQL.
 - 3.5. GUI basada en Grafana.
 4. Grupo de requerimientos asociados con ensayos de integración y *end-to-end*
 - 4.1. El banco de ensayos de hardware debe contar con una carga fantasma de al menos 10 Amperes y permitir realizar interrupciones de corriente de manera programada mediante una computadora adicional tipo Raspberry Pi o de manera manual.
 - 4.2. Los BES deben estar operativos al momento de realizar los ensayos.
 - 4.3. Contar con un gateway de acceso a una red LoRaWAN como por ejemplo *The Things Network*.

Historias de usuarios (*Product backlog*)

Como operario del centro de monitoreo, quiero que en caso de que ocurra un corte en el suministro de energía, se pueda saber la localización geográfica del nodo que reporta el corte.

- Ponderación: 7

- Prioridad: 3

Como operario del centro de monitoreo, quiero poder recibir alertas en caso de que la tensión en bornes del acumulador sea menor a 2,5 Volts.

- Ponderación: 7
- Prioridad: 3

Como operario del centro de monitoreo, quiero poder recibir una notificación en caso de que dejen de recibirse reportes por más de X minutos.

- Ponderación: 3
- Prioridad: 3

Como jefe de mantenimiento de los sensores, quiero acceder a un gráfico histórico de la intensidad con la que se recibieron las señales de cada nodo.

- Ponderación: 1
- Prioridad: 1

Como jefe de mantenimiento preventivo de redes, quiero que en la GUI se pueda ver un gráfico histórico de las mediciones realizadas.

- Ponderación: 3
- Prioridad: 1

Ponderaciones: 1 bajo esfuerzo, 3 esfuerzo moderado, 7 alto esfuerzo.
Prioridad: 1 baja, 2 media, 3 alta.

5. Entregables principales del proyecto

- Diagrama esquemático
- Lista de materiales
- Código fuente del firmware
- Diagrama de instalación
- Informe final

6. Desglose del trabajo en tareas

1. Grupo de tareas asociadas a planificación (Total: 35 hs)
 - 1.1. Diseño de la arquitectura global del proyecto. (15 hs)
 - 1.2. Documentación del plan de proyecto. (20 hs)
2. Grupo de tareas asociadas al hardware (Total: 300 hs)
 - 2.1. Transductor de corriente. (Total: 16 hs)
 - 2.1.1. Análisis de transductores aptos para el hardware a desarrollar. (5 hs)
 - 2.1.2. Selección de componentes. (3 hs)
 - 2.1.3. Ensayo y evaluación del transductor de manera individual. (4 hs)
 - 2.1.4. Documentación de resultados del ensayo del transductor. (4 hs)
 - 2.2. Etapa de circuito de selección. (Total: 24 hs)
 - 2.2.1. Análisis de alternativas disponibles en el mercado. (10 hs)
 - 2.2.2. Selección de relays aptos en base a los requerimientos: tensión de bobina de 5 Volts y 5 Amperes de corriente. (6 hs)
 - 2.2.3. Ensayo del circuito de selección de manera individual. (4 hs)
 - 2.2.4. Documentación de ensayo. (4 hs)
 - 2.3. Etapa de rectificación y filtrado. (Total: 49 hs)
 - 2.3.1. Análisis comparativo de alternativas para técnicas de rectificación. (30 hs)
 - 2.3.2. Selección de componentes encargados de la etapa de rectificación. (10 hs)
 - 2.3.3. Ensayo de la etapa de rectificación de manera individual. (5 hs)
 - 2.3.4. Documentación de ensayos. (4 hs)
 - 2.4. Etapa de acumulación de energía. (Total: 35 hs)
 - 2.4.1. Análisis comparativo y selección de alternativas viables acorde al requerimiento de autonomía de operación. (10 hs)
 - 2.4.2. Ensayo de carga y descarga del acumulador de manera individual. (10 hs)
 - 2.4.3. Evaluación de resultados y estimación de la autonomía de operación en función de diferentes perfiles de consumo. (10 hs)
 - 2.4.4. Documentación ensayos. (5 hs)
 - 2.5. Etapa de elevación de tensión. (Total: 20 hs)
 - 2.5.1. Análisis de alternativas técnicas para elevación de tensión aptas para el hardware a desarrollar. (15 hs)
 - 2.5.2. Ensayo y evaluación de la etapa de elevación de tensión de manera individual. (5 hs)
 - 2.6. Etapa de medición de corriente. (Total: 34 hs)
 - 2.6.1. Análisis comparativo y selección de un circuito integrado dedicado a realizar la medición del valor eficaz de corriente. (20 hs)
 - 2.6.2. Ensayo y evaluación de la etapa de medición de valor eficaz de manera individual. (10 hs)
 - 2.6.3. Documentación de ensayos. (4 hs)
 - 2.7. Etapa de acondicionamiento de señal posterior a la medición de corriente. (Total: 13 hs)
 - 2.7.1. Análisis de alternativas técnicas para filtrado y amplificación. (4 hs)

- 2.7.2. Selección de componentes. (2 hs)
- 2.7.3. Ensayo y evaluación de la etapa de filtrado y amplificación de manera individual. (4 hs)
- 2.7.4. Documentación de ensayos. (3 hs)
- 2.8. Microcontrolador y módulo de comunicaciones. (Total: 50 hs)
 - 2.8.1. Análisis y selección de microcontroladores y módulos de comunicaciones aptos para la aplicación. (30 hs)
 - 2.8.2. Pruebas de laboratorio del microcontrolador y módulo de comunicaciones de manera individual. (20 hs)
- 2.9. Circuito impreso. (Total: 59 hs)
 - 2.9.1. Ruteo del circuito impreso. (40 hs)
 - 2.9.2. Inspección. (6 hs)
 - 2.9.3. Montaje y soldado de componentes. (8 hs)
 - 2.9.4. Prueba y depuración. (5 hs)
- 3. Grupo de tareas asociadas al software (Total: 206 hs)
 - 3.1. Tareas asociadas al firmware del microcontrolador (Total: 110 hs)
 - 3.1.1. Definición de la "lógica de negocio" que regirá la operación del hardware a instalar *in-situ*. (10 hs)
 - 3.1.2. Prototipado del firmware. (60 hs)
 - 3.1.3. Depuración de errores. (20 hs)
 - 3.1.4. Pruebas unitarias. (20 hs)
 - 3.2. Tareas asociadas a los BES (Total: 96 hs)
 - 3.2.1. Diseño de la arquitectura y lógica de operación de cada servicio. (14 hs)
 - 3.2.2. Instalación de los servicios. (30 hs)
 - 3.2.3. Creación de tablas en base de datos para el almacenamiento de valores históricos. (4 hs)
 - 3.2.4. Desarrollo del software encargado de recuperar los datos de la red LoRaWAN y almacenar en la base de datos. (20 hs)
 - 3.2.5. Desarrollo de la interfaz gráfica en Grafana. (8 hs)
 - 3.2.6. Pruebas de integración. (15 hs)
 - 3.2.7. Depuración de errores. (5 hs)
- 4. Grupo de tareas asociadas a pruebas *end-to-end*. (Total: 65 hs)
 - 4.1. Definición de los casos de ensayo. (20 hs)
 - 4.2. Desarrollo del software. (20 hs)
 - 4.3. Ejecución de las pruebas. (15 hs)
 - 4.4. Depuración de errores. (10 hs)
- 5. Grupo de tareas asociadas al cierre del proyecto (Total: 70 hs)
 - 5.1. Elaboración de la memoria técnica. (50 hs)
 - 5.2. Elaboración de la presentación final. (20 hs)

Cantidad total de horas: (676 hs)

7. Diagrama de Activity On Node

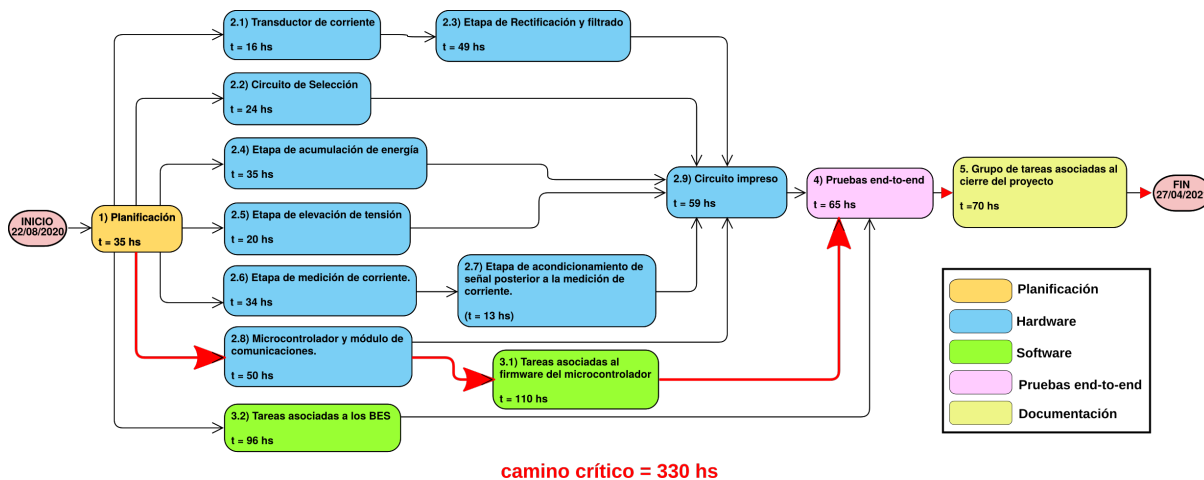


Figura 3: Diagrama en *Activity on Node*

8. Diagrama de Gantt

Nombre	Duración
INICIO	1día
1) Grupo de tareas asociadas a planificación	35horas
1.1) Diseño de la arquitectura global del proyecto	15horas
1.2) Documentación del plan de proyecto	20horas
2) Grupo de tareas asociadas al hardware (Total: 300 hs)	16días
2.1) Transductor de corriente. (Total: 16 hs)	19horas
2.1.1) Análisis de transductores aptos para el hardware a desarrollar	5horas
2.1.2) Selección de componentes	3horas
2.1.3) Ensayo y evaluación del transductor de manera individual	4horas
2.1.4) Documentación de resultados del ensayo del transductor	4horas
2.2) Etapa de circuito de selección. (Total: 24 hs)	25horas
2.2.1) Análisis de alternativas disponibles en el mercado.	10horas
2.2.2) Selección de relays aptos en base a los requerimientos: tensión de bobina de 5 Volts y 5 Amperes de corriente	6horas
2.2.3) Ensayo del circuito de selección de manera individual	4horas
2.2.4) Documentación de ensayo	4horas
2.3) Etapa de rectificación y filtrado. (Total: 49 hs)	49horas
2.3.1) Análisis comparativo de alternativas para técnicas de rectificación	30horas
2.3.2) Selección de componentes encargados de la etapa de rectificación	10horas
2.3.3) Ensayo de la etapa de rectificación de manera individual	5horas
2.3.4) Documentación de ensayos.	4horas
2.4) Etapa de acumulación de energía. (Total: 35 hs)	35horas
2.4.1) Análisis comparativo y selección de alternativas viables acorde al requerimiento de autonomía de operación.	10horas
2.4.2) Ensayo de carga y descarga del acumulador de manera individual	10horas
2.4.3) Evaluación de resultados y estimación de la autonomía de operación en función de diferentes perfiles de cons.	10horas
2.4.4) Documentación ensayos	5horas

2.5) Etapa de elevación de tensión. (Total: 20 hs)	20horas
2.5.1) Análisis de alternativas técnicas para elevación de tensión aptas para el hardware a desarrollar	15horas
2.5.2) Ensayo y evaluación de la etapa de elevación de tensión de manera individual	5horas
2.6) Etapa de medición de corriente (Total: 34 hs)	34horas
2.6.1) Análisis comparativo y selección de un circuito integrado dedicado a realizar la medición del valor eficaz de corriente	20horas
2.6.2) Ensayo y evaluación de la etapa de medición de valor eficaz de manera individual	10horas
2.6.3) Documentación de ensayos	4horas
2.7. Etapa de acondicionamiento de señal posterior a la medición de corriente. (Total: 13hs)	13horas
2.7.1) Análisis de alternativas técnicas para filtrado y amplificación	4horas
2.7.2) Selección de componentes	2horas
2.7.3) Ensayo y evaluación de la etapa de filtrado y amplificación de manera individual	4horas
2.7.4) Documentación de ensayos	3horas
2.8) Microcontrolador y módulo de comunicaciones. (Total: 50 hs)	50horas
2.8.1) Análisis y selección de microcontroladores y módulos de comunicaciones aptos para la aplicación	30horas
2.8.2) Pruebas de laboratorio del microcontrolador y módulo de comunicaciones de manera individual	20horas
2.9) Circuito impreso. (Total: 59 hs)	59horas
2.9.1) Ruteo del circuito impreso.	40horas
2.9.2) Inspección	6horas
2.9.3) Montaje y soldado de componentes	8horas
2.9.4) Prueba y depuración	5horas
3) Grupo de tareas asociadas al software	160horas
3.1) Tareas asociadas al firmware del microcontrolador (Total: 110 hs)	110horas
3.1.1) Definición de la "lógica de negocio" que regirá la operación del hardware a instalar in-situ	10horas
3.1.2) Prototipado del firmware	60horas
3.1.3) Depuración de errores	20horas
3.1.4) Pruebas unitarias	20horas
3.2. Tareas asociadas a los BES (Total: 96 hs)	96horas
3.2.1) Diseño de la arquitectura y lógica de operación de cada servicio	14horas
3.2.2) Instalación de los servicios	30horas
3.2.3) Creación de tablas en base de datos para el almacenamiento de valores históricos	4horas
3.2.4) Desarrollo del software encargado de recuperar los datos de la red LoRaWAN y almacenar en la base de datos	20horas
3.2.5) Desarrollo de la interfaz gráfica en Grafana	8horas
3.2.6) Pruebas de integración	15horas
3.2.7) Depuración de errores	5horas
4) Grupo de tareas asociadas a pruebas end-to-end. (Total: 65 hs)	65horas
4.1) Definición de los casos de ensayo	20horas
4.2) Desarrollo del software	20horas
4.3) Ejecución de las pruebas	15horas
4.4) Depuración de errores	10horas
5) Grupo de tareas asociadas al cierre del proyecto (Total: 70 hs)	70horas
5.1) Elaboración de la memoria técnica.	50horas
5.2) Elaboración de presentación final	20horas
FIN	1día

Figura 4: Tabla para confección del diagrama de *gantt*

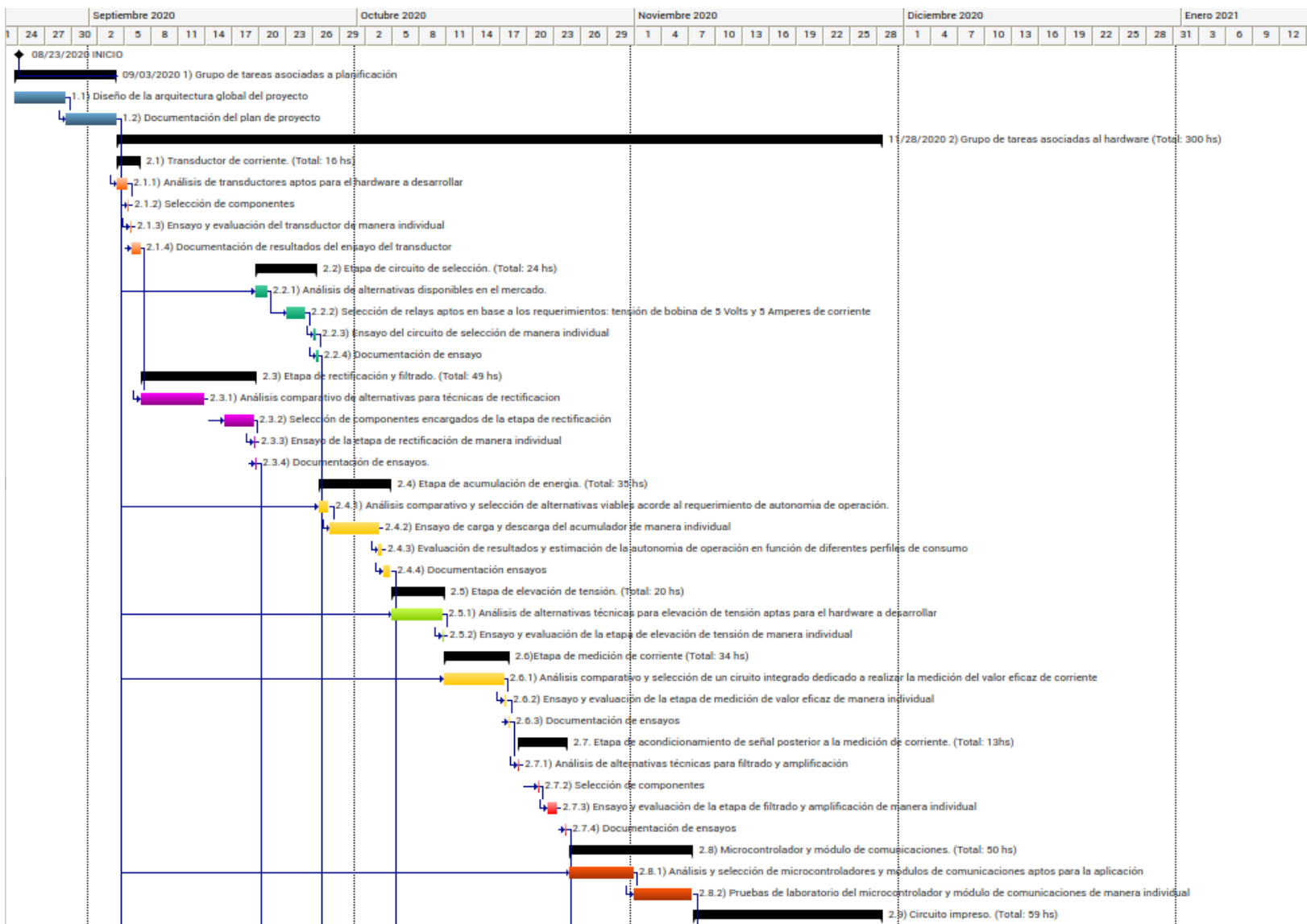


Figura 5: Diagrama de *gantt*

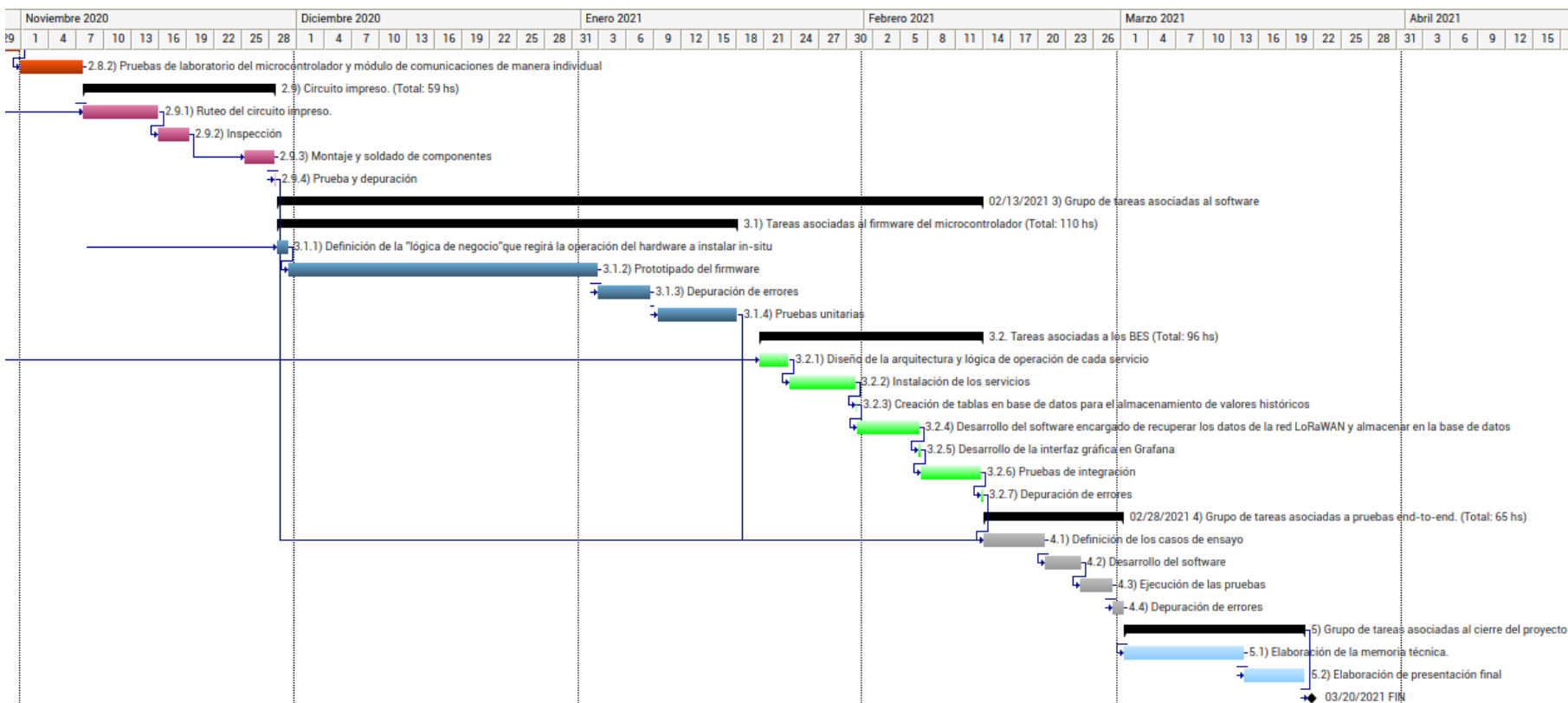


Figura 6: Diagrama de *gantt*, continuación

9. Matriz de uso de recursos de materiales

Código WBS	Nombre tarea	Recursos requeridos (horas)			
		PC	Laboratorio	Placa PCB	Raspberry Pi
1	Grupo de tareas asociadas a planificación				
1.1	Diseño de la arquitectura global	15			
1.2	Documentación del plan de proyecto	20			
2.1	Transductor de corriente.				
2.1.1	Análisis de transductores aptos para el hardware a desarrollar	5			
2.1.2	Selección de componentes	3			
2.1.3	Ensayo y evaluación del transductor de manera individual	4	4		
2.1.4	Documentación de resultados del ensayo del transductor	4			
2.2	Etapas de circuito de selección				
2.2.1	Análisis de alternativas disponibles en el mercado	10			
2.2.2	Selección de relays aptos en base a los requerimientos	6			
2.2.3	Ensayo del circuito de selección de manera individual	4	4		
2.2.4	Documentación de ensayo	4			
2.3	Etapas de rectificación y filtrado				
2.3.1	Análisis comparativo de alternativas para técnicas de rectificación	30			
2.3.2	Selección de componentes encargados de la etapa de rectificación	10			
2.3.3	Ensayo de la etapa de rectificación de manera individual	5	5		
2.3.4	Documentación de ensayos	4			
2.4	Etapas de acumulación de energía				
2.4.1	Análisis y selección de alternativas viables acorde al requerimiento de autonomía de operación	10			
2.4.2	Ensayo de carga y descarga del acumulador de manera individual	10	10		
2.4.3	Evaluación de resultados y estimación de la autonomía de operación	10			
2.4.4	Documentación ensayos	5			
2.5	Etapas de elevación de tensión				
2.5.1	Análisis de alternativas técnicas para elevación de tensión	15			
2.5.2	Ensayo y evaluación de la etapa de elevación de tensión	5	5		
2.6	Etapas de medición de corriente				
2.6.1	Análisis y selección de un chip dedicado a realizar la medición RMS de corriente	20			
2.6.2	Ensayo de la etapa de medición de valor RMS	10	10		
2.6.3	Documentación de ensayos	4			
2.7	Etapas de acondicionamiento de señal posterior a la medición de corriente				
2.7.1	Análisis de alternativas técnicas para filtrado y amplificación	4			
2.7.2	Selección de componentes	2			
2.7.3	Ensayo de la etapa de filtrado y amplificación	4	4		
2.7.4	Documentación de ensayos	3			
2.8	Microcontrolador y módulo de comunicaciones				
2.8.1	Análisis y selección de microcontroladores y módulos de comunicaciones	30			
2.8.2	Pruebas de laboratorio del microcontrolador y módulo de comunicaciones	20	20		
2.9	Circuito impreso				
2.9.1	Ruteo del circuito impreso	40			
2.9.2	Inspección	6			
2.9.3	Montaje y soldado de componentes	8	8	8	
2.9.4	Prueba y depuración	5	5	5	
3.1	Tareas asociadas al firmware del microcontrolador				
3.1.1	Definición de la "lógica de negocio" que regirá la operación del hardware	10			
3.1.2	Prototipado del firmware	60			
3.1.3	Depuración de errores	20			
3.1.4	Pruebas unitarias	20			
3.2	Tareas asociadas los BES				
3.2.1	Diseño de la arquitectura y lógica de operación de cada servicio	14			
3.2.2	Instalación de los servicios	30			30
3.2.3	Creación de tablas en base de datos para el almacenamiento de valores históricos	4			4
3.2.4	Desarrollo del software encargado de recuperar los datos de la red LoRaWAN	20			20
3.2.5	Desarrollo de la interfaz gráfica en Grafana	8			8
3.2.6	Pruebas de integración	15			15
3.2.7	Depuración de errores	5			5
4	Grupo de tareas asociadas a pruebas end-to-end				
4.1	Definición de los casos de ensayo	20			
4.2	Desarrollo del software	20			20
4.3	Ejecución de las pruebas	15	15	15	15
4.4	Depuración de errores	10	10	10	10
5	Grupo de tareas asociadas al cierre del proyecto				
5.1	Elaboración de la memoria técnica	50			
5.2	Elaboración de la presentación final	20			
	Totales	676 hs	100 hs	38 hs	127 hs

Referencias:

- PC = Computadora personal con todo el software necesario para el desarrollo de proyecto.
- Laboratorio = Espacio físico donde se realizaran diferentes ensayos.
- Placa PCB = Circuito impreso del prototipo a desarrollar.
- Raspberry Pi = Computadora de bajo costo donde correran los BES.

10. Presupuesto detallado del proyecto

Los precios expresados en la siguiente tabla se encuentran en Euros €.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Transformador de intensidad tipo núcleo partido y clase 0,5	1	92,00	92,00
Circuito impreso	1	40,00	40,00
Componentes electrónicos varios *	1	100,00	100,00
Módulo de desarrollo basado en ESP32 y transceptor LoRa *	1	40,00	40,00
Raspberry Pi 3 B+	1	45,00	45,00
Acumulador	1	10,00	10,00
Viáticos de movilidad	1	600,00	600,00
Honorarios profesionales	676,00	10,00	6760,00
SUBTOTAL			7687,00
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Multímetro digital True RMS	1	100,00	100,00
Generador de señales	1	80,00	80,00
Servicios de energía eléctrica e internet	1	70,00	70,00
SUBTOTAL			250,00
TOTAL			7937,00

€7937 = 887.356 Pesos Argentinos*

(*) Valores aproximados al día 7 de Agosto del 2020, según cotización del Banco Nación de 86 Pesos Argentinos para la compra de 1 Euro.

11. Matriz de asignación de responsabilidades

Código WBS	Nombre de la tarea	Listar todos los nombres y roles del proyecto			
		Responsable Ing. Milton Sosa	Orientador Ing. Marcelo Romeo	Colaborador Ing. Germán Xánder	Cliente Ing. Marcelo Romeo
1.1	Diseño de la arquitectura global	P	A	C	A
1.2	Documentación del plan de proyecto	P	A/C	C	A
2.1.1	Análisis de transductores aptos para el hardware a desarrollar	P	C/A	C	
2.1.2	Selección de componentes	P	C	C	I
2.1.3	Ensayo y evaluación del transductor de manera individual	P	C/A	C	
2.1.4	Documentación de resultados del ensayo del transductor	P	A		
2.2.1	Análisis de alternativas disponibles en el mercado	P			
2.2.2	Selección de relays aptos en base a los requerimientos	P	C/A	C	
2.2.3	Ensayo del circuito de selección de manera individual	P			
2.2.4	Documentación de ensayo	P	A		
2.3.1	Análisis comparativo de alternativas para técnicas de rectificación	P	C	C	
2.3.2	Selección de componentes encargados de la etapa de rectificación	P	C/A	C	
2.3.3	Ensayo de la etapa de rectificación de manera individual	P			
2.3.4	Documentación de ensayos	P	A		
2.4.1	Análisis y selección de alternativas viables acorde al requerimiento de autonomía de operación	P	C		
2.4.2	Ensayo de carga y descarga del acumulador de manera individual	P			
2.4.3	Evaluación de resultados y estimación de la autonomía de operación	P	C		
2.4.4	Documentación ensayos	P	A		
2.5.1	Análisis de alternativas técnicas para elevación de tensión	P			
2.5.2	Ensayo y evaluación de la etapa de elevación de tensión	P	C		
2.6.1	Análisis y selección de un chip dedicado a realizar la medición RMS de corriente	P	C	C	
2.6.2	Ensayo de la etapa de medición de valor RMS	P			
2.6.3	Documentación de ensayos	P	A		
2.7.1	Análisis de alternativas técnicas para filtrado y amplificación	P	C	C	
2.7.2	Selección de componentes	P	C/A	C	
2.7.3	Ensayo de la etapa de filtrado y amplificación	P			
2.7.4	Documentación de ensayos	P	A		
2.8.1	Análisis y selección de microcontroladores y módulos de comunicaciones	P			
2.8.2	Pruebas del microcontrolador y módulo de comunicaciones	P			
2.9.1	Ruteo del circuito impreso	P	A		
2.9.2	Inspección	P	C	C	
2.9.3	Montaje y soldado de componentes	P			
2.9.4	Prueba y depuración	P			
3.1.1	Definición de la "lógica de negocio" que regirá la operación del hardware	P	C		A
3.1.2	Prototipado del firmware	P	C		
3.1.3	Depuración de errores	P			
3.1.4	Pruebas unitarias	P			

Código WBS	Nombre de la tarea	Listar todos los nombres y roles del proyecto			
		Responsable Ing. Milton Sosa	Orientador Ing. Marcelo Romeo	Colaborador Ing. Germán Xánder	Cliente Ing. Marcelo Romeo
3.2.1	Diseño de la arquitectura y lógica de operación de cada servicio	P	C	C	A
3.2.2	Instalación de los servicios	P		C	
3.2.3	Creación de tablas para el almacenamiento de valores históricos	P		C	
3.2.4	Desarrollo del software encargado de recuperar los datos de la red LoRaWAN	P		C	
3.2.5	Desarrollo de la interfaz gráfica en Grafana	P	C/A		A
3.2.6	Pruebas de integración	P			
3.2.7	Depuración de errores	P			
4.1	Definición de los casos de ensayo	P	C/A		A
4.2	Desarrollo del software	P	C	C	
4.3	Ejecución de las pruebas	P			
4.4	Depuración de errores	P	C		
5.1	Elaboración de la memoria técnica	P	A	C	
5.2	Elaboración de la presentación final	P	A	I	I

Referencias:

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

12. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: falta de tiempo para terminar con todas las tareas estipuladas en el desglose de trabajo en tareas.

- Severidad (8): se demoraría la entrega de toda la documentación y la presentación final.
- Probabilidad de ocurrencia (3): un desglose detallado de tareas permite programar una reasignación de prioridades mientras se mitigan los impactos.

Riesgo 2: no poder conseguir los materiales.

- Severidad (5): De no conseguir circuitos integrados específicos, se deberá realizar una alternativa de tipo casera con componentes discretos que cumpla con las mismas especificaciones.
- Probabilidad de ocurrencia (2): los componentes asociados a la etapa de hardware no son difíciles de conseguir, sin embargo, un proceso lento de exportación de los mismos es dable.

Riesgo 3: Falla en el circuito impreso

- Severidad (5): demoraría el comienzo de las pruebas *end-to-end*.
- Probabilidad de ocurrencia (3): se deberá ensayar previamente todo en un protoboard. Si funcionase sin problemas en el protoboard, la posibilidad de fallo se reduce.

Riesgo 4: Los servicios de backend privados específicos del proyecto se encuentran caídos al momento de realizar ensayos *end-to-end*.

- Severidad (4): de no estar operativos los BES, no se podrá probar la GUI en Grafana. Sin embargo, se podrá verificar que los datos lleguen a la red LoRaWAN.
- Probabilidad de ocurrencia (2): los servicios de BES son únicamente 3 y poseen mecanismos de monitoreo de estado antes de comenzar con los ensayos.

Riesgo 5: Restricciones de movilidad debido al COVID-19.

- Severidad (6): no poder trasladarse hacia el laboratorio representaría un gran impacto al momento de ensayar las etapas de manera individual. También impactaría sobre la presentación final que deberá hacerse de manera remota y no presencial.
- Probabilidad de ocurrencia (7): Los índices de casos positivos son muy dispares entre las diferentes regiones de Argentina, por lo que podrían resurgir otros brotes.

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

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
Falta de tiempo para terminar con todas las tareas estipuladas en el desglose de trabajo en tareas	8	3	24			
No poder conseguir los materiales	5	2	10			
Falla en el circuito	5	3	15			
Los servicios de backend privados específicos del proyecto se encuentran caídos al momento de realizar ensayos <i>end-to-end</i>	4	2	8			
Restricciones de movilidad debido al COVID-19	6	7	42	3	7	21

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 25.

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 5: se deberá planear el armado de un laboratorio que sea portátil y posea todas las herramientas necesarias para desarrollar las pruebas. También se deberá modificar la forma y contenido de la presentación del trabajo final ante el cliente y jurado por otra que integre herramientas para video conferencia.

- Severidad (3): al disponer del laboratorio portátil deja de ser necesario trasladarse.
- Ocurrencia (7): se estima que para finales del mes de Septiembre del año 2020 los índices de casos positivos habrán disminuido y las fronteras vuelto a abrir. Sin embargo, es probable que con aún existan restricciones de movilidad.

13. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

1. Grupo de requerimientos asociados con hardware

1.1. El dispositivo deberá ser de tipo *plug and play*.

- Verificación: una vez finalizado el hardware, la única acción necesaria será instalar el transformador de corriente sobre el conductor.
- Validación: el cliente en persona hará una prueba de comisionamiento y puesta en funcionamiento.

1.2. El circuito impreso no deberá ocupar un volumen mayor a 10x10x5 cm.

- Verificación: se verificará el diseño de la placa antes de mandar al fabricante.
- Validación: el cliente tendrá siempre acceso al esquemático, los diseños y hojas de datos de los componentes.

1.3. Basarse en un microcontrolador ESP32 y disponer de:

1.3.1. 4 entradas analógicas.

- Verificación: entre las variantes disponibles se seleccionará aquella que cumpla con este requisito.
- Validación: se harán pruebas de laboratorio utilizando un potenciómetro.

1.3.2. 3 salidas digitales.

- Verificación: entre las variantes disponibles se seleccionará aquella que cumpla con este requisito.
- Validación: se harán pruebas de laboratorio usando leds y pulsadores.

1.3.3. Unidad UART.

- Verificación: entre las variantes disponibles se seleccionará aquella que cumpla con este requisito.
- Validación: se harán pruebas de laboratorio usando un adaptador UART-USB.

1.3.4. Integrar un módulo de comunicaciones LoRa.

- Verificación: en caso de no encontrarse un módulo del microcontrolador que ya lo integre, se usará un módulo a parte.
- Validación: se harán pruebas de laboratorio contra la red LoRaWAN.

1.4. Deberá tener al menos 12 horas de autonomía de funcionamiento.

- Verificación: se realizará una prueba de laboratorio para exponer su máxima autonomía.
 - Validación: se planificará un ensayo junto con el cliente de manera presencial.
- 1.5. Bajo consumo en modo ocioso: el consumo del hardware en total, no deberá superar los 5 mA cuando no está midiendo ni transmitiendo.
- Verificación: se verificarán que todas las etapas del hardware estén en modo ahorro de energía o desactivadas.
 - Validación: se realizará una medición de corriente a la salida del acumulador.
- 1.6. El circuito elevador de tensión DC-DC deberá:
- 1.6.1. Funcionar con tensiones menores a 2 V en la entrada.
- Verificación: se buscarán módulos cuyas hojas de datos cumplan con este requisito.
 - Validación: mediante una fuente regulable se verificará que el circuito elevador comience a funcionar con menos de 2.
- 1.6.2. Otorgar 5 Volts a la salida.
- Verificación: se buscará en su hoja de datos la tensión de salida nominal.
 - Validación: se energizará al circuito elevador mediante una fuente regulable y se conectará a la salida un multímetro para medir este valor.
- 1.6.3. Ser capaz de otorgar 300 miliamperes a la salida.
- Verificación: se buscará en su hoja de datos su corriente máxima de salida.
 - Validación: se energizará al circuito elevador mediante una fuente regulable y se conectará a la salida una carga resistiva de 16 Ohms y medirá su corriente.
- 1.7. El transformador de corriente debe:
- 1.7.1. Ser de tipo núcleo partido.
- Verificación: al momento de seleccionarlo se analizarán las variantes con o sin bisagras.
 - Validación: el cliente recibirá la hoja de datos del transformador de corriente seleccionado.
- 1.7.2. Admitir 100 Amperes de corriente en el circuito primario y un máximo 5 Amperes en el circuito secundario.
- Verificación: al momento de seleccionarlo se analizará la hoja de datos de las posibles variantes que cumplan con los requisitos.
 - Validación: el cliente recibirá la hoja de datos del transformador de corriente seleccionado.

1.8. El relay encargado de cambiar el modo de operación debe:

1.8.1. Ser de tipo doble inversor sin retención.

- Verificación: se utilizarán las hojas de datos de los fabricantes.
- Validación: se realizará un ensayo de laboratorio con dos leds y un pulsador.

1.8.2. Su bobina debe poder energizarse con 5 V o menos.

- Verificación: se consultarán las hojas de datos del fabricante.
- Validación: se realizará un ensayo de laboratorio con una fuente regulable incrementando su valor de manera progresiva.

1.8.3. Soportar al menos 5 Amperes de corriente por los contactos.

- Verificación: se consultarán las hojas de datos del fabricante.
- Validación: se realizará un ensayo de laboratorio con una carga fantasma.

1.9. Debe funcionar de manera independiente a la frecuencia de operación de la red 50/60 Hz.

- Verificación: al seleccionar el transductor y el chip medidor de corriente se verificará que ambos cumplan con este requerimiento.
- Validación: el cliente proveerá un variador de frecuencia al momento de hacer ensayos sobre 60 Hz.

1.10. Debe funcionar de manera independiente a la tensión de fase del sistema de distribución 110/220 Voltios.

- Verificación: al seleccionar el transductor y el chip medidor de corriente se verificará que ambos cumplan con este requerimiento.
- Validación: se harán pruebas conectando cargas a una tensión de 110 Volts provista por un transformador de potencia.

2. Grupo de requerimientos asociados con el firmware

2.1. Debe manejar un módulo de comunicación LoRa y protocolo LoRaWAN.

- Verificación: se buscarán bibliotecas aptas para el manejo del protocolo.
- Validación: se hará una prueba de laboratorio enviando datos a la red LoRaWAN.

2.2. Deberá tener un porcentaje de cobertura de tests unitarios del 60 por ciento como mínimo.

- Verificación: se contrastarán el numero de líneas de código se desarrollado *versus* el número de líneas cubiertas por pruebas unitarias.
- Validación: el cliente podrá acceder a un reporte de cobertura como así también al código.

2.3. Antes configurarse en modo ocioso, debe desenergizar la etapa de medición de corriente y el módulo de comunicaciones con el objeto de ahorrar energía.

- Verificación: se consultará en hojas de datos de cada etapa los consumos en cada modo.
- Validación: se medirá el consumo total del circuito al entrar en ahorro de energía.

3. Grupo de requerimientos asociados con los BES

3.1. Todos los servicios deben poder correr en una Raspberry Pi 3.

- Verificación: antes de comenzar con la instalación se verificará que los servicios pueden correr sobre la arquitectura del dispositivo.
- Validación: junto al cliente se realizarán pruebas de comunicación entre los BES.

3.2. El software de los BES se desarrollará en lenguaje Python.

- Verificación: se solicitará asesoría al tutor y colaboradores para el desarrollo necesario.
- Validación: sin acción asociada.

3.3. Recuperar los datos de la red LoRaWAN.

- Verificación: Se hará uso de los logs de la API de recuperación de datos.
- Validación: el cliente enviará datos desde un hardware de prueba a la red LoRaWAN y con el objeto de validar el mecanismo de recuperación se observarán los logs en los BES.

3.4. Almacenar los datos en una tabla de MySQL.

- Verificación: se implementarán tablas para el almacenamiento de los datos históricos y vistas para obtener los últimos datos.
- Validación: el cliente enviará datos desde un hardware de prueba a la red LoRaWAN y verificará que los mismos se almacenen en la base de datos accediendo a las tablas.

3.5. GUI basada en Grafana.

- Verificación: se verificará una vez elaborado el dashboard, que se muestren los últimos datos recolectados de cada nodo en la base de datos.
- Validación: el cliente enviará datos desde un hardware de prueba la red LoRaWAN y simultáneamente tendrá acceso a la GUI.

4. Grupo de requerimientos asociados con ensayos de integración y end-to-end.

4.1. El banco de ensayos de hardware debe contar con una carga fantasma de al menos 10 Amperes y permitir realizar interrupciones de corriente de manera programada mediante una computadora adicional tipo Raspberry Pi o de manera manual.

- Verificación: el banco de prueba constará de una estufa halógena de al menos 2200 Watts y será accionada mediante un relay o contactor.
- Validación: el cliente podrá probar el banco de ensayos y validar las mediciones con una pinza amperométrica él mismo.

4.2. Los BES deben estar operativos al momento de realizar los ensayos.

- Verificación: se harán monitoreo de estado y alertas de manera automática.
- Validación: el cliente podrá acceder a todos los servicios de backend de manera remota en todo momento.

4.3. Contar con un gateway de acceso a una red LoRaWAN como por ejemplo *The Things Network*.

- Verificación: se contará con un gateway multicanal TTIG-915.
- Validación: el cliente tendrá a disposición dicho equipo en todo momento.

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
Alcances	Director	Definir los límites del proyecto	Al iniciar el proyecto	Video-conferencia	Milton Sosa
Avances	Director	Comunicar avances	Cada dos semanas	Video-conferencia	Milton Sosa
Consultas técnicas	Director y colaboradores	Aclarar dudas técnicas	Bajo demanda	Video-conferencia o mail	Milton Sosa
Cierre del proyecto	Cliente y jurado	Evaluar y finalizar el proyecto	Una vez al finalizar el proyecto	Presentación online o presencial	Milton Sosa

15. Gestión de Compras

Al realizar compras de insumos de cualquier tipo, se priorizarán a proveedores que aseguren un tiempo de entrega menor a 10 días.

- Proveedor: Digi-Key, Reichelt GmbH o Amazon.
- Criterio de elección: variedad y disponibilidad de componentes, ventas a nivel minorista, rápida entrega a Alemania y gestiones de aduana ya incluidas.

16. Seguimiento y control

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.
1	Entregas semanales	Semanal	Milton Sosa	Director y docente del CESE	Mail
2.1	Qué transductor se ha elegido y ensayado	Quincenal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia, mail
2.2	Cuántos relays aptos se encontraron y ensayaron.	Quincenal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia, mail
2.3	Qué técnica de rectificación se ha adoptado y que componentes se utilizará	Quincenal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia, mail
2.4	Qué alternativa se adoptó y cuál es la autonomía estimada	Quincenal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia, mail
2.5	Qué alternativa se ha adoptado	Quincenal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia, mail
2.6	Qué chip se ha adoptado	Quincenal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia, mail
2.7	Qué circuito se adoptará y que componentes se utilizarán	Quincenal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia, mail
2.8	Que placa de desarrollo y módulo de comunicaciones se utilizará	Quincenal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia, mail

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.
2.9	Porcentaje de componentes soldados	Quincenal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia, mail
3.1	Cuántas funcionalidades se han implementado	Quincenal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia, mail
3.2	Grado de integración con la red LoRa-WAN	Quincenal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia, mail
4	Cuántas pruebas se han realizado.	Quincenal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia, mail
5.1	Cuántos puntos se han desarrollado	Semanal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia, mail
5.2	Cantidad de diapositivas realizadas	Semanal	Milton Sosa	Director	Video-conferencia

17. Procesos de cierre

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original:
 - Persona a cargo: Milton Eduardo Sosa
 - Procedimiento:
 - Se evaluará si se han cumplido los plazos de entrega y ejecución por cada tarea planteados.
 - Se evaluará el nivel de cumplimiento de los requerimientos y objetivos planteados.
 - Se evaluará que riesgos hubo y la efectividad del plan de mitigación.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se utilizaron, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron:
 - Persona a cargo: Milton Eduardo Sosa
 - Procedimiento:
 - Se evaluará si las técnicas de diseño de hardware y software adoptados fueron las adecuadas.
 - Se evaluará el impacto de las herramientas utilizadas durante toda la ejecución del proyecto.
 - Se evaluarán los problemas encontrados y las soluciones adoptadas.
 - Se registrará en la memoria técnica.

- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores:
 - Persona a cargo: Milton Eduardo Sosa
 - Procedimiento:
 - Finalizado el proyecto, mediante la defensa pública y memoria técnica, se realizará un agradecimiento formal al director, colaboradores, jurados, docentes y autoridades de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos.