



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

Desarrollo de sensor de corriente

Autor:

Ing. Santiago Esteva

Director:

Esp. Ing. Bucafusco Franco (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 23 de Octubre de 2020 y el 18 de Diciembre 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 de testing. | 7 |
| Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>) | 8 |
| 5. Entregables principales del proyecto | 8 |
| 6. Desglose del trabajo en tareas | 8 |
| 7. Diagrama de Activity On Node | 9 |
| 8. Diagrama de Gantt. | 10 |
| 9. Matriz de uso de recursos de materiales | 11 |
| 10. Presupuesto detallado del proyecto | 11 |
| 11. Matriz de asignación de responsabilidades | 12 |
| 12. Gestión de riesgos. | 12 |
| 13. Gestión de la calidad | 13 |
| 14. Comunicación del proyecto | 14 |
| 15. Gestión de compras. | 14 |
| 16. Seguimiento y control. | 14 |
| 17. Procesos de cierre. | 15 |

Registros de cambios

| Revisión | Detalles de los cambios realizados | Fecha |
|----------|--------------------------------------|------------|
| 1.0 | Creación del documento | 23/10/2020 |
| 1.1 | Desarrollo hasta sección 6 inclusive | 05/11/2020 |
| 1.2 | Correcciones e historias de usuario | 15/11/2020 |
| | | |

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 23 de Octubre de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Ing. Santiago Esteva que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Desarrollo de sensor de corriente”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un desarrollo de un sensor de corriente de tres fases capaz de medir, procesar e informar diversos parámetros necesarios para el mantenimiento predictivo en la industria, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y \$XXX, con fecha de inicio 23 de Octubre de 2020 y fecha de presentación pública 19 de Noviembre de 2021.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Cristian Muzzio
Hitec S.R.L.

Esp. Ing. Bucafusco Franco
Director del Trabajo Final

Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

En la industria química existen procesos continuos de fabricación que deben ser controlados de forma permanente para asegurar una calidad constante entre lotes de un mismo producto. Sumado a los controles en tiempo de ejecución, existen técnicas de mantenimiento predictivo que permiten prever posibles fallas en los actuadores del proceso que implican paros de emergencia o tiempos muertos, que concluyen en pérdidas parciales o totales del lote. Dado que en la mayoría de estos procesos se utilizan motores eléctricos como actuadores, se abre una gran posibilidad de desarrollar diversos tipos de sensores para aplicar mantenimiento predictivo. En la bibliografía se pueden encontrar diversos métodos relacionados a evaluar el desgaste de un motor mediante el análisis de su corriente de consumo. Es por ello que la empresa Hitec S.R.L. necesita un sensor de corriente capaz de medir, procesar y comparar datos estadísticos en dominio del tiempo y frecuencia.

Actualmente la empresa presta un servicio de mantenimiento predictivo mediante la plataforma comercial *teBox* de la firma Terative, con análisis y reportes de datos en la nube y se encuentra en la búsqueda de un sensor de corriente que se adecúe a su plataforma. El presente proyecto busca cubrir esta necesidad y propone desarrollar un sensor de corriente trifásico capaz de medir, procesar, almacenar y comunicar parámetros específicos a través de la plataforma *teBox*.

En la figura 1 se presenta un diagrama en bloques del sensor que se propone desarrollar con el nombre comercial de *teSensor-TC* (*Trifasic Current Sensor*). Se observa la unidad central de procesamiento con sus periféricos, los circuitos necesarios para la adaptación de señales, alimentación y comunicación y los cuatro sensores externos.

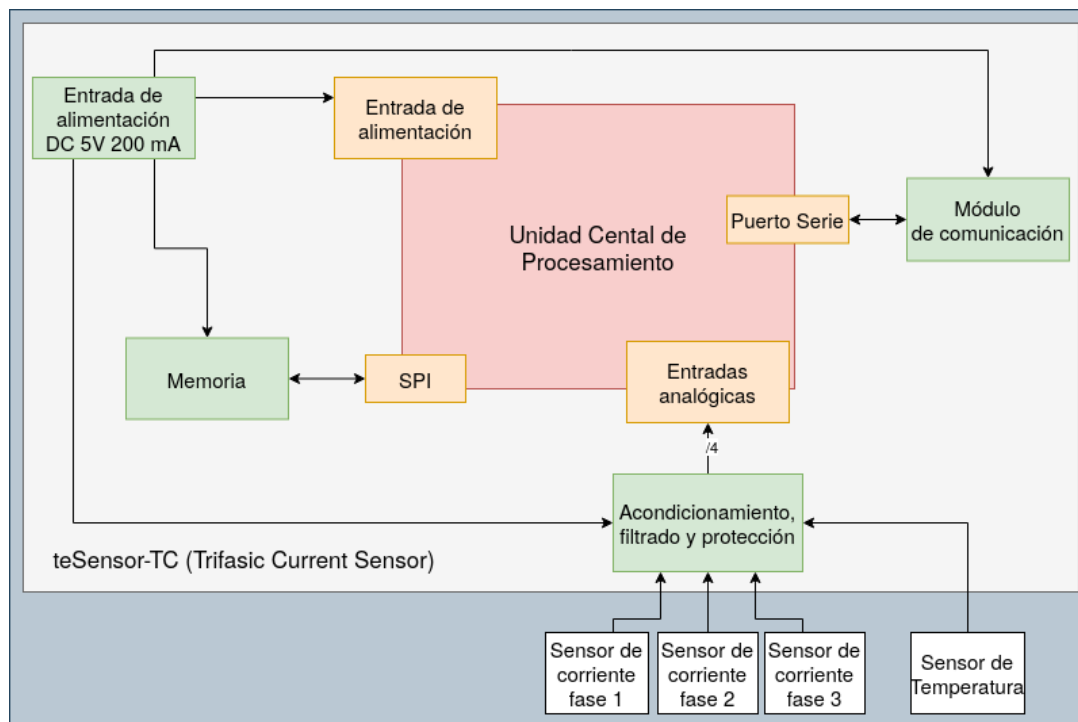


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

El sensor debe medir los siguiente parámetros:

- Desplazamiento entre las tres fases
- Valor estadístico (por fase) de corriente RMS AC
- Valor estadístico (por fase) de corriente DC
- Valor estadístico (por fase) de factor de cresta
- Valor pico de la corriente

Adicionalmente deberá procesar cada señal en frecuencia con la capacidad de extraer la frecuencia de máxima energía y energía de bandas predefinidas, contener una memoria externa para almacenar datos relacionados a valores de calibración de fábrica, valores de última calibración, máximos históricos de algunas variables de interés, fecha de cada dato almacenado, etc.

Identificación y análisis de los interesados

| Rol | Nombre y Apellido | Organización | Puesto |
|-----------------------|--|--------------|------------------------|
| Auspiciante y Cliente | Cristian Muzzio | Hitec S.R.L. | |
| Responsable | Ing. Santiago Esteva | FIUBA | Alumno |
| Colaboradores | Martin Mello Teggia | FIUBA | Alumno |
| Orientador | Esp. Ing. Bucafusco Franco | FIUBA | Director Trabajo final |
| Usuario final | Personal técnico del sector de instalaciones | Hitec S.R.L. | Técnico |

- Colaborador: Martín Mello Teggia, empleado de la empresa Hitec S.R.L. y estudiante de la especialización con gran experiencia en diseño de hardware y software.

1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un sensor de corriente de tres fases capaz de medir, procesar e informar diversos parámetros necesarios para el mantenimiento predictivo en la industria química.

2. Alcance del proyecto

El proyecto incluye los siguientes puntos:

- El diseño e implementación del hardware.
- El desarrollo del firmware capaz de recolectar los datos, procesarlos y enviarlos mediante el protocolo de comunicación específico de *teBox* en modelo maestro-esclavo.

- Sensado de temperatura ambiental para conocer el modo de operación.
- Desarrollo de una memoria técnica del proyecto.

El proyecto no incluye los siguientes puntos:

- El diseño y construcción de packaging asociado para la distribución del producto.
- El análisis de los datos recolectados y procesados.

3. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Todos los materiales necesarios para la implementación serán suministrados por Hitec S.R.L..
- La importación de componentes no estará restringida y tomará un tiempo menor a 3 meses.
- Se contará con asistencia por parte de Hitec S.R.L. para el montaje de los componentes en el PCB.
- Hitec S.R.L. cuenta con todos los equipos para la medición y validación del prototipo.

4. Requerimientos de testing

A continuación se listan los requerimientos en prioridad descendente:

1. Grupo de requerimientos asociados al sistema

- 1.1. La alimentación por cable debe ser de 5 V con un consumo máximo de 200 mA.
- 1.2. El sistema utilizará sensores disponibles comercialmente para la adquisición de la corriente y temperatura.
- 1.3. El sistema deberá ser capaz de tomar muestras de los tres sensores de corriente en simultaneo al período de muestreo fijo.
- 1.4. El sistema deberá poseer una memoria no volátil para registrar datos como valores máximos, parámetros de calibración, etc.
- 1.5. El sistema debe medir la temperatura ambiental de operación, rango de medición 0 - 50 centígrados.
- 1.6. El sistema incorporará diseño y elementos que aseguren bajo consumo de energía (requerimiento 11.1.).
- 1.7. Los indicadores de situación serán enviados mediante el protocolo de comunicación.

2. Grupo de requerimientos asociados a la comunicación de datos

- 2.1. El protocolo de comunicación está definido por la plataforma *teBox*.

- 2.2. El sensor se comporta como esclavo y la plataforma *teBox* como maestro.
3. Grupo de requerimientos asociados con el sensor de corriente
 - 3.1. El sensor debe ser de efecto Hall.
 - 3.2. El sensor debe detectar corriente continua, alterna y de pulsos.
 - 3.3. El sensor debe ser de núcleo partido.
 - 3.4. El sensor debe ser de bajo consumo (máximo 20 mA).

Historias de usuarios (*Product backlog*)

Descripción: En esta sección se deben incluir las historias de usuarios y su ponderación (*history points*). Recordar que las historias de usuarios son descripciones cortas y simples de una característica contada desde la perspectiva de la persona que desea la nueva capacidad, generalmente un usuario o cliente del sistema. La ponderación es un número entero que representa el tamaño de la historia comparada con otras historias de similar tipo.

5. Entregables principales del proyecto

- Prototipo funcional
- Manual de uso
- Diagrama esquemático electrónico del hardware
- Código fuente
- Manual de instalación
- Informe final

6. Desglose del trabajo en tareas

1. Análisis preliminar (48 hs)
 - 1.1. Estudio sobre mantenimiento predictivo (10 hs)
 - 1.2. Investigación sobre posibles sensores de corriente (10 hs)
 - 1.3. Realizar el plan del proyecto (28 hs)
2. Hardware (140 hs)
 - 2.1. Selección de componentes (12 hs)
 - 2.2. Diseño del circuito esquemático (28 hs)
 - 2.3. Diseño del PCB (30 hs)
 - 2.4. Fabricación y ensamblado del PCB (30 hs)
 - 2.5. Pruebas y validación del hardware (40 hs)
3. Firmware (154 hs)

- 3.1. Desarrollo de arquitectura del firmware (16 hs)
- 3.2. Diseño de firmware (32 hs)
- 3.3. Análisis de riesgos de firmware (10 hs)
- 3.4. Desarrollo de pruebas para firmware (32 hs)
- 3.5. Programación del firmware (40 hs)
- 3.6. Verificación y validación del firmware (24 hs)
- 4. Integración (157 hs)
 - 4.1. Integración de los módulos constitutivos (32 hs)
 - 4.2. Pruebas de sensado (30 hs)
 - 4.3. Pruebas de almacenamiento de datos(30 hs)
 - 4.4. Pruebas de comunicación(30 hs)
 - 4.5. Corrección de errores (35 hs)
- 5. Procesos finales (104 hs)
 - 5.1. Elaboración del informe de avance (15 hs)
 - 5.2. Evaluación de requerimientos (25 hs)
 - 5.3. Elaboración de la memoria del proyecto (30 hs)
 - 5.4. Preparación de la presentación final (34 hs)

Cantidad total de horas: 603 hs

7. Diagrama de Activity On Node

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

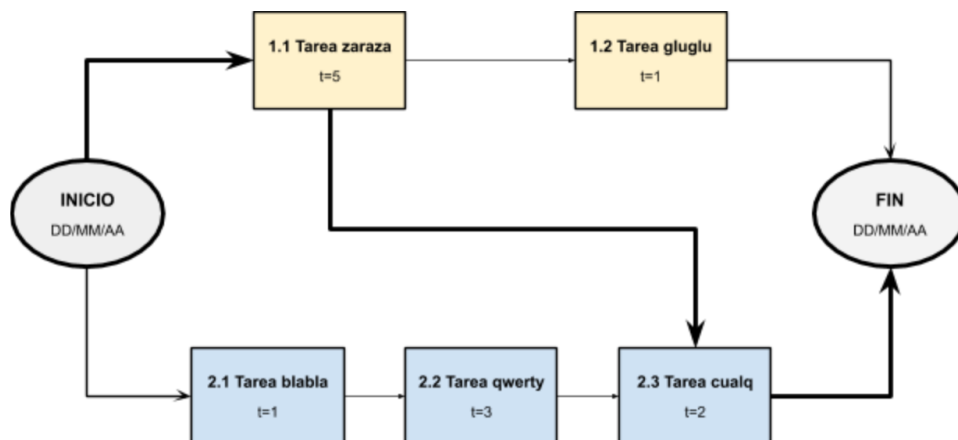


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*

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

8. Diagrama de Gantt

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

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

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

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

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

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

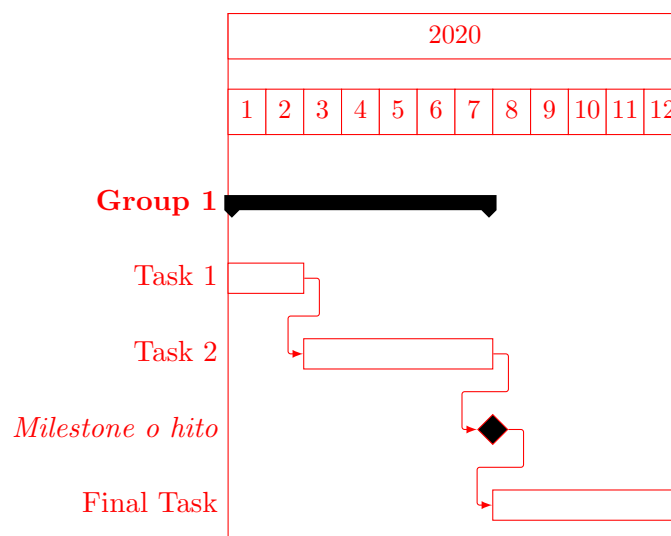


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo

| 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 | Responsable Ing. Santiago Esteva | Listar todos los nombres y roles del proyecto | | |
|------------|--------------------|-------------------------------------|---|-----------------------------|----------------------------|
| | | | Orientador Esp. Ing. Bucafusco Franco | Equipo Nombre de alguien | Cliente Cristian Muzzio |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

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, mediciones, 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. |
| 1.1 | Fecha de inicio | Única vez al comienzo | Ing. Santiago Esteva | Cristian Muzzio, Esp. Ing. Bucafusco Franco | email |

Continúa

| SEGUIMIENTO DE AVANCE | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------|---|--------------------|
| Tarea del WBS | Indicador de avance | Frecuencia de reporte | Resp. de seguimiento | Persona a ser informada | Método de comunic. |
| 2.1 | Avance de las sub-tareas | Mensual mientras dure la tarea | Ing. Santiago Esteva | Cristian Muzzio, Esp. Ing. Bucafusco Franco | email |

| 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.