



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

## Multi potencioestado

Autor:

Fabiola de las Casas Escardó

Director:

Juan Manuel Reta (UNER)

Co-director:

Eduardo Filomena (UNER)

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 27 de Junio de 2020 y el 22 de Agosto de 2020.*

## Índice

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

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	27/06/2020
1.1	Se completó hasta el punto 6 inclusive	11/07/2020
1.2	Se completó hasta el punto 11 inclusive y se realizaron las correcciones indicadas	29/07/2020
1.3	Se completó desde el punto 12 hasta el 18	07/08/2020
1.4	Se completó el punto historias de usuarios y se realizaron las correcciones indicadas	12/08/2020
1.5	Se modificaron definiciones y fecha de inicio	17/08/2020

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 27 de Junio de 2020

Por medio de la presente se acuerda con la Ing. Fabiola de las Casas Escardó que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Multi potencioestado”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un potencioestado de 32 canales para la realización en simultáneo de experimentos electroquímicos, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 666 hs de trabajo, con fecha de inicio 11 de Julio de 2020 y fecha de presentación pública 28 de Mayo de 2021.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Guido Rozenblum  
Aplife Biotech S.A.

Juan Manuel Reta  
Director del Trabajo Final

Eduardo Filomena  
Co-director del Trabajo Final

Nombre y Apellido (1)  
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (2)  
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (3)  
Jurado del Trabajo Final

## Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

En la actualidad uno de los principales desafíos de la industria farmacéutica y de diagnóstico es la dificultad de encontrar moléculas capaces de actuar como biosensores. Debido a esto existen muy pocos dispositivos que permitan hacer mediciones y detección de patologías *in-situ*, y se debe recurrir normalmente a análisis de laboratorio y procesos largos hasta obtener los resultados del estudio.

Aplife Biotech es una *startup* argentina que está desarrollando una tecnología para optimizar estos procesos de descubrimiento de moléculas y así lograr dotar a la industria farmacéutica y de diagnóstico con la capacidad de desarrollar dispositivos portátiles que detecten fácil y rápidamente problemas de salud. De esta forma se logrará descentralizar los ensayos de diagnósticos de los principales laboratorios y promoverá su portabilidad. El desarrollo de esta tecnología también puede tener un gran impacto en el medioambiente donde muchas veces es necesaria una detección rápida de patógenos o agentes tóxicos.

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de un potenciostato. Esto es un dispositivo que se usa para mediciones de electroquímica. Su funcionamiento principal es aplicar una magnitud física que provoque una reacción química que sea medida por el mismo equipo. Por lo tanto, van a ser los dispositivos encargados de encontrar qué moléculas se comportan mejor como transductor para la detección de cada patología o agente que se desee estudiar.

El dispositivo a desarrollar tendrá como función principal aplicar un potencial variable en el tiempo y medir la corriente que genera la reacción electroquímica entre una molécula y una solución. Esto se conoce como voltametría. Existen distintos tipos de voltametría y este proyecto se va a centrar en tres: la voltametría cíclica, la cuadrada y la rampa escalonada.

- **Voltametría cíclica:** consiste en aplicar una onda triangular y medir la reacción. Esta medición puede ser de máximos y mínimos o de valores en intervalos establecidos por el usuario. También se configuran la altura de la onda triangular y la pendiente.
- **Voltametría Cuadrada:** se aplica una onda cuadrada y se mide la reacción. La medición es nuevamente de máximos y mínimos o en un tiempo definido cuando la señal aplicada es máxima y cuando es mínima. Se configura la altura y el *duty cycle*.
- **Voltametría rampa escalonada (*SWV: square wave voltammetry*):** es una onda cuadrada montada sobre una onda triangular. La medición se realiza en el 10 % antes que la señal cambie de tensión. Se pueden configurar la pendiente, el *duty cycle* y las tensiones máximas y mínimas.

Un potenciostato está compuesto por 3 electrodos encargados de aplicar la tensión y tomar las lecturas de interés denominados *Counter Electrode* (CE), *Working Electrode* (WE) y *Reference Electrode* (RE). El CE es el encargado de aplicar la señal y el RE controla que la señal aplicada por el CE sea la esperada. El WE es donde se deposita la molécula que se desea estudiar y, por lo tanto, el encargado de realizar la medición. Los potenciostatos disponibles en el mercado tienen como máximo 16 canales limitando la cantidad de experimentos a realizar en simultáneo y prolongando su tiempo de los mismos.

El equipo actual que posee Aplife Biotech S.A. cuenta con 10 canales, 4 ADC, 1 DAC y todo es controlado por un microcontrolador de 8 bits. En base a esta experiencia, la empresa busca escalar este prototipo aumentando la cantidad de canales a 32, mejorando la interfaz con el usuario mediante comunicación USB, permitiendo un almacenamiento interno de los

datos obtenidos en las mediciones y realizando el control mediante una arquitectura a definir. La empresa tiene como objetivo final desarrollar un potenciostato con por lo menos 30.000 electrodos integrados en un ASIC y de esta forma masificar las mediciones. Estos ASIC van a necesitar un dispositivo donde sean conectados y puedan ser controlados. Por esta razón, como se muestra en la Figura 1, se va a dividir el proyecto en dos partes: el potenciostato y el dispositivo de control. En la misma se muestra un único conjunto de electrodos de forma representativa. En función de este requerimiento final, se evaluarán las arquitecturas más adecuadas para lograr un prototipo que pueda ser escalable.

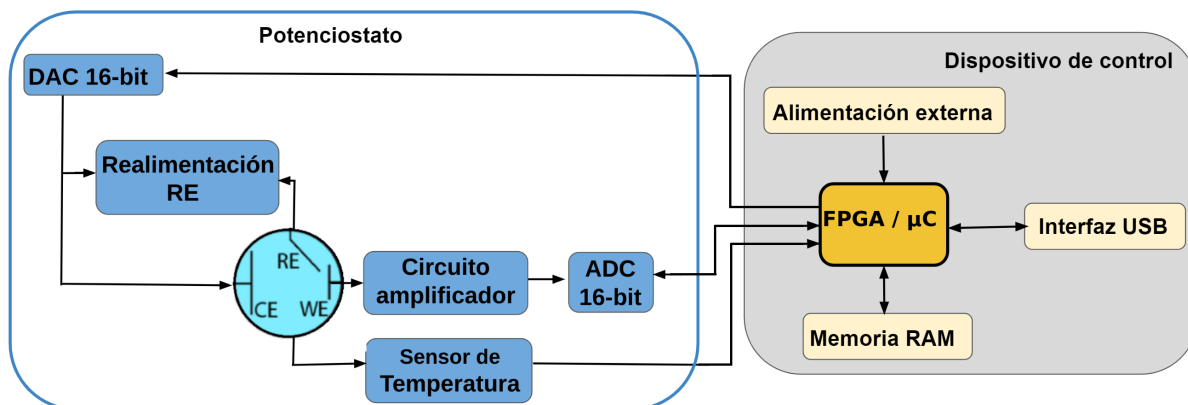


Figura 1: Diagrama en bloques del sistema

El bloque del potenciostato consta de un sensor de temperatura, un DAC de 16 bits encargado de aplicar la señal seleccionada por el usuario y un ADC de 16 bits para la adquisición de datos. La señal analógica del DAC se aplica al CE mediante un circuito de realimentación cuya señal de control será tomada por el electrodo RE. Esta señal desencadena una reacción química en el electrodo WE que genera una corriente. Esta corriente puede ir desde los pA a los 100 nA, por lo que es necesario un circuito de amplificación previo a hacer la conversión AD. Este debe poder ser manipulado por el dispositivo de control para seleccionar el multiplicador adecuado para tener una correcta lectura en el ADC.

El dispositivo de control incluye una interfaz USB que permite al usuario configurar la señal que quiere aplicar y ver los datos del experimento resultante desde cualquier PC mediante una aplicación UI. Además debe procesar la información adquirida del ADC y del sensor de temperatura y almacenarla en una memoria RAM externa, para después transmitirla a la PC. En función de estos requerimientos y teniendo en cuenta la escalabilidad del proyecto final, se estudiará y definirá la arquitectura que mejor los cumple.

## Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Guido Rozenblum	Aplife Biotech S.A.	CTO
Responsable	Fabiola de las Casas Escardó	Aplife Biotech S.A.	Ingeniera de Desarrollo
Colaboradores	Iván G. Politzer	Aplife Biotech S.A.	Ingeniero de Desarrollo
Orientadores	Juan Manuel Reta	UNER	Director del Trabajo final
	Eduardo Filomena	UNER	Co-director del Trabajo final
Usuario final	Biólogos y Biotecnólogos	Aplife Biotech S.A.	-

### 1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un prototipo funcional de un potencióstato de múltiples canales que pueda realizar distintos tipos de pruebas de voltametría y adquirir los datos de las reacciones electroquímicas que se produzcan.

### 2. Alcance del proyecto

El presente proyecto incluye:

- Prototipo funcional.
- Desarrollo y documentación de firmware.
- Desarrollo de PCB para bloque de potencióstato.
- Documentación de hardware.
- Programa en python para graficar las mediciones obtenidas.
- Pruebas de verificación.

El presente proyecto no incluye:

- Desarrollo de una aplicación de PC para interfaz de usuario, el sistema debe ser controlado por línea de comando.
- Fabricación del PCB de dispositivo de control, que se realizará con una placa de desarrollo de la marca elegida.
- Gabinete.

### 3. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Los fondos estipulados estarán disponibles para la duración del proyecto.
- El tiempo para el desarrollo será suficiente.
- No surgirá ningún proyecto de mayor importancia en la empresa.
- Los materiales necesarios serán adquiridos en tiempo y forma.

## 4. Requerimientos

### 1. Requerimientos generales del proyecto:

- 1.1. Debe poder controlarse mediante USB 3.1
- 1.2. La documentación del proyecto debe seguirse con control de versiones GIT.
- 1.3. El prototipo debe poder ser escalable a un número mayor de electrodos.

### 2. Requerimientos de mediciones:

- 2.1. Se deben poder medir corrientes en el rango de 1 pA hasta los 100 nA. Rango previamente definido por el usuario.
- 2.2. El error de las mediciones, una vez seleccionado el rango de corriente, debe ser menor al 10 %
- 2.3. Todos los electrodos se tienen que poder medir en 1,6 ms o a una frecuencia de 625Hz.
- 2.4. Se debe poder seleccionar si medir mínimos y máximos o tomar mediciones en intervalos de tiempo constantes y definidos por el usuario.

### 3. Requerimientos de voltametría:

- 3.1. El DAC debe tener un rango de  $\pm 1,5$  V
- 3.2. Voltametría cíclica
  - 1) Se debe poder seleccionar la pendiente entre 10 mV/s a 1 V/s
- 3.3. Voltametría cuadrada y rampa escalonada
  - 1) El *duty cycle* deber ser del 50 %
  - 2) La altura de los saltos de tensión deben ser configurables
  - 3) La medición se debe realizar en el ultimo 10 % del ancho de los pulsos antes de cambiar de estado.

### 4. Requerimientos de hardware:

- 4.1. Los electrodos deben estar recubiertos de oro y serán provistos por la empresa.
- 4.2. Los electrodos deben estar en un PCB separado para que puedan ser conectados y desconectados al potencióstato.

## Historias de usuarios (*Product backlog*)

- Como biólogo quiero poder elegir que experimento realizar con el objetivo de tener un único dispositivo que me permita realizar todos los experimentos.
  - Ponderación: 5



- Prioridad: 5
- Como biólogo quiero que el dispositivo funcione de forma independiente con el objetivo de una vez configurado el experimento no tenga que estar atento del mismo hasta que finalice.
  - Ponderación: 4
  - Prioridad: 3
- Como biólogo quiero poder configurar las características del experimento con el objetivo de realizar experimentos con distintas características.
  - Ponderación: 7
  - Prioridad: 4
- Como biólogo quiero que los datos se guarden en una memoria externa con el objetivo de poder acceder a ellos desde una PC posteriormente.
  - Ponderación: 8
  - Prioridad: 4
- Como biólogo quiero hacer mediciones en XX electrodos con el objetivo de tener un grupo considerable de aptámeros entre los cuales seleccionar el que mayor afinidad tenga con la molécula estudiada.
  - Ponderación: 8
  - Prioridad: 5
- Como biólogo quiero que los experimentos tengas un error menor al 10 % con el objetivo de tener una mayor precisión del resultado de la reacción electroquímica.
  - Ponderación: 7
  - Prioridad: 4
- Como biólogo quiero poder medir los electrodos de forma simultánea con el objetivo de conocer las reacciones electroquímicas de cada electrodo en las mismas condiciones.
  - Ponderación: 8
  - Prioridad: 5

*Criterio de ponderación adoptado:* Se tomarán valores entre 10 y 1, siendo 10 aquella de mayor tamaño y 1 la de menor. La ponderación tendrá en cuenta la complejidad y el conocimiento para realizar dicha historia.

*Criterio de prioridad adoptado:* Se tomarán valores entre 5 y 1, siendo 5 la máxima prioridad y 1 la mínima.

## 5. Entregables principales del proyecto

- Equipo funcionando
- Manual de uso
- Código fuente
- Informe final

## **6. Desglose del trabajo en tareas**

### **1. Análisis preliminar (32 hs)**

- 1.1. Definición del alcance del proyecto (8 hs)
- 1.2. Definición de requerimientos (8 hs)
- 1.3. Planificación (6 hs)
- 1.4. Bibliografía de experimentos de voltametría (10 hs)

### **2. Definiciones generales (20 hs)**

- 2.1. Análisis y selección de la arquitectura del sistema. (12 hs)
- 2.2. Definición de los ensayos a realizar. (6 hs)
- 2.3. Documentación (2 hs)

### **3. Diseño y construcción de hardware - Potenciostato (60 hs)**

- 3.1. Revisión y re-diseño del circuito actual (8 hs)
- 3.2. Definición de circuito para la selección de amplificación pre conversor AD (8 hs)
- 3.3. Diseño de los ensayos a realizar (6 hs)
- 3.4. Selección de componentes (8 hs)
- 3.5. Adquisición de componentes (2 hs)
- 3.6. Pruebas básicas de comportamiento del circuito (16 hs)
- 3.7. Desarrollo del PCB (6 hs)
- 3.8. Montaje del prototipo en el PCB (4 hs)
- 3.9. Documentación (2 hs)

### **4. Diseño y construcción de hardware - Dispositivo de control (124 hs)**

- 4.1. Estudio y selección de arquitectura (24 hs)
- 4.2. Estudio y selección de memoria RAM (12 hs)
- 4.3. Selección de tipo de alimentación externa (12 hs)
- 4.4. Diseño de los ensayos a realizar (12 hs)
- 4.5. Adquisición de componentes elegidos (2 hs)
- 4.6. Pruebas iniciales en placa de desarrollo (36 hs)
- 4.7. Pruebas de potencia de alimentación externa (24 hs)
- 4.8. Documentación (2 hs)

### **5. Desarrollo de firmware (200 hs)**

- 5.1. Diseño de los ensayos a realizar (6 hs)
- 5.2. Driver conversor DA (36 hs)
- 5.3. Driver conversor AD (36 hs)
- 5.4. Driver de sensor de temperatura (24 hs)
- 5.5. Almacenamiento en memoria externa RAM (40 hs)
- 5.6. Comunicación USB (36 hs)
- 5.7. Módulo para la selección del circuito amplificador (12 hs)

5.8. Integración de firmware (8 hs)

5.9. Documentación (2 hs)

**6. Verificación de ensayos (160 hs)**

6.1. Verificación de señales aplicadas con el conversor DA (24 hs)

6.2. Verificación de almacenamiento en memoria RAM externa (24 hs)

6.3. Verificación de sensor de temperatura (24 hs)

6.4. Pruebas con soluciones electroquímicas conocidas (44 hs)

6.5. Ajustes de parámetros a partir de los resultados obtenidos en las pruebas (36 hs)

6.6. Documentación (8 hs)

**7. Documentación (70 hs)**

7.1. Manual de uso (10 hs)

7.2. Memoria del trabajo final (50 hs)

7.3. Presentación final (10 hs)

Cantidad total de horas: (666 hs)

**7. Diagrama de Activity On Node**

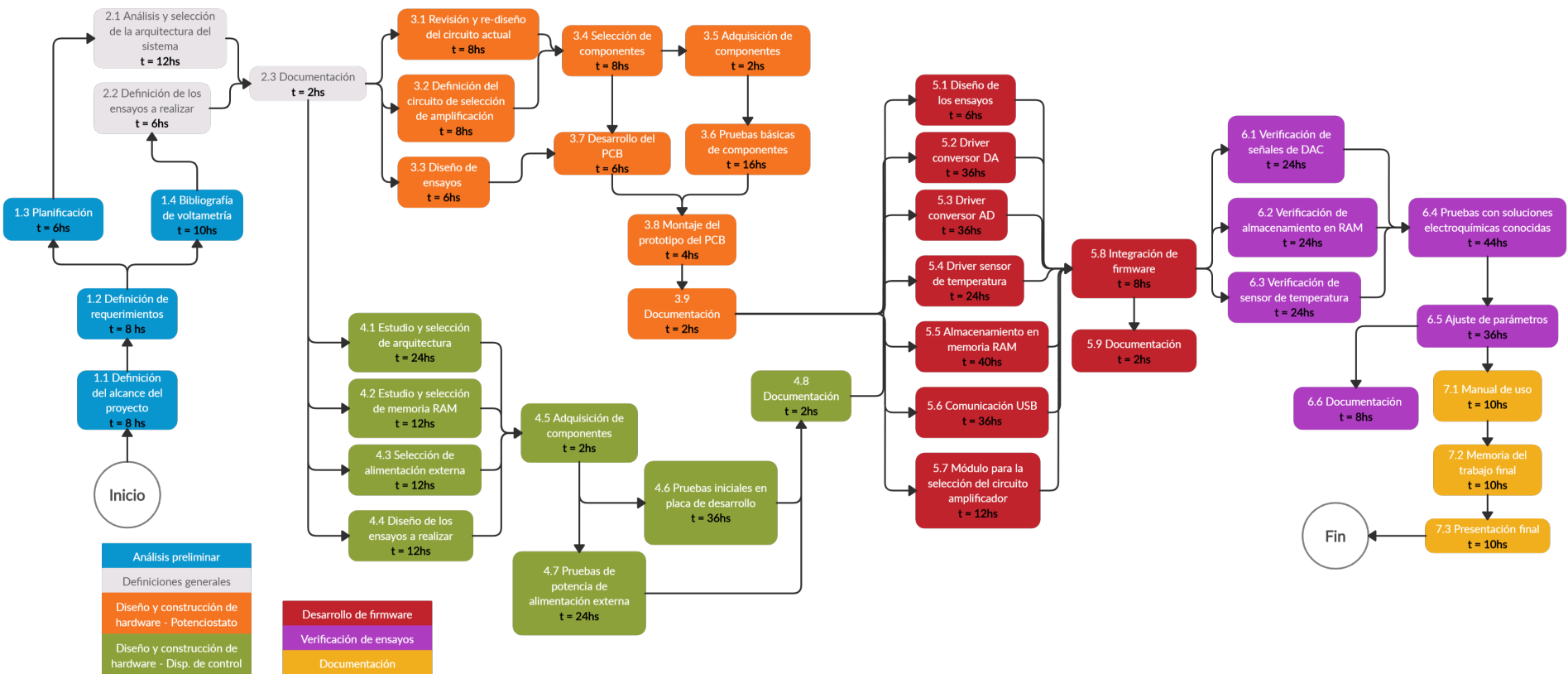


Figura 2: Diagrama en *Activity on Node*

## 8. Diagrama de Gantt

WBS	Nombre	Inicio	Fin	Trabajo	Duración
1	<b>▼ Análisis preliminar</b>	<b>jul 27</b>	<b>ago 10</b>	<b>10d 2h</b>	<b>10d 1h</b>
1.1	Definición del alcance del proyecto	jul 27	jul 29	2d 2h	2d 2h
1.2	Definición de requerimientos	jul 29	ago 3	2d 2h	2d 2h
1.3	Planificación	ago 3	ago 5	2d	2d
1.4	Bibliografía de experimentos de voltimetría	ago 5	ago 10	3d 1h	3d 1h
2	<b>▼ Definiciones generales</b>	<b>ago 10</b>	<b>ago 19</b>	<b>6d 2h</b>	<b>6d 2h</b>
2.1	Análisis y selección de la arquitectura del sistema	ago 10	ago 14	4d	4d
2.2	Definición de los ensayos a realizar	ago 14	ago 19	2d	2d
2.3	Documentación	ago 19	ago 19	2h	2h
3	<b>▼ Diseño y construcción de hardware - Potenciostato</b>	<b>ago 20</b>	<b>sep 15</b>	<b>20d</b>	<b>19d</b>
3.1	Revisión y re-diseño del circuito actual	ago 20	ago 24	2d 2h	2d 2h
3.2	Definición de circuito para la selección de amplificador pre conversor AD	ago 24	ago 26	2d 2h	2d 2h
3.3	Diseño de los ensayos a realizar	ago 27	ago 28	2d	2d
3.4	Selección de componentes	ago 31	sep 2	2d 2h	2d 2h
3.5	Adquisición de componentes	sep 2	sep 3	2h	2h
3.6	Pruebas básicas de comportamiento del circuito	sep 3	sep 10	5d 1h	5d 1h
3.7	Desarrollo del PCB	sep 10	sep 11	2d	2d
3.8	Montaje del prototipo en el PCB	sep 14	sep 15	1d 1h	1d 1h
3.9	Documentación	sep 15	sep 15	2h	2h
4	<b>▼ Diseño y construcción de hardware - Dispositivo de control</b>	<b>sep 16</b>	<b>nov 3</b>	<b>41d 1h</b>	<b>33d 2h</b>
4.1	Estudio y selección de arquitectura	sep 16	sep 25	8d	8d
4.2	Estudio y selección de memoria RAM	sep 25	sep 30	4d	4d
4.3	Selección de tipo de alimentación externa	sep 25	sep 30	4d	4d
4.4	Diseño de los ensayos a realizar	sep 30	oct 5	4d	4d
4.5	Adquisición de componentes elegidos	oct 5	oct 5	2h	2h
4.6	Pruebas iniciales en placa de desarrollo	oct 5	oct 22	12d	12d
4.7	Pruebas de potencia de alimentación externa	oct 22	nov 2	8d	8d
4.8	Documentación	nov 3	nov 3	2h	2h
5	<b>▼ Desarrollo de firmware</b>	<b>nov 4</b>	<b>feb 12</b>	<b>66d 2h</b>	<b>66d 1h</b>
5.1	Diseño de los ensayos a realizar	nov 4	nov 5	2d	2d
5.2	Driver conversor DA	nov 6	nov 24	12d	12d
5.3	Driver conversor AD	nov 25	dic 14	12d	12d
5.4	Driver de sensor de temperatura	dic 15	dic 24	8d	8d
5.5	Almacenamiento en memoria externa RAM	dic 28	ene 18	13d 1h	13d 1h
5.6	Comunicación USB	ene 18	feb 2	12d	12d
5.7	Módulo para la selección del circuito amplificador	feb 3	feb 8	4d	4d
5.8	Integración de firmware	feb 9	feb 11	2d 2h	2d 2h
5.9	Documentación	feb 11	feb 12	2h	2h
6	<b>▼ Verificación de ensayos</b>	<b>feb 17</b>	<b>may 6</b>	<b>53d 1h</b>	<b>53d 2h</b>
6.1	Verificación de señales aplicadas con el conversor DA	feb 17	feb 26	8d	8d
6.2	Verificación de almacenamiento en memoria RAM	mar 1	mar 10	8d	8d
6.3	Verificación de sensor de temperatura	mar 11	mar 22	8d	8d
6.4	Pruebas con soluciones electroquímicas conocidas	mar 23	abr 15	14d 2h	14d 2h
6.5	Ajustes de parámetros a partir de resultados obtenidos	abr 15	may 3	12d	12d
6.6	Documentación	may 4	may 6	2d 2h	2d 2h
7	<b>▼ Documentación</b>	<b>may 6</b>	<b>jun 8</b>	<b>23d 1h</b>	<b>22d 1h</b>
7.1	Manual de uso	may 6	may 11	3d 1h	3d 1h
7.2	Memoria del trabajo final	may 11	jun 3	16d 2h	16d 2h
7.3	Presentación final	jun 3	jun 8	3d 1h	3d 1h

Figura 3: Tabla de tareas del diagrama gantt

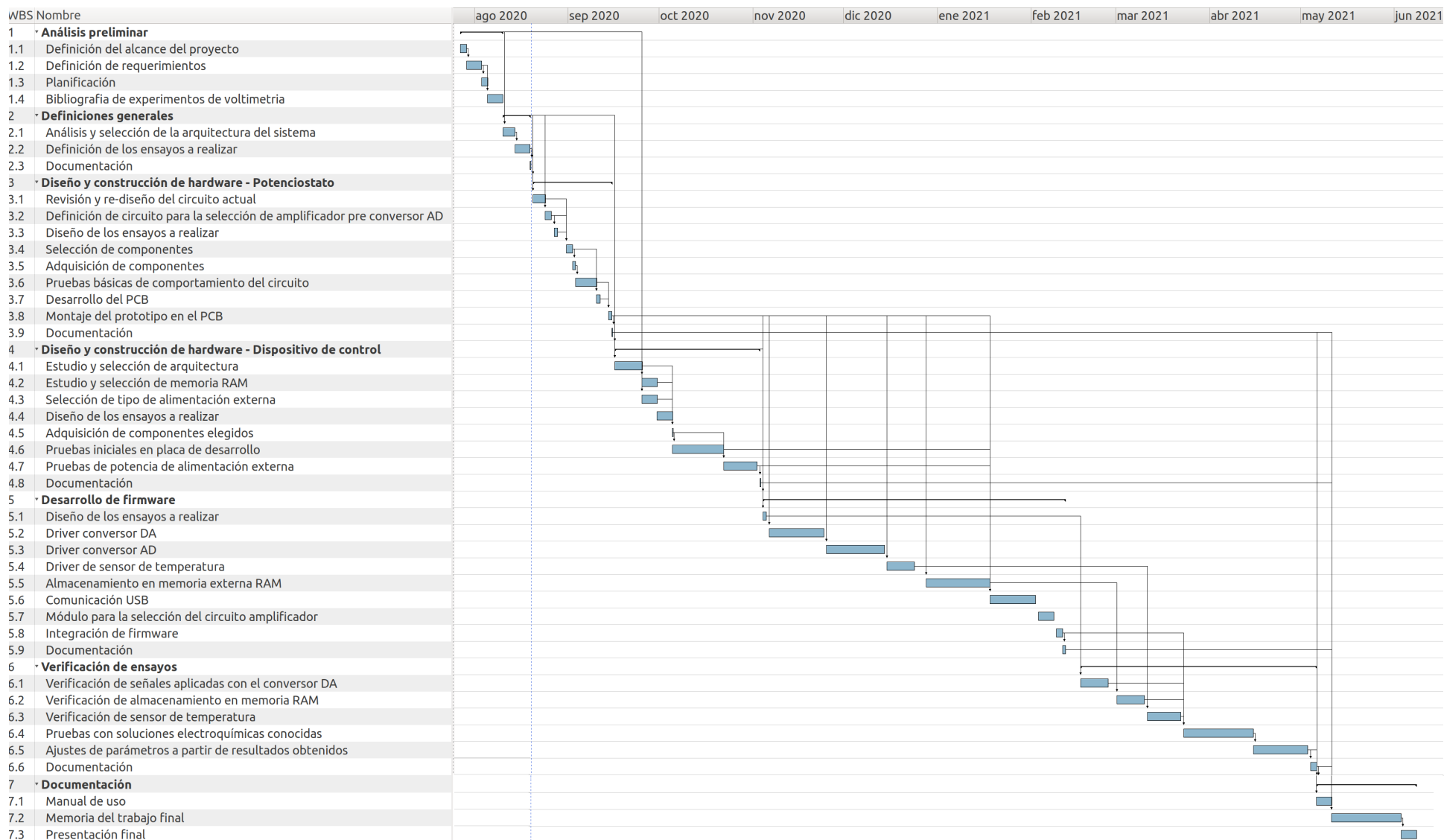


Figura 4: Diagrama de gantt

## 9. Matriz de uso de recursos de materiales

Código WBS	Nombre Tarea	Recursos requeridos (horas)			
		PC	Controlador	Lab. electrónico	Lab. químico
1	Análisis preliminar	40	0	0	0
2	Hardware - Potenciostato	44	0	0	0
2.5	Pruebas básicas del circuito	0	0	16	0
2.7	Montaje de prototipo	0	0	4	0
3.1 - 3.4	Dispositivo de control	62	0	0	0
3.5	Pruebas en dispositivo de control	0	36	0	0
3.6	Pruebas de alimentación	0	0	24	0
4	Desarrollo de firmware	206	206	0	0
5	Validación y verificación	0	116	116	0
5.4	Pruebas con soluciones químicas	0	44	0	44
6	Documentación	70	0	0	0

## 10. Presupuesto detallado del proyecto

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Componentes electrónicos potenciostato	1	U\$S 110	U\$S 110
Placa de desarrollo de controlador	1	U\$S 200	U\$S 200
Horas de ingeniería	660hs	U\$S 10	U\$S 6.600
Soluciones químicas	40	U\$S 10	U\$S 400
SUBTOTAL			U\$S 7.310
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
30 % del total de los costos directos	1	U\$S 2.193	U\$S 2.193
SUBTOTAL			
TOTAL			U\$S 9.503

## 11. Matriz de asignación de responsabilidades

Código WBS	Nombre de la tarea	Responsable	Orientadores	Equipo	Cliente
		Fabiola de las Casas Escardó	Juan Manuel Reta Eduardo Filomena	Iván G. Pollitzer	Guido Rozenblum
1	Análisis preliminar	P	C	-	S
2	Definiciones generales	P	C	-	S
3.1	Revisión y re-diseño del circuito actual	P	C	-	-
3.2	Definición de circuito de amplificación	P	C	-	-
3.3	Diseño de ensayos a realizar	P	C	-	I
3.4	Selección de componentes	P	-	S	I
3.5	Adquisición de componentes	S	-	P	A
3.6	Pruebas básicas de circuito	P	-	S	I
3.7	Desarrollo PCB	P	-	-	-
3.8	Montaje de prototipo en PCB	S	-	P	-
4.1	Estudio y selección de arquitectura	P	C	I	-
4.2	Estudio y selección de RAM	P	C	I	-
4.3	Selección alimentación externa	P	C	I	-
4.4	Diseño de los ensayos	P	C	-	I
4.5	Adquisición de componentes	S	-	P	A
4.6	Pruebas iniciales con controlador	P	C	-	-
4.7	Pruebas de potencia de alimentación externa	P	C	-	-
5	Desarrollo de firmware	P	C	S	-
6.1	Verificación de señales del conversor DA	P	I	S	C / A
6.2	Verificación de almacenamiento en RAM	P	I	S	A
6.3	Verificación de sensor de temperatura	P	I	S	C / A
6.4	Pruebas con soluciones electroquímicas conocidas	P	I	S	S
6.5	Ajustes de parámetros	P	C	S	A
7	Documentación	P	C / A	-	I

### Referencias:

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

## 12. Gestión de riesgos

**Riesgo 1:** Imposibilidad para cumplir los plazos del proyecto.

- Severidad (S): 8, retrasaría la entrega del prototipo funcional al cliente.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 3, la empresa brindará soporte aliviando la carga de otros proyectos del responsable.

**Riesgo 2:** Errores en el diseño del prototipo

- Severidad (S): 9, genera retrasos y un aumento de costos.



- Probabilidad de ocurrencia (O): 7, hay tener en cuenta muchas especificaciones de las distintas partes del prototipo.

**Riesgo 3:** Demoras en la importación de componentes.

- Severidad (S): 8, genera un retraso general
- Probabilidad de ocurrencia (O): 8, debido a la situación actual (pandemia CoVID-19) hay mucha incerteza con lo relacionado a la importación.

**Riesgo 4:** Demora y complejidad de los ensayos electroquímicos

- Severidad (S): 7, no se lograría validar el funcionamiento final del proyecto.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 4, actualmente ya se están realizando algunos experimentos, por lo que se tiene la experiencia y apoyo suficiente para disminuir este riesgo.

**Riesgo 5:** Cambio de especificaciones por parte del cliente

- Severidad (S): 7, dependiendo que especificación se pida modificar el riesgo puede ser menor.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 7, al ser un producto para realizar mediciones electroquímicas nuevas, no se conoce con demasiada precisión las verdaderas necesidades del prototipo final.

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

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
1	8	3	24	-	-	-
2	9	7	63	7	5	35
3	8	8	64	6	7	42
4	7	4	28	-	-	
5	7	7	49	6	5	30

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 45.

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 2: se realizarán consultas y validaciones del diseño al director y co-director. Además el prototipo se realizará en módulos acoplables y de esta manera, si hay un error de diseño solo será necesario cambiar dicho módulo.

- Severidad (S\*): 7, se verá afectado solo el módulo con el error por lo que se podrá continuar con el resto del proyecto, mientras se fábrica nuevamente dicho módulo corregido.

- Probabilidad de ocurrencia ( $O^*$ ): 5, al tener revisiones periódicas con el director y co-director aumenta al probabilidad de detectar estos errores con tiempo.

Riesgo 3: se buscarán proveedores locales y en caso de no haber, se aumentará la cantidad de cada componente pedido al exterior. De esta forma, en caso de haber demora solo se producirá en ese único pedido.

- Severidad ( $S^*$ ): 6, los proveedores locales disponen de la mayoría de los componentes requeridos, pero a un precio mayor en algunos casos.
- Probabilidad de ocurrencia ( $O^*$ ): 7, el contexto actual excede una previsión precisa y hay componentes que solo se consiguen en el exterior.

Riesgo 5: se extenderán los rangos máximos de los distintos experimentos a realizar, basado en bibliografía existente, y se incluirán las prestaciones de los equipos disponibles en el mercado, confirmando con el cliente todas las definiciones.

- Severidad ( $S^*$ ): 6, al ampliar las prestaciones y rangos de medición pedidos por el cliente se anticipan posibles cambios futuros.
- Probabilidad de ocurrencia ( $O^*$ ): 5, el cliente siempre puede buscar cambiar las especificaciones pero al haber confirmado todo previo al comienzo del proyecto ya está al tanto de las limitaciones del mismo.

### 13. Gestión de la calidad

- **Req #1.1:** Debe poder controlarse mediante USB 3.1.

Verificación y validación:

- Verificación: se conectará a una PC con USB 3.1 y se harán pruebas de recepción y envío de datos.
- Validación: el cliente probará esta comunicación con la PC a utilizar por la empresa.

- **Req. #2.1 y #2.2:** Se deben poder medir corrientes en el rango de 1 pA hasta los 100 nA. Rango previamente definido por el usuario. Y el error de las mediciones, una vez seleccionado el rango de corriente, debe ser menor al 10 %.

Verificación y validación:

- Verificación: Se armará un banco de pruebas con una fuente de corriente con dichos rangos y se conectará la señal de corriente conocida a los electrodos. Se extraen los datos leído por el ADC y se analizarán en un programa realizado en Python.
- Validación: Se realizarán pruebas con soluciones químicas cuya reacción electroquímica es conocida. Se analizarán los datos recibidos y se compararán los resultados con los obtenidos en un potenciómetro comercial.

- **Req. #2.3:** Todos los electrodos se tienen que poder medir en 1,6 ms o a una frecuencia de 625Hz.

Verificación y validación:

- Verificación: Se medirá el tiempo de ejecución de la adquisición de datos y almacenamiento del mismo.
  - Validación: Se realizará un experimento electroquímico conocido y se mostrarán el intervalo de tiempo en que se obtuvieron los datos obtenidos de todos los electrodos en simultáneo
- **Req. #2.4:** Se debe poder seleccionar si medir mínimos y máximos o tomar mediciones en intervalos de tiempo constantes y definidos por el usuario.

Verificación y validación:

- Verificación: Se definirán en el firmware el experimento a realizar y con una fuente de corriente aplicada en un electrodo se verificará que los datos adquiridos con el ADC corresponden a los definidos.
  - Validación: Se realizará un experimento electroquímico conocido y se mostrarán los datos obtenidos con el ADC de un electrodo corresponde a los valores pedidos (mínimo, máximo, intervalo de tiempo).
- **Req. #3.1, #3.2 y #3.3:** Requerimientos de voltametría.

Verificación y validación:

- Verificación: Se configura la señal a generar por el DAC y se mide con un osciloscopio que dicha señal tenga las características configuradas.
- Validación: Se realizará un experimento electroquímico conocido y se medirá con un osciloscopio que la señal aplicada al CE tiene las especificaciones seleccionadas..

## 14. Comunicación del proyecto

PLAN DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO					
¿Qué comunicar?	Audiencia	Propósito	Frecuencia	Método de comunicac.	Responsable
Plan de trabajo	Todos los interesados	Informar del alcance del proyecto	Una vez	Reunión online	Fabiola de las Casas Escardó
Avance del trabajo	Director Co-director	Informar y validar el progreso	15 días	Reuniones online	Fabiola de las Casas Escardó
Consultas	Director Co-director	Sugerencias y búsqueda de soluciones	15 días	Reuniones online	Fabiola de las Casas Escardó
Pruebas de aceptación	Cliente	Validación del prototipo	Al finalizar el prototipo	Reunión presencial	Fabiola de las Casas Escardó
Finalización del proyecto	Todos los interesados	Conocer los resultados	Al finalizar el proyecto	Reunión online	Fabiola de las Casas Escardó

## 15. Gestión de Compras

Como se indicó en la matriz de asignación de responsabilidades las compras serán realizadas por otro integrante de la empresa. Por lo que los proveedores de los componentes electrónicos necesarios y la empresa encargada de la fabricación del PCB serán seleccionados por dicha persona.

## 16. Seguimiento y control

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método comunic.
1.1 y 1.2	Reporte de definición	Una vez	Fabiola de las Casas Escardó	Juan Manuel Reta Eduardo Filomena	Correo electrónico
1.3	Entregas parciales y final del documento	Una vez por semana mientras dure la tarea	Fabiola de las Casas Escardó	Juan Manuel Reta Eduardo Filomena Ariel Lutenberg Patricio Bos	Correo electrónico
2.1 y 2.2	Reporte de definición	2 veces	Fabiola de las Casas Escardó	Juan Manuel Reta Eduardo Filomena	Correo electrónico
2.3 - 2.8	Reporte de avance	Cada 15 días hasta terminar la tarea	Fabiola de las Casas Escardó	Juan Manuel Reta Eduardo Filomena	Correo electrónico
3.1 - 3.4	Reporte de avance	Cada 15 días hasta terminar la tarea	Fabiola de las Casas Escardó	Juan Manuel Reta Eduardo Filomena	Correo electrónico
3.5 y 3.6	Reporte de resultados obtenidos	Cada 7 días hasta terminar la tarea	Fabiola de las Casas Escardó	Juan Manuel Reta Eduardo Filomena	Correo electrónico
4	Drivers y módulos funcionando	Cada 15 días hasta terminar la tarea	Fabiola de las Casas Escardó	Juan Manuel Reta Eduardo Filomena	Correo electrónico
5.1	Reporte de resultados obtenidos	Cada 15 días hasta terminar la tarea	Fabiola de las Casas Escardó	Juan Manuel Reta Eduardo Filomena Guido Ronzenblum	Correo electrónico
5.2	Reporte de resultados obtenidos	Cada 15 días hasta terminar la tarea	Fabiola de las Casas Escardó	Juan Manuel Reta Eduardo Filomena Guido Ronzenblum	Correo electrónico
5.3	Reporte de resultados obtenidos	Cada 15 días hasta terminar la tarea	Fabiola de las Casas Escardó	Juan Manuel Reta Eduardo Filomena Guido Ronzenblum	Correo electrónico
5.4 y 5.5	Reporte de resultados obtenidos	Cada 15 días hasta terminar la tarea	Fabiola de las Casas Escardó	Juan Manuel Reta Eduardo Filomena Guido Ronzenblum	Correo electrónico
6	Secciones del informe realizadas.	Cada 15 días hasta terminar la tarea	Fabiola de las Casas Escardó	Juan Manuel Reta Eduardo Filomena	Correo electrónico

## 17. Procesos de cierre

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original, a cargo de la Ing. Fabiola de las Casas Escardó
  - Evaluación de las tareas y los tiempos: se armará una tabla en la cual se comparará las tareas propuestas con las realizadas y los tiempos propuestos con los reales. Se calculará el desvío y las causas de dicho desvío, si lo hubo.

- Evaluación de costos: se analizará el costo inicial del proyecto y el costo real a la finalización. Si hay diferencias, se evaluará en qué puntos se produjeron y debido a qué.
- Se realizará un informe identificando las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se utilizaron, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron, a cargo de la Ing. Fabiola de las Casas Escardó
- Se invitará a la presentación pública del proyecto final a todas las personas colaboradoras del proyecto. En dicha presentación se agradecerá al director y al co-director del proyecto, así como a los jurados, compañeros, docentes y autoridades de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos, y a los integrantes de la empresa Aplife Biotech S.A. por su colaboración y apoyo.