



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

---

Universidad de Buenos Aires

# Adquisidor y display en tiempo real de datos de motores de combustión interna

Autor:

Ignacio Moya

Director:

Tomás Porreca (UNFLT)

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

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	23/10/2020
1.1	Avances en planificación del proyecto	06/10/2020

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 23 de octubre de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Ignacio Moya que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Adquisidor y display en tiempo real de datos de motores de combustión interna”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un sistema adquisidor de datos de motores de combustión interna con interfaz gráfica de usuario que será puesto a prueba sobre un motor de un vehículo Volkswagen Tipo 2, 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 22 de agosto de 2021.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Gastón Cabello  
Emprendimiento Personal

Tomás Porreca  
Director del Trabajo Final

## Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El sistema a desarrollar puede dividirse en dos partes, la adquisidora de datos y la interfaz gráfica. La primera parte consistirá de un circuito controlado por microprocesador montado cerca del motor del vehículo. El adquisidor tendrá la tarea de digitalizar las señales producidas por diversos sensores ubicados estratégicamente sobre el motor, para capturar las variables relacionadas con su funcionamiento.

Luego, la información capturada por la parte adquisidora será transmitida a la segunda parte del sistema, la interfaz gráfica de usuario. La interfaz tendrá una pantalla para mostrar la información recibida, y entradas para que el usuario pueda tomar decisiones sobre la información que se muestra en pantalla. También tendrá una tarjeta SD o un dispositivo de memoria similar para poder guardar la información y ser descargada posteriormente. En la Figura 1 el sistema está representado como diagrama en bloques con más detalle en los tipos de sensores a utilizar y la posible ubicación de las partes del sistema.

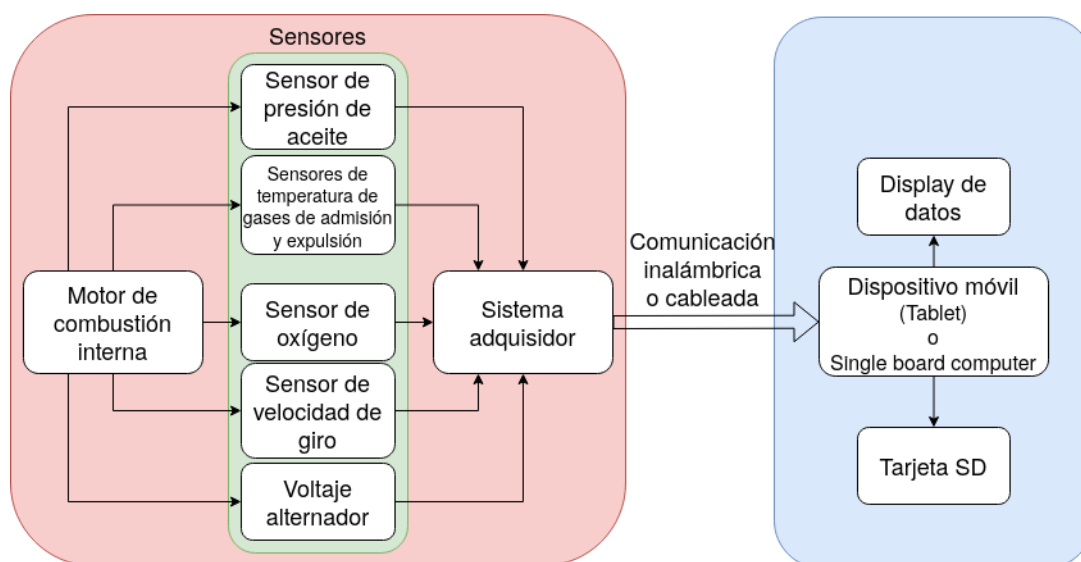


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

Lo que se quiere lograr con este sistema es que el usuario pueda ver en tiempo real en qué condiciones se encuentra funcionando el motor. Con esta información disponible se le otorga al usuario la capacidad de diagnosticar fallas lo antes posible, teniendo en cuenta que el mal funcionamiento de un motor por tiempo prolongado puede causarle daños severos. Con este sistema se pretende ofrecer un gran aporte de valor a aquellas personas propietarias de vehículos antiguos que no tienen esta tecnología incorporada, dado que es muy costoso mantenerlos en funcionamiento óptimo, más que nada por la dificultad de conseguir repuestos. El sistema también tiene la posibilidad de aportar un gran valor en instituciones educativas técnicas que brinden enseñanza en la temática, brindando un contexto visual a fenómenos del funcionamiento de un motor que no podrían verse de otra forma.

Por esto es que se apunta a comercializar al sistema en forma de kit de sencilla instalación, apuntado a propietarios de automotores antiguos con intereses técnicos, mecánicos y también a instituciones educativas del rubro.

## Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Gastón Cabello	Emprendimiento Personal	-
Responsable	Ignacio Moya	LSE - FIUBA	Alumno
Orientador	Tomás Porreca	UNFLT	Director
Usuario final	Propietarios de Vehículos antiguos, Mecánicos e Instituciones Educativas		

### 1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es el de desarrollar y construir un prototipo del sistema, instalarlo en una Volkswagen Tipo 2 modelo 1985 y analizar el funcionamiento de su motor en base a los datos visualizados.

### 2. Alcance del proyecto

El alcance de este proyecto incluye:

- La elección de componentes electrónicos.
- El diseño del circuito para amplificar las señales de los sensores.
- El diseño del circuito impreso.
- El desarrollo del firmware de la parte adquisidora.
- El desarrollo del software de la interfaz gráfica de usuario.
- La confección de un primer prototipo.
- Los ensayos de verificación y validación con el prototipo.

El proyecto no incluye:

- La elección o desarrollo de un gabinete para la parte adquisidora.
- El desarrollo de los componentes de montaje del sistema adquisidor.
- El montaje del dispositivo para la interfaz gráfica en la cabina del vehículo.
- La elección de sensores a utilizar.
- Desarrollo del embalaje y documentación acompañante (e.g.: manual de usuario, prospecto).

### 3. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Los sensores ya fueron seleccionados, y que se cuenta con un sensor de oxígeno marca bosch y dos termocuplas para sensar la temperatura de los gases de admisión y escape, y también sensores para la temperatura y presión de aceite.
- El resto de los materiales serán adquiridos por el Cliente.
- Se cuenta con una placa EDU-CIAA sobre la cuál se desarrollará el firmware de la parte adquisidora.
- Se cuenta con una tablet con pantalla táctil, puerto micro USB-OTG que corre sistema operativo Android.
- Se supone que será fácil de conseguir las herramientas necesarias para el desarrollo y construcción del primer prototipo y su instalación en el vehículo. (e.g.: multímetro, osciloscopio, destornilladores, llaves, etc).

### 4. Requerimientos

- Requerimientos generales del proyecto:
  - **REQ-GEN-001:** Todo el código fuente del proyecto será almacenado bajo un sistema de control de versiones GIT.
  - **REQ-GEN-002:** La documentación del código fuente del software embebido será llevada a cabo en los comentarios, siguiendo el formato de Doxygen.
  - **REQ-GEN-003:** La documentación del software para la interfaz gráfica también será llevada a cabo en los comentarios. El formato será elegido por el responsable del proyecto.
- Requerimientos de la interfaz gráfica de usuario:
  - **REQ-GUI-001:** La interfaz gráfica deberá poder mostrar figuras con la información de todos los sensores a la vez.
  - **REQ-GUI-002:** El usuario tiene que poder elegir qué sensores ver al mismo tiempo y cuáles no desea ver.
  - **REQ-GUI-003:** El usuario tiene que poder definir alarmas por valor máximo, para cada una de las variables.
  - **REQ-GUI-004:** Las alarmas serán sonoras y visuales. El estilo de las alarmas será definido por el cliente durante el proceso de desarrollo de la interfaz gráfica.
- Requerimientos de la parte adquisidora:
  - **REQ-ADQ-001:** El sistema tiene que adquirir la temperatura de los gases de admisión y escape, con un rango de temperatura entre 0.°C y 400.°C y una resolución menor igual a 0,5.°C. Con una tasa de muestreo mayor igual a 1hz.
  - **REQ-ADQ-002:** El sistema tien que adquirir la temperatura del aceite del motor, con un rango de temperatura ente 0.°C y 400.°C y una resolución menor igual a 0,5.°C. Con una tasa de muestreo mayor igual a 1hz.

- **REQ-ADQ-003:** El sistema tiene que adquirir la velocidad de giro del motor, en un rango entre 0 y 20.000 revoluciones por minuto, con una resolución menor igual a 500 r.p.m. Con una tasa de muestreo mayor igual a 5hz.
  - **REQ-ADQ-004:** El sistema tiene que adquirir la proporción de oxígeno en los gases de escape llamada lambda, con un rango de 0 a 2 y una resolución menor igual a 0,1 lambda.
  - **REQ-ADQ-005:** El sistema tiene que adquirir la presión de aceite del motor, con un rango de 0 a 100 psi y con una resolución menor igual a 1 psi.
  - **REQ-ADQ-006:** El sistema debe comenzar a transmitir a la interfaz gráfica la información obtenida de los sensores en un tiempo no mayor a 1 segundo transcurrido el proceso de adquisición.
- Requerimientos de la comunicación entre las partes del sistema:
- **REQ-COMM-001:** Se permitirá que se pierda hasta 1 de cada 100 paquetes transmitidos.

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

- **HU-001:** Como cliente quiero poder visualizar en una pantalla la información de los sensores en tiempo real en un mismo gráfico lineal.
- Ponderación: La historia de usuario es clara, su complejidad es media y no es muy abarcativa, pero el desarrollador tiene poca experiencia programando interfaces gráficas. Se asignan 8 puntos de historia.
- **HU-002:** Como cliente quiero poder definir la escala del eje temporal del gráfico lineal, pudiendo elegir entre cinco valores distintos. (1 minuto, 10 minutos, 30 minutos, 60 minutos y 120 minutos).
- Ponderación: La historia de usuario es sencilla y no debería abarcar mucho trabajo. Pero como en esta etapa todavía no se conoce como se implementarán los gráficos se le asignan 2 puntos de historia.
- **HU-003:** Como cliente quiero poder elegir que sensores deben ser mostrados en pantalla y cuales no, para poder darle prioridad a la información que es más relevante en ese momento.
- Ponderación: Se le asignan a esta historia de usuario 2 puntos de historia. Las razones son las mismas que para HU-002.
- **HU-004:** Como cliente quiero poder definir niveles para cada sensor individualmente, y que suene una alarma cuando algún valor supere dicho nivel para ser notificado al instante de que algo no funciona adecuadamente.
- Ponderación: Esta tarea es de complejidad media porque involucra reproducción de archivos de audio. Además en esta etapa todavía no está completamente definido como será el sonido de la alarma. Se le asignan 8 puntos de historia.
- **HU-005:** Como cliente quiero poder descargar toda la información recolectada en una tarjeta SD o pendrive, para poder analizarla en otro momento.



- Ponderación: Volcar la información que está almacenada en la memoria no volátil del hardware de la interfaz gráfica a una tarjeta SD o pendrive no es una tarea muy compleja, aunque aún falta definir el tamaño y formato de la información a descargar. Se asignan 5 puntos de historia.
- **HU-006:** Como cliente quiero que el sistema comience a funcionar cuando se le da contacto al vehículo con la llave de ignición.
  - Ponderación: La historia de usuario es bastante clara. Pero es bastante compleja porque se deberá estudiar como funcionan los circuitos de ignición de un vehículo y diseñar un circuito que energice al sistema con el contacto de la llave. Se asignan 13 puntos de historia.

## 5. Entregables principales del proyecto

- Código fuente del firmware.
- Código fuente del software de interfaz gráfica.
- Documentación del firmware y software.
- Esquemático del circuito.
- Proyecto del circuito impreso.
- Circuito impreso con componentes soldados en funcionamiento.
- Memoria final.

## 6. Desglose del trabajo en tareas

### 1. Planificación. (60 hs)

- 1.1. Plan de trabajo. (20 hs)
- 1.2. Especificación de requerimientos de sistema. (20 hs)
- 1.3. Definición de pruebas de verificación y validación. (20 hs)

### 2. Diseño y construcción del hardware del equipo. (65 hs)

- 2.1. Selección de componentes electrónicos. (10 hs)
- 2.2. Diseño del esquemático del circuito. (20 hs)
- 2.3. Diseño del circuito impreso. (20 hs)
- 2.4. Diseño del esquema de interconexión entre las partes. (5 hs)
- 2.5. Montaje del prototipo. (10 hs)

### 3. Diseño de la interfaz gráfica. (165 hs)

- 3.1. Diseño de la arquitectura de software. (30 hs)
- 3.2. Maquetación de la interfaz gráfica. (30 hs)
- 3.3. Desarrollo del software. (30 hs)

- 3.4. Pruebas de verificación. (30 hs)
- 3.5. Modificaciones del software. (15 hs)
- 3.6. Segunda ronda de pruebas de verificación. (30hs).
- 4. **Diseño e implementación del firmware** (170 hs).
  - 4.1. Diseño de la arquitectura de software. (20)
  - 4.2. Instalación y familiarización con el entorno de desarrollo. (15 hs)
  - 4.3. Diseño del módulo adquisidor de temperaturas. (10hs)
  - 4.4. Diseño del módulo adquisidor de presión de aceite. (10 hs)
  - 4.5. Diseño del módulo adquisidor de relación de oxígeno. (10 hs)
  - 4.6. Diseño del módulo de transmisión de datos. (30 hs)
  - 4.7. Pruebas de verificación. (30hs hs)
  - 4.8. Modificaciones del software. (15hs hs)
  - 4.9. Segunda ronda de pruebas de verificación. (30hs hs).
- 5. **Etapa de validación.** (50 hs)
  - 5.1. Pruebas de validación con el prototipo montado sobre el vehículo. (30hs)
  - 5.2. Ajustes luego de las pruebas de validación. (20hs)
- 6. **Cierre del proyecto.** (90 hs)
  - 6.1. Informes de avance del proyecto (20hs)
  - 6.2. Redacción de la memoria final del proyecto (40hs)
  - 6.3. Correcciones a la memoria final del proyecto (20hs)
  - 6.4. Presentación final del proyecto (10hs).

Cantidad total de horas: (600 hs)

## 7. Diagrama de Activity On Node

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

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:

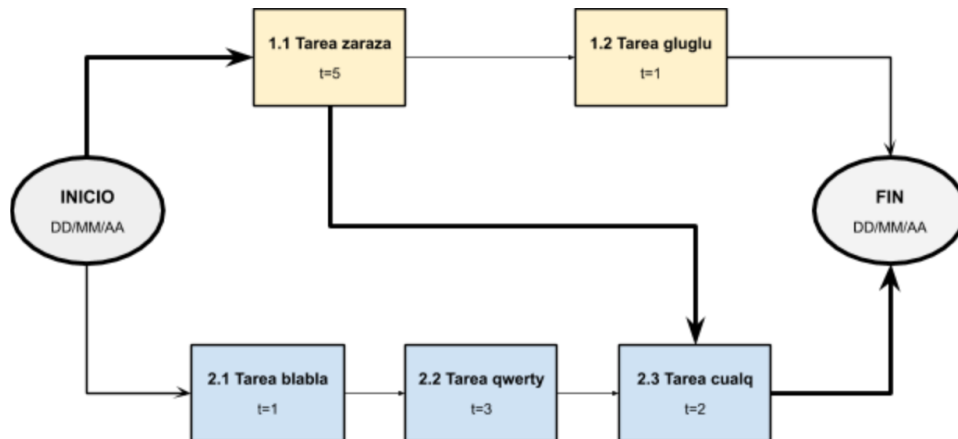


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*

## 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.

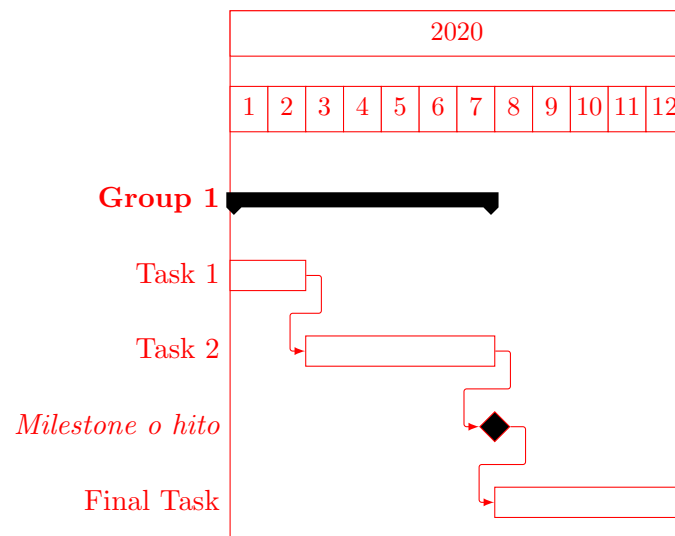


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo

## 9. Matriz de uso de recursos de materiales

Página 13 de 17

## 10. Presupuesto detallado del proyecto

Si el proyecto es complejo entonces separarlo en partes:

- Un total global, indicando el subtotal acumulado por cada una de las áreas.
- El desglose detallado del subtotal de cada una de las áreas.

**IMPORTANTE:** No olvidarse de considerar los **COSTOS INDIRECTOS**.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
SUBTOTAL			
TOTAL			

## 11. Matriz de asignación de responsabilidades

Establecer la matriz de asignación de responsabilidades y el manejo de la autoridad completando la siguiente tabla:

Código WBS	Nombre de la tarea	Listar todos los nombres y roles del proyecto			
		Responsable Ignacio Moya	Orientador Tomás Porreca	Equipo Nombre de alguien	Cliente Gastón Cabello

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	Ignacio Moya	Gastón Cabello, Tomás Porreca	email
2.1	Avance de las sub tareas	Mensual mientras dure la tarea	Ignacio Moya	Gastón Cabello, Tomás Porreca	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.