



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

# Control Automático de Ganancia para Sistema de Anuncios a Pasajeros

Autor:

Ing. Gustavo Ramoscelli (UNS)

Director:

Dr. Ing. Ariel Lutenberg (FIUBA, CONICET)

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 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 . . . . .	8
6. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	8
7. Diagrama de Activity On Node . . . . .	10
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	27/06/2020
1.1		dd/mm/aaaa
1.2		dd/mm/aaaa

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 22 de junio de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Ing. Gustavo Ramoscelli que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Control Automático de Ganancia para Sistema de Anuncios a Pasajeros”, consistirá en el prototipo preliminar de un sistema de control digital de volumen, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo, 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. Martín Harris  
SOFSE

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
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

El presente proyecto busca solucionar un problema que ocasiona quejas frecuentes por parte de los pasajeros de distintas líneas de trenes de la Argentina: la dificultad de escuchar correctamente los anuncios que se reproducen por los altoparlantes de los trenes en movimiento. Debido al ruido ambiente producido por distintas fuentes como por ejemplo: los propios pasajeros, los ruidos mecánicos de la formación y los ruidos externos, en diversos puntos del recorrido se hace necesario aumentar el volumen del sistema de anuncios por audio (*audio announcement system* en inglés) en ciertas partes del viaje. Sin embargo, aumentar demasiado el volumen puede producir una sensación de aturdimiento, especialmente en tramos donde el nivel de ruido ambiente es menor. Por esto es deseable instalar en las formaciones un *control automático de ganancia* (CAG).

Existen en el mercado internacional soluciones comerciales con prestaciones similares a las ofrecidas por este proyecto, como por ejemplo este producto de fabricación extranjera: **Passenger announcement for rolling stock**. Sin embargo, hay varios motivos para desarrollar una solución nacional. Un motivo es el costo elevado de los productos ferroviarios de importación respecto de los productos nacionales. Otro motivo es que las soluciones comerciales de productos ferroviarios en general usan tecnologías diferentes a las usadas en las formaciones locales lo que implica hacer complejas adaptaciones del producto. Estos motivos justifican la realización del presente proyecto.

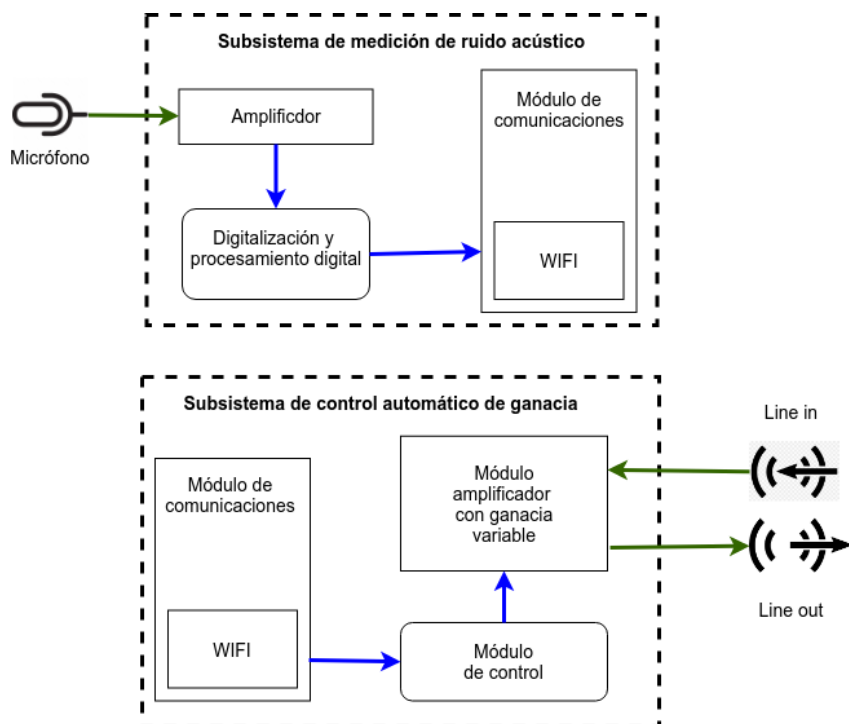


Figura 1: Diagrama en bloques de la arquitectura del sistema CAG

Como se observa en la Fig. 1 el sistema a implementar está compuesto por dos subsistemas. Uno es el subsistema de medición de ruido ambiente que se encarga de obtener el nivel de ruido

acústico del lugar donde está instalado para luego enviar este dato a travez de una red *mesh* de sensores. Se instalarán varios de estos subsistemas por cada formación de tren.

El subsistema de control automático de ganacia recibe a travez de la red de sensores los niveles de ruido de cada punto de medición y con estos datos ajusta el nivel de la señal de audio que proviene del sistema de anuncios y que se envía a los altoparlantes del tren.

## Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Ing. Martín Harris	SOFSE	Coordinador General de Desarrollo
Responsable	Ing. Gustavo Ramoscelli	FIUBA	Alumno
Orientador	Dr. Ing. Ariel Lutenberg	FIUBA, CONICET	Director Trabajo final
Usuario final			

El Ing. Martin Harris se ofreció a comprar el material necesario.

El Ing. Ariel Lutenberg se comprometió a realizar las gestiones de ingreso del proyecto en SOFSE para su aprobación. Muchas veces no está disponible por su apretada agenda.

## 1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto consiste en desarrollar un sistema de control automático de ganacia del sistema de anuncios de audio de las formaciones de trenes. Tiene dos objetivos principales:

- Mejorar la calidad del audio de los anuncios a los pasajeros.
- Enviar los datos de ruido georeferenciados a los servidores de SOFSE para su análisis y registración.

## 2. Alcance del proyecto

Los dispositivos a desarrollar serán dos: el dispositivo de medición de ruido ambiente y el dispositivo de control automático de ganacia. El dispositivo de medición de ruido acústico obtendrá el dato del nivel de ruido acústico a partir del procesamiento de la señal de audio capatada por un micrófono. Luego transmitirá el dato del nivel de ruido acústico a través de una red *mesh* a un servidor central y al dispositivo del subsistema de control automático de ganacia.

El dispositivo que realiza el control automático de ganacia recibe el dato del nivel de ruido de todos los dispositivos de medición de ruido acústico instalados en la formación. Usando los datos de ruido acústico realizará el ajuste necesario en la ganacia de un amplificador de audio interno. Además el dispositivo tendrá una entrada de audio y una salida de audio. La entrada

de audio del dispositivo estará conectada a la señal de audio del sistema de anuncios del tren y la salida de audio estará conectada a los parlantes instalados en el tren.

El sistema propuesto que se muestra en la Fig. 1 tiene como meta a alcanzar la implementación de los componentes de abajo:

- Desarrollo de firmware para microcontrolador del módulo principal del sistema.
- Desarrollo de firmware para microcontrolador del módulo de comunicaciones WIFI.
- Desarrollo de interfaz web responsiva que será provista por el módulo de comunicaciones para la configuración.
- Diseño de hardware para el sistema.
- Prototipo funcional. No estará contemplado por este proyecto:
- El software de PC de análisis de la información recolectada.

### 3. Supuestos del proyecto

Para el presente proyecto se consideran con los siguientes supuestos:

- Para el desarrollo del módulo principal se utilizará una solución microprocesada basada en EDU-CIA, debido que se tiene disponibilidad de la misma y posee un procesador de tipo, arquitectura y modelos ampliamente utilizados en proyectos de sistemas embebidos.
- Para el desarrollo del módulo de comunicaciones WIFI se utilizará una solución basada un módulo de la familia ESP32, debido a que es ampliamente utilizado en internet de las cosas, y como interfaces integrantes de soluciones de sistemas embebidos.

### 4. Requerimientos

Los requerimientos para el presente proyecto son los enumerados abajo:

1. Grupo de requerimientos del subsistema de medición de ruido acústico.
  - 1.1. Adecuación del nivel de señal de audio captado por el micrófono para mejorar el rango dinámico en la digitalización de la señal por parte del conversor ADC.
  - 1.2. Obtención del nivel de ruido acústico mediante el procesamiento digital de la señal digital proveniente del conversor ADC.
  - 1.3. Envío de los niveles de ruido acústico en tiempo real a un servidor remoto por paquetes MQTT mediante protocolo seguro (TLS).
  - 1.4. Almacenamiento local de los datos enviados (backup)
  - 1.5. Actualización del *firmware* completo por WIFI.
  - 1.6. Configuración general del subsistema por página web.
  - 1.7. Configuración general del sistema por mensajes MQTT.

2. Grupo de requerimientos del subsistema de control automático de ganancia.
  - 2.1. Ajuste automático del nivel de ganancia del amplificador interno de audio en tiempo real en función de los valores de ruido ambiente reportados y de los valores de la configuración.
  - 2.2. Actualización del *firmware* completo por WIFI.
  - 2.3. Configuración general del subsistema por página web.
  - 2.4. Configuración general del sistema por mensajes MQTT.
3. Requerimientos generales
  - 3.1. La alimentación deberá ser de 5V continua.
4. Grupo de requerimientos referidos a la interfaz de usuario.
  - 4.1. Se deberá poder visualizar en la interfaz WIFI el estado del dispositivo, memoria disponible, valores de configuración, etc.
  - 4.2. Se deberá poder configurar ciertos parámetros de configuración funcionales como ser la calibración del nivel de ruido acústico.
  - 4.3. Se deberá poder configurar parámetros de configuración referente a la conexión WIFI (Red, Tópico, Usuario y Clave del Servidor MQTT, Certificado SSL, etc).
  - 4.4. Se deberá poder descargar las capturas en formato CSV de forma total o por rango temporal.

## 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

- Manual de uso.
- Código fuente de firmware del módulo principal y de comunicaciones de todos los subsistemas.
- Diseño de hardware de todos los subsistemas.
- Documentación de arquitectura y diseño para transferencia de conocimiento que posibilite futuras mejoras por parte del cliente.

## 6. Desglose del trabajo en tareas

1. Grupo de tareas iniciales



- 1.1. Realizar el plan del proyecto (12 hs).
- 1.2. Ingeniería de detalle: se buscan los componentes electrónicos apropiados para la solución propuesta y se realizan las elecciones de los mismos. (24 hs)
- 1.3. Investigar sobre procesamiento digital de señales de audio y elegir la mejor solución para la solución propuesta. (12 hs)
2. Grupo de tareas de la construcción de hardware
  - 2.1. Diseño del hardware: Se realiza el diseño de la placa electrónica, el diagrama de bloques detallado y los esquemáticos necesarios. (40 hs)
  - 2.2. Simulación del hardware: Se realiza la simulación del hardware diseñado para encontrar los valores óptimos de los componentes analógicos. (24 hs)
  - 2.3. Ruteo de pistas del PCB: Diseño de las placas PCB necesarias, mejoramiento de las especificaciones en función de los parámetros electrónicos y su adecuación para manufacturabilidad. (40 hs)
  - 2.4. Compra de componentes: Se buscará que todos los componentes electrónicos se encuentren en el mercado local. El tiempo puede ser mayor ante la necesidad de importarlos por falta de disponibilidad local. (4 hs + 30 días)
  - 2.5. Fabricación del PCB: Como el proyecto es un prototipo se realizará la manufactura artesanal del PCB. (12 hs).
  - 2.6. Montaje hardware: Montaje de componentes, soldadura manual y posiblemente en horno de los componentes SMD. (20 hs)
  - 2.7. Verificación hardware: Se realizan las pruebas necesarias sobre las placas armadas para asegurar su confiabilidad. (8 hs).
3. Grupo de tareas de la construcción del software
  - 3.1. Diseño del software: Se realizan el documentos de requerimientos de software, el documento de arquitectura de software y se documenta la planificación del trabajo para seguir un desarrollo guiado por comportamiento. (24 hs)
  - 3.2. Implementación y testing del módulo de comunicaciones WIFI: Se realiza la integración de varias bibliotecas (protocolo MQTT, protocolo HTTP, capa de seguridad TLS, etc). (8 hs).
  - 3.3. Maquetado e implementación de páginas Web: Se realiza el armado de las páginas Web para la configuración de distintos módulos y la presentación de información del sistema. (16 hs).
  - 3.4. Implementación del módulo de procesamiento digital de audio: Se realiza la implementación de filtros para la adecuación de la señal de audio digitalizada y la implementación de algoritmos de procesamiento digital como FFT y otros. (40 hs).
  - 3.5. Módulo de ganancia automática: Implementación del módulo que a partir de los datos de ruido acústico y de configuración, entrega el nivel de ganancia a aplicar al amplificador analógico. (8 hs)
  - 3.6. Módulo de almacenamiento: Se realiza la implementación del driver del filesystem de memoria SD para almacenar el respaldos de los datos enviados por MQTT. (40 hs)
  - 3.7. Integración del sistema: Se realiza la implementación de las pruebas de integración de los distintos subsistemas y se llevan a cabo. Luego se integran todos los módulos. (40 hs)
4. Grupo de tareas de integración y validación

- 4.1. Integración Software con Hardware: Se integra el software funcionando en el hardware manufacturado. (24 hs).
- 4.2. Validación: Se realizan validaciones del producto, incluyendo pruebas de campo. (40 hs)
- 4.3. Documentación: Se integrará la documentación tanto de las etapas de la fabricación del producto, como los archivos de diseño. Adicionalmente se confeccionara los manuales de uso del producto. (32 hs)
- 4.4. Presentación: Se elaborará la presentación final del proyecto. (32 hs)

Cantidad total de horas: (524 hs de trabajo + 30 días calendario de demora)

## 7. Diagrama de Activity On Node

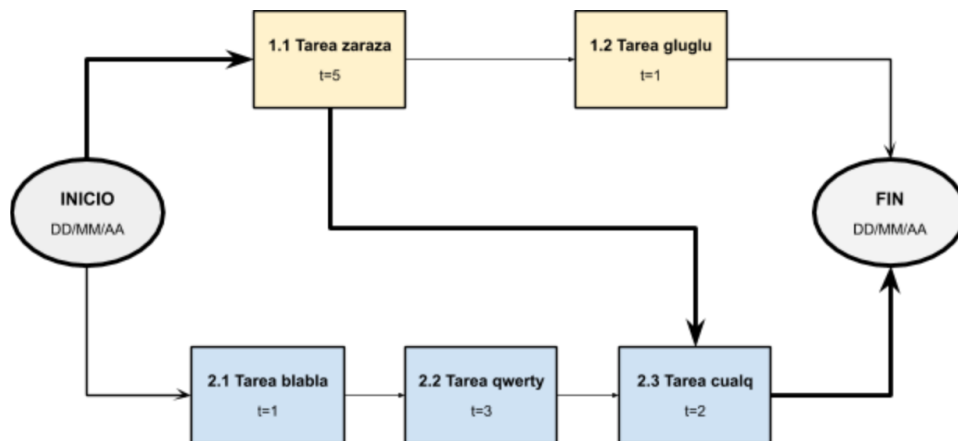


Figura 2: Diagrama en *Activity on Node*

## 8. Diagrama de Gantt

Utilizar el software Ganttter 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.

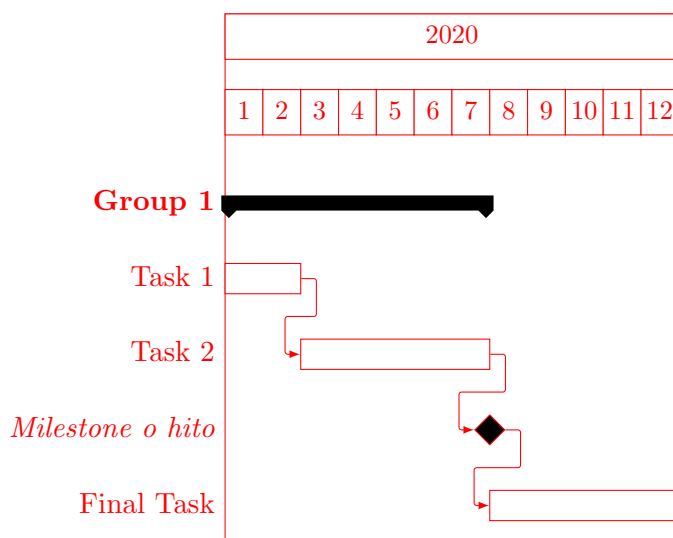


Figura 3: Diagrama de gantt de ejemplo

## 9. Matriz de uso de recursos de materiales

Código WBS	Nombre tarea	Recursos requeridos (horas)			
		Material 1	Material 2	Material 3	Material 4

## 10. Presupuesto detallado del proyecto

• • • •	umn4—c—COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total	
SUBTOTAL				
COSTOS INDIRECTOS				
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total	
	asdfsda			
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 Ing. Gustavo Ramoscelli	Orientador Dr. Ing. Ariel Lutenberg	Equipo Nombre de alguien	Cliente Ing. Martín Harris

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, 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.	

## 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.