



# Sistema de monitoreo remoto de apiarios

Autor:

Lic. Cynthia Escobar

Director:

Mg. Ing. Carlos Fontela (FIUBA)

Codirector:

Esp. Ciro Romero (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 21 de octubre de 2021 y el 8 de diciembre de 2021.*

## Índice

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . .	5
2. Identificación y análisis de los interesados . . . . .	6
3. Propósito del proyecto . . . . .	7
4. Alcance del proyecto . . . . .	7
5. Supuestos del proyecto. . . . .	7
6. Requerimientos . . . . .	8
7. Historias de usuarios ( <i>Product backlog</i> ). . . . .	9
8. Entregables principales del proyecto . . . . .	10
9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	10
10. Diagrama de Activity On Node. . . . .	12
11. Diagrama de Gantt . . . . .	13
12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .	15
13. Gestión de riesgos . . . . .	15
14. Gestión de la calidad . . . . .	16
15. Procesos de cierre . . . . .	17

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	21/10/2021
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	01/11/2021
2	Se completa hasta el punto 9 inclusive	08/11/2021

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 21 de octubre de 2021

Por medio de la presente se acuerda con la Lic. Cynthia Escobar que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Internet de las Cosas se titulará “Sistema de monitoreo remoto de apiarios”. Consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un sistema de medición, visualización y emisión de alertas destinado al monitoreo de apiarios, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y \$250000, con fecha de inicio 21 de octubre de 2021 y fecha de presentación pública 20 de noviembre de 2022.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Sr. Enrique Soto  
La Agroapícola

Mg. Ing. Carlos Fontela  
Director del Trabajo Final

## 1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

Las abejas son indispensables en la conservación del ecosistema y en la producción de alimentos gracias al importante papel que juegan como polinizadores en la fertilización y reproducción de las plantas.

La apicultura es la actividad realizada por el hombre que consiste en la cría y en el cuidado apropiado de las abejas para lograr que sus colonias prosperen y se pueda obtener de ellas para el consumo y/o comercialización: miel, polen, jalea real, propóleo y cera.

Es una actividad noble que a pesar de tener un fin económico trabaja buscando un equilibrio entre la explotación comercial y preservación de las abejas y el medio ambiente.

A pesar de los avances tecnológicos la apicultura sigue siendo una práctica casi artesana ya que el apicultor debe estar muy involucrado en el mantenimiento y cuidado de sus colmenas. Se deben realizar visitas periódicas para controlar la salubridad de las abejas, chequear los niveles de alimentos y el estado general de las colmenas. Como los apiarios suelen estar instalados lejos de los centros urbanos estas visitas suelen consumir tiempo y recursos, y de no realizar visitas periódicas uno se arriesga a poder perder colmenas.

El objetivo de esta solución es ayudar a minimizar la intervención del apicultor y sus costos asociados al proveerle de una herramienta que le permita monitorear distintas variables de sus colmenas de manera remota.

El monitoreo remoto propuesto se planea realizar a través de la recopilación de datos con los siguientes instrumentos instalados dentro de la cámara de cría de una colmena de abejas europeas (*Apis mellifera*):

- sensor de temperatura.
- sensor de humedad.
- sensor de sonido.
- sensor de inclinación (giroscopo).

En la figura 1 se presenta el diagrama en bloques del sistema que representa los distintos componentes que trabajarán en conjunto para recopilar datos y permitir controlar remotamente el estado de las colmenas.

La solución se compone de las siguientes partes:

- medición de la temperatura, de la humedad y del sonido en el interior de la cámara de cría y de su inclinación.
- lógica de procesamiento y persistencia de datos.
- visualización de métricas y alarmas.

Se propone que las mediciones sean recolectadas en los apiarios, transmitidas a un broker MQTT para finalmente ser enviadas a un servicio backend para su procesamiento, análisis y persistencia. También se contempla el desarrollo de un frontend para que el usuario pueda:

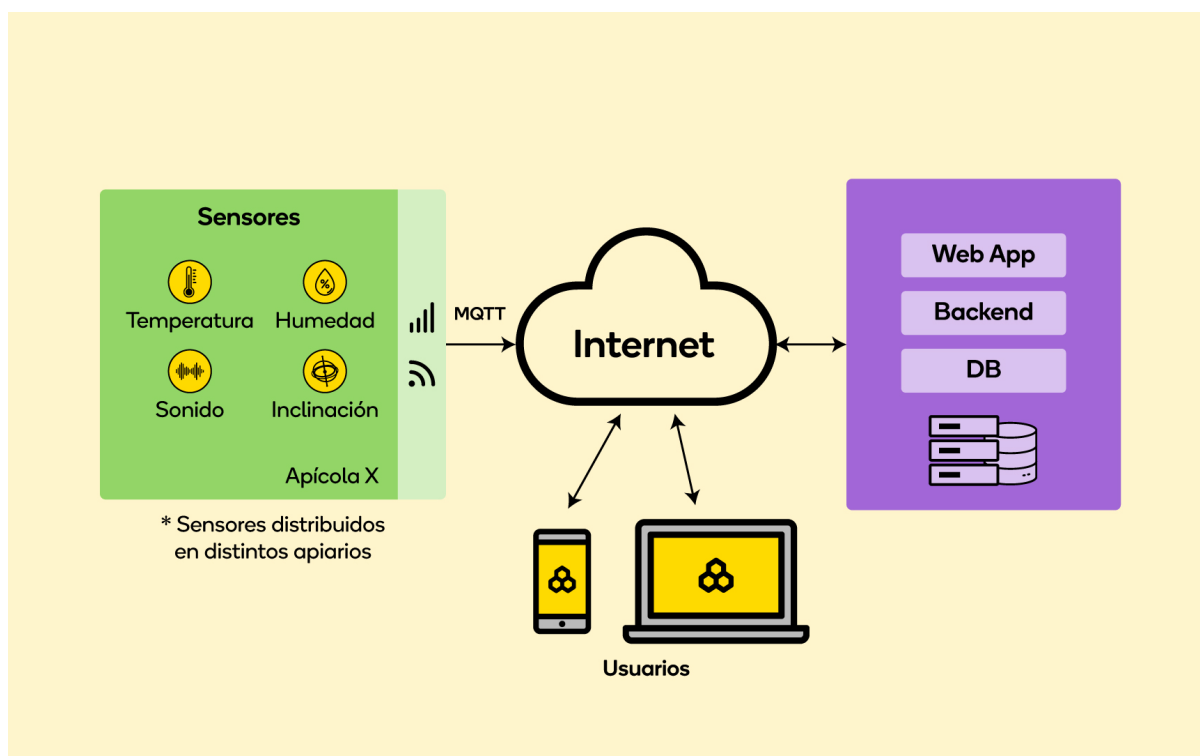


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema.

- acceder a la visualización de las métricas y alertas.
- acceder a un dashboard de administración y configuración.

Desde este frontend se espera que el usuario pueda establecer los thresholds de aceptabilidad para cada una de las métricas, así como la configuración de las acciones a tomar luego del disparo de una alarma de sistema.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Sr. Enrique Soto	La Agroapícola	-
Responsable	Lic. Cynthia Escobar	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Sr. Anibal Taverna	MAGyP	Coordinación de Apicultura
Orientadores	Mg. Ing. Carlos Fontela Esp. Ciro Romero	FIUBA	Director Trabajo final Codirector Trabajo final
Usuario final	Apicultores	-	-

- Cliente: quien dará la aprobación del producto si las pruebas demuestran una mejora en la actividad.
- Responsable: quien estará a cargo del análisis, planificación y desarrollo del proyecto.
- Colaborador: una autoridad en la actividad que es fuente de información y consejo tanto en lo técnico como en lo práctico.

- Orientador: quien en base a su extensa experiencia colaborará en la revisión y planificación del proyecto, y será una guía de referencia para el Responsable.
- Usuario Final: aquella persona cuya actividad es la apicultura y colaborará con las pruebas.

### 3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es colaborar con el cuidado de las colonias de abejas a cargo de apicultores y mejorar la productividad de la actividad poniendo en marcha un sistema que recabe información de las condiciones internas de la cámara de cría. De esta forma permite detectar de manera temprana enfermedades, accidentes y enjambrazones (abandono de la reina de la colmena para crear una nueva colonia) minimizando la pérdida de colmenas con una intervención mínima del apicultor.

### 4. Alcance del proyecto

El alcance de este proyecto incluye:

- desarrollo de una aplicación backend que se encargue de:
  - gestión de usuarios, configuraciones de thresholds, alertas, notificaciones.
  - procesamiento de las mediciones capturadas.
  - gestión de altas, bajas y modificaciones de nuevos apiarios.
- desarrollo de una aplicación web que permita visualizar las métricas y acceder a la configuración del sistema.
- desarrollo de un prototipo que integre los sensores instalados en el interior de la cámara de cría, con capacidad de conectarse a internet para el envío de los datos a un servidor.

El presente proyecto no incluye:

- la confección de la placa PCB.
- instalación de red wifi.
- instalación y configuración de servidor y base de datos.

### 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- se tendrá acceso a una red WiFi o a la red GSM/GPRS en el apiario.
- se simularán los sensores con distintas configuraciones ambientales.
- se contará con la colaboración del cliente para la evaluación de las pruebas.

- se contará con el tiempo suficiente para realizar las distintas tareas.
- se dispondrá de una colmena de abejas europeas para realizar pruebas.
- el dispositivo que vivirá dentro de la colmena podrá transmitir información a pesar de ser propolizado.
- la presencia del dispositivo no impactará en la rutina de la colonia ni del apicultor.

## 6. Requerimientos

### 1. Requerimientos del nodo de medición

- 1.1. deberá estar protegido para evitar que las abejas recubran su superficie con propóleo (propolización) que pueda afectar su funcionamiento.
- 1.2. deberá medir la temperatura en un rango de 0 °C–50 °C.
- 1.3. deberá medir la humedad en un rango de 0–100 %.
- 1.4. deberá medir el sonido en un rango de 100 Hz–10kHz.
- 1.5. deberá medir la posición haciendo uso de un giroscopio y acelerómetro.
- 1.6. realizar las capturas cada 3 minutos.
- 1.7. deberá contar con tecnología GSM/GPRS para la conexión a la red de datos.
- 1.8. deberá tener un parámetro que lo identifique inequívocamente.
- 1.9. deberá conectarse a un servidor externo para obtener la hora.
- 1.10. deberá sincronizar el reloj interno para que independientemente de la hora de impacto en el backend la hora de medición sea confiable.
- 1.11. deberá contar con almacenamiento local (SD).
- 1.12. deberá tener capacidad para reintentar el envío de métricas ante pérdida de conexión.

### 2. Requerimientos de seguridad

- 2.1. autenticación de los nodos y encriptación de los datos utilizando Mutual TLS.
- 2.2. acceso a la aplicación web con usuario y contraseña.

### 3. Requerimientos de la aplicación backend

- 3.1. deberá enviar un alerta al usuario cuando detecte que la posición vertical de la colmena ha variado.
- 3.2. deberá enviar un alerta al detectar que la temperatura en la cámara de cría varía por fuera de los 34°C–36°C.
- 3.3. deberá enviar un alerta al usuario cuando detecte un cambio brusco de la temperatura en la cámara de cría.
- 3.4. deberá emitir un alerta cuando se detecte que la humedad ha superado el 14 %.
- 3.5. deberá mantener un histórico de las métricas de hasta 1 mes.

### 4. Requerimientos de la aplicación web

- 4.1. deberá mostrar la temperatura en una serie temporal.
- 4.2. deberá mostrar la humedad en una serie temporal.



- 4.3. deberá mostrar el sonido en una serie temporal.
- 4.4. deberá mostrar la posición en una serie temporal.
- 4.5. deberá mostrar la configuración personal del usuario.
- 4.6. deberá mostrar un histórico de los alertas.

5. Requerimientos de documentación

- 5.1. se debe generar un documento de casos de prueba.
- 5.2. se debe generar un manual de usuario.

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

Se eligió una escala basada en la serie Fibonacci desde 1 a 13. La ponderación de estas historias se realizó teniendo en cuenta la dificultad y complejidad en resolverlas:

Dificultad	Ponderación
Baja	1
Media	3
Alta	5

Complejidad	Ponderación
Baja	1
Media	5
Alta	8

Dificultad	Complejidad	Story Point
1	1	3
1	5	5
1	8	8
3	1	5
3	5	8
3	8	13
5	1	5
5	5	8
5	8	13

A continuación se presentan las historias de usuarios:

- como usuario quiero acceder a la aplicación web con mi correo y contraseña. Dificultad: 5. Complejidad: 8. SP: 13.
- como usuario quiero modificar mi configuración. Dificultad: 5. Complejidad: 3. SP: 8.
- como apicultor quiero poder visualizar la temperatura de cualquiera de mis colmenas. Dificultad: 3. Complejidad: 5. SP: 8.
- como apicultor quiero poder recibir un alerta si la temperatura fluctúa fuera de los 34°C–36°C. Dificultad: 1. Complejidad: 5. SP: 5.
- como apicultor quiero poder visualizar la humedad de cualquiera de mis colmenas. Dificultad: 3. Complejidad: 5. SP: 8.

- como apicultor quiero poder recibir un alerta si la humedad fluctúa por sobre el 14 %.  
Dificultad: 1. Complejidad: 5. SP: 5.
- como apicultor quiero poder visualizar la posición de cualquiera de mis colmenas.  
Dificultad: 3. Complejidad: 5. SP: 8.
- como apicultor quiero poder recibir un alerta si la posición vertical de la colmena ha variado. Dificultad: 1. Complejidad: 5. SP: 5.
- como apicultor quiero poder acceder al histórico de alertas. Dificultad: 3. Complejidad: 5. SP: 8.
- como investigador quiero poder acceder al histórico de cualquiera de las métricas.  
Dificultad: 5. Complejidad: 5. SP: 8.

## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son:

- manual de usuario.
- diagrama esquemático de la solución.
- prototipo funcional.
- informes de avance y final del proyecto.
- presentación.

## 9. Desglose del trabajo en tareas

1. Planificación general (50 hs)
  - 1.1. investigación previa sobre la actividad (20 hs).
  - 1.2. búsqueda de colaboradores y clientes (10 hs).
  - 1.3. charlas informativas con colaboradores (10 hs).
  - 1.4. definición de alcances y requerimientos (10 hs).
2. Aplicación backend (110 hs)
  - 2.1. diseño de modelo de datos (10 hs).
  - 2.2. creación de certificados (10 hs).
  - 2.3. diseño y construcción de la aplicación (50 hs).
  - 2.4. pruebas unitarias (30 hs).
  - 2.5. pruebas de integración (10 hs).
3. Aplicación web (103 hs)
  - 3.1. maquetado (12 hs).
  - 3.2. visualización de métricas (20 hs).

- 3.3. visualización de alertas (20 hs).
- 3.4. gestión de configuración (15 hs).
- 3.5. gestión de usuarios (10 hs).
- 3.6. pruebas de visualización de métricas (8 hs).
- 3.7. pruebas de visualización de alertas (8 hs).
- 3.8. pruebas de integración (10 hs).
- 4. Desarrollo del prototipo (53 hs)
  - 4.1. análisis y selección de sensor de temperatura (3 hs).
  - 4.2. análisis y selección de sensor de humedad (3 hs).
  - 4.3. análisis y selección de sensor de sonido (4 hs).
  - 4.4. análisis y selección de sensor de posición (3 hs).
  - 4.5. instalación y protección de nodo de sensores (10 hs).
  - 4.6. investigación sobre microcontroladores disponibles (10 hs).
  - 4.7. integración de componentes (20 hs).
- 5. Firmware de prototipo (179 hs)
  - 5.1. diseño arquitectura (12 hs).
  - 5.2. programación de giroscopio y acelerómetro (15 hs).
  - 5.3. estudio y programación del módulo GSM/GPRS (30 hs).
  - 5.4. sincronización reloj interno (5 hs).
  - 5.5. estudio de Mutual TLS y creación de certificados (12 hs).
  - 5.6. manipulación de datos (25 hs).
  - 5.7. desarrollo de la comunicación utilizando Mutual TLS, contemplando reintentos (35 hs).
  - 5.8. pruebas unitarias (30 hs)
  - 5.9. pruebas de integración (15 hs).
- 6. Documentación (95 hs)
  - 6.1. elaboración de manual de pruebas (10 hs).
  - 6.2. elaboración del manual de usuario (15 hs).
  - 6.3. elaboración del informe de avance (30 hs).
  - 6.4. elaboración de la memoria técnica (40 hs).
- 7. Cierre (50 hs)
  - 7.1. elaboración del informe final (30 hs).
  - 7.2. elaboración de la presentación (20 hs).

Cantidad total de horas: (640 hs)

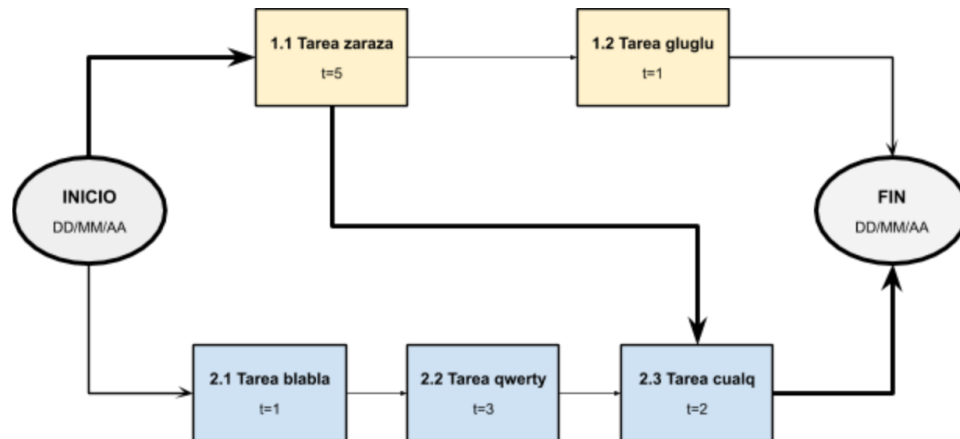


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*

## 10. 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:

## 11. Diagrama de Gantt

Existen muchos programas y recursos *online* para hacer diagramas de gantt, entre los 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.

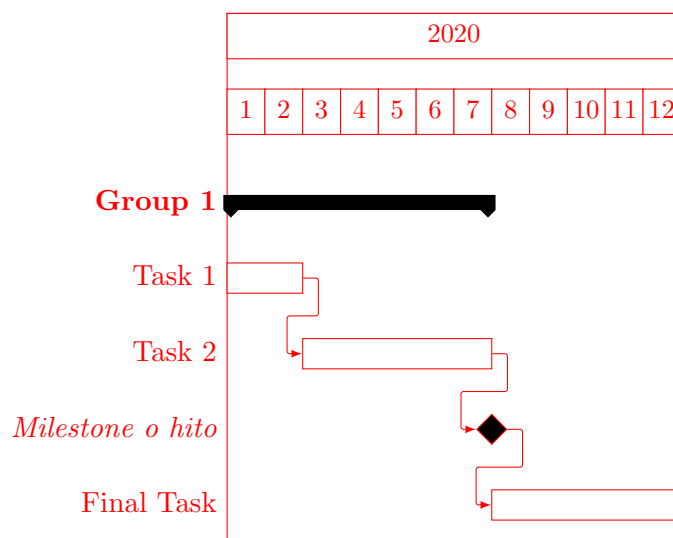


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo



Figura 4. Ejemplo de diagrama de Gantt rotado

## 12. 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			

## 13. 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 de forma negativa)

- 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):

■ Ocurrecia (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).

## 14. Gestión de la calidad

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: copiar acá el requerimiento.
  - 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. Las acciones de verificación suelen considerar al entregable como “caja blanca”, es decir se conoce en profundidad su funcionamiento interno. En cambio, las acciones de validación suelen considerar al entregable como “caja negra”, es decir, que no se conocen los detalles de su funcionamiento interno.



## 15. 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 emplearon, 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.