



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

# Desarrollo de programa para análisis de distribución de tamaño de nanopartículas

Autor:

Lic. Pedro Miguel Pérez

Director:

Nombre del Director (pertenencia)

Codirector:

John Doe (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 24 de junio de 2021 y el 18 de agosto 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> ). . . . .        | 8  |
| 8. Entregables principales del proyecto . . . . .                   | 9  |
| 9. Desglose del trabajo en tareas . . . . .                         | 9  |
| 10. Diagrama de Activity On Node. . . . .                           | 10 |
| 11. Diagrama de Gantt . . . . .                                     | 10 |
| 12. Presupuesto detallado del proyecto . . . . .                    | 13 |
| 13. Gestión de riesgos . . . . .                                    | 13 |
| 14. Gestión de la calidad . . . . .                                 | 14 |
| 15. Procesos de cierre . . . . .                                    | 15 |

## Registros de cambios

| Revisión | Detalles de los cambios realizados     | Fecha               |
|----------|--|---------------------|
| 0        | Creación del documento                 | 24 de junio de 2021 |
| 1        | Se completa hasta el punto 5 inclusive | 08 de junio de 2021 |

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 24 de junio de 2021

Por medio de la presente se acuerda con el **Lic.** Lic. Pedro Miguel Pérez que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Inteligencia Artificial se titulará “Desarrollo de programa para análisis de distribución de tamaño de **nanopartículas**”, consistirá esencialmente en la implementación de una red neuronal para el procesamiento de imágenes de microscopía, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de **600** hs de trabajo y **\$XXX**, con fecha de inicio 24 de junio de 2021 y fecha de presentación pública 15 de mayo de 2022.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Mara Alderete  
Instituto de Nanosistemas UNSAM

Nombre del Director  
Director del Trabajo Final

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

Durante el proceso final de **síntesis de nanopartículas** es necesario llevar adelante su **caracterización**, la técnica más común es la microscopía electrónica de barrido (SEM), **este tipo de microscopios** permiten producir imágenes de alta resolución de la superficie de la muestra analizada. El análisis de las imágenes producidas por microscopios SEM **aportan** información sobre diferentes propiedades físicas en los **nanomateriales: tamaño, forma, superficie, etc.** “En la Figura 1 se presenta una imagen de nanopartículas de dióxido de titanio tomadas por un microscopio electrónico de barrido”.

Uno de los parámetros más comunes que permite evaluar la calidad de una síntesis realizada es la distribución de tamaños de las partículas o PSD por sus siglas en inglés. La dificultad de esta medición depende principalmente de la forma y la aglomeración de las mismas, por lo tanto cuando las partículas no son esféricas y se encuentran aglomeradas el proceso es mucho más complejo y se ve alterado considerablemente el resultado de la medición. La determinación de la PSD en imágenes de partículas es una tarea compleja que requiere de mucho tiempo y de la intervención del ojo humano para su procesamiento. Esta práctica no solo es laboriosa sino que es repetitiva y provoca muchas veces fatiga ocular en el operador.

Actualmente existe la necesidad de poder automatizar la medición de la distribución del tamaño de las partículas en imágenes SEM. El análisis manual realizado es propenso a errores, y a su vez añade el sesgo del operador que realiza la medición. **Por lo que** un método de procesamiento automático mejoraría la calidad y trazabilidad de los resultados y disminuiría considerablemente el tiempo de procesamiento.

Las redes neuronales, en especial las redes neuronales convolucionales (Convolution Neural Network en inglés - CNN), **han** demostrado su amplio potencial en el procesamiento de imágenes para resolver problemas de clasificación y segmentación de objetos. El objetivo principal de este trabajo es poder aplicar técnicas de aprendizaje automático, en particular redes neuronales **convolucionales** para procesar imágenes automáticamente y así poder determinar la distribución del tamaño de las partículas en las mismas. En este trabajo **el** principal desafío **será** crear un sistema automático para el procesamiento de imágenes en un entorno real contando con un número limitado de imágenes para el entrenamiento.

El método consiste en tres fases: generación del dataset, entrenamiento del modelo y aplicación del modelo. “En la Figura 2 se presenta una el **esquema de trabajo propuesto**”.

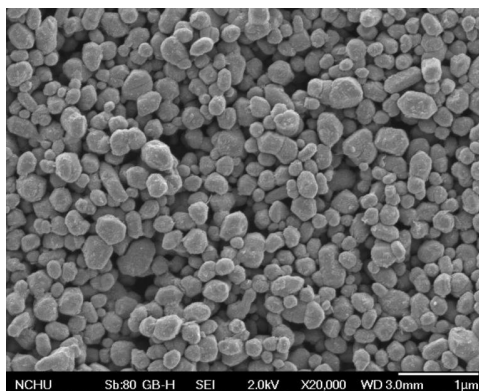
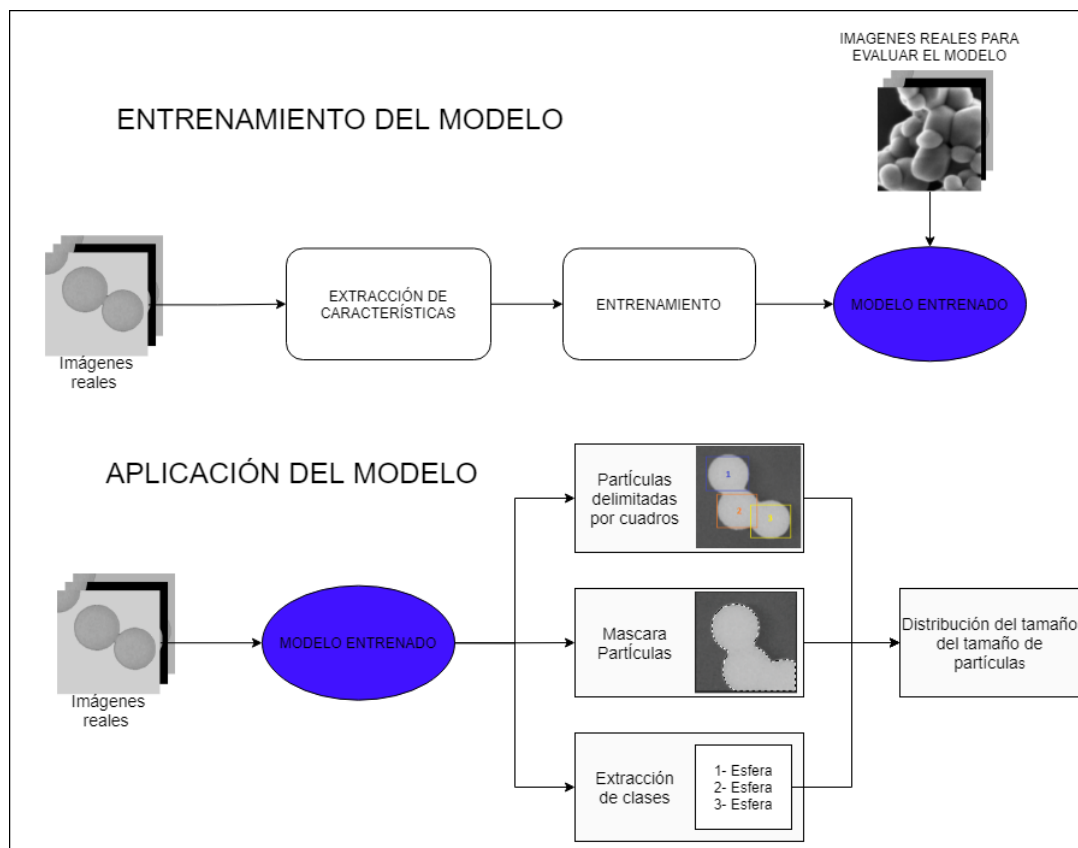


Figura 1. Imagen de nanopartículas de dióxido de **titanio**

En la etapa de generación del dataset a partir de imágenes reales se realizará un proceso de segmentación manual en la cual se extraera el área de interés o **ROI**.

Las imágenes etiquetadas serán utilizadas para entrenar el modelo mediante la arquitectura seleccionada. **En la aplicación del modelo, permitirá procesar imágenes reales para así determinar la distribución del tamaño de partículas.**



**Figura 2.** Esquema de trabajo **propuesto**

## 2. Identificación y análisis de los interesados

| Rol               | Nombre y Apellido       | Organización                    | Puesto                 |
|-------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Cliente           | <b>Mara</b> Alderete    | Instituto de Nanosistemas UNSAM | Coordinadora UNSAM     |
| Responsable       | Lic. Pedro Miguel Pérez | FIUBA                           | Alumno                 |
| Colaboradores     | Marina Simian           | CONICET                         | Investigadora          |
| <b>Orientador</b> | Nombre del Director     | pertenencia                     | Director Trabajo final |
| Usuario final     | Operador                | UNSAM                           | Analista               |

- Colaboradores: Marina Simian será de gran ayuda para la creación de los **data set** necesarios para entrenar y validar el modelo.
- Usuario final: Los analistas del laboratorio serán de gran ayuda para validar el modelo en un entorno productivo.

### 3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es diseñar e implementar una solución basada en una arquitectura de red neuronal convolucional que permita determinar la distribución del tamaño de partículas aplicando técnicas de detección y segmentación eficiente en imágenes de microscopía.

### 4. Alcance del proyecto

El desarrollo del proyecto incluye:

- Desarrollar una herramienta que permita determinar la distribución del tamaño de partículas en una imagen de microscopía electrónica de barrido utilizando redes neuronales convolucionales (CNN).
- Estudiar y comparar diferentes arquitecturas de redes neuronales para evaluar su rendimiento, se plantea explorar las siguientes arquitecturas (U-NET, FastFCN y Mask R-CNN)
- Crear un dataset de imágenes que permita el entrenamiento de la red.
- Transformar y adaptar el dataset utilizado con el fin de incrementar el número de muestras y así poder aumentar la performance del modelo.
- Desarrollar una CNN que permita determinar la distribución del tamaño de partículas en dos clases de imágenes: partículas aisladas y aglomerado de partículas.
- Evaluar la efectividad del modelo y aplicar técnicas que permitan mejorar el rendimiento de la red aplicando técnicas de optimización de los hiper parámetros.
- Escalar el modelo para el procesamiento de imágenes de naturaleza distinta a las nanopartículas, como por ejemplo imágenes de esferoides.
- Desarrollar un servicio web básico, donde se podrá hacer uso de la red neuronal para analizar las imágenes de partículas.

### 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se dispondrá un conjunto de imágenes previamente etiquetadas para realizar el entrenamiento del modelo.
- El cliente deberá colaborar en la recolección y etiquetado de las imágenes que será utilizadas para el entrenamiento del modelo.
- El entrenamiento del modelo será realizado sobre la plataforma Colab.

## 6. Requerimientos

Los requerimientos deben numerarse y de ser posible estar agruparlos por afinidad, por ejemplo:

1. Requerimientos funcionales
  - 1.1. El sistema debe...
  - 1.2. Tal componente debe...
  - 1.3. El usuario debe poder...
2. Requerimientos de documentación
  - 2.1. Requerimiento 1
  - 2.2. Requerimiento 2 (prioridad menor)
3. Requerimiento de testing...
4. Requerimientos de la interfaz...
5. Requerimientos interoperabilidad...
6. etc...

Leyendo los requerimientos se debe poder interpretar cómo será el proyecto y su funcionalidad.

Indicar claramente cuál es la prioridad entre los distintos requerimientos y si hay requerimientos opcionales.

No olvidarse de que los requerimientos incluyen a las regulaciones y normas vigentes!!!

Y al escribirlos seguir las siguientes reglas:

- Ser breve y conciso (nadie lee cosas largas).
- Ser específico: no dejar lugar a confusiones.
- Expresar los requerimientos en términos que sean cuantificables y medibles.

## 7. 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.

El formato propuesto es: ¿como [rol] quiero [tal cosa] para [tal otra cosa].”

Se debe indicar explícitamente el criterio para calcular los *story points* de cada historia



## 8. Entregables principales del proyecto

Los entregables del proyecto son (ejemplo):

- Manual de uso
- Diagrama de circuitos esquemáticos
- Código fuente del firmware
- Diagrama de instalación
- Informe final
- etc...

## 9. Desglose del trabajo en tareas

El WBS debe tener relación directa o indirecta con los requerimientos. Son todas las actividades que se harán en el proyecto para dar cumplimiento a los requerimientos. Se recomienda mostrar el WBS mediante una lista indexada:

1. Grupo de tareas 1
  - 1.1. Tarea 1 (tantas hs)
  - 1.2. Tarea 2 (tantas hs)
  - 1.3. Tarea 3 (tantas hs)
2. Grupo de tareas 2
  - 2.1. Tarea 1 (tantas hs)
  - 2.2. Tarea 2 (tantas hs)
  - 2.3. Tarea 3 (tantas hs)
3. Grupo de tareas 3
  - 3.1. Tarea 1 (tantas hs)
  - 3.2. Tarea 2 (tantas hs)
  - 3.3. Tarea 3 (tantas hs)
  - 3.4. Tarea 4 (tantas hs)
  - 3.5. Tarea 5 (tantas hs)

Cantidad total de horas: (tantas hs)

Se recomienda que no haya ninguna tarea que lleve más de 40 hs.

## 10. Diagrama de Activity On Node

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

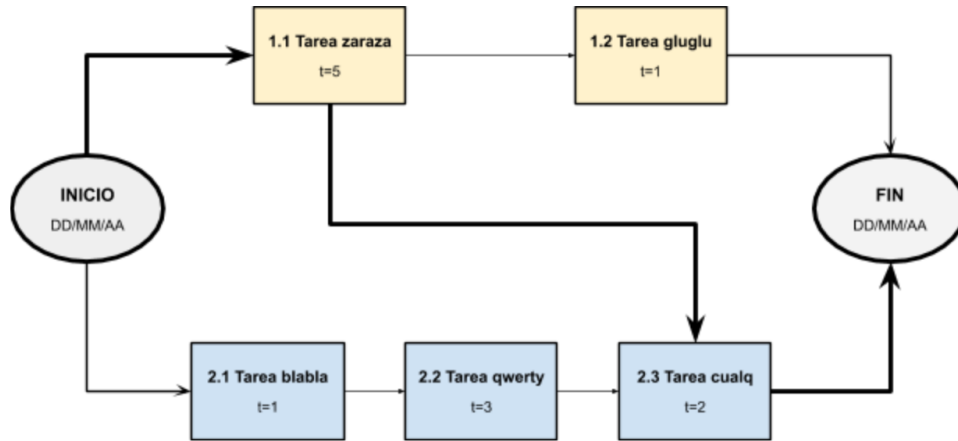


Figura 3. Diagrama en *Activity on Node*

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

## 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 4, 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.

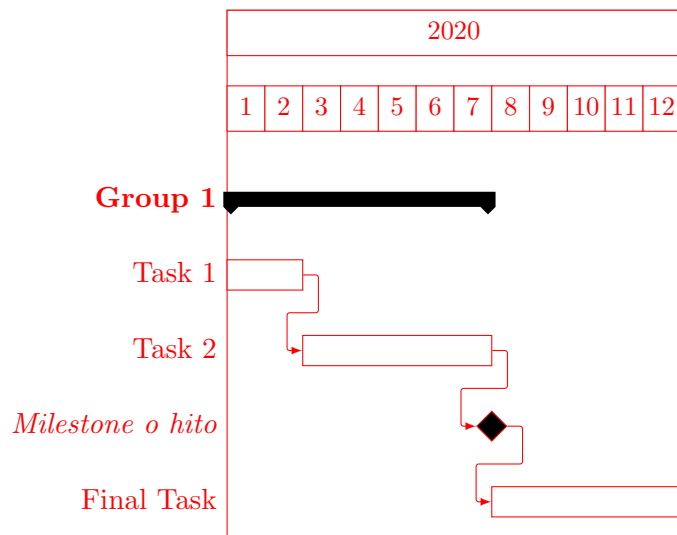


Figura 4. Diagrama de gantt de ejemplo

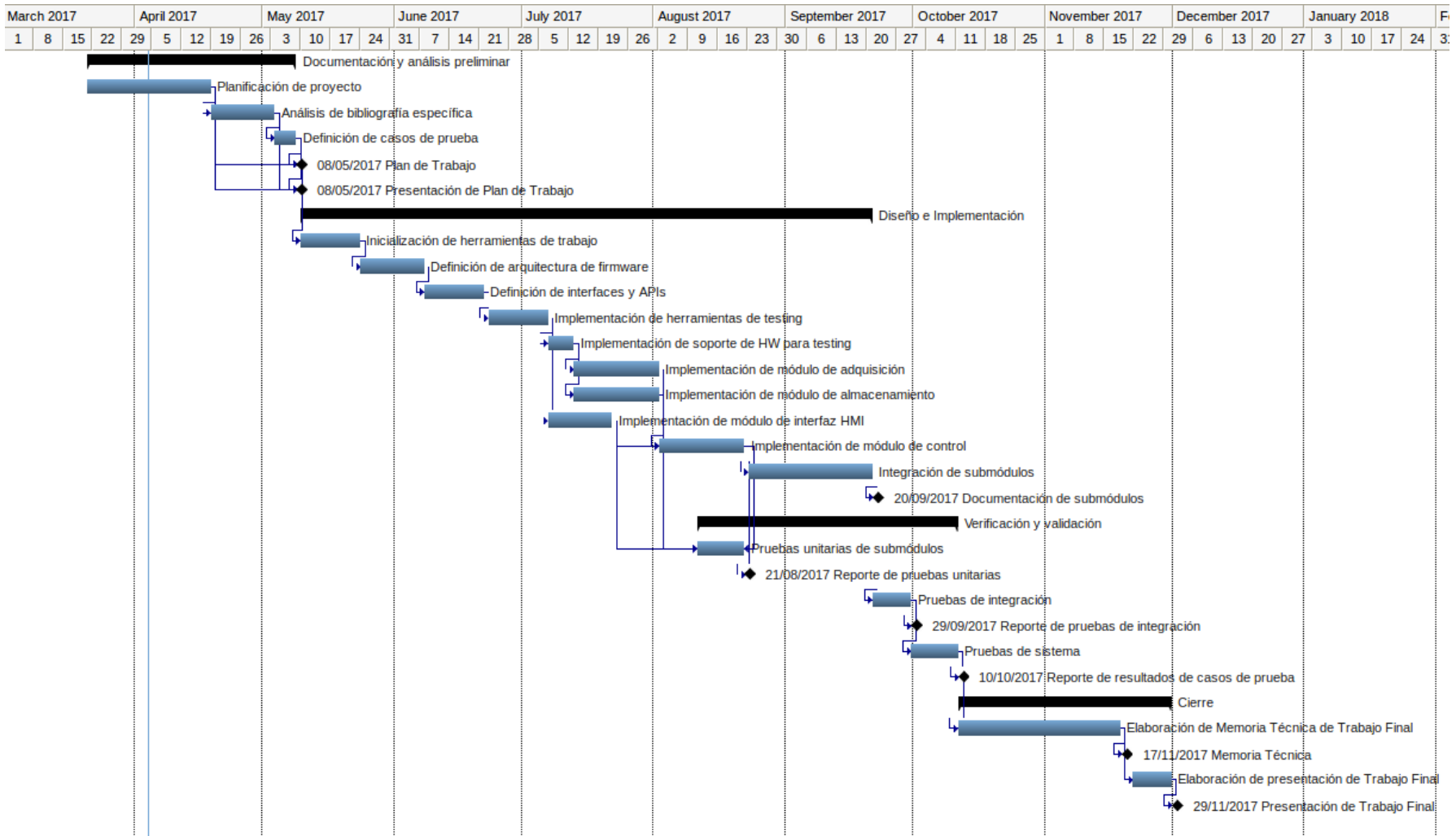


Figura 5. Ejemplo de diagrama de Gantt rotado

## 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):

■ **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).

## 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.