



# Emulador de microprocesador Leon3

Autor:

Iriarte Fernandez, Nicolás Ezequiel

Director:

Horro, Nicolás Eduardo (INVAP.S.E.)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 29/08/2023 y el 10/10/2023.*

## 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	29/08/2023
1	Se completa hasta el punto 5 inclusive	07/09/2023

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 29/08/2023

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Iriarte Fernandez, Nicolás Ezequiel que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Emulador de microprocesador Leon3”, consistirá esencialmente en la implementación de un prototipo de un emulador de Leon3 para desarrollo de SW satelital y simuladores, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 h de trabajo, con fecha de inicio 29/08/2023 y fecha de presentación pública 30/04/2024.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Dr. Ing. Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Pinedo, Matías  
INVAP.SE

Horro, Nicolás Eduardo  
Director del Trabajo Final

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

Para productos de ámbitos espaciales, como lo son los satélites, muchas veces es difícil, y en ocasiones imposible, generar escenarios realistas para pruebas de los elementos que lo componen. Ya sea por no poder generar las mismas condiciones ambientales, o porque la naturaleza de la maniobra que se busca probar implicaría un daño a los equipos bajo revisión.

En este contexto, es común replicar los elementos de interés de manera programada cumpliendo con cierto grado de representación. De manera tal que se comporten de la manera más similar posible a su contraparte física. Dichos elementos desarrollados se los llaman emulados o simulados. Uno de los componentes que se suele tener mayor interés en simular es el procesador de la computadora a bordo.

El término Computadora a Bordo (OBC, por las siglas en inglés de On Board Computer) suele referirse a la unidad en la que se ejecuta el Software A Bordo (OBSW, por sus siglas en inglés de On Board Software) y su rol principal es el control de los subsistemas del satélite. Esto incluye recolectar información de diferentes subsistemas, analizarla y tomar las decisiones y acciones apropiadas cuando sea requerido.

Dentro de la OBC se encuentra un microprocesador, dicho componente es el elemento de interés para el presente trabajo. Siendo el elemento a desarrollar.

Cabe destacar, que hoy en día existen emuladores tanto de código abierto como privativos para distintos microprocesadores. Un ejemplo claro de emulador de código abierto es Qemu, que abarca un amplio abanico de microprocesadores, entre ellos, algunos utilizables en el ámbito espacial.

Cada caso de emulador, aunque solucionan el problema en cuestión, viene con sus respectivas desventajas. Por ejemplo, los emuladores de código abierto suelen divergir para ampliar el rango de procesadores soportados, generalmente disminuyendo su performance. Por otro lado, los emuladores privativos al no tener acceso al código muchas veces se vuelven difíciles de integrar, ya que no se tiene un conocimiento exacto sobre sus limitaciones, y en general, difíciles de depurar el software que ejecutan.

Bajo estas premisas se plantea crear un emulador de microprocesador Leon3 para desarrollo de software satelital y simuladores. Al ser un desarrollo a medida, se tendrá la ventaja de la no-diversificación del procesador, es decir, estará únicamente orientado a un solo microprocesador. Esperando una ganancia en performance comparado con su contraparte de código abierto. Al mismo tiempo, se tendrá un conocimiento extenso del alcance y limitaciones de las capacidades del software en cuestión. Haciendo, de esta manera, más simple la integración y depuración en su uso.

El objetivo es que el lector en una o dos páginas entienda de qué trata el proyecto y cuáles son sus desafíos, cuál es la motivación para realizarlo y su importancia.

Se debe introducir el contexto del proyecto, el estado del arte en la temática, describir la propuesta de valor, cuál es el problema que atiende y cuál es la solución que se propone. Se debe dar una descripción funcional de la solución que incluya un diagrama en bloques.

Puede ser útil incluir en esta sección la respuesta a alguna de estas preguntas:

- ¿Cuál es el contexto del proyecto, es un emprendimiento personal, un proyecto para una empresa, es parte del programa de vinculación con empresas del posgrado?
- ¿Existen o aplican condiciones especiales al proyecto, financiamiento de algún programa público o privado, acuerdos de confidencialidad, acuerdos sobre la propiedad intelectual de los entregables u otros?
- ¿Cómo se compara la solución propuesta con el estado del arte en el campo de aplicación?  
¿En qué aspectos destaca?
- ¿Ayuda a la explicación si se incluye un lienzo Canvas del Modelo de Negocio?
- ¿En qué estado del ciclo de vida está la solución que se propone?
- ¿Cuáles son las características del cliente (el adoptante de los entregables del proyecto) qué valora, qué necesita?
- ¿Por dónde pasa la innovación?

La descripción técnica-conceptual **debe incluir al menos un diagrama en bloques del sistema** y descripción funcional de la solución propuesta.

Las figuras se deben mencionar en el texto ANTES de que aparezcan con una frase como la siguiente: “En la Figura 1 se presenta el diagrama en bloques del sistema. Se observa que...”. La regla es que las figuras nunca pueden ir antes de ser mencionadas en el texto, porque sino el lector no entiende por qué de pronto aparece una figura.

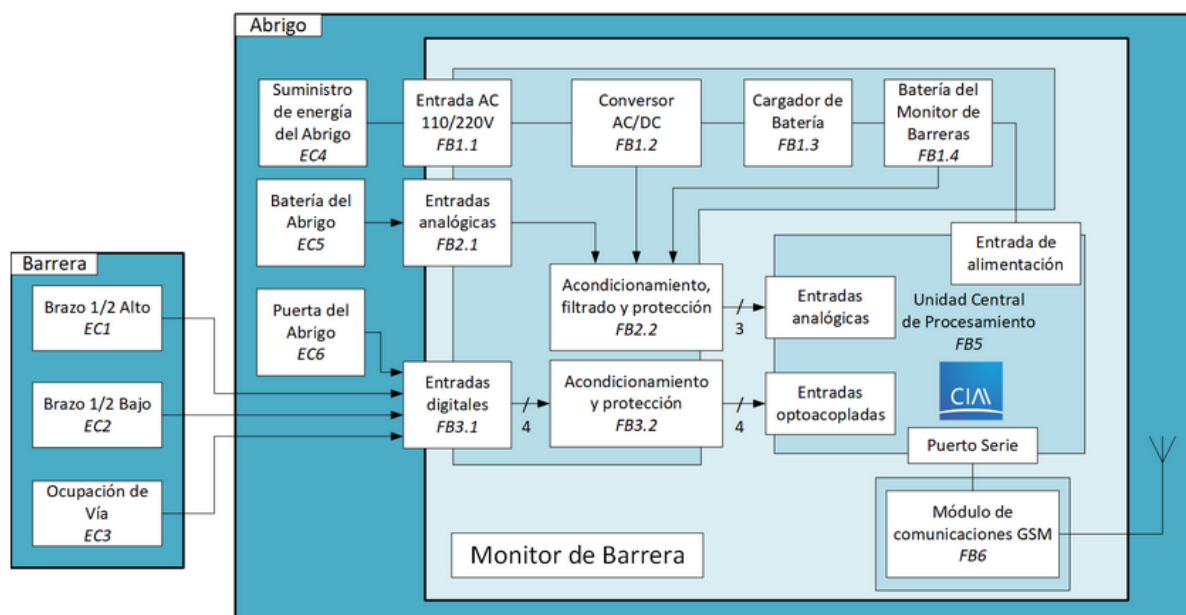


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

El tamaño de la tipografía en TODAS las figuras debe ser adecuado para que NO pase lo que ocurre acá, donde el lector debe esforzarse para poder leer el texto. Los colores usados en el diagrama deben ser adecuados, tal que ayuden a comprender mejor el diagrama, preferentemente en la gama de colores pastel.

## 2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Lic. Pinedo, Matías	INVAP.SE	Especialista Tecnológico
Responsable	Iriarte Fernandez, Nicolás Ezequiel	FIUBA	Alumno
Orientador	Esp. Lic. Horro, Nicolás Eduardo	INVAP.S.E.	Director Trabajo final
Usuario final	Departamento de Embebidos y Sistemas Críticos	INVAP.S.E.	-

- Cliente: Lic. Matías Pinedo, del Departamento de Embebidos y Sistemas Críticos de la empresa INVAP S.E., quien aporta su visión y experiencia necesaria para desarrollar el proyecto.
- Orientador: Es el director del trabajo final, quien aportará sus conocimientos técnicos y experiencia para la realización del proyecto.
- Usuario final: será el Departamento de Embebidos y Sistemas Críticos de la empresa INVAP S.E.

## 3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es desarrollar un emulador para ejecución de software de vuelo para microprocesadores de la familia Leon3 utilizando el framework LLVM a partir de un código preexistente provisto.

## 4. Alcance del proyecto

El presente trabajo incluye:

- El desarrollo del software de emulación.
- Una API para su uso en el lenguaje de programación C.
- El desarrollo de un sistema de depuración para una ejecución.

El proyecto no incluye:

- Desarrollo de software para el procesador Leon3 representativo con el uso que se le piense dar.
- Librerías utilitarias para generación de código fuente.
- Emulación completa sobre todos periféricos asociados.

## 5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- La empresa va a proveer de un modelo de referencia (físico o emulado) para la realización del proyecto.
- El proyecto puede ser realizado sin necesidad de hacer pruebas en campo.
- Se contará con soporte y apoyo por parte de expertos de la empresa.
- El proyecto puede ser realizado sin necesidad de ir a las oficinas de la empresa.

## 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 h)
  - 1.2. Tarea 2 (tantas hs)
  - 1.3. Tarea 3 (tantas h)
2. Grupo de tareas 2
  - 2.1. Tarea 1 (tantas h)
  - 2.2. Tarea 2 (tantas h)
  - 2.3. Tarea 3 (tantas h)

### 3. Grupo de tareas 3

- 3.1. Tarea 1 (tantas h)
- 3.2. Tarea 2 (tantas h)
- 3.3. Tarea 3 (tantas h)
- 3.4. Tarea 4 (tantas h)
- 3.5. Tarea 5 (tantas h)

Cantidad total de horas: (tantas h)

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

## 10. Diagrama de Activity On Node

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

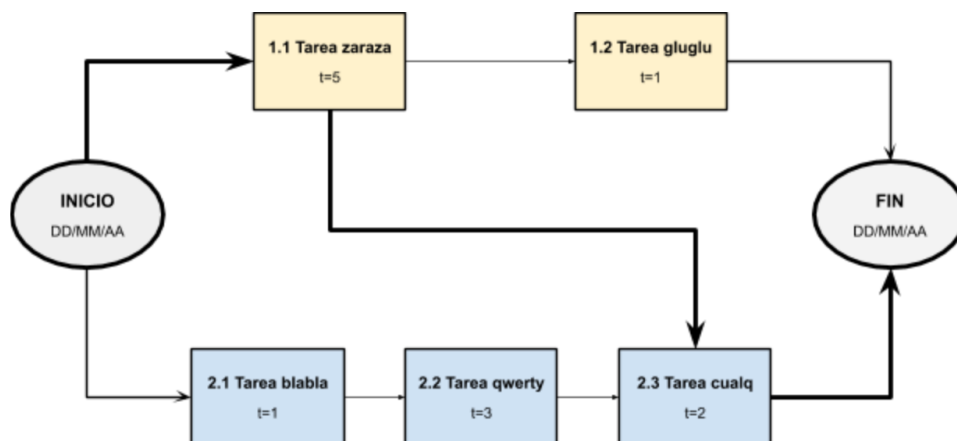


Figura 2. Diagrama de *Activity on Node*.

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 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.

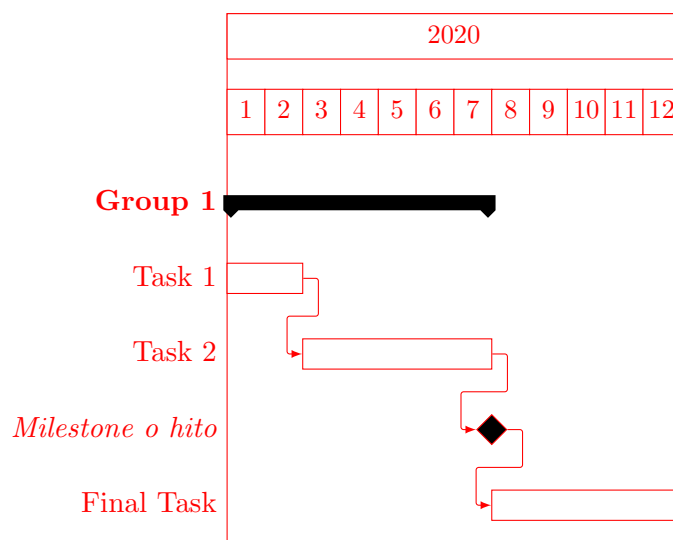


Figura 3. Diagrama de Gantt de ejemplo

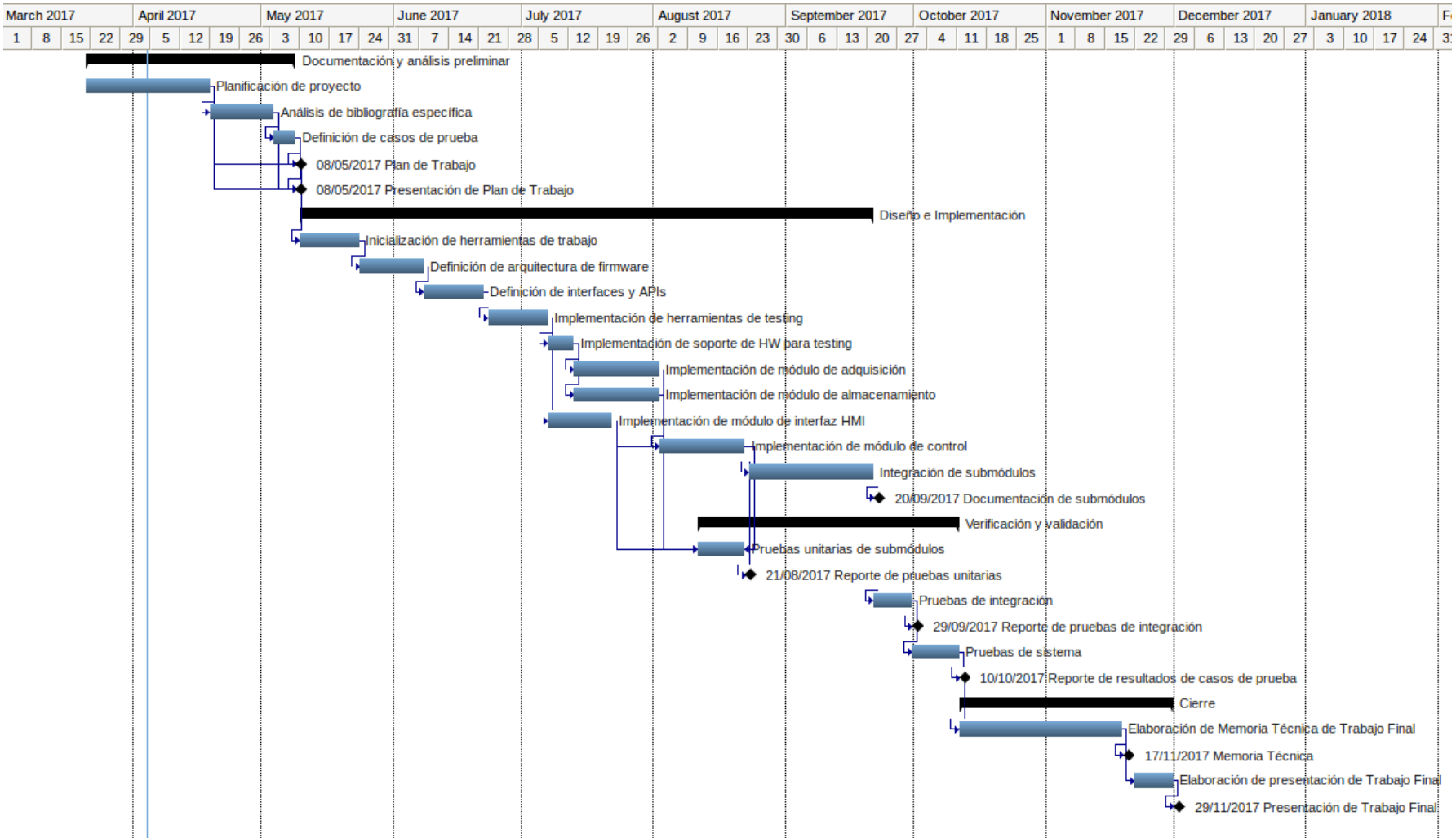


Figura 4. Ejemplo de diagrama de Gantt rotado

## 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

Elija al menos diez requerimientos que a su criterio sean los más importantes/críticos/que aportan más valor y para cada uno de ellos indique las acciones de verificación y validación que permitan asegurar su cumplimiento.

- 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.