



Sistema de control de equipos de rayos X

Autor:

Jordán Joan Emmanuel

Director:

Mgtr. Ing. Iriarte Eduardo (FING UNCuyo)

Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos entre el 20 de octubre de 2022 y el 8 de diciembre de 2022.

Índice

0. Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas	5
1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar.	6
2. Identificación y análisis de los interesados	7
3. Propósito del proyecto	8
4. Alcance del proyecto	8
5. Supuestos del proyecto.	8
6. Requerimientos	9
7. Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>).	12
8. Entregables principales del proyecto	12
9. Desglose del trabajo en tareas	13
10. Diagrama de Activity On Node.	13
11. Diagrama de Gantt	14
12. Presupuesto detallado del proyecto	17
13. Gestión de riesgos	17
14. Gestión de la calidad	18
15. Procesos de cierre	19

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
0	Creación del documento	20 de octubre de 2022

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 20 de octubre de 2022

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Jordán Joan Emmanuel que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Sistema de control de equipos de rayos X”, consistirá esencialmente en la implementación de un prototipo de un sistema de control de equipos de rayos X, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y \$300000, con fecha de inicio 20 de octubre de 2022 y fecha de presentación pública 8 de diciembre de 2023.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Jordán Carlos Alberto
SIMEN Rx

Mgtr. Ing. Iriarte Eduardo
Director del Trabajo Final

0. Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas

Disparo	Exposición controlada de RX
Empresa	SIMEN Rx, dedicada a los equipos de RX, cliente del software
F	Frecuencia de trabajo del equipo de RX (excitación del TFRX)
Filamento	Filamento dentro del Tubo de RX, el cual emite los electrones
FS	Fluoro Scopia, exposición de mayor duración y menor potencia
HF	Alta frecuencia, en equipos modernos, F mayores a 14 kHz
kV	Tensión de trabajo en el secundario del TFRX
LF	Baja frecuencia, en equipos convencionales, F menores a 400 Hz
Línea	Tensión de alimentación del equipo de RX (típica 220 V, 50 Hz)
mA	Corriente de filamento en el primario del TFRX
N/A	No aplica
Preparación	Etapas previas al Disparo, en la cual se enciende el Filamento
PWM	Modulación por ancho de pulsos
RX	Rayos X
SCRX	Software de Control de Rayos X
Técnicos	Técnicos radiólogos, usuarios del software
TFRX	Transformador de RX, eleva la tensión a aplicar en el Tubo de RX
Tubo de RX	Ampolla en vacío dentro de la cual se generan los RX

1. Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El proyecto consiste en el diseño, construcción y puesta en marcha de un prototipo de sistema de control genérico de equipos de rayos X, para la Empresa SIMEN Rx, en adelante la Empresa. El software a desarrollar llevará el nombre comercial de SCRX (Software de Control para equipos de Rayos X).

La Empresa, radicada en el departamento de Godoy Cruz de la ciudad de Mendoza y fundada en 1993, cumplirá el rol de cliente del software en cuestión. A su vez, la Empresa tiene como sus propios clientes a los dueños de hospitales, clínicas, veterinarias, particulares, etc. En todos los casos, los que finalmente manejan los equipos son los Técnicos radiólogos a cargo, en adelante los Técnicos, los cuales cumplirán el rol de usuarios del software en cuestión.

La Empresa se dedica a los equipos hospitalarios, con especialización en rayos X. Actualmente cuenta con servicios de venta, reparación, traslado, instalación, servicio técnico y mantenimiento preventivo y correctivo de equipos de rayos X y es líder del mercado en la zona Cuyo del país. Utiliza métodos de electrónica general y de potencia en equipos convencionales (de baja frecuencia, en adelante LF) y modernos (de alta frecuencia, en adelante HF), además de software y programación de microcontroladores para la etapa de control. Otros procesos que realiza la Empresa están relacionados con el mecanizado de precisión, torneado, fresado, soldadura, corte, etc. También realiza montaje mecánico en general.

La Empresa requiere de un sistema embebido que permita la selección y control de todas las variables involucradas en un estudio de radioterapia, tales como tensión de alimentación, tensión de trabajo del equipo, corriente de filamento, tiempo de Disparo, selección de foco, control de Preparación y Disparo, entre otras. El sistema a desarrollar debe cumplir con determinadas pautas de seguridad y debe ser capaz de adaptarse a equipos tanto convencionales como modernos, así como también a situaciones particulares que solicite cada cliente de la Empresa. Deberá además mostrar toda la información necesaria para el correcto uso del equipo a los Técnicos, mediante un display y/o algún tipo de interfaz gráfica en computadora/celular.

En la Figura 1 se presenta el diagrama en bloques del sistema.

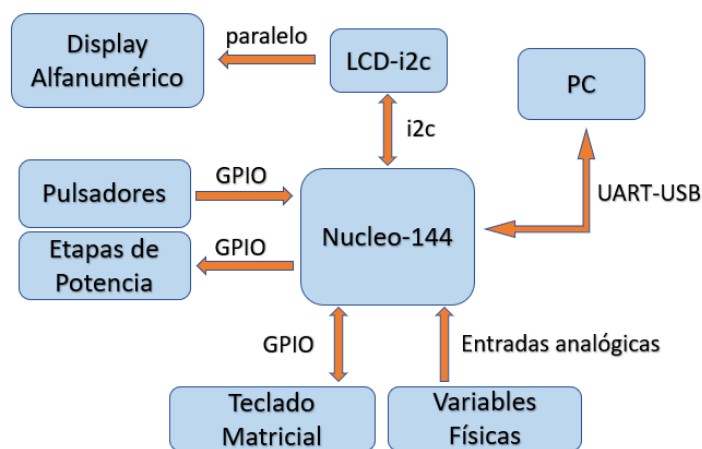


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

Se observa que el sistema será capaz de leer variables físicas del equipo mediante sus entradas analógicas. Placas electrónicas externas se encargan de traducir dichas variables a tensiones en el rango de 0-Vcc, compatibles con el microcontrolador. Por otro lado, leerá entradas tanto de pulsadores (Preparación, Disparo, etc.) como de un teclado matricial, así como también permitirá la activación de etapas de potencia, ya sea con señales lógicas ON/OFF o de Modulación de Ancho de pulsos, con estrategias de control acorde a la aplicación. Se podrá comunicar con una computadora de control u otros dispositivos mediante la interfaz serie asíncrona UART. Por último, mostrará toda la información en un Display alfanumérico para interactuar con el usuario.

El desafío es brindar a cada cliente de la Empresa la posibilidad de adquirir un equipo nuevo o actualizar el que ya posee, con tecnología moderna, confiable, segura y duradera, brindando comodidad y practicidad en su uso, permitiendo ajustar las variables del equipo para maximizar su rendimiento y calidad en la imagen radiográfica final. Además, se busca que esta solución sea de un costo razonable, para incrementar la posibilidad de su adquisición a todo tipo de clientes, tales como veterinarios y radiólogos independientes.

El camino hacia la consecución de este objetivo ya comenzó hace dos años, resolviendo problemas modularmente mediante sistemas embebidos con microcontroladores PIC y AVR, y otros sistemas electrónicos interconectados entre sí. Se quiere dar un salto tecnológico a microcontroladores más potentes, que permitan lograr mayor alcance y funcionalidades. Se busca también vincular los sistemas, antes independientes, minimizando espacios físicos, costos, tiempos de instalación y fallas posibles; y maximizando la posibilidad de incorporar nuevas funcionalidades en el futuro.

2. Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	Jordán Carlos Alberto	SIMEN Rx	Director Administrativo
Cliente	Jordán Carlos Alberto	SIMEN Rx	Director Administrativo
Responsable	Jordán Joan Emmanuel	FIUBA	Alumno
Colaboradores	Cristian Vatri Alejo Vila	ECAVSA Kraneal	Circuitos Impresos Impresión 3D
Orientador	Mgtr. Ing. Iriarte Eduardo	FING UNCuyo	Director Trabajo final
Usuario final	Daniel Daza	SIMEN Rx	Técnico

A continuación se listan las principales características de cada interesado.

- Auspiciante: siempre busca agregar valor al Usuario. Estar atento a sus recomendaciones.
- Colaboradores: es difícil estimar los tiempos de sus trabajos, muchas veces porque algunas demoras no dependen en forma directa de ellos. Planificar con tiempo y consultar a menudo su avance.
- Orientador: está siempre muy ocupado, organizar y optimizar las consultas.
- Usuario final: intenta todas las formas posibles de hacer fallar el equipo hasta que lo logra. Si pasa su prueba, el sistema es muy robusto.

3. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es brindar, tanto a los clientes existentes de la Empresa como a nuevos clientes, la posibilidad de adquirir un equipo nuevo o actualizar el que ya poseen, agregando valor a su trabajo diario. Será prioridad que esta solución sea de un costo razonable, para incrementar la posibilidad de su adquisición a mayor cantidad de clientes.

4. Alcance del proyecto

El presente proyecto incluye el diseño, construcción y prueba de funcionamiento de un prototipo basado en sistema embebido para el control genérico de equipos de rayos X, capaz de interactuar con el Técnico para que éste pueda configurar los parámetros necesarios del equipo y observar la información en un display o interfaz.

El presente proyecto no incluye la comercialización del sistema, su inclusión dentro de cada equipo ni la creación de la interfaz mecánica entre el equipo y el sistema. Tampoco se proveen las fuentes de alimentación requeridas, así como toda instalación eléctrica. No se brinda encendido/apagado del equipo, el sistema funciona con el equipo encendido. No se brinda solución de adquisición, tratamiento ni diagnóstico de las imágenes radiográficas obtenidas.

5. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se tendrá disponibilidad y accesibilidad a cada equipo de RX al que se desee introducir el SCRX, para interactuar durante el desarrollo del software, con la posibilidad de realizar pruebas y calibración.
- Se tendrán los instrumentos necesarios para la medición de todas las variables necesarias del sistema, a saber: osciloscopio digital de dos canales y 1 MHz de velocidad; multímetro con capacidad de lectura de tensiones alternas hasta 700 Vca, tensiones continuas hasta 500 Vcc, corrientes desde 1 uA hasta 10 A, continuidad, juntura de diodos, capacidad hasta 10 uF; inductímetro con capacidad de lectura de inductancias desde 1 uH hasta 10 H, dosímetro para detección y medición de radiación ionizante.
- Se tomarán los recaudos necesarios para no exponerse a la radiación en ninguna circunstancia, a saber: chalecos, vidrios y cajones plomados en buenas condiciones.

6. Requerimientos

1. Requerimientos de la interfaz

- 1.1. Botones en el mando y frente del equipo, contactos Normales Abiertos, para interfaz digital. [SCRX-ER-0001-REQ0001].

- B1 selección de tiempo de Disparo (disminuye)
- B2 selección de tiempo de Disparo (aumenta)
- B3 selección de mA (disminuye)
- B4 selección de mA (aumenta)
- B5 selección de kV (disminuye)
- B6 selección de kV (aumenta)
- B7 activación de Preparación
- B8 activación de Disparo

- 1.2. Disparador de mano de doble efecto, el cual permite con una sola mano activar las etapas de Preparación y Disparo, de la misma forma que B7 y B8. Puede ser cableado o inalámbrico. [SCRX-ER-0001-REQ0002].

- 1.3. Display para mostrar información al Técnico, a saber, estado del equipo, kV, mA, tiempo de Disparo, avisos y alarmas. [SCRX-ER-0001-REQ0003]

- 1.4. Relays, activación con 5 V, contacto de 250 Vca 10 A. [SCRX-ER-0001-REQ0004].

- R1: Relay de Preparación
- R2: Relay de Disparo

- 1.5. Salidas optoacopladas de Disparo. [SCRX-ER-0001-REQ0005].

- S1: salida 1
- S2: salida 2, normalmente complementaria a S1

- 1.6. Alarmas. [SCRX-ER-0001-REQ0006].

- A1 Buzzer (alarma sonora)
- A2 Luz de Emergencia (alarma visual)

- 1.7. Leds indicadores. [SCRX-ER-0001-REQ0007].

- L1 led Verde, de Encendido
- L2 led Naranja, de Preparación
- L3 led Azul, de Disparo
- L4 led Rojo, de Error o Alarma

2. Requerimientos funcionales

2.1. El sistema debe permitir el control de tiempo de Disparo, mediante los botones B1 y B2.

- 1) Con B1 y B2, se podrá modificar el tiempo de Disparo y mostrarlo en el Display. Los tiempos disponibles en ms, serán: 50, 100, 120, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000. [SCRX-ER-0002-REQ0001].
- 2) El software deberá comenzar con un tiempo de Disparo inicial de 100ms. [SCRX-ER-0002-REQ0002].
- 3) Si se mantiene presionado B1 o B2 durante más de 1 segundo, el cambio de tiempo de Disparo se efectúa uno a continuación del otro, de forma incremental/decremental según el botón presionado, mientras no se suelte el mismo. [SCRX-ER-0002-REQ0003].
- 4) Si se mantienen presionados B1 y B2 simultáneamente durante más de dos segundos, se entra en modo Calibración. [SCRX-ER-0002-REQ0004].

2.2. El sistema debe permitir la selección y control de mA, mediante los botones B3 y B4. Ésta es la corriente que se establece en el devanado primario del TFRX, durante el Disparo.

- 1) Con B3 y B4, se podrá modificar el mA y mostrarlo en el Display. Los valores de mA disponibles, serán: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100. [SCRX-ER-0002-REQ0005].
- 2) El software deberá comenzar con un mA inicial de 5mA. [SCRX-ER-0002-REQ0006].
- 3) Si se mantiene presionado B3 o B4 durante más de un segundo, el cambio de mA se efectúa uno a continuación del otro, de forma incremental/decremental según el botón presionado, mientras no se suelte el mismo. [SCRX-ER-0002-REQ0007].

2.3. El sistema debe permitir la selección y control de kV, mediante los botones B5 y B6. Ésta es la tensión que se establece en el devanado secundario del TFRX, la cual se aplica al Tubo de RX para generar radiación de forma controlada.

- 1) Con B5 y B6, se podrá modificar el kV y mostrarlo en el Display. Los valores de kV disponibles serán: 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100. [SCRX-ER-0002-REQ0008].
- 2) El software deberá comenzar con un kV inicial de 40kV. [SCRX-ER-0002-REQ0009].
- 3) Si se mantiene presionado B5 o B6 durante más de 1 segundo, el cambio de kV se efectúa uno a continuación del otro, de forma incremental/decremental según el botón presionado, mientras no se suelte el mismo. [SCRX-ER-0002-REQ0010].

2.4. El sistema debe brindar seguridad de Filamento.

- 1) No se permitirá Disparo si el Filamento no está encendido. En tal caso se activarán las alarmas sonora y visual. [SCRX-ER-0002-REQ0011].

2.5. El sistema debe sensar y brindar seguridad de Línea. Ésta es la tensión de alimentación del equipo de RX, en Argentina 220 V a 50 Hz. Esta tensión se puede aplicar al TFRX de forma directa en equipos convencionales de LF, o se utiliza como fuente de energía para generar pulsos a través de inversores de diseño propio, en TFRX de equipos modernos de HF.

- 1) No se permitirá Disparo si la Línea del sistema no es adecuada (su valor está por debajo o por encima de valores normales). En tal caso se activarán las alarmas sonora y visual. [SCRX-ER-0002-REQ0012].

2.6. El sistema debe permitir activación de etapas de Preparación y Disparo, mediante botones B7 y B8.

- 1) El sistema debe permitir activación de etapa de Preparación, con señal aislada eléctricamente a través de un Relay de Preparación. [SCRX-ER-0002-REQ0013].
- 2) El sistema debe permitir activación de etapa de Disparo, con señal aislada eléctricamente a través de un Relay de Disparo, para equipos convencionales. [SCRX-ER-0002-REQ0014].
- 3) El sistema debe permitir activación de etapa de Disparo, con dos señales aisladas eléctricamente a través de optoacopladores de alta velocidad, para equipos modernos. [SCRX-ER-0002-REQ0015].
- 4) Con B7 se activa la etapa de Preparación (R1 cerrado, L2 encendido), y se queda en este estado esperando a B8. [SCRX-ER-0002-REQ0016].
- 5) Si B7 fue presionada y se suelta antes de presionar B8, se desactiva la etapa de Preparación (R1 abierto, L2 apagado). [SCRX-ER-0002-REQ0017].
- 6) Si B7 fue presionada, y no se suelta durante más de 8 segundos, se desactiva la etapa de Preparación (R1 abierto, L2 apagado) y se queda a la espera de soltar B7, sin permitir otra acción. [SCRX-ER-0002-REQ0018].
- 7) Con B8 se activa la etapa de Disparo (R2 cerrado o S1/S2 activadas durante el tiempo de Disparo configurado, L3 encendido), según el estado de la etapa de Preparación:
Si se pulsó B8 luego de 1 segundo de estar en estado de Preparación, sin soltar B7. [SCRX-ER-0002-REQ0019].
Si se pulsó B8 antes de 1 segundo de estar en estado de Preparación, pero transcurre 1 segundo desde que se pulsó B7, y tanto B7 como B8 siguen presionados. [SCRX-ER-0002-REQ0020].
- 8) Si se pulsó B8 y no está activada la etapa de Preparación, se ignora el evento y no se entra a la etapa de Disparo (R2 abierto o S1/S2 desactivadas, L3 apagado). [SCRX-ER-0002-REQ0021].
- 9) Si se está ejecutando el Disparo y se suelta B8 antes de transcurrido el tiempo de Disparo configurado, se desactiva la etapa de Disparo (R2 abierto o S1/S2 desactivadas, L3 apagado). [SCRX-ER-0002-REQ0022].

3. Requerimientos de rendimiento

- 3.1. La etapa de Disparo debe actuar en un tiempo menor a 100ms luego de presionado B8, siempre que se cumpla [SCRX-ER-0002-REQ0019] o [SCRX-ER-0002-REQ0020]. Esto se requiere para evitar movimientos involuntarios del paciente al que se le está realizando el estudio. [SCRX-ER-0003-REQ0001].
- 3.2. El tiempo de respuesta ante un cambio de parámetro (tiempo de Disparo, cambio de kV o cambio de mA) debe ser menor a 200ms desde que se presiona el respectivo pulsador. [SCRX-ER-0003-REQ0002].

4. Requerimientos de flexibilidad

- 4.1. Adaptación a equipos sin etapa de Preparación (el Filamento está siempre encendido) por lo que el Disparo es directo. [SCRX-ER-0004-REQ0001].
- 4.2. Adaptación a equipos que requieren tiempos de Disparo fuera de los estándar. [SCRX-ER-0004-REQ0002].
- 4.3. Adaptación a equipos que requieren distinta variedad en valores y cantidad de kV (equipos de diferente potencia). [SCRX-ER-0004-REQ0003].
- 4.4. Adaptación a equipos que requieren distinta variedad en valores y cantidad de mA (equipos con mA fijo o con sólo dos opciones, foco Fino y foco Grueso). [SCRX-ER-0004-REQ0004].

5. Requerimientos opcionales, a futuro

- 5.1. El sistema deberá ser capaz de enviar información a una computadora o celular, para monotireo y aviso de Alarmas a distancia. [SCRX-ER-0005-REQ0001].
- 5.2. El sistema deberá contar con una pantalla táctil para minimizar los componentes mecánicos tales como pulsadores, minimizando el tiempo de instalación. [SCRX-ER-0005-REQ0002].
- 5.3. El sistema deberá ser capaz de almacenar información de cantidad de disparos, configuración y fecha de cada uno, en forma de historial, el cual podrá ser accedido en cualquier momento de manera remota. [SCRX-ER-0005-REQ0003].

6. Requerimientos de diseño de PCB

- 6.1. El diseño de todas las PCB involucradas en el sistema, deberá ser realizado teniendo en cuenta las buenas prácticas propuestas por las normas IPC. [SCRX-ER-0006-REQ0001].

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:

- 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.

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:

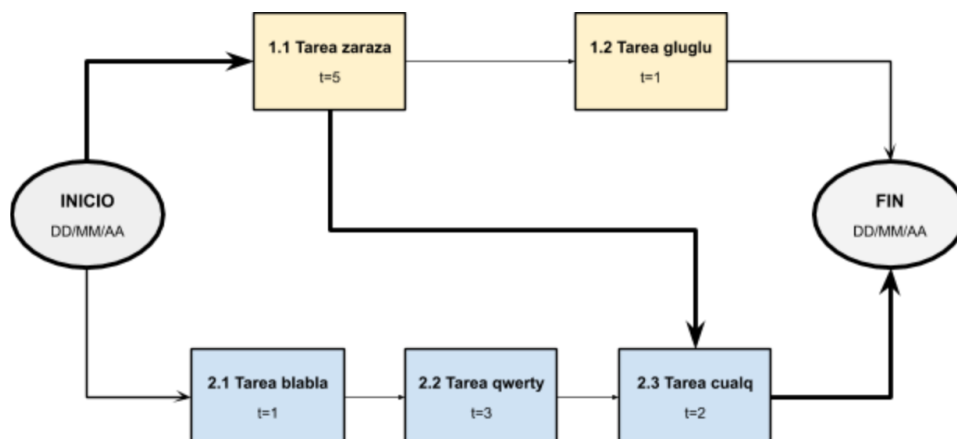


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*

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.

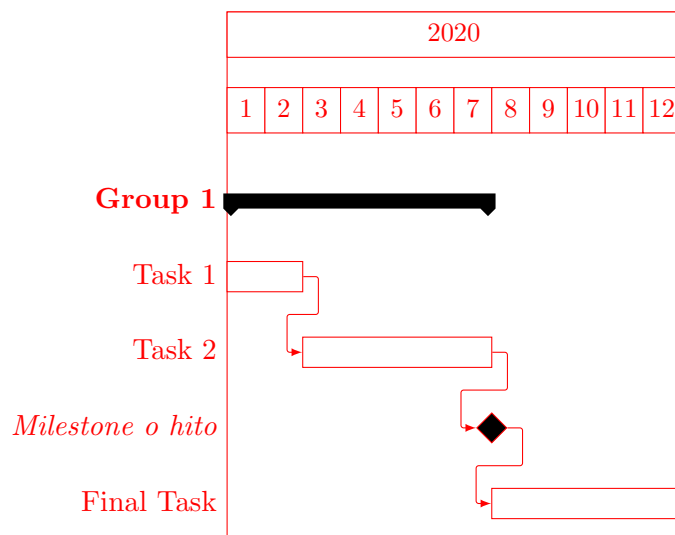


Figura 3. Diagrama de gantt de ejemplo

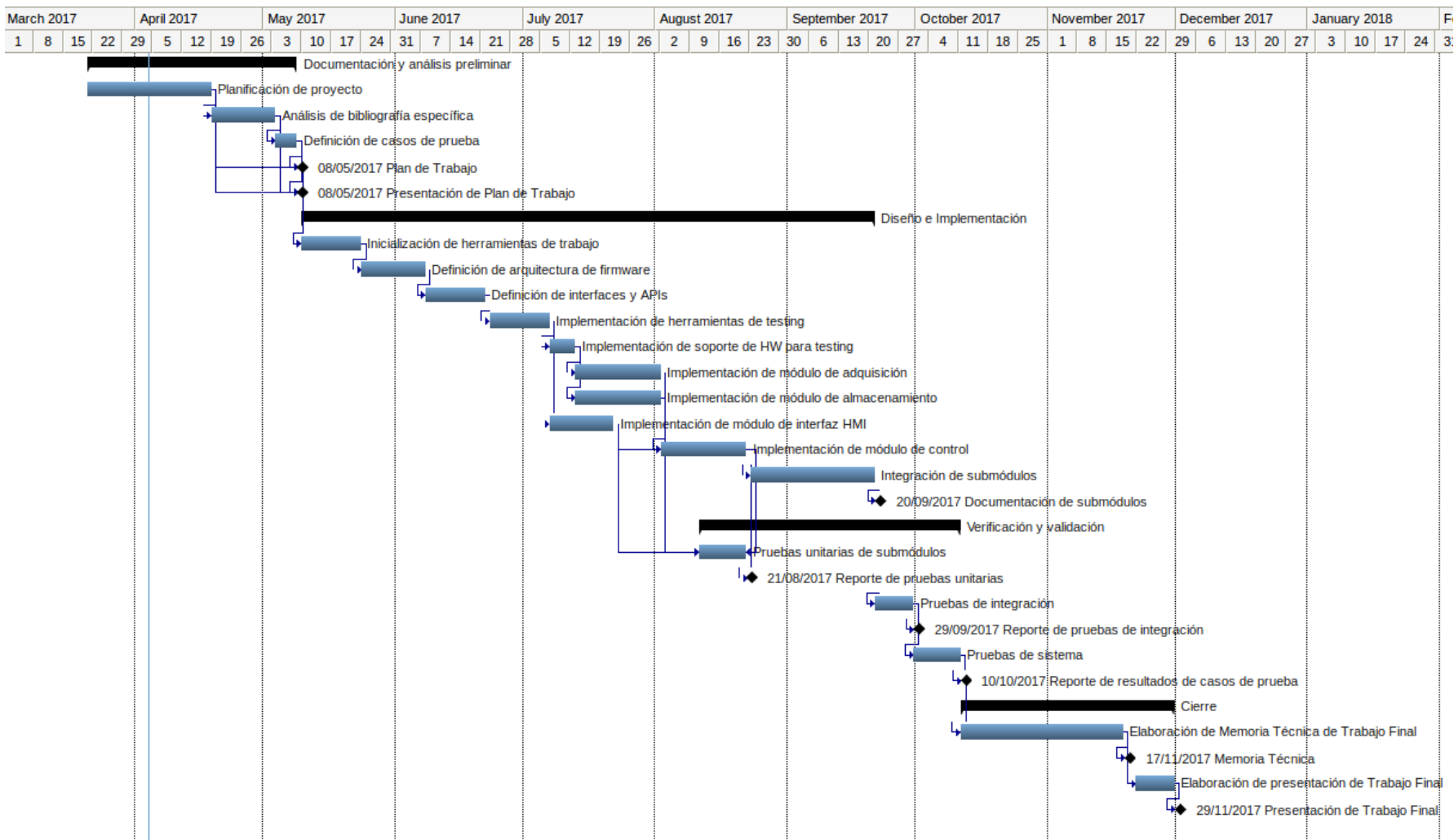


Figura 4. Ejemplo de diagrama de Gantt rotado

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):

■ 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.