



**UNIVERSIDAD
MODELO**
INGENIERÍA

Ingeniería Industrial y Optimización de sistemas

**Metodología de la
investigación**

Avance proyecto
Segundo semestre
**(Semestre Enero -
Junio 2026)**

Méndez Molina Liam Alejandro
Sigala Peña Andrea
Navarro Flores Marco Antonio
Carter Gutierrez Herbert



INDICE PROYECTO INTEGRADOR

Resumen

Introducción

CAP. I. Planteamiento del problema

1.1 Antecedentes de investigación

1.2 Descripción de la problemática

1.3 Objetivos de investigación

1.4 Pregunta de investigación

1.5 Justificación

1.6 Viabilidad

1.7 Ambiente o contexto de investigación

Cap. II Planeación del proyecto

2.1 Descripción del proyecto

2.2 Diagrama de Gantt

2.3 Diagrama de flujo

2.4 Tiempo de realización

2.5 Roles y responsabilidades

Cap. III Diseño del proyecto

3.1 Diseño del circuito

3.2 Selección de componentes

3.3 Diseño lógico del programa

3.4 Bocetos de carcasa

3.5 Presupuesto

Cap. IV Implementación del proyecto

4.1 Armado del circuito

4.2 Programación del display

4.3 Integración del sistema

4.4 Fabricación de la carcasa

4.5 Pruebas

Cap. V Operación y evaluación (Ing. Feddy, Balam y Hussein)

5.1 Validación del producto



5.2 Ajustes finales

5.3 Análisis de costos

Cap. VI Conclusiones

6.1 Conclusiones generales del proyecto

6.2 Conclusiones individuales del proyecto integrador

Referencia

Anexos

Anexo 1 Evidencia física del proyecto, proceso de realización (fotos)

Anexo 2 Video de realización y/o pruebas.



CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes de investigación

La radio ha sido uno de los medios de comunicación más importantes desde el siglo XX, permitiendo la transmisión de información, música y entretenimiento a largas distancias. Con el avance de la tecnología, estos equipos han evolucionado desde sistemas analógicos hasta dispositivos digitales más compactos y eficientes.

Actualmente, existen radios comerciales con múltiples funciones, sin embargo, su funcionamiento interno no siempre es comprendido por los usuarios. Por ello, el desarrollo de una radio desde cero utilizando plataformas como Arduino permite entender los principios electrónicos, programación y comunicación de señales.

Diversos proyectos educativos han demostrado que construir dispositivos electrónicos ayuda a mejorar el aprendizaje práctico en áreas como código, circuitos eléctricos y diseño tecnológico.

1.2 Descripción de la problemática

Hoy en día, gran parte del alumnado emplea herramientas tecnológicas sin comprender cómo funcionan realmente. Esto genera una falta de conocimiento práctico en áreas como electrónica y software.

En el caso de las radios, aunque son dispositivos comunes, pocos saben cómo se construyen o cómo reciben señales. Además, el acceso a equipos comerciales limita la creatividad y el aprendizaje.

Por ello, surge la necesidad de desarrollar un proyecto que permita a los estudiantes diseñar y construir una radio funcional desde cero, integrando conocimientos de distintas materias.

1.3 Objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo General:

Diseñar y construir un prototipo operativo de radio mediante la integración de ingeniería de circuitos eléctricos y configuración, aplicando metodologías de gestión de proyectos e investigación para garantizar un producto documentado, técnicamente viable y con una propuesta de valor enfocada al mercado comercial.



1.3.2 Objetivos Específicos:

1. Dimensión Técnica (Circuitos y Programación):

Implementar un sistema de recepción de señales de radiofrecuencia (RF) utilizando circuitos resonantes y amplificadores, integrando una interfaz de control mediante programación básica en microcontroladores para automatizar la sintonización y la salida de audio.

1.4 Preguntas de Investigación/Desarrollo:

- ¿Cómo integrar los principios de circuitos electrónicos (sintonía LC, amplificación) con programación básica para optimizar la recepción de señal?
- ¿Qué metodología de investigación y gestión de proyectos asegura que el radio funcione correctamente y sea comercialmente viable?
- ¿Cómo garantizar una comunicación efectiva del funcionamiento del producto al usuario final?

1.5 Justificación

Este proyecto es importante porque permite a los estudiantes aprender de manera práctica cómo funcionan los dispositivos electrónicos que usan diariamente.

Además:

- Fomenta habilidades en programación y electrónica.
- Promueve el trabajo en equipo.
- Desarrolla la creatividad y resolución de problemas.
- Integra conocimientos de varias materias (programación, circuitos, comunicación, investigación).
- También tiene valor educativo, ya que transforma el aprendizaje teórico en algo práctico y de correcto desempeño.

1.6 Viabilidad

El proyecto es viable porque:

- Recursos materiales: Los componentes como Arduino, módulo de radio, bocinas y cables son accesibles.



- Recursos técnicos: Se cuenta con conocimientos básicos de programación y electrónica.
- Tiempo: Puede desarrollarse dentro del periodo del curso (14 semanas).
- Costo: Es relativamente bajo comparado con equipos comerciales.

1.7 Ambiente o contexto de investigación

El proyecto se desarrollará en un entorno educativo, específicamente en el aula y/o laboratorio de la escuela.

Se trabajará en equipo, donde cada integrante tendrá un rol (líder, analista, operador, etc.), y se utilizarán herramientas como:

- Computadoras
- Software de programación
- Material electrónico
- Impresión 3D (para la base del dispositivo)



CAPÍTULO II. PLANEACIÓN DEL PROYECTO

2.1 Descripción del proyecto

Esta iniciativa consiste en el desarrollo de un radio FM funcional que integra conocimientos de electrónica, programación y gestión de proyectos, con el objetivo de crear un producto tecnológico real con aplicación académica y enfoque comercial. Este trabajo forma parte del Proyecto Integrador de segundo semestre, donde se busca aplicar de manera práctica lo aprendido en distintas materias.

Desde el punto de vista técnico, el sistema se basa en un circuito receptor que capta señales de radio en el rango de 87 a 108 MHz, las procesa y las amplifica para reproducirlas a través de bocinas. Además, se incorpora un display programado que permite visualizar información como la frecuencia seleccionada, integrando así hardware y software en un mismo sistema.

El proyecto también incluye el diseño físico del dispositivo mediante una carcasa, así como la planeación, construcción, pruebas y documentación del proceso. En conjunto, este aparato representa un producto funcional que combina diseño, tecnología y presentación, simulando un desarrollo real de ingeniería.

2.2 Diagrama de Gantt

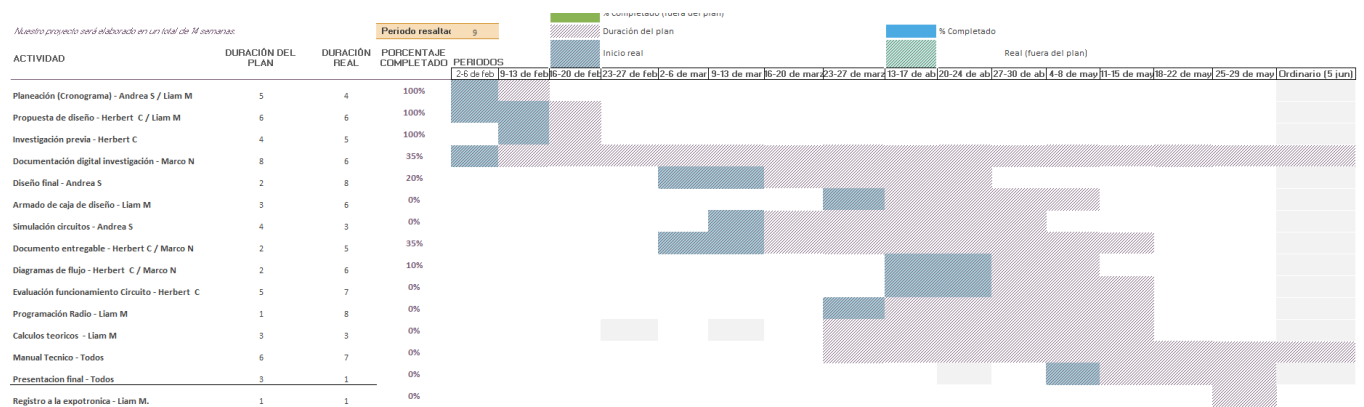


Figura 2.2.1 Diagrama de Gantt

2.3 Diagrama de flujo

El proyecto comienza con la solicitud de pedido de la placa y sus componentes electrónicos. Tras un periodo de espera de tres semanas para la recepción de los materiales, se procede al armado inicial de la placa, tarea que requiere aproximadamente 30 minutos. En este punto, se realiza una prueba de funcionamiento; si la placa no opera correctamente,



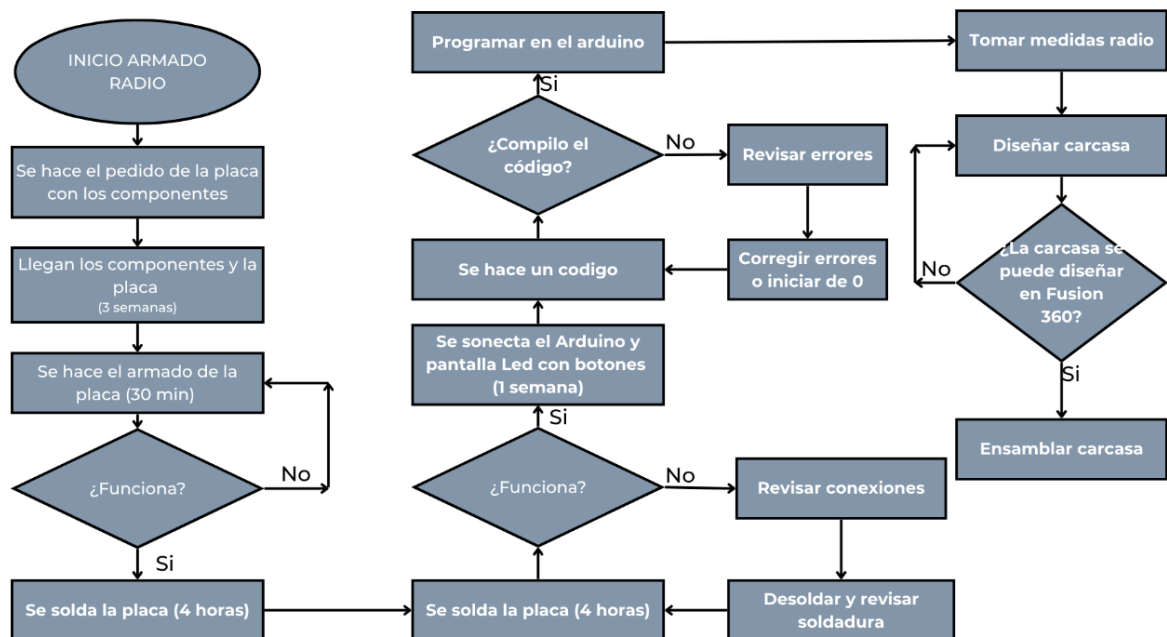
se debe repetir el armado, pero si es exitosa, se dedica una jornada de **4 horas** para soldar los componentes de forma definitiva.

Una vez soldada la placa, el flujo avanza hacia la integración del Arduino y la pantalla LED con botones, un proceso que toma una semana. Tras esta conexión, se evalúa nuevamente el funcionamiento del sistema:

- En caso de fallo, se deben revisar las conexiones y, si es necesario, desoldar y corregir la soldadura antes de retomar la validación.
- Si el sistema funciona, se procede a la fase de desarrollo de software.

Después de eso, el desarrollo lógico inicia con la escritura del código. Antes de la carga, el sistema debe superar una etapa de compilación: si se presentan errores, estos deben revisarse y corregirse, incluso iniciando el código desde cero si fuera preciso. Solo cuando el código compila exitosamente, se realiza la programación final en el dispositivo Arduino.

Por ultimo, en la etapa final se enfoca en la estructura externa del dispositivo. El proceso requiere tomar las medidas exactas del radio para proceder con el diseño de la carcasa. Este diseño se somete a una validación técnica en el software Fusion 360; si el diseño no es viable en dicha plataforma, se debe rediseñar. Finalmente, una vez validado el diseño, se realiza el ensamblaje de la carcasa, completando así el ciclo de vida del proyecto.





2.4 Tiempo de realización

El desarrollo del proyecto fue un proceso que se llevo a cabo en un total de 14 semanas comprendido a lo largo del semestre académico. El plan comenzó como tal el 2 de febrero y se terminó el 22 de mayo. Esto se hizo con la intención de tener preparado una o dos semanas antes de la evaluación y detectar cualquier cambio de errores que fueran necesarios.

Fueron 3 procesos importantes realizados a lo largo de este proyecto integrador, el armado del radio con carcasa, la programación del Arduino con la pantalla led con botones y la generación correcta del documento en donde se marcaba todo lo que hacíamos

El armado de prototipo empezó el lunes 30 de marzo, el día que se solicitó los kits desde China que tenían todos los componentes y la placa PCB necesaria para el armado del proyecto. Esto se hizo con tiempo ya que el paquete podía tardar de 3 a 4 semanas en llegar.

Los kits llegaron el día 23 de abril, se recibieron y se empezó el proceso de armado para obtener en cuanto antes la placa completa en funcionamiento y detectar que no tuviera errores. El 24 de abril se terminó la parte del soldado, pero había errores que perjudico al momento de tener listo el proyecto durante esos días. Se trabajo arduamente para detectar los errores que se habían hecho en la soldadura para que funcionara.

Finalmente, una semana después, el 29 de abril, se terminó el prototipado, mientras que al mismo tiempo se terminó el boceto de la carcasa y se comenzó a trabajar en el diseño original para realizarlo, ya sea en caja mdf o en impresión 3D.

2.5 Roles y responsabilidades

Dentro del desarrollo del proyecto, cada integrante del equipo asumió un rol específico con responsabilidades claramente definidas a lo largo de las 14 semanas de trabajo.

- Andrea Sigala Peña: Su función en este proyecto es de liderazgo, es la responsable de la coordinación general del equipo, la definición de objetivos y la asignación de tareas. Asimismo, fue la encargada de supervisar el cumplimiento de los avances en cada etapa, el diseño técnico y las pruebas necesarias del prototipo. Además de eso, organizó la documentación y presentación final del proyecto, asegurando que se cumplieran los tiempos establecidos.



- Liam Alejandro Méndez Molina: Es el responsable operativo que se encarga de la parte técnica del proyecto, incluyendo la propuesta y selección de componentes, el diseño del circuito y del algoritmo. Además ve sobre la adquisición de materiales externos que no estaban en el kit, el armado del prototipo, la programación inicial y la integración entre hardware y software.
- Herbert Carter Gutiérrez: Tiene el rol de analista, con la responsabilidad de realizar la investigación preliminar, desarrollar el marco teórico y definir los requerimientos técnicos del proyecto. Durante las fases de diseño y desarrollo, analiza y valida los componentes utilizados, además de que registra y evalúa los resultados de las pruebas técnicas.
- Marco Antonio Navarro Flores: Es el encargado de ser el Task Force, desempeña funciones de soporte en diversas áreas del proyecto, incluyendo la documentación de avances, la elaboración de evidencias, el registro de simulaciones, el apoyo durante el armado del prototipo y la colaboración en pruebas.

En conjunto, la distribución de roles permitió una organización eficiente del trabajo, facilitando el cumplimiento de los objetivos y el desarrollo integral del radio comercial.



CAPÍTULO III. DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 Diseño del circuito

El diseño del circuito surge de una difícil planeación en como se quiere que este el proyecto y a su vez de lo que se necesita que contenga. Como se menciona anteriormente, este proyecto tiene la intención del aprendizaje de lo que es una radio para nuevos estudiantes, y de entender como algunos componentes pueden hacer que algo funcione por completo.

Primero se hace el diseño del circuito como tal. Es decir, se hace un diseño de como funcionaría cada componente y la manera en la que esta conectado con los demás componentes. Este diseño es esencial para identificar como armar el circuito y no tener problemas con la polaridad de los componentes.

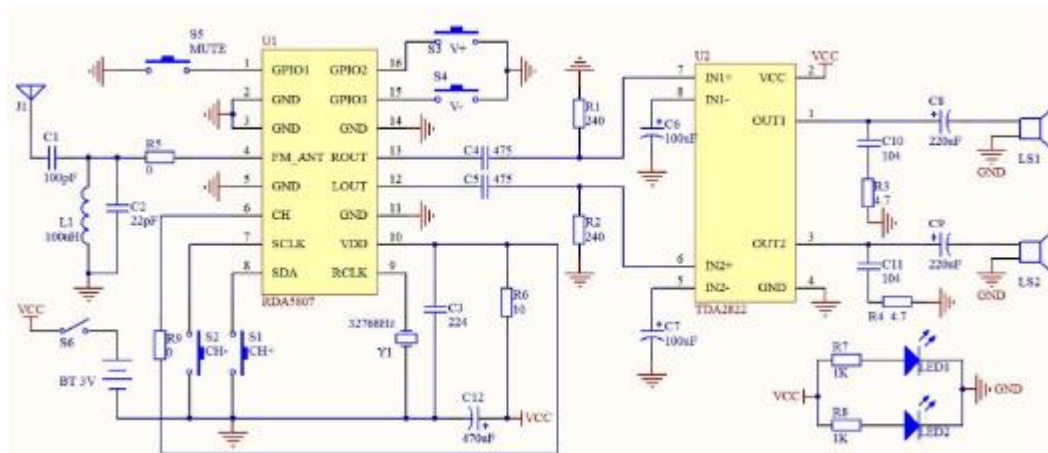


Figura 3.1.1. Diseño del circuito

Diseñar y construir un prototipo funcional de radio mediante la integración de ingeniería de circuitos eléctricos y programación es difícil, pero aplicando metodologías para gestionar los proyectos y al mismo tiempo planificar y hacer un pequeño diseño de lo que se necesita obtener y lograr por las metas. El diseño de la radio es el siguiente:

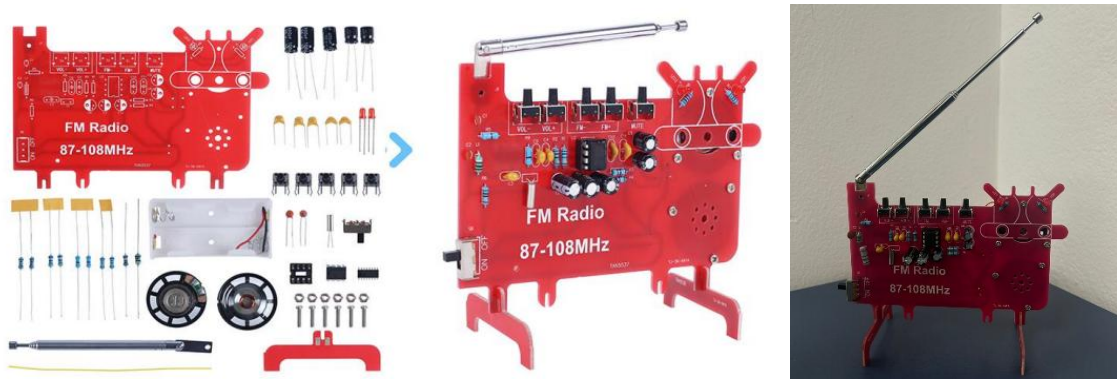


Figura 3.1.2 y Figura 3.1.3 Diseño del radio ejemplificado y realizado

Al tener el diseño del radio, se obtuvo una idea de cómo se iba a ver internamente. Al saber como se vería la placa con los componentes, en el armado se descubrió la realidad de las medidas que necesitaría tener la carcasa de manera interna para el diseño de la carcasa y otras cosas que ameritarían saber las medidas.

3.2 Selección de componentes

La selección de componentes no fue tan difícil como se esperaba debido a que se consiguió un paquete con todos los componentes necesarios. A continuación, se muestra una lista con los hardware que se utilizaron y su descripción, además de los softwares que se usaron:

- Hardware Base
 - **Placa Arduino:** Arduino Uno, Nano o Mega son las más utilizados. En el caso para este proyecto del radio, es necesario usar un nano Arduino.

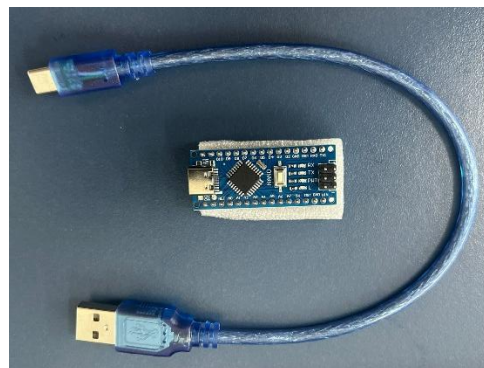
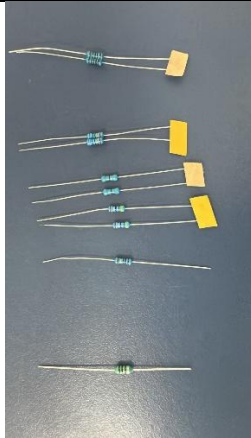
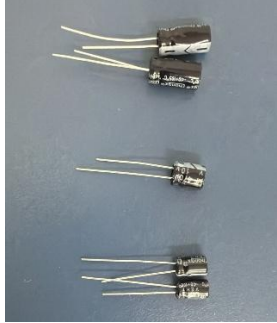


Figura 3.2.1 Nano Arduino con Cable USB

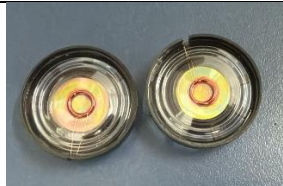
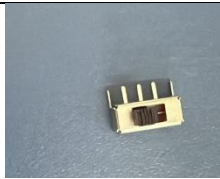
- **Computadora y Cable USB:** Para programar el Arduino mediante el IDE de Arduino.



- **Fuente de alimentación:** Es una pila, en este caso será de 3V para que pueda funcionar correctamente el radio.

No.	Nombre del Componente	Marcador PCB	Parámetro	Cantidad	Imagen Representativa
1	Resistencia de película metálica	R3, R4, R6, R7, R8	1 k Ω , 4.7 Ω , 20 Ω y 0 Ω	9	
2	Inductor	L1	100 μ H	1	
3	Capacitor monolítico	C3, C4, C5, C10, C11	4.7 μ F 475 0.22 μ F 224 0.1 μ F 104	5	
4	Capacitor cerámico	C1, C2	22 Pf y 100 pF	2	
5	Capacitor electrolítico	C6, C7, C8, C9, C12	100 μ F, 220 μ F, 470 μ F	5	
6	Oscilador de cristal	Y1	32768 Hz	1	



7	LED rojo de 3 mm	LED1, LED2	—	2	
8	Bocina de 0.5 W	LS1, LS2	—	2	
9	Interruptor tipo palanca	S6	1P2T	1	
10	Botón negro	S1–S5	6×6×8 mm	5	
11	Receptor FM RDA5807	U1	SOP-16	1	
12	Amplificador TDA2822	U2	DIP-8	1	
13	Zócalo para circuito integrado	U2	DIP-8	1	
14	Caja para 2 baterías AA	BT	—	1	
15	Antena FM	J1	—	1	
16	Tornillo M2×10 mm	—	—	6	
17	Tuerca M2	—	—	6	



18	Cable	—	10 cm	1	
19	PCB principal	—	123×82×1.6 mm	1	
20	Soporte de PCB	—	56×21×1.6 mm	2	

Todos estos componentes que fueron utilizados son necesarios para el diseño integro de el proyecto, cada uno tiene un uso importante. Con una resistencia menos o un capacitor menor, podría causar un corto circuito o podría dejar de funcionar de buena manera el proyecto. Es por eso que cada uno de estos componentes fue necesario, y fue prueba y error ya que se tiene que cambiar una resistencia para que dejara de calentar el circuito.

3.3 Diseño lógico del programa

El diseño lógico del programa se basa en una estructura de control continua que permite la interacción entre el usuario y el sistema del radio. Se hace con la implementación del sistema y del software que se uso. Esto es gracias al diseño del radio en la placa y también a los componentes como el Arduino y el display.

Se buscó conectar todos los componentes para hacer de manera armoniosa. Este diseño lógico permite un funcionamiento eficiente y continuo del sistema, integrando la lectura de entradas, la toma de decisiones y la ejecución de acciones en tiempo real.

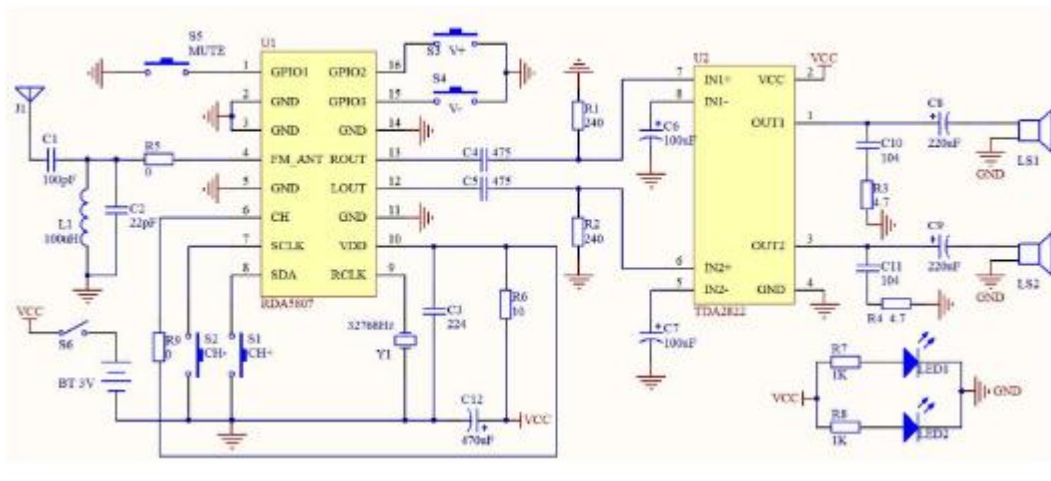




Figura 3.1 Diagrama del diseño lógico

Este diagrama contextualiza la manera en la que la corriente pasa por todo el circuito para cumplir su funcionamiento. El flujo de corriente comienza en la fuente de alimentación de 3V, donde la energía se distribuye a través del interruptor principal hacia los nodos que alimentan los componentes activos. La corriente fluye inicialmente hacia el microcontrolador RDA5807, el cual actúa como el cerebro del sistema al procesar las señales de radiofrecuencia captadas por la antena. Después va a los demás componentes hasta llegar a las bocinas.

Esta parte del diseño lógico es la más clave ya que era necesario tener el circuito bien hecho y formulado. Al tener este circuito siguiendo el diseño lógico se pone en conjunto con la carcasa y el display con los botones y el Arduino. Esto se hace para que el display muestre el cambio de volumen y al mismo tiempo que muestre las estaciones que puede llegar a tener el radio.

3.4 Bocetos de carcasa

El boceto del producto representa una etapa fundamental dentro del desarrollo del proyecto, debido a que es el momento en el que el equipo del proyecto puede visualizar de manera preliminar la forma, estructura y distribución de los componentes del radio tecnológico. A través de este diseño inicial, se busca plasmar una idea clara del aspecto físico del dispositivo antes de su construcción, facilitando la planeación y organización del ensamblaje.

Con la estética de la placa, se visualiza la radio y las maneras en las que se puede hacer la carcasa posible. Se pensó en que las maneras mas sencillas de hacer la carcasa sería de caja MDF o de impresión 3D. Debido a esto, se preparo hacer ambos tipos de carcasa para tener opciones al momento de hacerlas realidad.

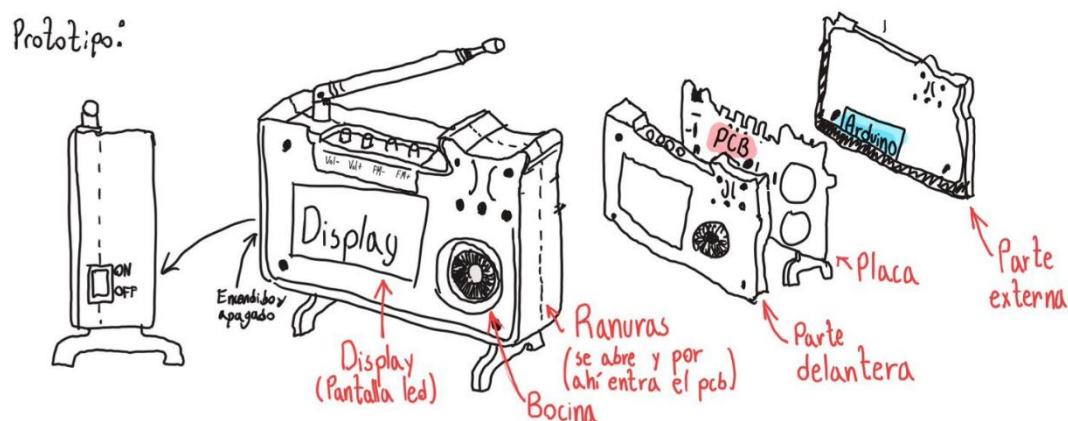


Figura 3.4.1 Boceto inicial de la carcasa

Este boceto considera tanto la funcionalidad como la estética del producto, integrando elementos como la ubicación de las bocinas, el display, los botones de control y el arduino. De esta manera, no solo se asegura un correcto funcionamiento del sistema, sino también una presentación atractiva.

Al cambiar la presentación del prototipo y todos los componentes que contenía el proyecto, se realizó un cambio en el diseño de la carcasa inicial para adaptarla a todo lo que necesitaba, ya que necesitaba más espacio y un cambio de componentes como lo eran los botones.

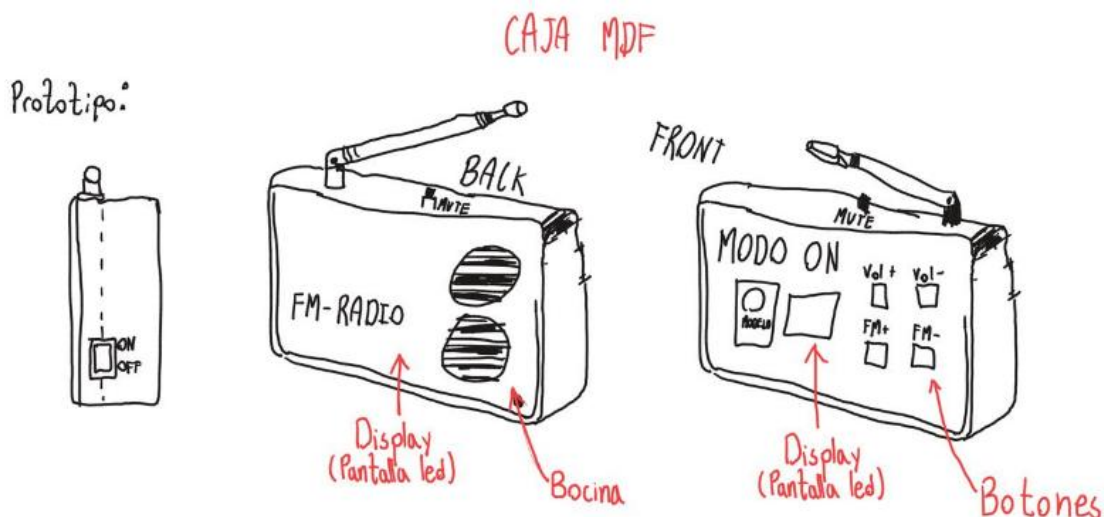


Figura 3.4.2 Boceto final de la carcasa

Con este boceto, se finaliza esta etapa del proyecto con un mejor espacio para todos los componentes y todo el cableado necesario. En consiguiente, se realiza la parte de impresión, cortado y ensamblaje de la carcasa.



3.5 Presupuesto

El presupuesto se dividió en todo lo necesario de producción incluyendo el kit con la placa y componentes, el Arduino, la pantalla led que mostrara el display, un aproximado de la soldadura que se usará y el empaque y carcasa del prototipo. Afortunadamente no fue necesario hacer inversión en un caudín o en un extractor de soldadura ya que eran materiales que ya tenía la compañera de equipo Andrea Sigala. En total los costos que se obtuvieron de producción fueron los siguientes:

Kit electronico	250
Arduino Nano	126
Pantalla Led	92
Soldadura (Pasta de soldar)	30
Empaque (Carcasa)	50
Materiales extra (Cambio de resistencia, Cableado)	52
Total (Aproximado)	600

Tabla 3.5.1 Costos de producción

El presupuesto fue cambiando poco a poco ya que al inicio se tenía un presupuesto inicial de 650, mientras que a lo largo en que se hace el prototipado y el proyecto completo, va cambiando todo, los materiales que se requieren usar, etc.

Ese es el costo de producción, mientras que para el de venta se calculan las ganancias que se tienen. Para eso, se emplea el cálculo de precio de venta unitario. Estos fueron los cálculos que elaboró el equipo:

$$\begin{aligned} * P_{Vu} &= \frac{\text{Costos Producto}}{1 - \text{Margen Contribución}} & * P_{Vu} &= \text{Precio de Venta Unitario} \\ * P_{Vu} &= \frac{620\$}{1 - 40\%} = 1,033\$ & * \text{Margen Utilidad} & \text{Mínimo: } 40\% \end{aligned}$$

Figura 3.5.2 Precio de Venta Unitario



Gracias a estos cálculos, se obtuvo el precio de venta que la radio debería de tener llegando a un total de 1033\$, lo cual es un poco alto para el precio de un radio normal. Pero esto se debe y se justifica a la razón de aprender con nuevos componentes y al aprendizaje que obtuvo todo el equipo.



CAPÍTULO IV. IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

4.1 Armado del circuito

El proceso de ensamble del receptor de radio FM RDA5807 se llevó a cabo en una sesión técnica de cuatro horas exactas, siguiendo una progresión lógica que garantizó la integridad del circuito. La jornada comenzó con la tarea de mayor complejidad: la instalación del chip SMD RDA5807. Debido a su tamaño reducido, se empleó una técnica de precisión fijando primero un pad para alinear los pines con las pistas de la placa, utilizando pinzas para asegurar que no existieran puentes de soldadura entre las terminales.

Con la base del circuito establecida, se mantuvo un enfoque en las resistencias y capacitores. Se instaló el oscilador de cristal de 32.768 kHz y los LEDs. Se marcó la interfaz de usuario; en este bloque se soldaron los cinco interruptores táctiles para el control de volumen y escaneo de frecuencias, además del jack de audio y el interruptor de encendido. Se puso especial énfasis en que estos componentes quedaran perfectamente alineados y al ras de la PCB para permitir un ensamblaje limpio dentro de la carcasa posterior.

Finalmente, durante la última hora del proceso, se realizaron las conexiones periféricas y las pruebas de control de calidad. Se soldaron los cables del porta-pilas y la antena telescópica, aplicando puntos de soldadura robustos para resistir el esfuerzo mecánico del uso diario. Tras una limpieza profunda de la placa con alcohol isopropílico para eliminar residuos de flux, se procedió al encendido inicial. El sistema respondió correctamente al escaneo automático de estaciones entre los 87 y 108 MHz, entregando una señal clara a través de las bocinas de 0.5 W. El cumplimiento del tiempo estimado de cuatro horas permitió no solo un armado funcional, sino también una revisión exhaustiva de cada punto de unión, cumpliendo con los estándares de calidad del proyecto.

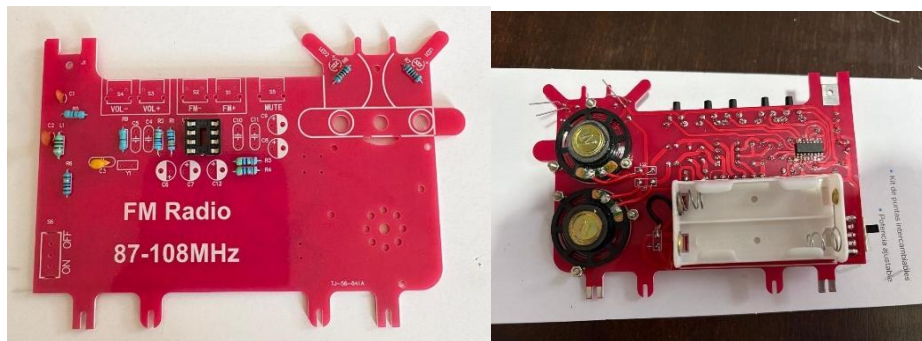


Figura 4.1.1 y Figura 4.1.2. Armados de la radio



4.2 Programación del display

La programación del display se realizó después del armado inicial del circuito y tuvo como objetivo permitir la visualización de información importante del sistema, principalmente la frecuencia seleccionada y el estado de funcionamiento del radio.

Para el desarrollo de esta etapa se utilizó el programa Wokwi junto con el entorno Arduino IDE, herramientas que permitieron realizar simulaciones previas del comportamiento del display y verificar la comunicación entre el Arduino Nano y los demás componentes electrónicos. Gracias a estas simulaciones fue posible corregir errores antes de implementar el código en el sistema físico.

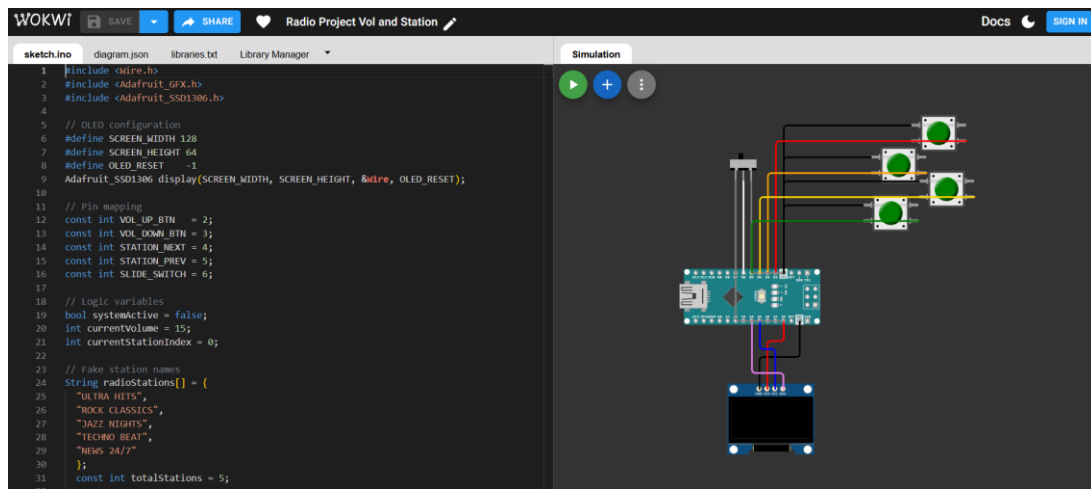


Figura 4.2.1 Simulación en Wokwi

Durante la programación se configuraron las librerías necesarias y se establecieron las entradas y salidas correspondientes para controlar la visualización de datos en pantalla. Además, se desarrolló la lógica necesaria para que el display actualizara o mostrara los cambios de volumen y de frecuencia.

El proceso de programación tomó aproximadamente una semana, debido a las distintas pruebas y ajustes que fueron necesarios para lograr una comunicación estable entre el display y el módulo. Una vez obtenidos el Arduino y la pantalla LED físicos, se realizó la programación en la aplicación Arduino IDE y se compiló en el Arduino, donde primero se verificó el funcionamiento de la pantalla para después comprobar el funcionamiento del programa final que realizó el equipo, a fin de observar lo que mostraría la pantalla al final en conjunto con la carcasa.

El video del funcionamiento y el código se encuentran en el apartado de Anexos.



4.3 Integración del sistema

La integración del sistema es la parte más tediosa de todo el proyecto, ya que requiere ensamblar todo lo realizado y, al hacerlo, se debe determinar qué ajustes son necesarios para que todo funcione en conjunto. La integración comenzó con la conexión del Arduino y la verificación de los nuevos componentes que se añadirían, es decir, la pantalla LED y los botones en el programa.

En un primer momento, se verificó el funcionamiento completo del Arduino con la pantalla, para que después el equipo probara conexiones en las cuales pudiera funcionar la placa PCB de la radio en conjunto con el Arduino, la pantalla y los nuevos botones.

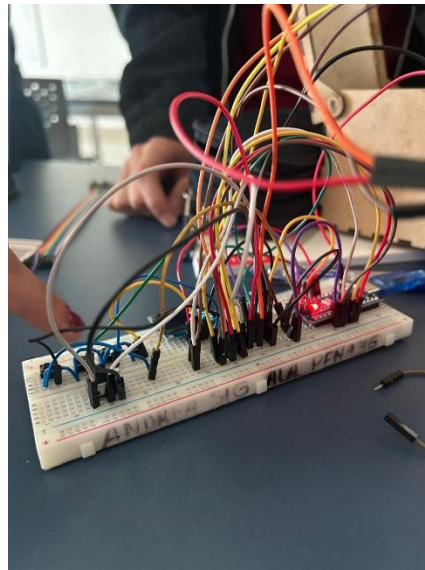


Figura 4.3.1 Primer conexión

Se realizó la primera conexión con 32 cables, mediante los cuales se establecían conexiones del Arduino a la placa, a los botones y al display. La conexión fue tediosa y requirió varias pruebas debido a que, en un primer momento, como la placa y el Arduino tenían voltajes independientes, todos los componentes se calentaban y la compañera Andrea Sigala sufrió una quemadura.

Después de varias pruebas y modificaciones, se logró realizar una conexión en la que todos los componentes funcionaban en sintonía. Al término de esto, el equipo decidió realizar pruebas y verificar el funcionamiento, lo cual llevó a otros problemas, como que había dos botones para cada movimiento y que algunos detalles en el código eran incorrectos. Se corrigieron los detalles y se realizaron las últimas conexiones para después integrar el conjunto con la carcasa.



4.4 Fabricación de la carcasa

La fabricación de la carcasa se llevó a cabo con el propósito de proteger los componentes electrónicos y mejorar la presentación visual del proyecto. Para el diseño preliminar de la estructura se utilizaron programas de modelado digital, específicamente Fusion 360, lo que permitió organizar adecuadamente el espacio interno destinado al display, las bocinas, los botones y la placa principal.

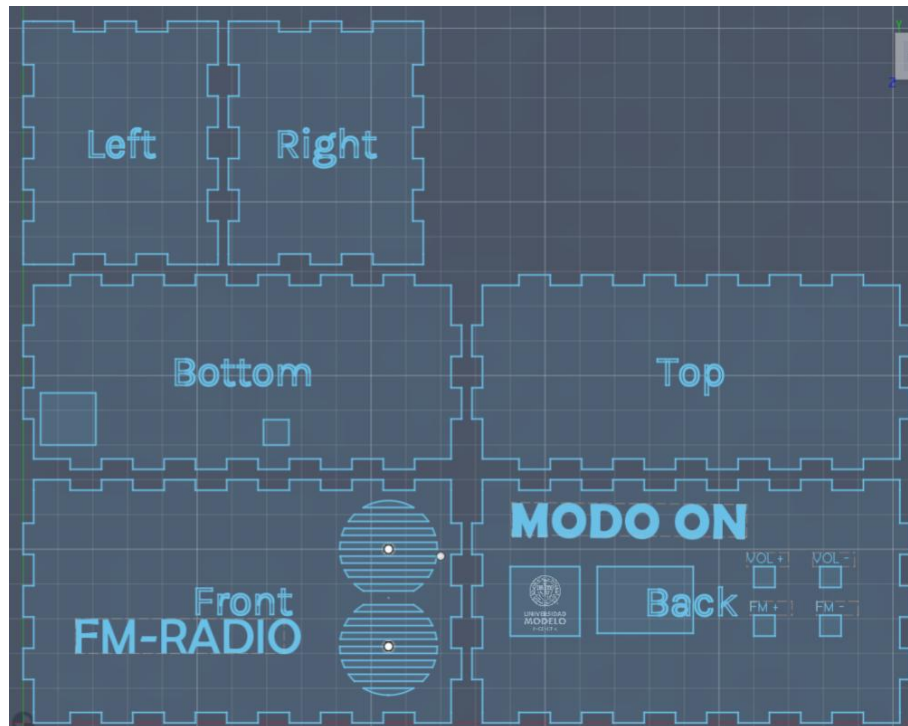


Figura 4.4.1 Diseño en Fusion 360

Se realizó el prototipado en la aplicación Fusion 360, donde se diseñó la estructura lo más parecida al boceto final para después proceder a imprimirla y ensamblarla. El equipo se apoyó en compañeros del área del centro de innovación y en compañeros con mayor experiencia en la aplicación y el ensamblaje para la impresión y el armado.

Se envió el diseño y se imprimió, para después, progresivamente, armarlo e identificar si las medidas propuestas en el diseño eran correctas, realizar cambios si era necesario y repetir el proceso. Finalmente se fabricó la carcasa y se realizó el ensamblaje.

4.5 Pruebas

Las pruebas del proyecto se realizaron con la finalidad de comprobar el funcionamiento general del radio y verificar que cada uno de sus componentes operara



correctamente. Durante esta etapa se evaluó la recepción de señal FM, la reproducción de audio, la respuesta de los botones y la visualización de información en el display.

También se comprobó la estabilidad del sistema durante distintos periodos de uso, revisando que no existieran fallos en las conexiones ni interrupciones en la reproducción del sonido. Estas pruebas permitieron identificar pequeños detalles que fueron corregidos antes de finalizar el proyecto.

Como evidencia del funcionamiento del prototipo, se anexaron fotografías y videos donde se muestra el radio en operación, especialmente durante las pruebas de cambio de estaciones y reproducción de audio. Estos anexos permitieron documentar el desempeño del sistema y respaldar el proceso completo de desarrollo del proyecto.

Para ver el video de simulación y los anexos, se debe consultar los anexos 4.5.1 y 4.5.2.



CAP V. OPERACIÓN Y EVALUACIÓN

5.1 Validación del producto

En esta parte nos enfocamos en revisar que todo el prototipo funcionara como se planeó desde el inicio y que cumpliera con los requisitos técnicos. Como el proyecto junta hardware y software (usando el Arduino Nano, la pantalla LED, las resistencias y el cableado dentro de la carcasa), dividimos la validación en tres tipos de pruebas:

- Pruebas eléctricas y de conexiones: Revisamos punto por punto los componentes soldados en la placa para asegurarnos de que no hubiera cortos. También checamos que la pasta de soldar no estuviera haciendo contacto donde no debía.
- Prueba del programa: Le cargamos el código final al Arduino Nano para ver cómo reaccionaba. Aquí revisamos que no se trabara, que procesara bien los datos y que la pantalla LED mostrara la información de manera clara, sin importar si había mucha o poca luz en la habitación.
- Prueba de ensamble físico: Metimos todo el circuito dentro de la carcasa para ver qué tan resistente quedaba. La idea era confirmar que los componentes no se movieran ni se fueran a desoldar con el movimiento, y que los cables y resistencias extra quedaran bien acomodados dentro del espacio disponible.

5.2 Ajustes finales

Después de hacer las pruebas del punto anterior, salieron algunos detalles pequeños que tuvimos que corregir antes de dar por terminado el prototipo y pasar a los números de los costos.

El ajuste principal fue en la parte eléctrica: nos dimos cuenta de que la pantalla LED parpadeaba un poco al principio. Para solucionar esto, tuvimos que cambiar una resistencia y acomodar mejor el cableado interno (lo que registramos en la tabla como materiales extra). Con este cambio, el voltaje se estabilizó y la pantalla empezó a leerse bien.

Por el lado del armado, aprovechamos que el equipo de Andrea Sigala nos prestó su computadora y un extractor de soldadura. Con estas herramientas pudimos limpiar los excesos de soldadura y acomodar mejor las piezas dentro de la carcasa para que cerrara



bien, todo esto sin tener que gastar dinero extra. Ya para cerrar, le hicimos una última calibración al código del Arduino para que los tiempos de lectura fueran más precisos.

5.3 Análisis de costos

Para saber si el proyecto es viable económicamente y calcular en cuánto se podría vender, hicimos un balance de lo que gastamos en materiales y el margen que queremos ganar.

Al principio del proyecto teníamos un presupuesto estimado de \$650.00. Sin embargo, ya a la hora de comprar las cosas, armar el prototipo y hacer los cambios sobre la marcha, los gastos reales cambiaron.

En la siguiente tabla mostramos el desglose exacto de lo que costó fabricar esta unidad:

Componentes/ Material	Costos (\$)
Kit de componentes (placa y soporte)	\$ 250.00
Arduino Nano	\$ 126.00
Pantalla Oled (Display)	\$ 92.00
Soldadura y pasta para soldar	\$ 30.00
Empaque / Carcasa protectora	\$ 50.00
Material extra	\$ 52.00
Total aproximado de materiales	\$ 600

Tabla 5.3.1: Costos de producción del prototipo.

Cabe mencionar que herramientas clave como la computadora para programar y el extractor de soldadura no nos costaron, ya que Andrea Sigala nos las prestó para el ensamble, lo que nos ayudó a no elevar los gastos.



CAP VI. CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones Generales del proyecto

El desarrollo de este proyecto integrador, enfocado en el diseño, simulación, ensamblaje y programación de un receptor de radio FM funcional, representa la consolidación de nuestras competencias técnicas y de gestión adquiridas a lo largo de la formación en Ingeniería Industrial y Optimización de Sistemas. A nivel técnico, la integración del chip receptor RDA5807, el amplificador de audio TDA2822 y un microcontrolador Arduino Nano demostró los desafíos inherentes a la manufactura de hardware electrónico.

La transición exitosa desde simulaciones digitales en la plataforma Wokwi hacia un circuito físico real evidenció la importancia de considerar variables del entorno real como la continuidad eléctrica, la estabilidad de las soldaduras y la gestión del apartado práctico del proyecto. Este último factor fue un reto crítico, manifestado en el sobrecalentamiento inicial del microcontrolador y solucionado mediante la reingeniería del diseño y la sustitución de resistencias inestables.

Desde la perspectiva de la gestión de proyectos y la optimización de procesos, la experiencia subrayó que los cronogramas teóricos son altamente vulnerables a factores externos no controlables. El retraso significativo en el suministro de los componentes importados —que desplazó tareas clave como el diseño de la carcasa— obligó al equipo a activar planes de contingencia basados en la flexibilidad y el paralelismo operativo. La utilización de herramientas de software libre como Wokwi y el IDE de Arduino permitió avanzar en la lógica de la programación de la pantalla LED de forma simultánea a la espera del hardware físico. Esta estrategia de desarrollo mitigó el impacto del "cuello de botella" logístico y permitió condensar con éxito las fases de armado y pruebas funcionales en una ventana de tiempo reducida.

Finalmente, el análisis financiero arrojó conclusiones valiosas sobre la viabilidad comercial y el costeo industrial. Aunque el costo directo de producción se optimizó a un aproximado de 503 pesos gracias al aprovechamiento de herramientas preexistentes, la aplicación de la fórmula para calcular el Precio de Venta Unitario (PVU) con un margen de utilidad mínimo del 40% dio como resultado un precio final de 1,033 pesos.



Si bien este valor resulta poco competitivo dentro del mercado de consumo masivo para radios estándar, se justifica plenamente bajo un enfoque de prototipado tecnológico y aprendizaje de ingeniería.

El proyecto concluye con un nivel de confianza elevado para su entrega definitiva en la fecha límite ajustada del 22 de mayo, habiendo validado con éxito las funciones de sintonización de estaciones, control de volumen y despliegue visual de datos en pantalla.

6.2 Conclusiones individuales del proyecto integrador

Conclusión Individual: Andrea Sigala (Gestión y Liderazgo):

Siendo honesta, la parte más pesada y complicada de todo el proyecto fue que me tocó armar las radios de los cuatro equipos. Una cosa es tener la teoría en papel y otra muy diferente es pelearse con los componentes en la vida real. Fue un proceso súper retador porque entramos en un ciclo infinito de ensayo y error: neta, cada vez que hacíamos una prueba y lográbamos solucionar un fallo, salía un problema completamente nuevo en la siguiente esquina.

Lidiar con que las cosas no salieran a la primera y echarme el armado de los cuatro frentes encima fue estresante, pero muy aparte de lo complicado que estuvo, para mí fue una experiencia increíble. Me di cuenta de que me encanta armar este tipo de proyectos y meter las manos en el circuito. Al final, resolver cada obstáculo no solo hizo que las radios quedaran listas y funcionando, sino que me dejó un aprendizaje enorme sobre solución de problemas bajo presión y me confirmó lo mucho que disfruto llevar la ingeniería a la práctica.

Conclusión Individual: Liam Alejandro Méndez Molina (Ingeniería de Implementación):

Conclusión Individual: Herbert Carter (Análisis Técnico y Diseño Lógico):

Como responsable de la arquitectura del sistema y la selección de los componentes técnicos, este proyecto brindó la oportunidad de analizar a fondo los protocolos de comunicación electrónica. El estudio detallado de las hojas de datos técnicos fue crucial para que la posterior programación de software pudiera sintonizar de manera correcta las frecuencias electromagnéticas y controlar los niveles de volumen digital. La simulación



digital en Wokwi representó un paso fundamental en el apartado de programación antes de someter las piezas a la tensión eléctrica real.

Por otra parte, la transición del diseño del contenedor externo desde un modelo impreso en 3D hacia una estructura de caja recta fabricada en madera MDF aportó una gran lección de optimización económica y de tiempos de manufactura y me demostró que, empíricamente, que una solución de corte y ensamble en MDF reduce el tiempo de procesamiento de ocho horas a menos de tres, disminuyendo los costos y mitigando los retrasos previos.

En conclusión, más allá de las fórmulas y los planos técnicos, este proyecto me dejó una lección muy importante sobre lo que significa hacer ingeniería en el mundo real. Me permitió experimentar las dificultades cuando los componentes no llegan a tiempo o cuando el diseño original planeado simplemente no es viable por costos o plazos. Sin embargo, me dejó una valiosa lección personal, el entender que cambiar de rumbo no es un fracaso, sino una decisión inteligente para salvar el proyecto, ese fue mi mayor aprendizaje. Me llevo la satisfacción de ver que el verdadero valor de un ingeniero no está en seguir un plan al pie de la letra, sino en tener la flexibilidad y la mente para encontrar soluciones cuando las cosas no salen como uno espera.

Conclusión Individual: Marco Navarro (Documentación y Soporte de Ingeniería):

Este proyecto me permitió comprender la importancia que tiene la documentación y la organización dentro del desarrollo de un proyecto de ingeniería. Durante el proceso aprendí a llevar un mejor control de las actividades, registrar los avances y adaptarme a los cambios que surgieron durante la construcción y programación de la radio FM.

También entendí que muchos problemas pueden resolverse de mejor manera cuando existe buena comunicación y trabajo en equipo. Gracias a esta experiencia fortalecí habilidades de responsabilidad, organización y análisis, además de obtener una visión más realista sobre cómo se desarrollan los proyectos tecnológicos fuera de la teoría.

En conclusión, este proyecto no solo me dejó conocimientos técnicos, sino también una experiencia importante sobre la importancia de la planeación, la solución de problemas y el trabajo colaborativo para alcanzar los objetivos establecidos.



ANEXOS

Anexo 1: Foto del proyecto

4.2.1 Código final de la pantalla LED:

<https://docs.google.com/document/d/1HYgQlKH93lbQ-FCFhgVa4VvbDeLCITrI8rWALnmCLdk/edit?usp=sharing>

4.2.2 Video de funcionamiento de la pantalla LED:

<https://drive.google.com/file/d/12-B5YNC37DL63V0FSN-xb1nd9lFtgnHH/view?usp=sharing>

4.5.1 Video prueba de la radio:

https://drive.google.com/file/d/1wPRbwGcxRWBsbmqJBKjpAyg8e97cISr8/view?usp=drive_sdk

4.5.2 Link WOKWI: <https://wokwi.com/projects/463193557853724673>