



Universidad Veracruzana

Facultad de Instrumentación Electrónica

Región Xalapa

Ingeniería en Instrumentación Electrónica

## Sistema Integral para la Detección de Fallas en Transport Stream y Audio Modulado en Frecuencia

Tesis para acreditar la Experiencia recepcional

Presenta:

**Fernández Salinas Violeta Margarita**

Director de tesis:

Dr. Pretelín Canela Jacinto Enrique

Coodirector de tesis:

Ing. Romero Gálvez César Daniel

Junio de 2022

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”





Universidad Veracruzana

Facultad de Instrumentación Electrónica  
Región Xalapa

Ingeniería en Instrumentación Electrónica

*Sistema Integral para la Detección de Fallas en Transport Stream  
y Audio Modulado en Frecuencia*

Tesis para acreditar la Experiencia recepcional

Presenta:  
Fernández Salinas Violeta Margarita

Director de tesis:  
Dr. Pretelín Canela Jacinto Enrique

Coodirector de tesis  
Ing. Romero Gálvez César Daniel



Por este conducto, quien suscribe, C. Violeta Margarita Fernández Salinas, alumna del programa educativo de Ingeniería en Instrumentación Electrónica, con matrícula zS17012831, manifiesta haber realizado el presente trabajo recepcional en la modalidad de Tesis para acreditar con ello la experiencia educativa Experiencia Recepcional inscrita en el periodo Agosto 2021- Enero 2022 y que lleva por título: Sistema integral para detección de fallas en transport stream y audio modulado en frecuencia.

Este trabajo escrito ha sido revisado y aprobado por quienes fungieron como directores de este, los académicos Dr. Pretelín Canela Jacinto Enrique y Ing. Romero Gálvez Cesar Daniel quienes confirman que el trabajo tiene la calidad suficiente para ser evaluado para el fin mencionado.

Asimismo, manifiesto que el trabajo es de mi total autoría y que lo entrego en forma electrónica por los medios indicados por el académico encargado de la Experiencia Educativa Experiencia Recepcional. Lo anterior con la finalidad de cumplir con los requisitos establecidos y llevar a cabo la evaluación de la Experiencia Recepcional a través de la exposición oral, de acuerdo con lo establecido en el Estatuto de los Alumnos vigente.

Xalapa, Ver., a 20 de junio de 2022.

"Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz"

Atentamente

Fernández Salinas Violeta Margarita



---

(Nombre y firma del alumno)

Vo. Bo

Dr. Pretelín Canela Jacinto Enrique

Ing. Romero Gálvez Cesar Daniel

(Nombre y firma del(os) director(es) del trabajo recepcional)





## Dedicatoria

Le dedico esta tesis primeramente a mis padres quienes creyeron en mí en todo momento, brindándome su apoyo y amor incondicional para poder llegar a esta etapa de mis estudios. De igual a mis hermanas, pues ellas me motivaban cada día a llegar más lejos y a no tener miedo de las cosas nuevas. A mis amigos ya que sin su amistad incondicional no hubiera logrado cumplir mis metas. Y por último a mis directores de tesis, pues gracias a su paciencia me ayudaron hasta el último momento.







# Índice

Índice .....	I
Objetivo.....	II
Resumen.....	III
I. La estación transmisora .....	3
1.1 ¿Qué es una estación transmisora? .....	3
1.2 Funcionamiento de una estación transmisora.....	4
1.2.1 Señal de audio modulado.....	4
1.2.2 Señal de T.V.....	5
II. Diseño de sistema integral para detección de fallas en transport stream y audio modulado en frecuencia.....	6
2.1 Componentes utilizados.....	8
2.1.1. Características .....	9
2.2 Esquemas del circuito.....	13
2.2.1. Diagrama .....	13
2.2.2 Circuito en PCB.....	14
III. Implementación del sistema.....	15
3.1 Metodología para obtención de datos.....	15
3.2 Validación de resultados .....	28
2.2.1. Procedimiento para validación de resultados.....	28
III. Resultados .....	33
4.1 Análisis de los datos .....	33
4.2 Resultados generados .....	34
Conclusiones .....	34
Referencias.....	36

## Objetivo

Diseñar un sistema capaz de notificar errores del transport stream (TDT) y audio modulado en frecuencia (radio) con el fin de ayudar al ingeniero responsable de la estación transmisora a realizar otras actividades.

### Metas:

- ☐ Diseñar y armar un prototipo del sistema de alarma.
- ☐ Realizar la programación adecuada para su correcto funcionamiento.
- ☐ Integrar la programación y prototipo obteniendo buenos resultados.
- ☐ Ofrecer al ingeniero la facilidad de estar fuera de la cabina de monitoreo dedicándose a cumplir con distintas labores, gracias al correcto funcionamiento del sistema integral.

### Acciones:

- ☐ Realizar investigaciones sobre el funcionamiento del transport stream, así como el audio modulado en frecuencia.
- ☐ Realizar el prototipo de diseño.
- ☐ Recopilar datos de las señales (analógicas para audio fm y digitales para transport stream).
- ☐ Realizar la programación.
- ☐ Asistir a la estación transmisora para verificar que el diseño sea correcto.
- ☐ Adaptar el diseño para que cumpla con las características de montaje correcto.
- ☐ Realizar distintas pruebas para comprobar un funcionamiento adecuado.
- ☐ Ensamblar el sistema en la estación transmisora.

## **Resumen**

Una estación transmisora hace posible transmitir información al público en general. Sin embargo, todos sabemos que en ocasiones pueden ocurrir fallas por circunstancias fuera de nuestro alcance, provocando falta de información a los televidentes y radioescuchas, por ello es necesario un sistema capaz de alertar cuando se presenta un error en tiempo real. En este trabajo se muestra el diseño, programación y ensamblado, así como la comprobación del funcionamiento óptimo de un sistema integral, trabajando en conjunto la señal de audio modulado en frecuencia y señal de transport stream.

## **I. La estación transmisora**

### **1.1 ¿Qué es una estación transmisora?**

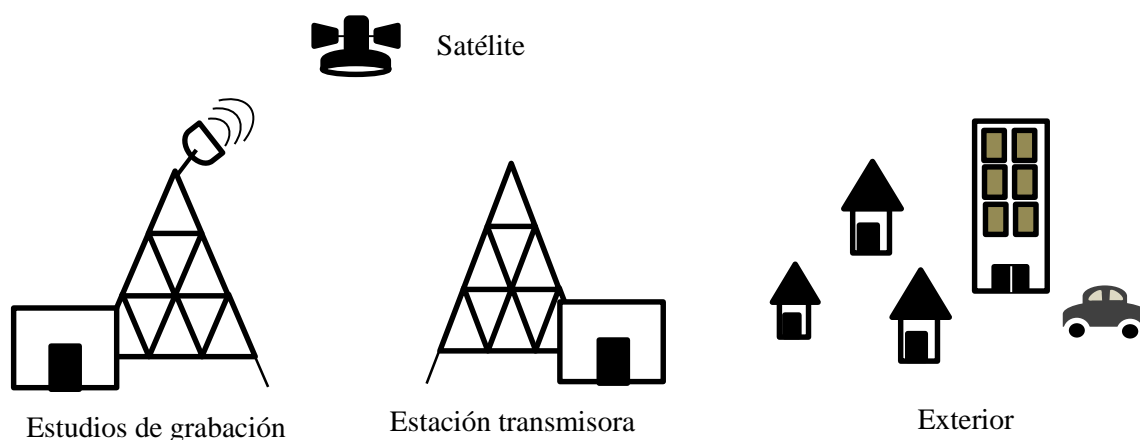
Los medios de comunicación brindan a usuarios de diferentes comunidades una buena transmisión de información, desde entretenimiento, cultural, social, educacional hasta informativa. Aunque actualmente la mayoría de las personas hacen uso de los teléfonos celulares, aún hay población que utiliza la Televisión Digital Terrestre (TDT) y la radio como medios de comunicación. Sin embargo, para que puedan contar con estos servicios es necesario que la empresa tenga una estación transmisora.

Una estación transmisora es el lugar donde llegan las señales de radio (señal analógica) y de televisión (señal digital), realizando un proceso el cual implica pasar por diferentes dispositivos electrónicos para procesarlas, así como la revisión del monitoreo de las señales, asegurándose que al momento de transmitir las al aire no existan errores o pérdida de estas, confirmando la recepción de los radioescuchas y televidentes. La estación transmisora es la encargada de distribuir ambas señales (radio y TDT) al exterior con el fin de llegar a los lugares que cuenten con la cobertura de radiocomunicación establecida.

Una estación transmisora está compuesta por una torre con antenas para recibir y transmitir datos, así como diversos componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos para el proceso de información.

## 1.2 Funcionamiento de una estación transmisora

Las señales de radio y TDT se graban o transmiten en vivo en los estudios de grabación, después dichas señales se dirigen al satélite con el fin de que la estación transmisora pueda recibirlas para procesarlas, transmitiéndolas al aire y por último llegar a los hogares, edificios y cualquier zona que sea posible sintonizar los canales (ver figura 1.).

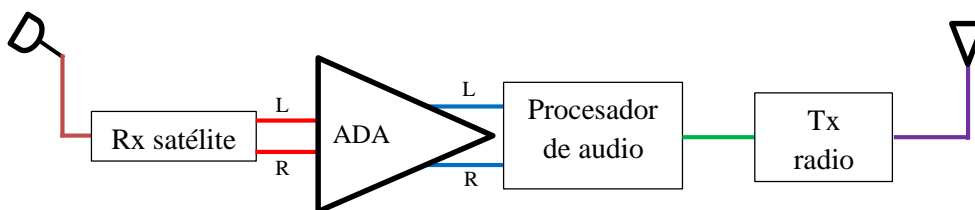


**Figura 1. Sistema de transmisión de una estación transmisora**

Como se dijo anteriormente, la estación transmisora procesa y envía las señales tanto de TDT como de radio, sin embargo, cada señal sigue un proceso diferente debido a que una señal es analógica y la otra digital, estos se explican a continuación.

### 1.2.1 Señal de audio modulado FM

Los programas son grabados o transmitidos en vivo en los estudios de grabación, generando frecuencias para emitirlas al satélite, de tal manera que puedan ser recibidas en la antena parabólica de la estación transmisora mediante el receptor satelital (denominado Rx satélite), estas serán recibidas en audio analógico a cierta frecuencia, continuando con el distribuidor amplificador de audio (denominado ADA), después pasar con el procesador de audio y finalmente llega al Tx radio FM (véase en la figura 2.).



**Figura 2. Diagrama de flujo de audio modulado**

El Rx satélite capta las señales en radiofrecuencias en la antena parabólica y la descompone en dos canales denominados, izquierdo (L) y derecho (R), dirigiéndose al ADA para continuar con su proceso.

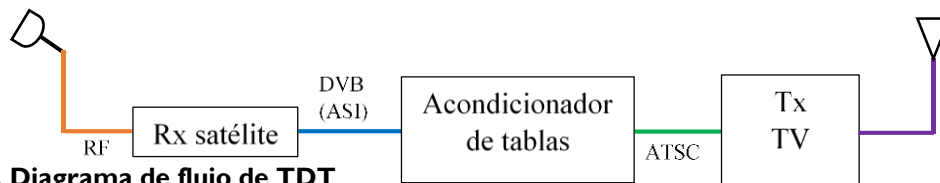
El ADA como tal, preamplifica y distribuye la señal al procesador de audio, el cual debe tener ciertas características, como el nivel de audio para que se lleve a cabo.

El procesador de audio, hace posible que los datos a transmitirse, sean compatibles con los medios a comunicar, es decir, logra recortar los picos de la señal, “sin agregar distorsión audible y que mantengan el promedio de la señal muy cerca del valor pico con lo que se logra que la emisora “suene más fuerte”, manteniéndose dentro de los valores de modulación permitidos. Estos procesadores, además, incluyen funciones de ecualización, refuerzo de graves y de sensación estéreo, que permiten dar a la emisora un sonido particular” [1].

Por otra parte, el transmisor de radio FM (denominado Tx radio FM), como su nombre lo dice es el encargo de mandar las frecuencias al exterior por medio de su antena, debido a que es capaz de acondicionar las señales de información en frecuencia modulada. Las estaciones transmisoras tienen normas que deben de cumplir, una de ellas es que su señal se encuentre con separación de 200Khz entre cada frecuencia a usar, en este caso como el sistema será para Radio Televisión de Veracruz (RTV) se manda una frecuencia de 107.7Mhz.

### **1.2.2 Señal de T.V.**

La señal digital de igual forma que en la de radio, se recibe en la antena parabólica de la estación transmisora a una cierta frecuencia por medio del receptor satelital (denominado Rx satélite), pero en formato Digital Video Broadcasting (DVB por sus siglas en ingles), para seguir con el acondicionador de tablas de manera, el cual toma el formato Advance Television System Committee (ATSC por sus siglas en inglés) por lo tanto es posible mandarlo al Tx TV (transmisor de TV). El proceso de TDT se puede observar en la figura 3.



**Figura 3. Diagrama de flujo de TDT**

El Rx satélite recibe la señal a través de la antena parabólica, sin embargo, a diferencia del de radio, este lo pasa en formato Digital Video Broadcasting (DVB). “El DVB no solo estandariza la codificación de la señal de video y audio, sino que también hace referencia a los flujos de programas y transporte, es decir, a las tareas consientes en la organización de la señal comprimida (audio + video + datos) en paquetes que posteriormente son multiplexados. Es decir, el DVB se centra también en la estructura de transporte y de codificación del canal y en la posterior señal de salida.” [2].

El acondicionador de tablas es la parte fundamental del proceso de la TDT, ya que es aquí donde se encuentra toda la información, desde audio y video, hasta el menú de los programas que se transmitirán con su respectiva fecha, hora y nombre. Debido a que señal es digital, los datos son recibidos en bits haciendo posible un flujo de información más certera, pues cada paquete de información debe dirigirse a las “direcciones” correspondientes para convertirse en formato Advanced Television System Comitee (ATSC) a través del Transport Stream (TS). Ya que, de no ser así, no sería posible que el consumidor pueda observar su TV en un lenguaje entendible.

”El ATSC permite transmitir varias señales en definición estándar o combinado con alta definición, es decir permite multiplexar varias señales.” [2]. El ATSC posibilita la emisión de las señales con una buena calidad de imagen y audio, brindando al usuario comunicación interactiva.

En el Tx Tv es donde se procesa y convierte la señal a una RF de 26.1 en los excitadores para lograr ser transmitida al aire por medio de la antena, logrando que los usuarios puedan ver las imágenes sin problema alguno.

## **II. Diseño de sistema integral para detección de fallas en transport stream y audio modulado en frecuencia.**

Durante la transmisión de programas en la estación transmisora suceden diversas fallas tanto en el proceso de audio modulado como en T.V. En el caso del audio modulado las fallas que ocurren son los que se conocen como “lagunas”, estos se dan por la pérdida de señal debido a diversas situaciones. Sin embargo, en la transmisión no todos los silencios son fallas pues



al momento de hacer cambio de un programa a otro suelen poner pequeños silencios, algunos de 2 segundos, otros de 3 segundos y algunos otros de un poco más, los cuales pueden ser “ignorados”, pero otros necesariamente deben de tomarse en cuenta ya que son silencios de mayor durabilidad y se tienen que resolver lo antes posible.

Mientras que en T.V. la falla que se presenta sería la falta de TS, esto significa que los datos no se están enviando completos, pues el TS es el encargado de mandar toda la información a la siguiente etapa, si no existe TS, no se transmite nada al exterior.

Debido a que la señal con la que trabaja el audio modulado FM es analógica y la señal del TS es digital se pueden leer con un microcontrolador Atmega328P.

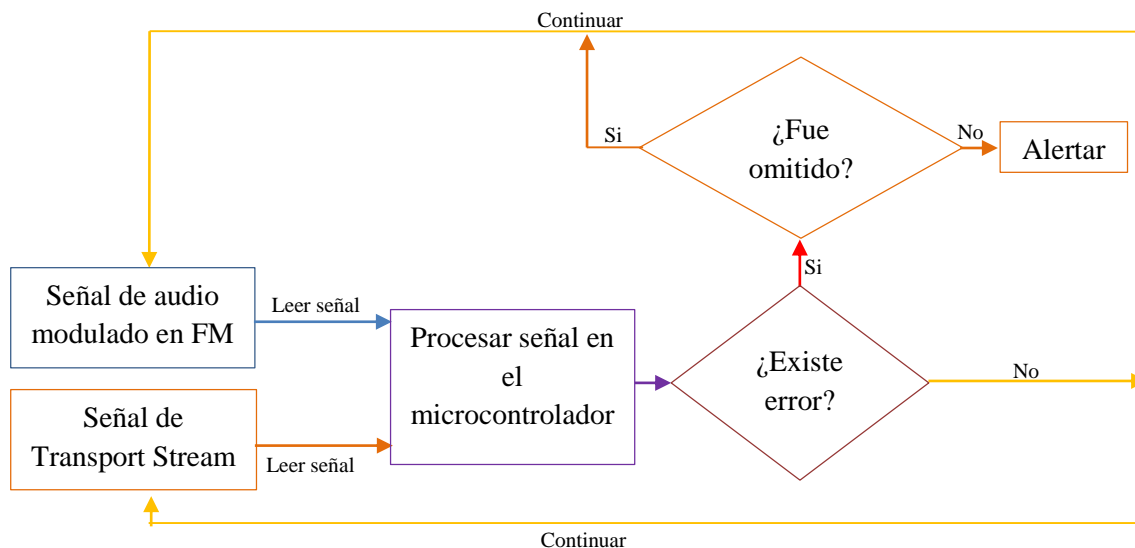
El sistema integral se encontrará situado en la cabina de monitoreo de la estación transmisora (véase la figura 4.). El recuadro amarillo nos indica el lugar donde puede estar situado el sistema integral, de tal manera que si el personal se encuentra detrás del cristal (cuadro naranja) pueda observar algo llamativo y acuda a resolver el problema, ya que el cristal no permite pasar el ruido. En cambio, si el ingeniero a cargo no se encuentra dentro de la cabina de monitoreo es necesario emitir un sonido para avisarle que existe fallas y solucione el problema. Debido a esto, es preciso que el sistema integral alerte al personal tanto de manera visual y como auditiva.



**Figura 4. Cabina de monitoreo**

Como se describió anteriormente existen silencios durante las transmisiones del audio modulado FM que pueden ser “ignorados” pero otros no. Por consiguiente, se requiere contar con una alternativa con opciones para elegir los segundos de silencio que se omitirán siendo un sistema más factible.

A continuación, se muestra un diagrama de bloques (véase la figura 5.) con el fin de representar el sistema integral y entender mejor lo dicho anteriormente.



**Figura 5. Diagrama de bloques**

## 2.1 Componentes utilizados

Para el desarrollo del proyecto se usaron los siguientes componentes de tal manera que puedan contar con lo necesario para abarcar las necesidades del sistema integral, como el microcontrolador donde se adjunte toda la programación, un variador de silencios a omitir, un indicador visual y otro auditivo para brindar un correcto funcionamiento:

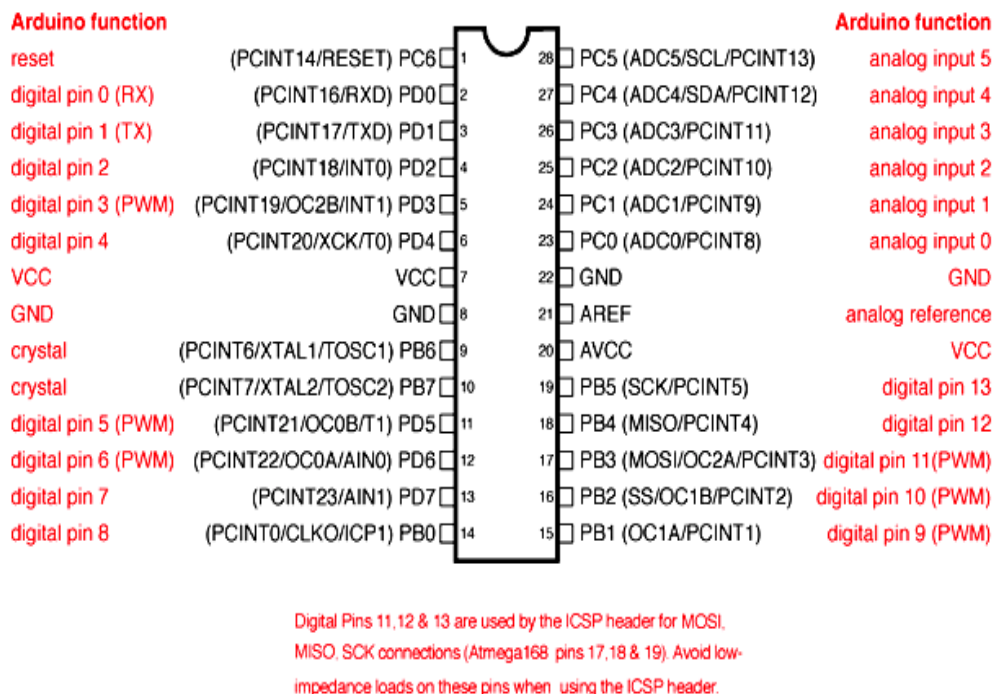
- ☐ 1 Microcontrolador Atmega328P.
- ☐ Fuente de voltaje de 9V.
- ☐ Diodo 1n4007.
- ☐ 1 crystal de 16MHz.
- ☐ 1 LM7805.
- ☐ 1 capacitor electrolítico 47uF 16V.
- ☐ 4 LEDS.
- ☐ 4 resistencias 220ohms.
- ☐ 1 resistencia 10Kohms.
- ☐ 1 potenciómetro 1kohm.
- ☐ 1 buzzer activo.

- 1 LCD con I2C.

### 2.1.1. Características

Con el fin de obtener datos correctos de los componentes que se utilizarán para cumplir con las necesidades del sistema integral, se consultó el datasheet de cada uno de los componentes electrónicos que se describen donde se especifica los parámetros básicos a considerar para desarrollar el sistema integral.

El microcontrolador que se utilizará será el Atmega328p este es el componente primordial para nuestro sistema integral, ya que es aquí donde se centrará toda la programación del circuito. Se debe de cuidar cada detalle de él, sin sobrepasar su voltaje de operación que varía de 2.7V a 5.5V, así como su correcta conexión, todos sus pines se pueden observar en la figura 6.



**Figura 6. Pines de Atmega328P.**

Referencia: COMPONENTS 101 (2018). ATmega328P and Arduino Uno Pin Mapping. [Fotografía/ilustración]  
 Recuperado de: <https://components101.com/microcontrollers/atmega328p-pinout-features-datasheet>

El Atmega328P es un circuito integrado, el cual puede tener diferentes empaquetados, sin embargo, el que usará será con empaquetado de doble hilera (DIP), basado en un microcontrolador de 8-bits con Regulación Automática de Voltaje (denominado AVR), es usado en aplicaciones de electrónica, robótica, instrumentación, entre otras. Está compuesto por 28 pines los cuales constan de pines de alimentación (Vcc y GND), 6 salidas PWM, 14

pinos digitales, 6 pines de entrada analógicas, 2 pines OSC, 1 pin RESET, el cual debe de estar conectado a una resistencia de  $10K\Omega$  necesariamente [3].

En este caso se optó por el uso del pin PD0 (2) como receptor de la señal del TS y el pin PC0 (23) para recibir la señal de audio modulado en FM. Se eligieron dichos pines porque el pin PD0 admite datos analógicos, mientras que el pin PC0 acepta datos digitales.

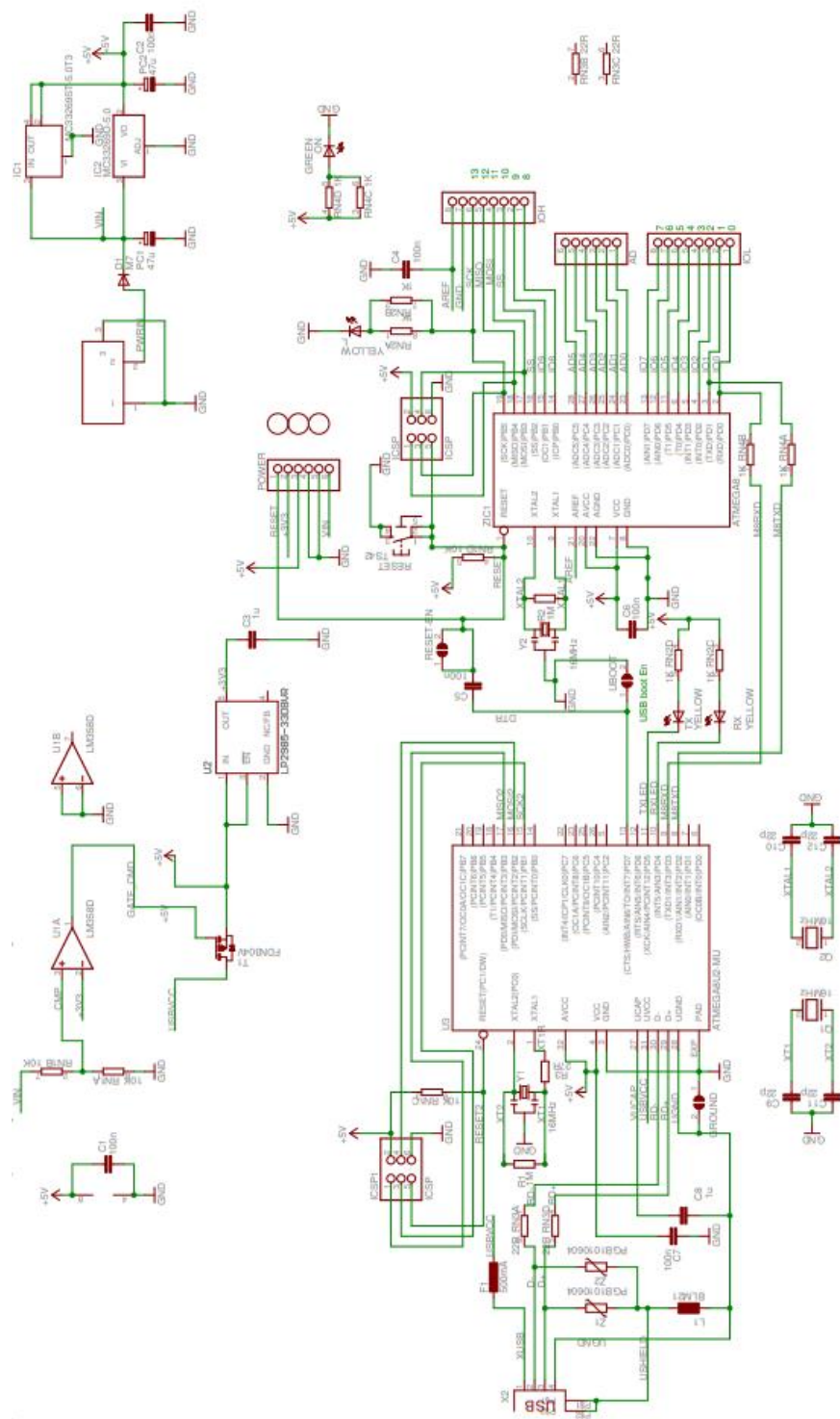
El siguiente componente que se empleará será el crystal con frecuencia de 16MHz es un oscilador con 2 pines sin polaridad, estos corresponderán necesariamente a los pines PB6 (9) y PB7 (10) del circuito integrado, con el fin de proporcionar una señal de reloj estable al microcontrolador Atmega328P.

El diodo 1n4007 es un componente electrónico “para uso en aplicaciones de rectificación de uso en general de fuentes de alimentación, inversores y convertidores” [4]. Puesto que tienen polaridad sus dos terminales permite el paso de la corriente en un solo sentido contribuyendo al cuidado del circuito. Debido a que su voltaje eficaz (VRRM) es de 700V.

El lm7805 “está pensado como reguladores de voltaje fijo en una amplia gama de aplicaciones, incluida la regulación local para eliminar el ruido y los problemas de distribución asociados con la regulación de un solo punto.” [5] Está constituido por 3 pines (Vin, GND y Vout). Vin corresponderá a 9V, debido a que es capaz de trabajar con un voltaje de 7V a 25V y Vout tiene un voltaje fijo de salida de 5V.

El capacitor electrolítico es un componente con la capacidad de almacenar energía en su interior, con el fin de “proteger los circuitos eléctricos cuando hallan picos de voltaje o caídas de tensión” [6]. El voltaje máximo que soporta nuestro capacitor, será de 16V, aunque este cambia de acuerdo al capacitor que se decide usar.

Los materiales anteriores se basaron del diagrama de Arduino figura 7. Sin embargo, no todos los componentes fueron usados, se utilizaron solo los necesarios para el desarrollo del sistema integral con la finalidad de incorporar posteriormente los próximos elementos.



**Figura 7. Diagrama Arduino.**

Referencia: Arduino (s.f).Arduino UNO Reference Design. [Fotografía/ilustración] Recuperado de: <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-uno-schematic.pdf>

El diodo emisor de luz (LED) tiene la función de emitir luz, la cual resulta conveniente para alertar de manera visual la existencia de un problema en la transmisión de programas en audio modulado FM y en el TS. El led es un componente que funciona con un pequeño voltaje de 0.7V, cuenta con dos pines, uno positivo y otro negativo.







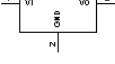





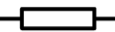

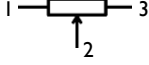



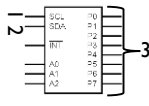

Un potenciómetro es una resistencia variable que permite controlar el paso de la corriente eléctrica., ya que se compone de 3 terminales. El potenciómetro nos servirá como guía para el cambio de silencios que nuestro sistema integral “ignoraré”, los tiempos serán de 2s, 3s, 4s, y 5s. Se incluye esta parte en el sistema porque durante la transmisión de audio modulado FM existen pequeños silencios al momento de cambiar de un programa a otro, los cuales no afectan. Se optó por omitir la opción de 1s porque al momento de hablar es normal hacer pausas, por consiguiente, no se usaría. Se eligió 5s como máximo ya que es el silencio más largo que puede existir en la transmisión, una vez sobrepasado este, se considera como falla.

El buzzer activo es un componente que emite sonido por medio de una frecuencia al ser alimentado con 5V. El buzzer se usará para alertar de manera auditiva cuando está ocurriendo una falla tanto en el audio modulado FM como en el TS. Tiene dos pines uno positivo y otro negativo, se pueden identificar porque la parte de arriba del componente tiene el símbolo + que hace referencia al positivo.

En la pantalla de cristal líquido (LCD) es posible mostrar texto, número y signos, por ello se utilizará como indicador del valor que se podrá seleccionar para omitir el tiempo de silencio deseado. Es decir, aquí se indicará en texto el valor que corresponde a la posición asignada del cursor del potenciómetro.

El módulo I2C permite una comunicación entre la LCD y el microcontrolador, haciendo posible conectar solo 4 pines (GND, Vcc, SDA y SCL) y no los 18 pines de la LCD, es decir, a nuestra LCD se ensambla el módulo I2C y este se conectará al Atmega328P. El circuito integrado cuenta con 2 pines asignados para el pin SDA y el pin SCL del módulo I2C, estos son el pin PC4 (27) para SDA, mientras que el pin PC5 (28) para el pin SCL.

Los símbolos, imágenes y localización de los pines de cada componente electrónico, se observan en la tabla 1, con el fin de tener una mejor referencia en el diagrama del sistema integral.

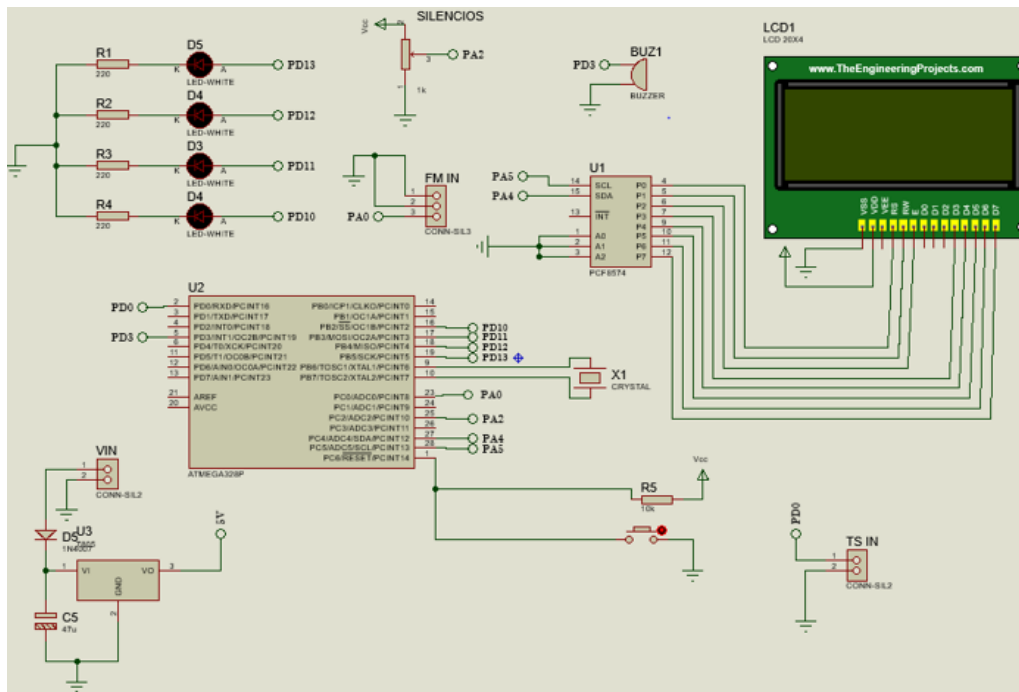
Tabla 1. Símbolos e imagen de los componentes			
Componente	Símbolo	Imagen	Pines
Atmega328P			Los pines se observan en la figura 4
Crystal			Sin polaridad
Diodo 1n4007			1. GND 2. Vcc
LM7805			1. Vin 2. GND 3. Vout
Capacitor electrolítico			1. Vcc 2. GND
LED			1. Vcc 2. GND
Resistencia			Sin polaridad
Potenciómetro			1. Vcc 2. Cursor variable 3. GND
Buzzer activo			1. GND 2. Vcc
I2C con LCD			1. SCL 2. SDA 3. Conexión a la LCD

## 2.2 Esquemas del circuito

Ya que se cuentan con los materiales necesarios para el sistema integral y basándose del esquema de la figura 7. Se prosigue con el diseño del esquema del circuito, para ello se decidió la aplicación del software Proteus considerándose conveniente por la variedad de componentes que lo conforman, así como la opción de crear diagramas electrónicos y circuitos en PCB.

### 2.2.1. Diagrama

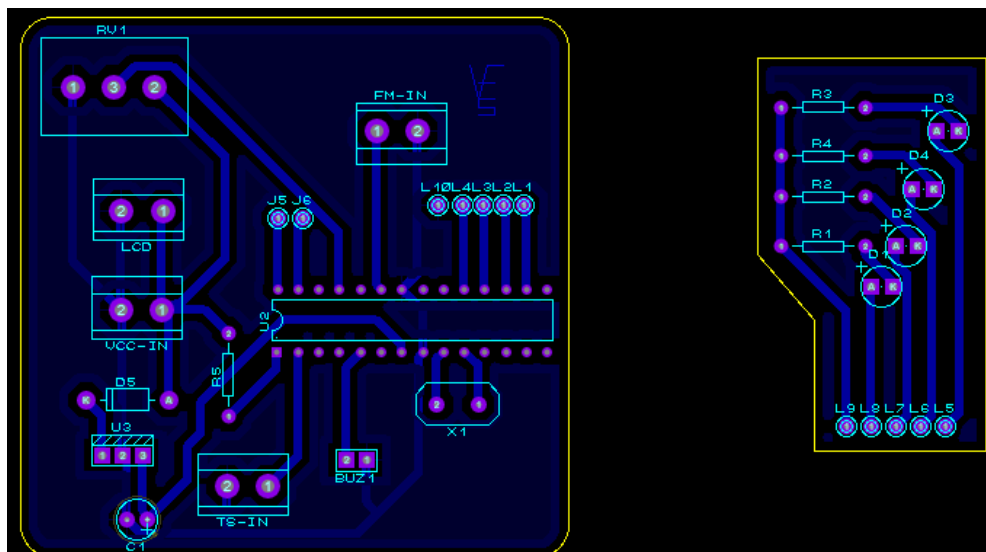
La figura 8. muestra el diagrama completo que integra el sistema, se puede apreciar la conexión de cada pin de los componentes, así como etiquetas que permiten la identificación de cada uno y el uso que se les dará.



**Figura 8. Diagrama esquemático de sistema integral para detección de fallas**

## 2.2.2 Circuito en PCB

Con la elaboración del diagrama de la figura 8., es posible continuar con la realización del diseño del circuito en PCB, como se comentó con anterioridad, Proteus cuenta con la opción de realizarlo sin necesidad de instalar otro software. Dicho circuito en PCB se observa en la figura 9.





**Figura 9. Diseño PCB de sistema integral para detección de fallas e indicador visual**

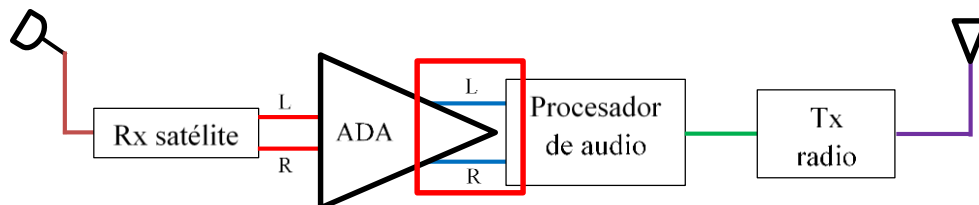
Es importante mencionar que se han omitido la colocación de algunos componentes, tal es el caso de la LCD y el módulo I2C, porque de manera física, estos se encuentran ya ensamblados, por consiguiente, solo es necesario la localización de los pines en el circuito PCB, correspondiendo a LCD, J5 y J6, esta modificación no afectará el esquema de la figura 8.

### III. Implementación del sistema

Con los conocimientos adquiridos en la búsqueda de información del funcionamiento de una estación transmisora y materiales con las que se trabajaran, es posible continuar con el desarrollo de la metodología para la adquisición de datos, es decir, el procedimiento que se llevó a cabo durante el proceso del sistema integral, así como la comprobación de los datos obtenidos, estos se explicaran en los siguientes subtemas.

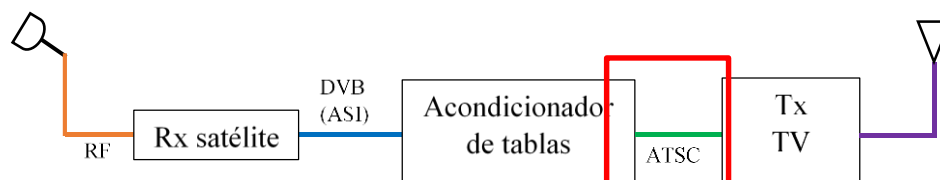
#### 3.1 Metodología para obtención de datos

En primer lugar, se debe de conocer el punto de la estación transmisora donde se tomarán las señales de TS y audio modulado de FM. Para ello se apoyó de los diagramas de flujo que se mostraron en el capítulo I. La estación transmisora, subtema 1.2 Funcionamiento de una estación transmisora. Llegando a la conclusión que por parte del audio modulado en FM se conectaría en la descomposición de dos canales (véase figura 10.). Mientras para el TS sería en lo correspondido al Transport Stream (véase imagen 11).



**Figura 10. Toma de datos en diagrama de flujo de audio modulado en FM**

El cuadro rojo señala la zona en la cual se añadiría el sistema integral, se seleccionó este porque es indispensable que la señal analógica llegue a un buen nivel de audio en dos canales, de lo contrario no será posible procesarla y, en consecuencia, no ser transmitida al aire.

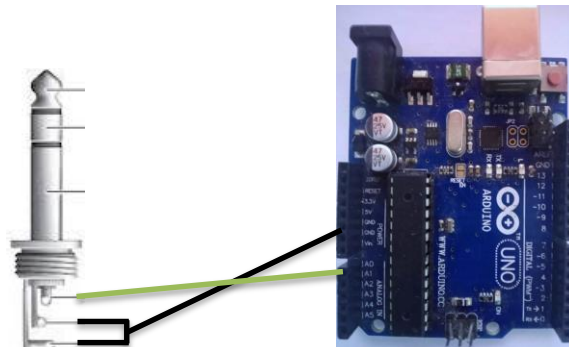


### Figura 11. Toma de datos en diagrama de TS

El recuadro rojo nos indica el lugar donde se conectaría nuestro sistema integral, se optó por este espacio, debido a que necesariamente la señal digital deberá pasar por el TS, pues es donde fluyen todos los datos sin excepción alguna, ya sean correctos o incorrectos, si no llega la información a este punto no es posible ser transmitida al aire. Posibilitando una eficaz y rápida detección de errores.

Dicho lo anterior, se inicia con la programación del sistema integral, puesto que las señales se deben de tomar en la estación trasmisora “Las Lajas” de RTV, se busca una alternativa para facilitar el proceso, tomando en cuenta que los datos sean compatibles con los de la estación transmisora.

Con respecto al audio modulado en FM se pueden tomar los datos con ayuda de un radio que tenga salida de audio (puerto de auriculares). Conectando un conector macho (plug) al pin PC0 (23) del Atmega328P, sin embargo, para tener un mejor control y confirmación de la certeza de la señal se hizo uso de la placa electrónica Arduino Uno, por ende, el plug iría en el pin analógico 0, en la figura 12 se aprecia la conexión.



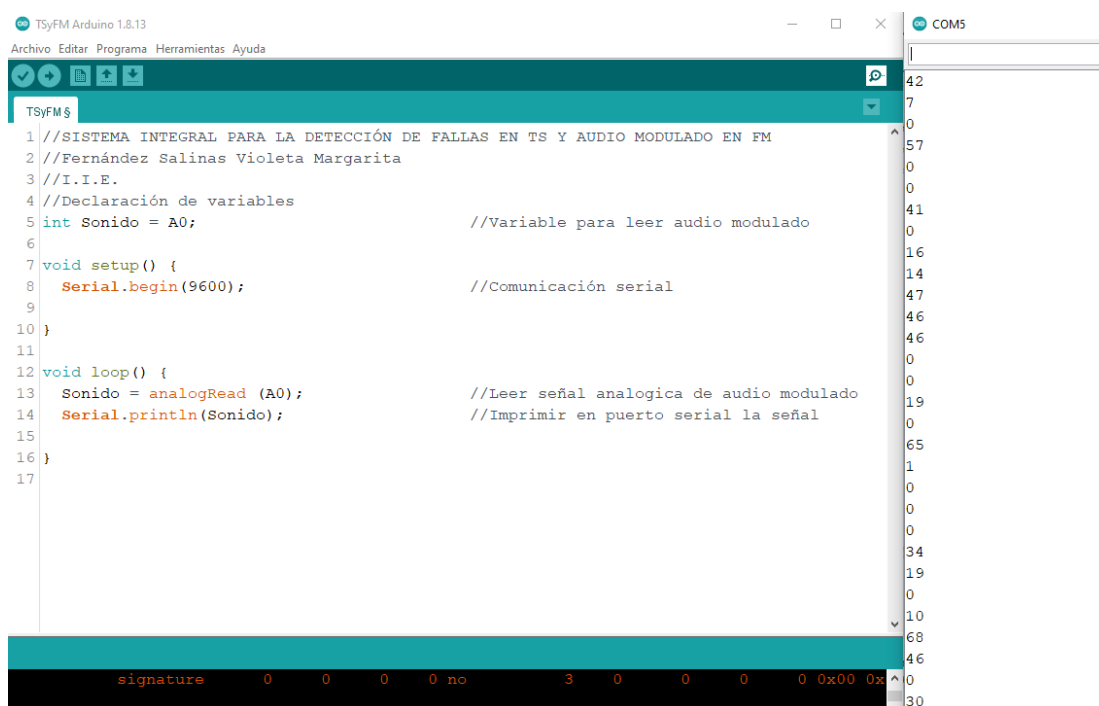
**Figura 12. Conexión de plug.**

Referencia: Adaptada de: “Conector” por Héctor Hernández. 2012, *Conexionado, Conectores*. Héctor Electrónica profesional.

En la imagen anterior, para leer la señal analógica, la primera terminal del conector (canal izquierdo) va dirigida al pín A0 (línea verde) del Arduino Uno, mientras que las últimas dos terminales del plug (canal derecho y tierra) indican que van conectadas al pín GND de la placa (líneas negras). Se conectó solo un canal del plug porque la zona donde se localizará el sistema integral se compone de dos canales. En la mayoría de los casos la señal de audio modulado llega en el canal L y R, por lo tanto, no es necesario leer la señal de ambos.

Una vez teniendo la conexión, se leen los datos de la señal analógica con ayuda de la placa Arduino y su software Arduino IDE. En la figura 13., del lado izquierdo se observa el código que se implementó y del lado derecho los datos que recibe la placa Arduino.

En primer lugar, en la sección del código se declara una variable llamada sonido refiriéndose al audio modulado en FM. En segundo lugar, se pone la velocidad de la comunicación serial, pues los datos recibidos los observaremos en el monitor serial. La comunicación serial se pone a una velocidad de 9600 baudios, se eligió dicha velocidad porque es la que brindaba mejores resultados. Continuamos con declarar la variable sonido como lectura analógica y finalmente se imprimen los datos en el monitor serial.



The screenshot shows the Arduino IDE interface. The main window displays the following code:

```

1 //SISTEMA INTEGRAL PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN TS Y AUDIO MODULADO EN FM
2 //Fernández Salinas Violeta Margarita
3 //I.I.E.
4 //Declaración de variables
5 int Sonido = A0; //Variable para leer audio modulado
6
7 void setup() {
8   Serial.begin(9600); //Comunicación serial
9 }
10
11
12 void loop() {
13   Sonido = analogRead(A0); //Leer señal analogica de audio modulado
14   Serial.println(Sonido); //Imprimir en puerto serial la señal
15 }
16
17

```

The serial monitor on the right shows the output of the program. The first line shows the word "signature" followed by a series of zeros and the number 3, indicating the initial state of the signal.

**Figura 13. Lectura de señal analógica.**

Una vez obtenida la lectura del audio modulado, se baja todo el volumen del dispositivo al que va conectado el plug, simulando pérdida de señal, se vuelve a realizar la lectura y se reciben solo 0. Con esta referencia es posible representar silencios, para ello se decide contar el número de 0 que existen en un tiempo de 2s, 3s, 4s y 5s. agregando más código (véase la figura 15.). Para no confundirse con los números de 0 y datos de la señal analógica, se manda el texto “sii...” cuando exista audio y al caso contrario se imprime el texto “error...” cuando existan silencios, siendo más fácil llevar un control. (Observe la figura 14.).

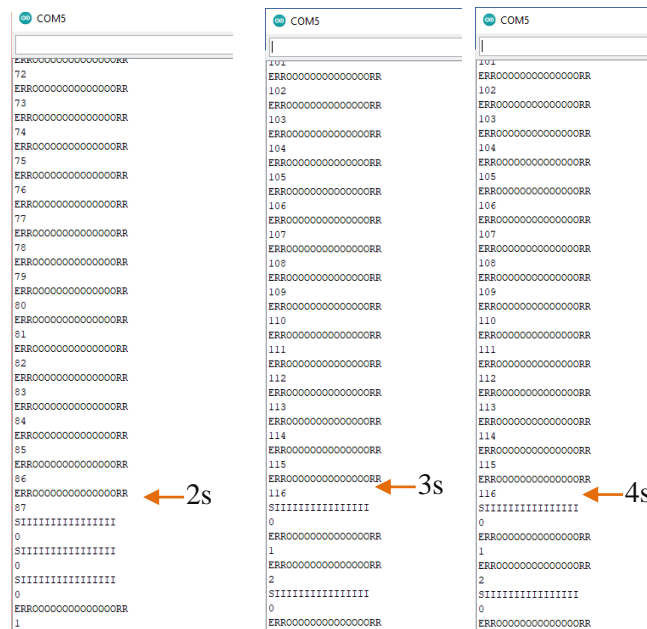
```

8
9 void setup() {
10   Serial.begin(9600);           //Comunicación serial
11 }
12
13
14 void loop() {
15   Sonido = analogRead(A0);      //Leer señal analogica de audio modulado
16   //Serial.println(Sonido);
17   if(Sonido>1)
18   {
19     Serial.println("siiii..");  //Imprimir texto "siiii.." si no existen silencios
20   }
21   else{
22     Serial.println("ERRROOOO"); //Imprimir texto "nooo.." si existen silencios
23   }
24   silencio++;                  //Aumentar de 1 en 1 en número de silencio
25   if(Sonido>1){                //Si existe algun sonido
26     contar = 0;               //Se reicia la variable 0
27     silencio = contar;
28   }
29   Serial.println(silencio);     //Imprimir número de silencios
30 }
31
avanzando coner. thank you.

```

**Figura 14. Corroboración de datos a leer.**

Para garantizar un mejor conteo de 0, se realiza 3 veces cada lectura de tiempo, es decir, el proceso para contar los 0 existen en 2s se hizo 3 veces, lo mismo en el caso de 3s, 4s y 5s, tomando la media de cada lectura. El ejemplo de lecturas de observa en la figura 14., del lado izquierdo es la representación de 2s, en medio de 3s y a la derecha de 4s, confirmando el funcionamiento del código anterior.



**Figura 14. Contador de 0.**

Los conteos totales de 0, equivalentes a los segundos se observan en la tabla 2. Donde la casilla marcada con amarillo se refiere al número que se usará para continuar trabajando en el sistema integral.

Tabla 2. Número de 0			
Segundos	# de 0, 1° lectura	# de 0, 2° lectura	# de 0, 3° lectura
2s	87	92	90
3s	116	130	128
4s	163	172	167
5s	198	201	207

Continuamos con los valores del potenciómetro, como sabemos con este componente es posible leer tensiones desde 0V hasta 5V, por lo tanto, al conectarlo a la placa Arduino y hacer su lectura se obtendrán valores de 0 hasta 1023. Tenemos 5 opciones, OFF (0s), 2s, 3s, 4s y 5s, por lo tanto realizamos la siguiente división :  $Valor = \frac{1023}{5}$ , dando como resultado 204.6 y lo redondeamos a 204. Con esto podemos sacar el rango de valores de todas las opciones, quedando:

0s = 0 a 204

2s = 205 a 409

3s = 410 a 614

4s = 615 a 818

5s = 819 a 1023

Los resultados se mostrarán en una LCD de 20x4 con módulo I2C, el código usado para el potenciómetro como para la LCD es el que se muestra en la figura 15. De igual manera para entender mejor el código, se han comentado la función de cada línea.

```

TSyFM Arduino 1.8.13
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

TSyFM $
1 //SISTEMA INTEGRAL PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN TS Y AUDIO MODULADO EN FM
2 //Fernández Salinas Violeta Margarita
3 //I.I.E.
4 //Incluir Librerías
5 #include <Wire.h> //Librería para la realización de la comunicación i2C
6 #include <LiquidCrystal_I2C.h> //Librería para LCD
7
8 LiquidCrystal_I2C lcd ( 0x27 , 20 , 4 ); //Dirección donde se encuentra el modulo en la comunicación I2C
9 //Cantidad de filas y columnas.
10
11 //Declaración de variables
12 int Sonido = A0; //Variable para leer audio modulado
13 int silencio = 0; //Variable para detectar silencios
14 int contar = 0; //Variable para contar silencios
15
16 int Pot = A2; //Variable para cambiar valor de silencios nos contados
17 int valorPot = 0; //Variable para almacenar variable pot
18
19 int LED5 = 13; //Variable para LED
20 int LED4 = 12; //Variable para LED
21 int LED3 = 11; //Variable para LED
22 int LED2 = 10; //Variable para LED

```

```

24 void setup() {
25     Serial.begin(9600);                //Comunicación serial
26
27     lcd.init();                        //Iniciar LCD
28     lcd.backlight();                  //Encender LCD
29
30     lcd.setCursor(2,1);                //Posición de texto
31     lcd.print("SISTEMA INTEGRAL");     //Imprimir texto de LCD
32     delay(5000);                      //Tiempo en que se mantendrá en texto mostrado
33     lcd.clear();                      //Limpiar LCD
34
35     pinMode(Pot, INPUT);               //Declarar Pot como entrada
36
37     pinMode(LED5, OUTPUT);             //Declarar LED como salida
38     pinMode(LED4, OUTPUT);             //Declarar LED como salida
39     pinMode(LED3, OUTPUT);             //Declarar LED como salida
40     pinMode(LED2, OUTPUT);             //Declarar LED como salida
41 }
42
43 void loop() {
44     Sonido = analogRead (A0);          //Leer señal analogica de audio modulado
45     //Serial.println(Sonido);
46     if(Sonido>1)
47     {
48         Serial.println("SIIIIIIIIIIIIIIIII"); //Imprimir texto "siiii.." si no existen silencios
49     }
50     else{
51         Serial.println("ERROOOOOOOOOOOOORR"); //Imprimir texto "nooo.." si existen silencios
52     }
53     silencio++;                        //Aumentar de 1 en 1 en número de silencio
54     if(Sonido>1){                      //Si existe algun sonido
55         contar = 0;                   //Se reicia la variable 0
56         silencio = contar;
57     }
58     Serial.println(silencio);          //Imprimir número de silencios
59
60     valorPot = analogRead(Pot);        //Almacenamos el valor del Pot en valor
61     //Imprimir valor del potenciómetro equivalente al segundos (texto)
62     lcd.setCursor(1,0);
63     lcd.print("Elija el valor de");
64     lcd.setCursor(1,1);
65     lcd.print("s de silencio");
66
67     if(valorPot >= 0 && valorPot <= 204)
68     {
69         lcd.setCursor(8,2);
70         lcd.print("5 seg      ");
71     }
72     if(valorPot >= 205 && valorPot <= 409)
73     {
74         lcd.setCursor(8,2);
75         lcd.print("4 seg      ");
76     }
77     if(valorPot >= 410 && valorPot <= 614)
78     {
79         lcd.setCursor(8,2);
80         lcd.print("3 seg      ");
81     }
82     if(valorPot >= 615 && valorPot <= 818)
83     {
84         lcd.setCursor(8,2);
85         lcd.print("2 seg      ");
86     }
87     if(valorPot >= 819 && valorPot <= 1023)
88     {
89         lcd.setCursor(8,2);
90         lcd.print("0 seg      ");
91     }

```

**Figura 15. Contador de 0.**

Finalmente, adquiridos los de datos del potenciómetro y el número de 0 equivalentes a segundos, se agregan condiciones indicando el momento justo que el sistema integral

detecte la existencia de una falla en la estación transmisora. Como se dijo con anterioridad se usaron LEDS para alertar de manera visual y de manera auditiva se hizo sonar un buzzer activo. El código completo se muestra a continuación.

## //SISTEMA INTEGRAL PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN TS Y AUDIO MODULADO EN FM

//Fernández Salinas Violeta Margarita  
//I.I.E.

//Incluir Librerías  
#include <Wire.h> //Librería para la realización de la comunicación  
i2C  
#include <LiquidCrystal\_I2C.h> //Librería para LCD  
LiquidCrystal\_I2C lcd ( 0x27 , 20 , 4 ); //Dirección donde se encuentra el modulo  
en la comunicación IU2C,cantidad de filas y columnas.

//Declaración de variables

int Sonido = A0; //Variable para leer audio modulado  
int silencio = 0; //Variable para detectar silencios  
int contar = 0; //Variable para contar silencios

int Pot = A2; //Variable para cambiar valor de silencios nos contados  
int valorPot = 0; //Variable para almacenar variable pot  
int buzzer = 3;

int LED5 = 13; //Variable para LED  
int LED4 = 12; //Variable para LED  
int LED3 = 11; //Variable para LED  
int LED2 = 10; //Variable para LED

void setup() {  
Serial.begin(9600); //Comunicación serial

```

delay(500);

lcd.init();           //Iniciar LCD
lcd.backlight();      //Encender LCD

lcd.setCursor(2,1);   //Posición de texto
lcd.print("SISTEMA INTEGRAL"); //Imprimir texto de LCD
delay(5000);          //Tiempo en que se mantendrá en texto mostrado
lcd.clear();          //Limpiar LCD

pinMode(Pot,INPUT);   //Declarar Pot como entrada
pinMode(LED5,OUTPUT); //Declarar LED como salida
pinMode(LED4,OUTPUT); //Declarar LED como salida
pinMode(LED3,OUTPUT); //Declarar LED como salida
pinMode(LED2,OUTPUT); //Declarar LED como salida
pinMode(buzzer,OUTPUT); //Declarar buzzer como salida
}

void loop() {
  Sonido = analogRead (A0); //Leer señal analogica de audio modulado
  //Serial.println(Sonido);
  if(Sonido>1){
    Serial.println("SIIIIIIIIIIIIIII"); //Imprimir texto "siii.." si no existen silencios
  }
  else{
    Serial.println("ERROOOOOOOOOOOOOOORR"); //Imprimir texto "nooo.." si
    existen silencios
  }
  silencio++; //Aumentar de 1 en 1 en número de silencio
  if(Sonido>1){ //Si existe algun sonido
    contar = 0; //Se reicia la variable 0
    silencio = contar;
  }
}

```



```

    }
    Serial.println(silencio);          //Imprimir número de silencios

    valorPot = analogRead(Pot);        //Almacenamos el valor del Pot en valor
    //Imprimir valor del potenciómetro equivalente al segundos (texto)
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("Elija el valor de");
    lcd.setCursor(1,1);
    lcd.print("s de silencio");

    if(valorPot >= 0 && valorPot <= 204){
        lcd.setCursor(8,2);
        lcd.print("5 seg    ");
    }
    if(valorPot >= 205 && valorPot <= 409){
        lcd.setCursor(8,2);
        lcd.print("4 seg    ");
    }
    if(valorPot >= 410 && valorPot <= 614){
        lcd.setCursor(8,2);
        lcd.print("3 seg    ");
    }
    if(valorPot >= 615 && valorPot <= 818){
        lcd.setCursor(8,2);
        lcd.print("2 seg    ");
    }
    if(valorPot >= 819 && valorPot <= 1023){
        lcd.setCursor(8,2);
        lcd.print("0 seg    ");
    }

```

//----- Variación de valores para ignorar silencios en segundos (2 segundos,  
3 segundos, 4 segundos y 5 segundos)

```
if(valorPot >= 0 && valorPot <= 204 && silencio > 201){  
    digitalWrite(LED5,HIGH);  
    digitalWrite(LED4,HIGH);  
    digitalWrite(LED3,HIGH);  
    digitalWrite(LED2,HIGH);  
    digitalWrite(buzzer,HIGH);  
    delay(1500);  
  
    digitalWrite(LED5,LOW);  
    digitalWrite(LED4,LOW);  
    digitalWrite(LED3,LOW);  
    digitalWrite(LED2,LOW);  
    digitalWrite(buzzer,LOW);  
    delay(500);  
}
```

```
if(valorPot >= 205 && valorPot <= 409 && silencio>167){  
    digitalWrite(LED5,HIGH);  
    digitalWrite(LED4,HIGH);  
    digitalWrite(LED3,HIGH);  
    digitalWrite(LED2,HIGH);  
    digitalWrite(buzzer,HIGH);  
    delay(1500);  
  
    digitalWrite(LED5,LOW);  
    digitalWrite(LED4,LOW);  
    digitalWrite(LED3,LOW);  
    digitalWrite(LED2,LOW);  
    digitalWrite(buzzer,LOW);
```

```

    delay(500);
}

if(valorPot >= 410 && valorPot <= 614 && silencio>128){
    digitalWrite(LED5,HIGH);
    digitalWrite(LED4,HIGH);
    digitalWrite(LED3,HIGH);
    digitalWrite(LED2,HIGH);
    digitalWrite(buzzer,HIGH);
    delay(1500);

    digitalWrite(LED5,LOW);
    digitalWrite(LED4,LOW);
    digitalWrite(LED3,LOW);
    digitalWrite(LED2,LOW);
    digitalWrite(buzzer,LOW);
    delay(500);
}

if(valorPot >= 615 && valorPot <= 818 && silencio>90){
    digitalWrite(LED5,HIGH);
    digitalWrite(LED4,HIGH);
    digitalWrite(LED3,HIGH);
    digitalWrite(LED2,HIGH);
    digitalWrite(buzzer,HIGH);
    delay(1500);

    digitalWrite(LED5,LOW);
    digitalWrite(LED4,LOW);
    digitalWrite(LED3,LOW);
    digitalWrite(LED2,LOW);
    digitalWrite(buzzer,LOW);
}

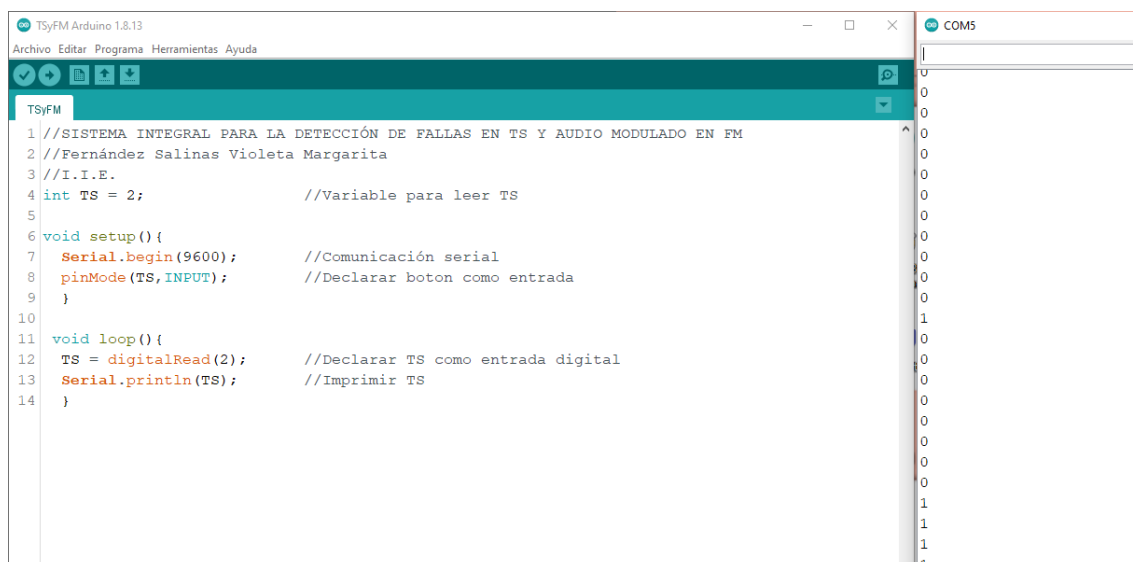
```

```
    delay(500);
  }
}
```

Por otra parte, en el Transport Stream, es necesariamente acudir a “Las Lajas de RTV”, pues no es posible “simular” una falla y no se cuenta con los instrumentos necesarios para tomar la señal de TDT. Por ello se decide simular los datos, usando un push button aparentando ser datos del TS y como error, ceros. La idea es que mientras no se genere una falla durante 5s, los leds y buzzer no se activarán, en cambio, si hay un error mayor a 5s los indicadores encenderán, se decidió un lapso de 5s porque se considera un tiempo conveniente.

El código se realizó con la placa Arduino Uno y su respectivo software. Se utilizaron los mismos pines digitales de los leds y buzzer para detectar fallas en audio modulado, pues al momento de ensamblar ambos circuitos se utilizarán para alertar fallas en ambas situaciones. El botón se localizará en el pin digital A2. (será solo para ejecutar la simulación).

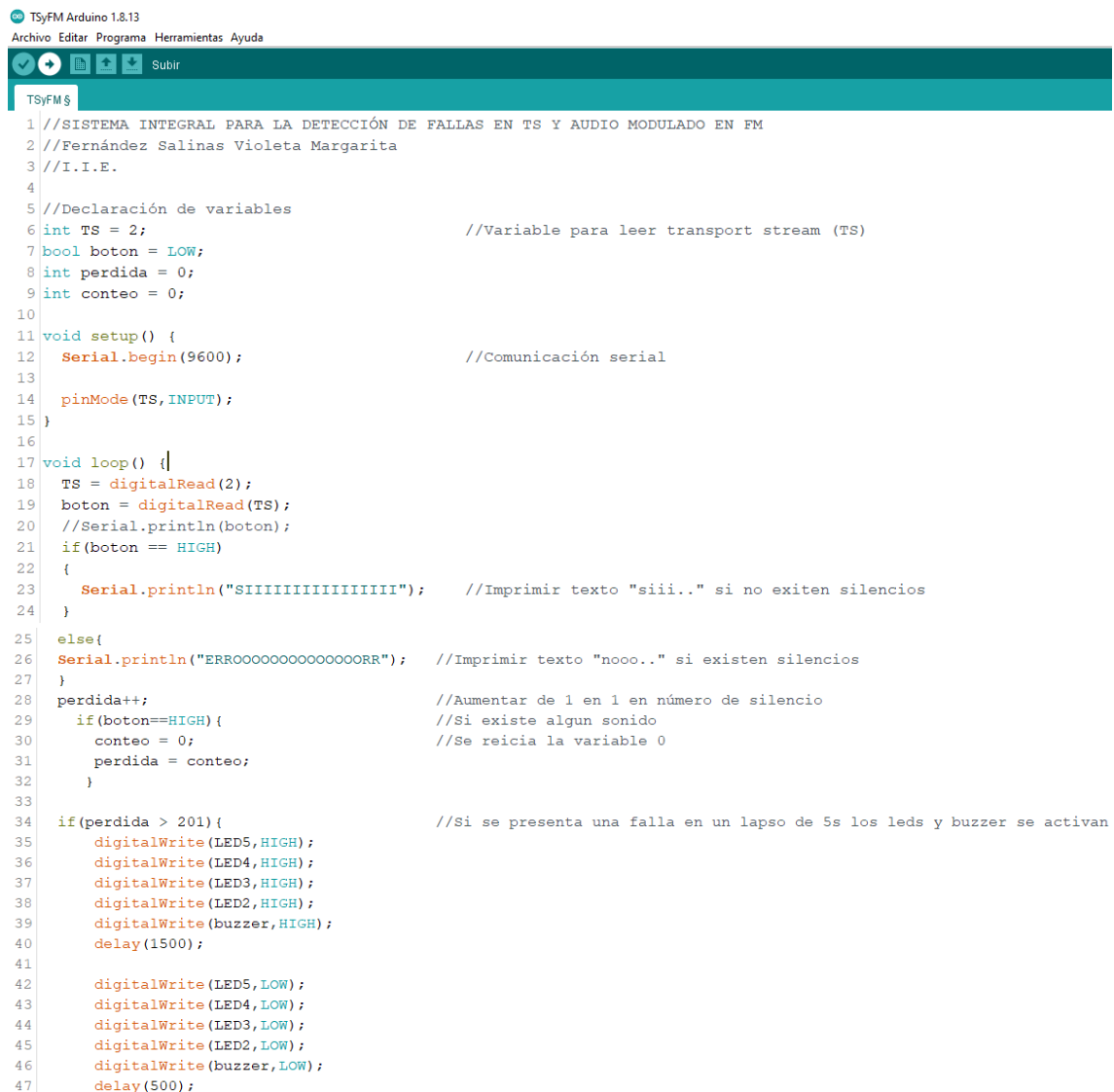
Para empezar, se conectó un push button y se hizo una lectura digital a una velocidad de 9600 baudios, confirmando el funcionamiento (véase imagen 16.). Del lado izquierdo se muestra solo el código de lectura del botón, es decir, la señal digital. Los resultados se observan del lado derecho, aparecerá 0 cuando el botón no se mantenga pulsado, de lo contrario será 1.



**Figura 16. Lectura digital.**

Tomando en cuenta que los datos digitales leídos con anterioridad muestran varios 0, cuando el push button no se encuentra presionado y marca 1 cuando se presiona, se decide tomar los 0 como errores, para ello, de la misma manera que en el código de audio modulado se cuentan los 0, tomando como referencia el número de 0 existen en un lapso de 5s, en el audio modulado, mostrados en la tabla 1. Por consiguiente, 5s es equivalente a 201 ceros.

Con los datos recabados, se puede continuar con el código, agregan la función de conteo de 0, así como la declaración de una nueva variable booleana para guardar el estado del TS y finalizar con la condición, de que en caso que no reciban datos en un tiempo de 6s, los leds y buzzer no se activaran, si el caso es contrario el sistema se encenderá. El código completo se muestra en la figura 17., de igual modo cuenta con comentarios para compréndelo mejor.



```

TSyFM Arduino 1.8.13
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Subir
TSyFM $
1 //SISTEMA INTEGRAL PARA LA DETECCIÓN DE FALLAS EN TS Y AUDIO MODULADO EN FM
2 //Fernández Salinas Violeta Margarita
3 //I.I.E.
4
5 //Declaración de variables
6 int TS = 2; //Variable para leer transport stream (TS)
7 bool boton = LOW;
8 int perdida = 0;
9 int conteo = 0;
10
11 void setup() {
12   Serial.begin(9600); //Comunicación serial
13
14   pinMode(TS, INPUT);
15 }
16
17 void loop() {
18   TS = digitalRead(2);
19   boton = digitalRead(TS);
20   //Serial.println(boton);
21   if(boton == HIGH)
22   {
23     Serial.println("SIIIIIIIIIIIIIIIIII"); //Imprimir texto "siii.." si no existen silencios
24   }
25   else{
26     Serial.println("ERROOOOOOOOOOOOORR"); //Imprimir texto "nooo.." si existen silencios
27   }
28   perdida++; //Aumentar de 1 en 1 en número de silencio
29   if(boton==HIGH){ //Si existe algun sonido
30     conteo = 0; //Se reicia la variable 0
31     perdida = conteo;
32   }
33
34   if(perdida > 201){ //Si se presenta una falla en un lapso de 5s los leds y buzzer se activan
35     digitalWrite(LED5,HIGH);
36     digitalWrite(LED4,HIGH);
37     digitalWrite(LED3,HIGH);
38     digitalWrite(LED2,HIGH);
39     digitalWrite(buzzer,HIGH);
40     delay(1500);
41
42     digitalWrite(LED5,LOW);
43     digitalWrite(LED4,LOW);
44     digitalWrite(LED3,LOW);
45     digitalWrite(LED2,LOW);
46     digitalWrite(buzzer,LOW);
47     delay(500);

```

**Figura 17. Código simulación TS.**

### **3.2 Validación de resultados**

Se hicieron pruebas en ambos casos, tanto para el audio modulado en FM como el TS, estas pruebas se hicieron por más tiempo y meticulosamente, simulando diferentes circunstancias para una verificación correcta del sistema integral. Las pruebas se hicieron en el circuito de la protoboard y al código del audio modulado se ha agregado el código del TS, quedando solo uno.

#### **2.2.1. Procedimiento para validación de resultados**

Para la corroboración de datos del audio modulado en FM, se evaluó el sistema integral usando solo la alarma visual, con el fin de observar si la alarma auditiva influiría en el funcionamiento. Para ello se simuló silencios con ayuda de un celular con salida de audio y la estación de radiomás (107.7FM), el silencio se provocaba al pausar la transmisión.

Para cada caso de 5s, 4s, 3s y 2s se hicieron diferentes pruebas comprobando su funcionamiento, es decir cuando ocurre un silencio los leds se encendían, y cuando existía audio, los leds se apagaban, estos cambios se observan en las figuras 18., 19., 20., y 21.



**Figura 18. Funcionamiento para omitir 5s.**

Podemos ver en la figura 18., que mientras existiera audio los leds no se encenderán (lado izquierdo) y cuando se pausa la transmisión simulando silencio de más de 5s los leds prenderán. Sin embargo, durante el tiempo que se hizo este proceso se notó que al momento en que se detectaba una pérdida de audio, los leds tardaban en demorar en un rango entre 7s

a 9s, y al detectar audio tardaban entre 1s y 19s, en ambos casos sucedían al azar sin importar que fuera voz o música.



**Figura 19. Funcionamiento para omitir 4s.**

En la figura 19., del lado izquierdo los leds se mantenían apagados mientras la estación se transmitiera y del lado derecho los leds se encendían al momento de percibir silencios, de igual forma que el caso anterior, hubo retrasos en un lapso de 6s hasta 8s, esto sucedía al detectar perdida de señal y al volver a existir señal tardaban en apagarse durante un tiempo de 2s a 9s.



**Figura 20. Funcionamiento para omitir 3s.**

De la figura anterior tenemos del lado izquierdo los leds apagados, demostrando que los datos se reciben correctamente y del lado derecho simulando una pérdida de audio. Durante las pruebas, en el caso de la detección de fallas los leds se encendían inmediatamente



pasados los 3s omitidos hasta 6s después, es decir desde 0s hasta 6s y del caso contrario en un intervalo de 11s a 13s



**Figura 21. Funcionamiento para omitir 2s.**

En la figura 21., del lado izquierdo los leds se mantenían apagados mientras no hubiera perdida de señal y del lado derecho los leds se encendían al momento de ocurrir una falla. Del mismo modo que todos los casos anteriores, existen demoras, para que los leds funcionen cuentan con una duración de 2s a 4s y en un tiempo de 5s hasta 27s cuando los leds se apagaban.

Posteriormente, se agregó al sistema el buzzer, de tal modo que se ejecutará en conjunto con la alarma visual. Demostrando un correcto funcionamiento, incluso mejoró en algunos casos, pues, el lapso de tiempo que tardaban en encender y apagar los leds disminuyó considerablemente, los resultados se muestran en la tabla 3. Al momento en el que se encendían los leds, el buzzer lo hacía al mismo tiempo, por lo tanto, tienen los mismos tiempos de retardo.

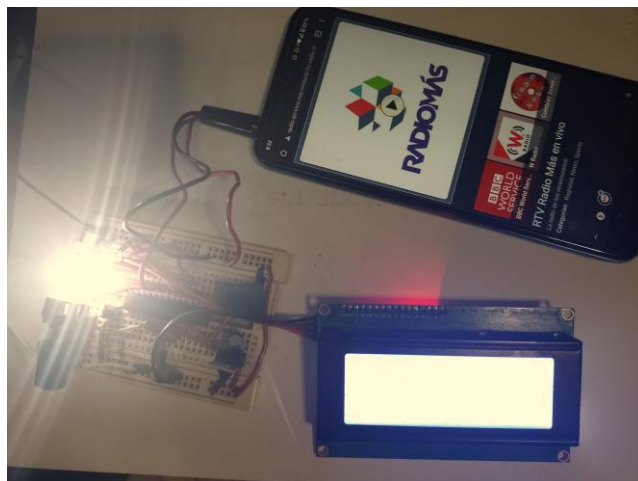
Tabla 3. Retraso de s del sistema		
Segundos	Encender led y buzzer	Apagar led y buzzer
2s	4s a 6s	0s a 5s
3s	2s a 6s	0s a 25s
4s	0s a 7s	0s a 24s
5s	9s a 10s	0s a 3s

Cabe mencionar que todas las pruebas se hicieron con ayuda de un cronometro, con el fin de obtener un mejor control de lectura en cuanto a los segundos de retraso.



Para el TS se realizaron diferentes pruebas en conjunto con el audio modulado, para comprobar el adecuado funcionamiento del sistema integral, descartando la existencia de interferencia y fallas entre ambos. (observe las figuras 22., 23., 24. y 25.).

Para empezar, se simularon dos fallas al mismo tiempo, una se generó al poner pausa a la transmisión de audio, seleccionando 4s de “ignorar” los silencios y la otra dejando de pulsar el push boton, tanto los leds como el buzzer se encendieron con un retraso de 6s. (véase figura 22).



**Figura 22. Prueba de fallas en ambos casos (audio modulado y TS).**

En la siguiente verificación, se pulsó el botón, simulando recepción de TS y la transmisión de audio seguía en pausa, significando una falla, por consiguiente, los leds y buzzer continuarían encendidos hasta volver a detectar señal de audio.



**Figura 23. Prueba de fallas en audio modulado.**

Para la tercera demostración, ambas señales se recibían correctamente, decir, el botón se encontraba pulsado y la estación se reproducía, por lo tanto, los indicadores se mantenían apagados.



**Figura 24. Prueba de ninguna falla en ambas señales.**

Por último, el botón no se pulsó, pero se recibía audio, en pocas palabras, existía falla solo en el TS, por lo tanto, los leds y buzzer activaron.



**Figura 25. Prueba de falla en TS.**

Ya que el microcontrolador contiene el código completo de ambas señales, se decide ensamblar en una placa PCB para evitar desconexión de cables y se le da una mejor apariencia, dando como resultado la figura 26.



**Figura 26. Ensamblado final.**

### **III. Resultados**

Una vez realizado la validación de los resultados es necesario analizar los resultados del sistema integral de tal manera que se pueda evaluar su correcto funcionamiento, así como los errores que se presenten, estos se despliegan a continuación.

#### **4.1 Análisis de los datos**

Para el audio modulado en FM se estuvieron realizando pruebas en conjunto con la alarma visual y auditiva, durante dos horas y media, por 5 días, observando una correcta detección de las fallas que se simulaban sin excepción de alguna, igualmente respetaba el tiempo de segundos que se deseaban “ignorar”, es decir, mientras no existiera un silencio más largo que el elegido, el sistema integral no se activaría hasta sobrepasar el límite de tiempo, sin embargo, en un lapso de 2 horas, detectó 3 fallas erróneas, estas no causaban mucho problema, pues se encendía el sistema durante 5s como máximo y después se apagaba. Se percató que las detecciones erróneas sucedían en un cambio entre música y voz, se desconoce la razón.

Se comprobó el funcionamiento del sistema integral completo (audio modulado en FM y TS) en un tiempo total de 7 horas. Mientras se provocará una falla en cualquiera de las dos señales, se detectaban con facilidad, sin embargo, los indicadores (leds y buzzer) presentaban un retraso, en el caso de que la falla sucediera solo en el TS, se generaba un retardo de 8s exactos durante todas las pruebas y si no se detectaba fallas (se pulsa el botón) los leds y buzzer se apagaban inmediatamente. Sin embargo, si el error se presentaba en el

audio modulado, los retardos variaban de acuerdo al tiempo de omisión de segundos seleccionados, estos retardos se presentaron en la tabla 3.

Se realizaron las mismas pruebas al ensamblado final y dieron exactamente los mismos resultados ya presentados anteriormente con el circuito en protoboard.

## **4.2 Resultados generados**

El sistema integral funciona, sin embargo, cuenta con segundos de retardos al activarse o desactivarse los indicadores de fallas variando desde 0s hasta 25s, es causado por las respuestas del algoritmo, el cual tendría que optimizarse en otra etapa posterior de desarrollo del sistema. De igual manera detecta problemas erróneos. A pesar de ello es capaz de detectar correctamente cuando se presentan faltas de señal durante las transmisiones, tanto en audio modulado como en transport stream, respetando con exactitud los tiempos que se desea omitir un error sin confusión alguna.

## **Conclusiones**

Se esperaba un porcentaje del 100% de funcionamiento del sistema integral, pese a la generación de retardos, el porcentaje disminuyó en un 87%, aunque tenga demoras al momento de encender los indicadores, solo eran de segundos y no minutos, por consiguiente, puede ser usado en una estación transmisora.

Se cumplió con el desarrollo de la programación para lectura y procesamiento de señal analógica y datos digitales, asimismo para aquellos componentes electrónicos extras, con el fin de complementar el sistema integral, además se realizó el circuito esquemático, del mismo modo el diseño del circuito en pcb para su ensamblado y elaboración de un prototipo funcional, de tal manera que cumpliera con las características necesarias para su ejecución.

Según lo previsto, se pretendía acudir a “Las Lajas” de RTV, con el fin de recabar los datos necesarios para la realización del sistema, sin embargo, por causas derivadas a la pandemia de covid-19 que estamos atravesando, no se logró hacer la visita, por ello los datos de TS se simulaban con un push button, considerando que al momento de realizar la lectura fueran los más parecidos posibles a la señal real. De acuerdo a los procesos de simulación se podrían presentar fallas en falta de datos, su transferencia daría ceros.

De igual manera se esperaba que el sistema integral se instalará en la estación transmisora y que actualmente se encontrara en funcionamiento, sin embargo, las pruebas se realizaron a distancia cumpliendo con las características requeridas.

Antes de la realización de este proyecto tenía conocimientos básicos con respecto a las telecomunicaciones, sin embargo, después de ello adquirí nuevos aprendizajes como el funcionamiento completo con mayores detalles, poniendo en práctica enseñanzas de la carrera de Ingeniería en Instrumentación Electrónica como la elaboración de circuitos electrónicos y diseño en pcb para el mundo real, así como la búsqueda de alternativas para el desarrollo del proyecto y la correcta conexión de los componentes usados.

Para que el sistema integral sea más óptimo, se recomienda mandar las alarmas directamente a los teléfonos celulares de los encargados del monitoreo de señales, vía wifi, pues podrían disminuir errores de retraso, así como la seguridad de que se recibirán estas. Tomando en cuenta que para la realización de programación se requiere de un software diferente y componentes electrónicos distintos a los ya antes mencionados.

## Referencias

- [ J. G. B. Espinales, *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCESADOR 1 DE COMPRESIÓN DE AUDIO MULTIBANDA EN LA RADIO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR* ] DE MANABÍ, Manabí, 2011.
- [ H. L. H. Alcívar, *LEVANTAMIENTO DE MEDICIONES Y PRUEBAS DE LABORATORIO PARA EL 2 ESTÁNDAR DE TELEVISIÓN DIGITAL DVB-T*, Quito, 2010.
- [ Atmel, «ATmega238P,» [En línea]. Available:  
3 [https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-](https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf)  
] [Microcontrollers-ATmega328P\\_Datasheet.pdf](https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf). [Último acceso: diciembre 2021].
- [ VISHAY, «Vishay,» 29 Abril 2020. [En línea]. Available:  
4 <https://www.vishay.com/docs/88503/1n4001.pdf>. [Último acceso: Enero 2022].
- [ T. INSTRUMENTS, «TEXAS INSTRUMENTS,» [En línea]. Disponible en:  
5 [https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm340.pdf?ts=1654276790177&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FLM340%253Futm\\_source%253Dgoogle%2526utm\\_medium%253Dcpc%2526utm\\_campaign%253Dti-null-null-xref-cpc-pf-google-ww%2526utm\\_content%253Dxref%25](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm340.pdf?ts=1654276790177&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FLM340%253Futm_source%253Dgoogle%2526utm_medium%253Dcpc%2526utm_campaign%253Dti-null-null-xref-cpc-pf-google-ww%2526utm_content%253Dxref%25). [Último acceso: diciembre 2021].
- [ «MV ELECTRÓNICA,» 2018. [En línea]. Disponible en:  
6 <https://mvelectronica.com/producto/47uf-25v-capacitor-electrolitico>. [Último acceso:  
] diciembre 2021].
- [ V. M. F. Salmerón, «Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS,»  
7 Gandia, 2010. [En Línea] Disponible en:  
] <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8972/memoria.pdf>
- [ C. L. Álvarez, «ESPECTRO RADIOLÉCTRICO, SATÉLITES Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,» de *Derecho 8 de las telecomunicaciones*, México, 2012, p. 494. Disponible en:  
] [https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/3716-derecho-de-las-telecomunicaciones-2a-](https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/3716-derecho-de-las-telecomunicaciones-2a-ed)  
ed
- [ F. Ramos Pascual, *Radiocomunicaciones*. Barcelona: Marcombo, 2008. [En Línea]  
9 Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/biblioteca/45921?page=1>  
]







“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”

**[www.uv.mx](http://www.uv.mx)**

