

Proyecto Detección de Ruidos

Entrega Final

Integrantes: Benjamín Irarrázabal T.
Joaquín Zepeda V.
Profesor: Helmuth Thiemer W.
Auxiliar: Christofer Cid L.
Ayudantes: Néstor Henríquez
Esteban Rojas M.
Curso: EL5202 Laboratorio de
Sistemas Digitales
Fecha de realización: 12 de julio de 2022
Fecha de entrega: 12 de julio de 2022
Santiago de Chile

Índice de Contenidos

1. Introducción	1
2. Objetivos	1
2.1. Objetivo General	1
2.2. Objetivos Específicos	1
3. Marco Teórico	1
4. Antecedentes	3
5. Especificaciones Preliminares	3
6. Estructura del Proyecto	3
6.1. Esquema	4
6.2. Modularización Funcional	4
7. Desarrollo del Proyecto	5
7.1. Módulo 1: Fuente de Alimentación	5
7.2. Módulo 2: Sensor de Sonido	5
7.2.1. Diseño de los circuitos del módulo	5
7.2.2. Construcción del módulo detector de sonido	6
7.3. Módulo 3: Procesamiento de Señales de Audio	6
7.4. Módulo 4: Integración del circuito con LEDs de advertencia	6
7.4.1. Diseño de los circuitos del módulo	7
7.4.2. Construcción con LEDs de advertencia	7
7.5. Módulo 5: Actuadores	7
7.5.1. Diseño de los circuitos del módulo	7
7.5.1.1 Circuito para enviar mensajes	7
7.5.1.2 Circuito para enviar datos a una página web	8
7.5.1.3 Integración Final del circuito	9
7.5.1.4 Funcionamiento del circuito	10
8. Carta Gantt	11
9. Evaluación Económica	12
9.1. Costo de Materiales	12
9.2. Horas Hombre	12
10. Optimizaciones y mejoras futuras	13
11. Discusiones y Conclusión	13
Referencias	14
12. Anexos	15
12.1. GitHub de Proyecto	15

12.2. ThingSpeak	15
----------------------------	----

Índice de Figuras

1. Partes del sensor de sonido	2
2. Arduino UNO.	2
3. Raspberry Pi 3 B+	3
4. Esquema general del proyecto	4
5. Modularización funcional del proyecto	4
6. Esquema de conexiones utilizando Arduino. [4]	5
7. Simulación de la configuración de la pantalla LCD en Tinkercad.	5
8. Prueba circuito LCD	6
9. Esquema de conexiones para el circuito con LEDs de advertencia.	7
10. Esquema de conexiones para el circuito que envía mensajes. Acá no se muestra la conexión que hay entre el Arduino y la Raspberry Pi 3, pero estos se conectan conectando el cable típico usb del Arduino a alguno de los puertos usb de la Raspberry Pi.	8
11. Gráfico de los datos obtenidos por el sistema desde la página web de ThingSpeak.	9
12. Unión final de las partes del circuito trabajadas anteriormente.	9
13. Implementación final del proyecto	10
14. Diagrama de estados del circuito	11
15. Carta gantt a la fecha, luego de la finalización del proyecto.	12

Índice de Tablas

1. Resumen de costos del proyecto hasta la fecha	12
--	----

1. Introducción

La construcción de edificios residenciales se ha vuelto cada vez más común en el país, permitiendo que familias enteras, parejas o simplemente individuos independientes tengan su espacio para realizar sus tareas cotidianas. Estos residentes deben convivir entre ellos teniendo en cuenta que en gran parte del edificio ya no se tienen solamente vecinos a los lados (como es el caso de las casas) si no que además, puede haber personas habitando en el piso superior e inferior, lo cual es un factor importante al momento de realizar eventos como por ejemplo fiestas con música a un volumen muy alto.

Es común que al momento de realizar uno de estos eventos no se tenga en consideración el volumen de la música y cómo esta podría afectar a los vecinos, acarreando consecuencias graves tales como multas monetarias u otros problemas legales. Por este motivo, el equipo plantea un dispositivo capaz de controlar estos niveles, dando aviso oportuno y actuando sobre el volumen directamente sin intervención del usuario, evitando los contratiempos mencionados.

En base a lo anterior, a continuación se presentan antecedentes y objetivos que sustentan la idea del dispositivo, junto al desarrollo modular de este, es decir, la separación de cada una de sus partes independientes para luego integrar el proyecto completo. Posteriormente, se discute sobre los resultados más importantes y otros detalles destacables, como por ejemplo, la optimización y futuras mejoras para el dispositivo. Finalmente, se presenta una sección de anexos que incluye un GitHub del proyecto y la página web que permite visualizar las muestras con respecto al tiempo.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Implementar un circuito capaz de que al detectar ruidos por sobre lo permitido en zonas residenciales actúe de manera tal que se eviten problemas y se mejore la convivencia con los vecinos.

2.2. Objetivos Específicos

- Ubicar el dispositivo en el lugar adecuado de la residencia (por ejemplo, la sala de estar).
- Obtener muestras de audio del ambiente en el cual se encuentre el dispositivo utilizando los sensores mencionados.
- Analizar las muestras obtenidas para definir umbrales negativos dentro de los cuales actuará el circuito.
- Comprobar el correcto funcionamiento de los actuadores mediante pruebas simples al dispositivo.

3. Marco Teórico

Para el correcto desarrollo y comprensión del proyecto se requieren conocimientos básicos sobre electrónica tales como el funcionamiento de elementos pasivos como resistencias, condensadores o inductancias y otros elementos que serán descritos a continuación.

- **Sensor de sonido:** En la figura 1 se identifican las principales partes del sensor de sonido. En la parte izquierda están los pines en donde GND corresponde a la tierra y VCC corresponde a la conexión de 5 [V]. Si el sonido captado por el micrófono supera cierto nivel, se pone en HIGH y prende un led. Por otro lado existe otro led el cual indica si es que existe alimentación en el sensor.

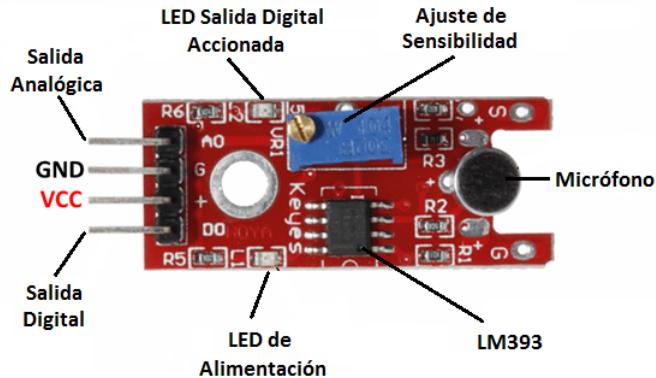


Figura 1: Partes del sensor de sonido

- **Arduino UNO:** corresponde a una placa microcontroladora de diseño abierto utilizada para prototipado electrónico. Esta puede recibir datos de sensores para recoger información de su entorno y se puede utilizar para controlar otros dispositivos electrónicos como luces, motores y mucho más.



Figura 2: Arduino UNO.

- **Raspberry Pi 3 B+:** esta placa controladora tiene un procesador quad-core de 64 bits con 1,4 GHz, Red inalámbrica de banda dual 2.4/5 GHz, Bluetooth 4.2 / BLE, Ethernet más rápido, entre otros.



Figura 3: Raspberry Pi 3 B+

4. Antecedentes

Si bien en Chile no existen encuestas sobre la cantidad de multas por “ruidos molestos” se puede estimar que no son menores, esto debido a la cultura de los ciudadanos y de que gran parte de la población juvenil y en principios de la adultez realice fiestas con música a un alto volumen muchas veces sin considerar a sus vecinos. Sin embargo, la definición de “ruido molesto” es subjetiva y por este motivo el Ministerio del Medio Ambiente estableció los límites de decibeles ([dB]) máximos según día y hora en el decreto 38, el cual “establece norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica, elaborada a partir de la revisión del decreto número 146, de 1997, del Ministerio Secretaría General de la República” [1]. Por otro lado, la OMS ha recomendado mantener niveles de ruido bajo los 85[dB] para garantizar una buena salud y bienestar, el no cumplimiento de esto puede causar pérdida de audición a largo plazo y en casos extremos (sobre 100[db] sin el debido cuidado, por ejemplo, el uso de tapones o audífonos especiales) la pérdida auditiva inmediata [2].

5. Especificaciones Preliminares

Como se verá en las siguientes secciones, se proyecta que el dispositivo sea capaz de actuar en tres diferentes formas. Primero, se espera encender LEDs de advertencia, los cuales se iluminarán de distintos colores dependiendo el nivel de ruido presente. Además, se espera que el dispositivo sea capaz de enviar un mensaje al usuario y/o al conserje del edificio para avisar cuando el sonido supere el volumen óptimo, esto con el fin de evitar la subjetividad de ruido molesto ya que, como fue mencionado en la sección 4, estos niveles están normados por ley. Cabe destacar, que el dispositivo envía los promedios de las muestras tomadas a la página presente en el anexo (sección 12).

6. Estructura del Proyecto

6.1. Esquema

El proyecto será dividido en cinco partes principales las cuales se pueden estudiar y trabajar independientemente. La figura 4 resume estos puntos tomando distintos colores para identificar cada una, primero, se trabajará en la implementación del sensor de sonido, con el cual se tomarán las muestras necesarias que serán procesadas posteriormente en un microcontrolador (Arduino UNO y Raspberry en este caso). Finalmente, se proyecta realizar los dos actuadores en amarillo, que darán aviso al usuario y evitarán problemas con la administración y sus vecinos.

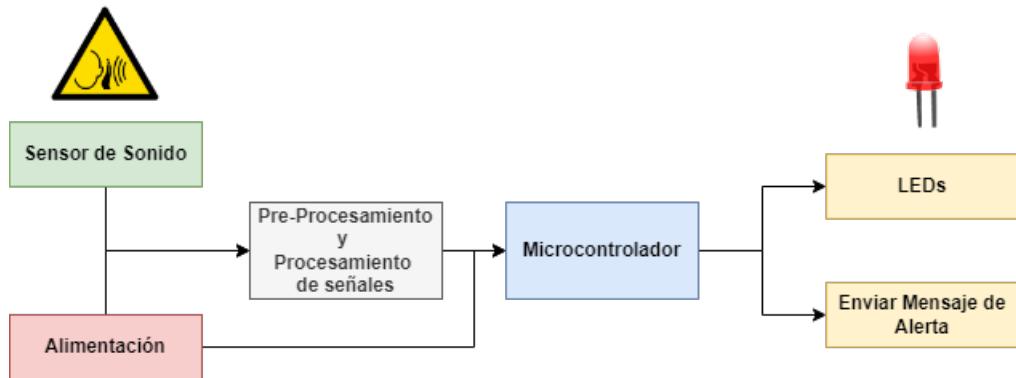


Figura 4: Esquema general del proyecto

6.2. Modularización Funcional

A continuación, se presenta la modularización funcional del proyecto, donde cada color representa una parte del dispositivo como fue descrito en la sección anterior en base a la figura 4.

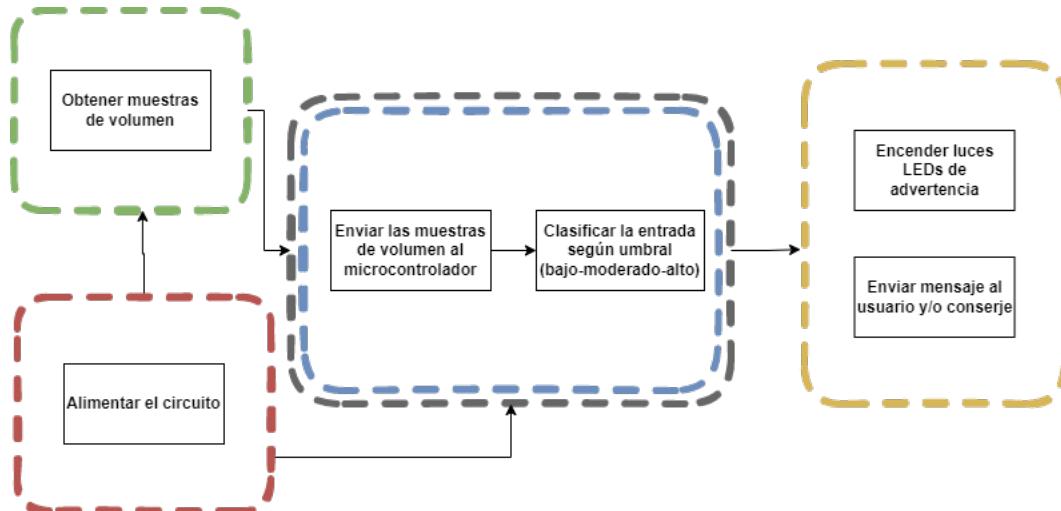


Figura 5: Modularización funcional del proyecto

7. Desarrollo del Proyecto

El proyecto fue modularizado con el fin de ordenar el progreso y desarrollo de este. A continuación se presentan estas divisiones, en donde se explican los diseños de estos y los resultados obtenidos al desarrollar cada módulo.

7.1. Módulo 1: Fuente de Alimentación

El circuito se alimenta mediante la conexión a la red del hogar usando el cable y transformador especificado para la Raspberry Pi. Luego, el Arduino se energiza con la conexión serial entre ambos elementos.

7.2. Módulo 2: Sensor de Sonido

Los objetivos de este modulo son evaluar la capacidad del sensor de sonido para detectar los niveles de ruido utilizando un display.

7.2.1. Diseño de los circuitos del módulo

Se diseñaron los siguientes circuitos utilizando la herramienta online de Tinkercad, en la figura 6 se muestra un circuito simple el cual tiene como objetivo encender un led cuando detecte sonido sobre un umbral el cual puede ser regulado mediante el potenciómetro del sensor. Por otro lado, en la figura 7 se muestra un circuito el cual tiene como objetivo probar la pantalla lcd.

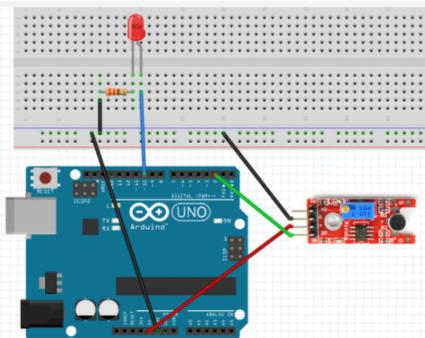


Figura 6: Esquema de conexiones utilizando Arduino. [4]

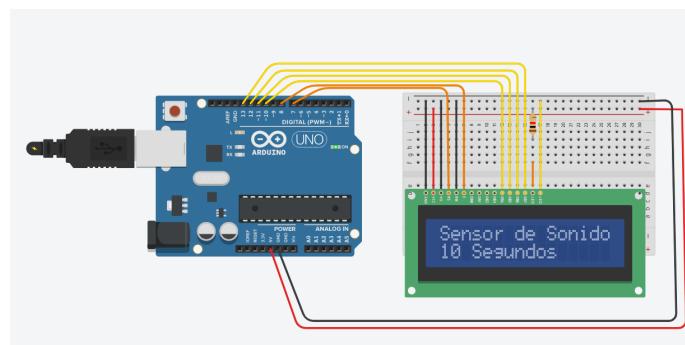


Figura 7: Simulación de la configuración de la pantalla LCD en Tinkercad.

7.2.2. Construcción del módulo detector de sonido

Se construyeron con éxito los dos modelos de las simulaciones, correspondientes a las figuras 6 y 7. Además de esto, se construyó un circuito que integraba estos dos anteriores con el fin de funcionar como medidor de sonido y además mostrar las medidas en un display LCD. Se utilizó un código simple el cual determinaba el promedio de las mediciones en un intervalo de muestras con el fin de desplegar el número de decibeles en la pantalla lcd. Además de esto se agregó un potenciómetro el cual tiene como finalidad regular el contraste de la pantalla. Se logró probar el buen comportamiento del sensor de sonido, del Arduino y de la pantalla LCD de forma exitosa. Algunos detalles sobre este módulo se discutirán en la sección final de conclusiones.

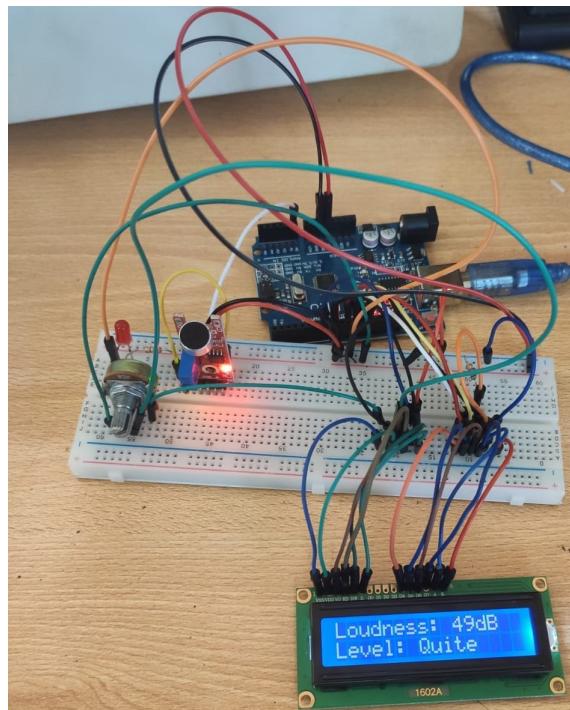


Figura 8: Prueba circuito LCD

7.3. Módulo 3: Procesamiento de Señales de Audio

El procesamiento de las señales de audio se realizará mediante las placas escogidas, en este caso, se está utilizando un Arduino UNO y una Raspberry Pi 3 B+ que tiene un módulo WIFI incluido y puede ser programada a través de Python.

7.4. Módulo 4: Integración del circuito con LEDs de advertencia

El objetivo principal de este módulo es la integración del circuito con el primer actuador (el más sencillo de construir y programar) que son las LEDs de advertencia, encendiendo y marcando un nivel con verde, amarillo y rojo según el umbral detectado.

7.4.1. Diseño de los circuitos del módulo

Nuevamente, utilizando Tinkercad se construyó el circuito con LEDs como se puede observar en la siguiente figura.

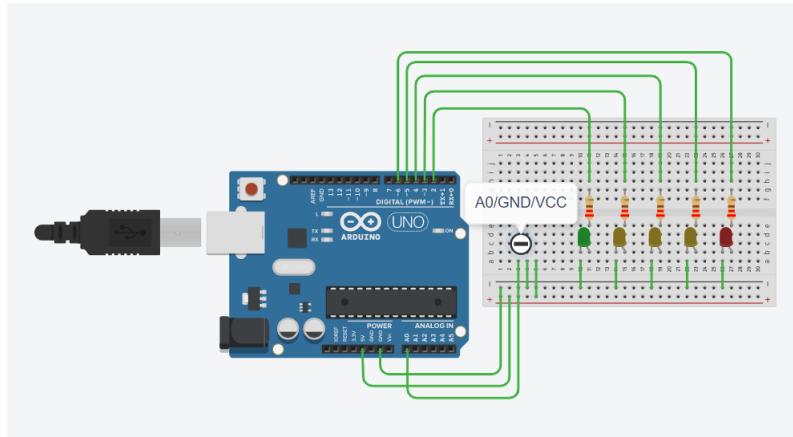


Figura 9: Esquema de conexiones para el circuito con LEDs de advertencia.

En la figura anterior, se observa que en la protoboard hay una nota con las conexiones respectivas, esto debido a que en la herramienta de simulación no hay sensores de sonido. No obstante, este esquema sirve para luego construirlo físicamente.

7.4.2. Construcción con LEDs de advertencia

La construcción del circuito con LEDs de advertencia se realizó en la integración final del proyecto, como se puede observar en la figura 13.

7.5. Módulo 5: Actuadores

El objetivo de este módulo se basa principalmente en la construcción e integración de todos los actuadores del proyecto, para esto, primero se verán todos por separado y luego se realizará la integración correspondiente.

7.5.1. Diseño de los circuitos del módulo

7.5.1.1. Circuito para enviar mensajes

En la siguiente figura se presenta el esquema de conexión para el circuito capaz de enviar mensajes mediante un bot de Telegram, este presenta una Raspberry Pi, un Arduino UNO (el cual está trabajando como conversor A/D) y el sensor de sonido.

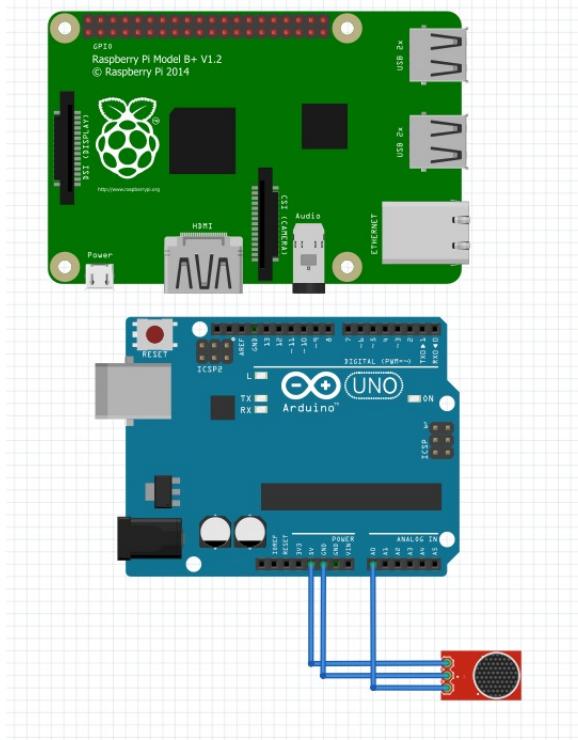


Figura 10: Esquema de conexiones para el circuito que envía mensajes. Acá no se muestra la conexión que hay entre el Arduino y la Raspberry Pi 3, pero estos se conectan conectando el cable típico usb del Arduino a alguno de los puertos usb de la Raspberry Pi.

7.5.1.2. Circuito para enviar datos a una página web

Este circuito, también es capaz de subir los datos a internet utilizando el modulo WiFi integrado que trae la Raspberry Pi 3 y los datos analógicos obtenidos por el Arduino que se envían a la Raspberry Pi mediante una conexión serial. Esto permite observar el estado del sistema en todo momento, desde cualquier dispositivo que tenga conexión a internet. Esto se puede observar en la figura 11.

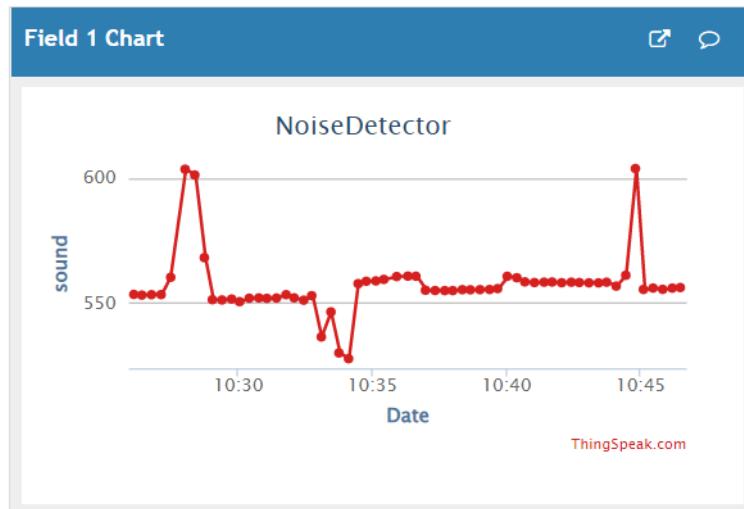


Figura 11: Gráfico de los datos obtenidos por el sistema desde la página web de ThingSpeak.

En la figura anterior se pueden observar dos peaks en las muestras, los cuales corresponden a un estímulo externo para comprobar el envío correcto del mensaje definido.

7.5.1.3. Integración Final del circuito

A continuación, se presenta el esquema de conexión para la integración final del circuito.

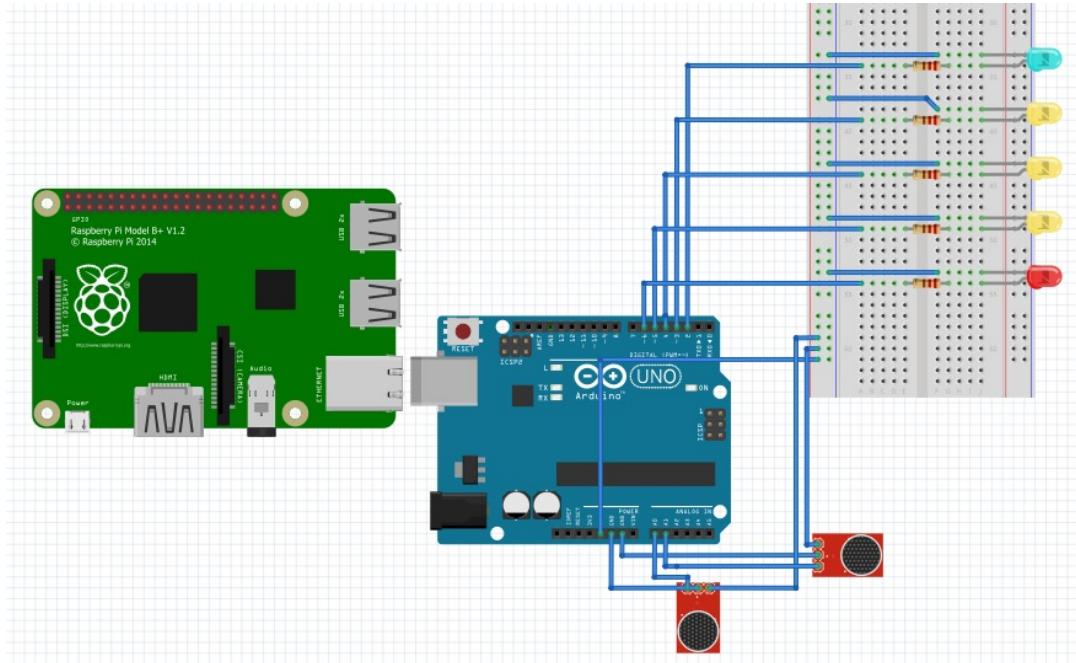


Figura 12: Unión final de las partes del circuito trabajadas anteriormente.

En la figura 12 hay dos partes principales. Primero, la sección superior derecha, construida a base de LEDs, resistencias y un protoboard, toma las muestras de audio y enciende los LEDs según el nivel del volumen. Para esto, se debe configurar la sensibilidad de los potenciómetros de los sensores

de sonido manualmente. Por otro lado, la segunda parte consiste en la Raspberry Pi, la cual mediante un programa de Python y mediante una conexión WiFi, es capaz de enviar mensajes a través de un bot de Telegram. Esto se realiza mediante la definición de un umbral dentro del código, sobre el cual se detalla más adelante.

Luego de presentado el esquema, se procede a mostrar la construcción final del circuito.

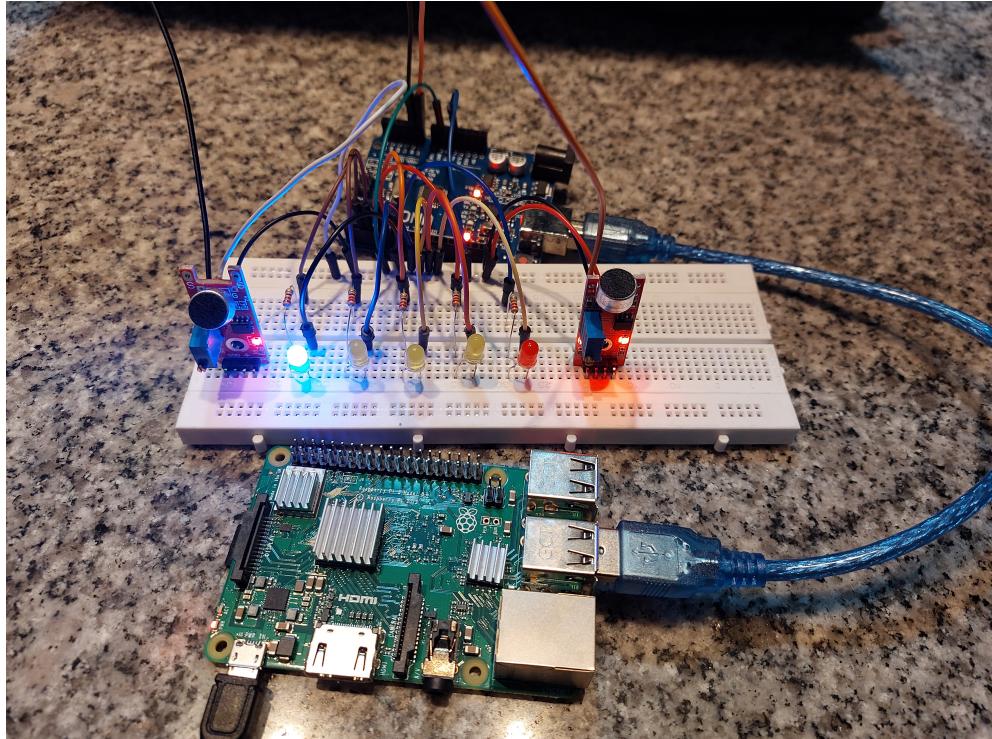


Figura 13: Implementación final del proyecto

En la figura 13 se puede observar la conexión serial entre la Raspberry Pi y el Arduino, el cual posteriormente tiene en sus entradas análogas dos sensores de sonido y en sus canales digitales las LEDs de advertencia del módulo anterior.

7.5.1.4. Funcionamiento del circuito

El funcionamiento del circuito se basa principalmente en el código de Python con el cual se configura la Raspberry Pi. En este, se define un promedio de muestras de ruido recibidas por parte de los dos sensores, el cual se procesa con el algoritmo creado y determina si el ruido está superando el umbral o no. Este funcionamiento se ve reflejado en el siguiente diagrama de estados.

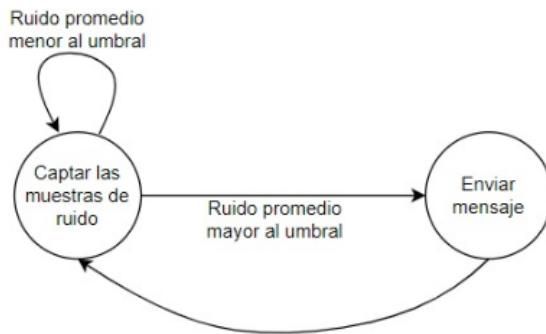


Figura 14: Diagrama de estados del circuito

Luego, la acción de los LEDs de advertencia es controlada mediante un código de Arduino, el cual recibe el promedio de los dos sensores y actúa según el nivel alcanzado. Debido a la simplicidad de los componentes, la calibración de sensibilidad se realizó de manera manual, apoyándose de una aplicación celular de sonómetro, no obstante, se cumple con el objetivo, logrando avisar oportunamente los ruidos peligrosos y fuera de norma (sobre 80 [dB]) en rojo y manteniéndose en azul o amarillo para niveles aceptables y sanos.

Finalmente, el punto más importante del funcionamiento del circuito corresponde a la definición del umbral, el cual controlará el envío del mensaje a través de Telegram. Como fue mencionado anteriormente, debido a la simplicidad de los sensores se utilizó el promedio de estos.

$$\text{promedio_sensores} = (\text{sensor1} + \text{sensor2})/2 \quad (1)$$

Luego, considerando que los sensores están configurados para tomar muestras cada 0.1 segundos, se define la cantidad de muestras usadas para calcular el promedio con el cual actuará el circuito. En primera instancia, se toma un segundo promedio de 100 muestras, por lo tanto, el dispositivo analizará este valor cada 10 segundos y actuará debidamente según el diagrama de la figura 14. No obstante, lo anterior, fue realizado para comprobar el funcionamiento del proyecto ya que, para dejar establecido el dispositivo en un lugar fijo lo ideal es que se tome un promedio de una mayor cantidad de muestras, aumentando el tiempo que tarda este en actuar.

8. Carta Gantt

A continuación, en la figura 15 se presenta la Carta Gantt actualizada según el módulo actual, donde se puede observar que se han completado todas las tareas descritas en esta, logrando los objetivos del proyecto.

Actividad \ Semana	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Definir los objetivos y alcances del proyecto												
Modulo 1: Construcción de la fuente regulada												
Modulo 2: diseño y construcción del sensor de sonido.												
Modulo 3: diseño y programación del algoritmo de procesamiento de señales de audio.												
Modulo 4: Integración del circuito con leds como actuadores.												
Pruebas preliminares del sistema												
Modulo 5: Diseño y construcción de diferentes actuadores dependiendo de la factibilidad.												
Pruebas preliminares del sistema con distintos actuadores												
Análisis del funcionamiento del sistema												
Pruebas Finales												

Figura 15: Carta gantt a la fecha, luego de la finalización del proyecto.

9. Evaluación Económica

9.1. Costo de Materiales

La tabla a continuación resume los costos de los componentes utilizados hasta la fecha en moneda nacional (CLP).

Tabla 1: Resumen de costos del proyecto hasta la fecha

Elemento	Precio (CLP)
Pack de Componentes Básicos	7490
Sensor de Sonido	10000
Arduino	19000
Raspberry Pi 3 B+	52990
Protoboard	1000
Cables Dupont	5000
Total	95480

9.2. Horas Hombre

El cálculo de HH se realizó considerando dos trabajadores, 9 jornadas correspondientes a los laboratorios desde la semana 5 hasta la 14 y 3 horas de trabajo diario. Con esto, las siguientes ecuaciones representan el cálculo.

$$HH = 2 \cdot (9 \cdot 3) = 54 [HH] \quad (2)$$

$$Valor_{HH} = 54 [HH] \cdot 14000 [CLP] = 756000 [CLP] \quad (3)$$

10. Optimizaciones y mejoras futuras

Este proyecto podría mejorarse utilizando solamente el Arduino UNO y un módulo Wi-Fi ESP8266. Esto reemplazaría a la Raspberry Pi y sería posible disminuir en forma significativa el precio del proyecto. Por otro lado, se podría mejorar el rendimiento del equipo reemplazando los sensores por unos que tengan un mayor rango de detección, de todas maneras cambiar los sensores aumentaría el precio del proyecto.

Finalmente, se podría diseñar una estructura para proteger la integridad del circuito y que sólo sean visibles las partes importantes de este, por ejemplo, las entradas USB de la Raspberry, la entrada de alimentación, los sensores, entre otros.

11. Discusiones y Conclusión

En base a lo trabajado entre las semanas 3 y 14 (ver carta gantt de la figura 15), se puede destacar que los resultados son bastante alentadores, logrando en primer lugar, que el circuito encienda LEDs de advertencia según el nivel de ruido (azul-amarillo-rojo) y en segundo lugar, que envíe un mensaje de aviso en caso de que se supere el umbral establecido. cabe destacar, que en el módulo 2 se trabajó con una pantalla LCD junto al sensor de sonido, no obstante, se descartó esta idea y se optó por la API de ThingSpeak para visualizar las muestras obtenidas con respecto al tiempo.

Con esto, se da por cumplido el objetivo principal del proyecto, logrando el correcto funcionamiento dentro de un ambiente ideal, no obstante, aún requiere de pruebas en un entorno real, con mayor ruido externo y perturbaciones que puedan surgir fuera del control del usuario.

Cabe destacar que las principales dificultades del proyecto consistieron en configurar el algoritmo que procesa las muestras de audio según el umbral y en la definición de este, puesto que, las muestras que envía el sensor no son decibéles y por ende se debió trabajar con transformaciones y aproximaciones definidas por el equipo. Como último punto, se debe mencionar que a pesar de que el costo del proyecto aumentó considerablemente debido a la utilización de una Raspberry Pi, sigue siendo adquirible por el público objetivo, el cual tiene un buen nivel socioeconómico.

Referencias

- [1] Ministerio del Medio Ambiente. Decreto 38. Año 2012. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1040928>
- [2] Sociedad Española de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello (SEORL CCC). ¿Qué efectos causa el ruido en la salud auditiva. Año 2021. Disponible en: <https://seorl.net/efectos-ruido-salud-auditiva/#:~:text=El%20nivel%20de%20ruido%20recomendado,hay%20riesgo%20de%20p%C3%A9rdida%20inmediata>.
- [3] MCI electronics. Disponible en: <https://www.mcilelectronics.cl/>
- [4] EL SENSOR DE SONIDO KY-038 Utilizando el sensor de sonido para encender un LED y para leer sus medidas. Disponible en: <https://www.prometec.net/sensor-sonido-ky038/>
- [5] Thingspeak. Disponible en: https://thingspeak.com/login/mwa-sso?uri=https%3A%2F%2Fthingspeak.com%2F&tx_id=g73Xg1Fvri0cZXGxzQwA
- [6] Raspberry Pi. Raspberry Pi 3 B+. Disponible en: <https://raspberrypi.cl/raspberry-pi-3b-2/>

12. Anexos

12.1. GitHub de Proyecto

En el siguiente enlace <https://github.com/joaquinzepeda/Noise-Detector>, se puede acceder al GitHub creado para el proyecto, en este, se encuentran los códigos necesarios para el funcionamiento del dispositivo junto a los pasos necesarios para su construcción.

12.2. ThingSpeak

En el siguiente enlace <https://thingspeak.com/channels/1736478>, se encuentra la página web que recibe datos desde la Raspberry para tener la evolución del promedio de las muestras de ruido con respecto al tiempo, como se presenta en la imagen 11