



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**  
**ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"**

**MAESTRÍA EN**  
**ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**  
*Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021*

**PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER**

<b>Título del proyecto:</b>
<b>AUTOMATIZACIÓN DEL CAMPANARIO DE LA IGLESIA PARROQUIAL HERMANO MIGUEL DE SELVA ALEGRE</b>
<b>Línea de Investigación:</b>
<b>Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable</b>
<b>Campo amplio de conocimiento:</b>
<b>Ingeniería, industria y construcción</b>
<b>Autor:</b>
<b>Ing. Bryan Javier Castro Medina</b>
<b>Tutor:</b>
<b>Mg. Wilmer Fabian Albarracín Guaro Chico</b>

**Quito – Ecuador**

**2024**

## APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, ALBARRACIN GUAROCHICO WILMER FABIAN con C.I: 1713341152 en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado:” **AUTOMATIZACIÓN DEL CAMPANARIO DE LA IGLESIA PARROQUIAL HERMANO MIGUEL DE SELVA ALEGRE**”.

Elaborado por: CASTRO MEDINA BRYAN JAVIER, de C.I: 1723151344, estudiante de la Maestría: en Electrónica y Automatización de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 7 de marzo del 2024

---

**Firma**

## DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, CASTRO MEDINA BRYAN JAVIER con C.I: 1723151344, autor del proyecto de titulación denominado:” **AUTOMATIZACIÓN DEL CAMPANARIO DE LA IGLESIA PARROQUIAL HERMANO MIGUEL DE SELVA ALEGRE**”. Previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 7 de marzo del 2024

\_\_\_\_\_  
**Firma**

## Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	3
INFORMACIÓN GENERAL	1
Contextualización del tema	1
Problema de investigación	2
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	3
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
1.1. Contextualización general del estado del arte	5
1.2. Proceso investigativo metodológico	6
CAPÍTULO II: PROPUESTA	8
2.1 Fundamentos teóricos aplicados	8
2.1.1 Instalaciones automáticas	8
2.1.2 Microcontrolador	9
2.1.3 Microcontrolador AVR de 8 bits ATMEGA 328P	9
2.1.4 Tecnología GSM	11
2.2 Descripción de la propuesta	12
2.3 Validación de la propuesta	15
2.4 Matriz de articulación de la propuesta	18
2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	20
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	28
ANEXOS	29

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Características de microcontrolador 328P.....	11
<b>Tabla 2.</b> Descripción de perfil de los expertos validadores .....	15
<b>Tabla 3 .</b> Escala de evaluación. Elaborada por: Mg. Marcelo Simbaña.....	16
<b>Tabla 4.</b> Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Max Chiluisa.....	16
<b>Tabla 5.</b> Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Diego Curay.....	17
<b>Tabla 6.</b> Matriz de articulación.....	18

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b>	Estructura de un sistema de control automático .....	8
<b>Figura 2.</b>	Esquema de bloques de un microcontrolador .....	9
<b>Figura 3.</b>	Circuito integrado 328P .....	10
<b>Figura 4.</b>	Diagrama de bloques interno del microcontrolador 328P .....	10
<b>Figura 5.</b>	Iglesia Santo Hermano Miguel de Selva Alegre .....	13
<b>Figura 6.</b>	<i>Diagrama de bloques general del sistema</i> .....	13
<b>Figura 7.</b>	Diseño esquemático de la placa .....	20
<b>Figura 8.</b>	PCB Layout del proyecto .....	21
<b>Figura 9.</b>	Diseño Tridimensional de la placa .....	21
<b>Figura 10.</b>	Diseño para transferencia a placa baquelita .....	22
<b>Figura 11.</b>	Proceso de quemado con ácido.....	22
<b>Figura 12.</b>	Resultado Final de la transferencia del circuito .....	23
<b>Figura 13.</b>	Comprobación de la pista del circuito .....	23
<b>Figura 14.</b>	Montaje de tablero Eléctrico .....	24
<b>Figura 15.</b>	Proceso de Instalación .....	24
<b>Figura 16.</b>	Pruebas de Funcionamiento y Capacitación.....	25

## INFORMACIÓN GENERAL

### Contextualización del tema

En la actualidad, gracias al desarrollo de la tecnología y a su creciente accesibilidad en términos de costo, se ha observado un aumento en la tendencia de automatizar procesos que anteriormente se realizaban de forma manual. Al automatizar procesos repetitivos, se mejora la calidad y la productividad del sistema, lo que a su vez resulta en una reducción de costos. Estos beneficios hacen que la automatización sea una opción viable para implementar en diversos ámbitos (Sanchis et al., 2010).

Las iglesias son consideradas un patrimonio para sus comunidades debido a su diseño arquitectónico y antigüedad. Estas están conformadas por campanarios que contienen campanas de bronce y relojes monumentales creados hace muchos años de forma artesanal. El sonido melodioso emitido por las campanas sirve para transmitir noticias a los habitantes de una comunidad, informando la celebración de actos religiosos y acontecimientos culturales de interés general (Zufiaurre, 2008).

En la era actual, la tecnología ha permitido sustituir trabajos repetitivos por equipos electrónicos inteligentes, generando mejoras significativas en la eficiencia y productividad de procesos tanto industriales como domésticos. Incluso, las antiguas campanas de iglesias no son la excepción en este avance. La automatización de campanas de iglesias representa enormes ventajas, permitiendo mejorar la calidad del sonido y reducir el esfuerzo manual necesario para su activación, entre otros beneficios.

El sistema de automatización electrónico permite que el repique de las campanas se realice de forma automática, programada y sin necesidad de esfuerzo humano, lo que reemplaza completamente el sistema manual. Las campanas de las iglesias tienen una función importante en la convocatoria de los habitantes de la comunidad, invitándolos a acudir a la iglesia con sus sonidos. Para que el sonido sea claro y audible, las campanas deben instalarse en los puntos más altos de los campanarios. Sin embargo, subir al punto más alto del campanario para realizar el repique manualmente puede ser un trabajo difícil. La automatización de las campanas proporciona una solución eficiente y efectiva para esta tarea (Salvador, 2012).

En la actualidad, son pocas las iglesias que han automatizado sus campanarios mediante tecnología electromecánica. Esto resulta en sistemas poco confiables, que requieren mantenimientos periódicos frecuentes. Los sistemas antiguos de automatización tienen

componentes mecánicos que, con el tiempo, se desgastan y funcionan de manera incorrecta, como es el caso de los relojes monumentales, que tienden a retrasar su hora constantemente.

Además, los sistemas antiguos de automatización eran muy costosos debido a sus componentes mecánicos complejos, su necesidad de mantenimiento constante y la falta de stock de repuestos, lo que hacía que esta solución fuera poco viable. Por lo tanto, se propone la implementación de un dispositivo totalmente electrónico como una solución más práctica y económica.

Gracias al avance tecnológico, los sistemas de automatización electrónicos han reemplazado a los antiguos sistemas electromecánicos, reduciendo significativamente los costos de implementación. Además, estos sistemas ofrecen una mayor eficiencia, confiabilidad y capacidad para realizar tareas más complejas con un mantenimiento mínimo, lo que los convierte en una solución factible y atractiva para la implementación de automatización en distintos ámbitos.

### **Problema de investigación**

En la actualidad, hay empresas extranjeras, como Belltron, que se dedican a la producción y venta de campanarios electrónicos. Sin embargo, en Ecuador no hay una empresa local que ofrezca este tipo de sistemas y es difícil para las iglesias ecuatorianas acceder al servicio técnico extranjero debido a los altos costos. Por esta razón, existe una necesidad y motivación para implementar un sistema electrónico de bajo costo que permita el control automatizado de las campanas de las iglesias en Ecuador

La iglesia de la Parroquia Eclesiástica Santo Hermano Miguel Febres Cordero-Selva Alegre, ubicada en la Av. Juan de Salinas y Selva Alegre, sector Sangolquí, cuenta con un campanario que se encuentra en desuso debido a la falta de personal encargado de su mantenimiento y repique en horarios establecidos. La solución a este problema radica en el diseño e implementación de un sistema electrónico moderno y fácil de controlar que automatice el proceso de repique de los sonidos de las campanas de esta iglesia.

Además, se requiere de personal que esté pendiente constantemente de activar manualmente el campanario en horarios específicos, lo que hace que la iglesia no haga un uso constante de la melodía de sus campanas. Si esta situación persiste, se seguirán perdiendo las tradiciones culturales para las nuevas generaciones.

Por tanto, es necesario implementar un sistema de automatización 100% electrónico que reemplace totalmente el trabajo manual de los responsables, permitiendo recuperar la tradición cultural de las iglesias católicas.

### **Objetivo general**

Implementar un Campanario Electrónico-Automático para la iglesia Santo Hermano Miguel de Selva Alegre.

### **Objetivos específicos**

- Investigar sobre la automatización de los campanarios de las iglesias, analizando los procedimientos de la operación y elementos involucrados en este proceso, necesarios para la implementación del sistema automático.
- Diseñar y construir un tablero electrónico que permita la implementación del sistema de control y el control remoto con tecnología GSM del campanario.
- Implementar un tablero electrónico en la iglesia Parroquia Santo Hermano Miguel - Selva Alegre.
- Realizar pruebas de funcionamiento in situ para evaluar la efectividad del sistema implementado, asegurando la validación del sistema de control propuesto.

### **Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:**

La automatización ha sido ampliamente implementada en diferentes sectores de la sociedad, como en la industria y los hogares, pero ha sido descuidada en el sector religioso. Las iglesias representan la cultura tradicional de cada comunidad, sin embargo, las nuevas generaciones han perdido interés en ellas, lo que ha llevado a que muchas iglesias pierdan su función principal de congregación de fieles. Además, el sector religioso suele tener un bajo nivel económico, lo que hace que sea poco probable o incluso imposible adquirir un sistema de campanarios automáticos debido a su alto costo y a la falta de desarrollo en el país.

Para abordar estos desafíos, se propone el diseño e implementación de un sistema electrónico de bajo costo que permita a las iglesias modernizar sus campanarios y recuperar la tradición cultural de la música de campanas. La automatización de los campanarios permitiría a la comunidad disfrutar de repiques tradicionales de nuestra cultura ecuatoriana y crear una armonización melódica en toda la comunidad aledaña a la iglesia. Esto también podría atraer turismo y ayudar al crecimiento económico del sector.

Además, la automatización también sería de gran ayuda para el personal de mantenimiento de la iglesia, facilitando sus labores diarias y asegurando que el campanario esté siempre funcionando correctamente. En resumen, la implementación de un sistema electrónico de campanarios automáticos no solo mejoraría la experiencia de los fieles, sino que también ayudaría a preservar y promover la cultura tradicional y a impulsar el crecimiento económico del sector.

## CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1. Contextualización general del estado del arte

En los últimos tiempos, gracias al desarrollo y los bajos costos de la tecnología, se ha visto un alza en la tendencia de automatizar procesos que antiguamente se realizaban de forma manual (Lopis et al., 2010). Las iglesias por su diseño arquitectónico y antigüedad son consideradas un patrimonio para sus comunidades, y el campanario con sus campanas y relojes monumentales creados hace muchos años de forma artesanal, es un elemento importante de las iglesias (Zufiaurre, 2008). En el siglo XXI, la automatización está al orden del día, incluso en relación con las antiguas campanas de iglesias.

La automatización del campanario de una iglesia se ha convertido en un tema de interés para la mejora de la liturgia religiosa y la comodidad de los fieles. La falta de personal para realizar el repique manual de las campanas, así como la necesidad de una mayor precisión en los horarios de toque, el repique manual de las campanas de una iglesia puede ser un trabajo difícil y peligroso, especialmente para campanarios de gran altura estos son algunos de los problemas que se presentan en la actualidad. En este sentido, el presente trabajo se enfoca en el diseño y construcción de un dispositivo electrónico que permita el repique automático de las campanas de una iglesia. La investigación se llevará a cabo dentro de los límites específicos de la automatización de campanarios en iglesias. Para llevar a cabo este proyecto, se utilizarán recursos documentales tales como artículos científicos, libros, tesis y publicaciones relevantes, y se aplicarán criterios de búsqueda basados en aspectos cronológicos, objetivos de estudio y líneas de investigación específicas relacionadas con la automatización de campanarios.

En la perspectiva tecnológica, se ha consultado a diversos autores y fuentes para obtener el conocimiento más actualizado necesario para resolver el problema de investigación planteado. Uno de los principales conceptos abordados es el de la automatización de sistemas, el cual ha sido definido por autores como (Negnevitsky, 2019) y (Sánchez, 2018) como el uso de tecnología para controlar y operar sistemas de manera autónoma. En cuanto a los antecedentes relacionados con la automatización de campanarios, se encontraron diversas soluciones implementadas por otros investigadores. Por ejemplo, en el estudio realizado por (Vargas, 2018) se implementó un sistema de control basado en microcontroladores para la automatización del repique de campanas en la iglesia San Francisco de Asís, utilizando sensores y actuadores específicos. Por otro lado, en el trabajo de (Jiménez, 2017) se utilizó tecnología de radiofrecuencia para el control remoto de campanarios en la iglesia Santa Ana, permitiendo la configuración de patrones de repique y la selección de melodías. Otro estudio relevante es el de

(García, 2016), en el que se diseñó un sistema de control basado en PLC para el repique automático de campanas en la iglesia Nuestra Señora de la Asunción. Estos antecedentes servirán base para el desarrollo del proyecto actual, ya que permiten identificar tecnologías, componentes y soluciones que han demostrado ser efectivas en la automatización de campanarios.

En conclusión, la revisión del estado del arte ha permitido identificar que existen diversos trabajos relacionados con la automatización del repique de campanas en iglesias, sin embargo, en su mayoría se enfocan en el desarrollo de sistemas específicos para una iglesia en particular y no se han realizado trabajos con un enfoque más generalizado y adaptable a diferentes iglesias. Además, se ha observado que los trabajos más recientes utilizan tecnologías más avanzadas, como el uso de microcontroladores y sensores para el control y monitoreo de la campana. Estos avances tecnológicos pueden ser útiles en el presente proyecto y nos permitirán mejorar el rendimiento y la eficiencia del sistema propuesto.

## **1.2. Proceso investigativo metodológico**

En este proyecto, se aplicó una investigación de tipo descriptiva, que se enfoca en describir la realidad de los campanarios del Ecuador, en este caso, la creación de un dispositivo para el repique automático de las campanas.

En cuanto a los métodos teóricos y prácticos aplicados, se utilizó la revisión bibliográfica y la investigación documental como métodos teóricos, para analizar la información disponible sobre la automatización de campanarios y dispositivos electrónicos relacionados. También se aplicaron métodos prácticos como la observación directa y la experimentación, para probar y validar el prototipo del dispositivo de repique automático.

Las técnicas de recolección de información que se utilizaron incluyeron la observación directa, las entrevistas a personas que tienen experiencia en el repique manual de campanas, así como encuestas a feligreses de la iglesia donde se instaló el dispositivo.

La población objetivo de este proyecto fue la iglesia seleccionada para la instalación del dispositivo de repique automático.

En cuanto a la metodología de trabajo, se utilizó una metodología de investigación de acción participativa, en el proceso de diseño y evaluación del dispositivo de repique automático. Esto permitió que los resultados de la investigación fueran aplicados directamente en la iglesia y se ajusten a sus necesidades específicas.

El proceso de investigación y desarrollo del proyecto se basó en una investigación descriptiva que utilizó métodos teóricos y prácticos, y técnicas de recolección de información como la observación y entrevista al padre de la comunidad. Se utilizó una metodología de investigación acción participativa para involucrar a los feligreses de la iglesia en el proceso de diseño y evaluación del dispositivo de repique automático.

## CAPÍTULO II: PROPUESTA

### 2.1 Fundamentos teóricos aplicados

#### 2.1.1 Instalaciones automáticas

Para realizar el diseño de una instalación automatizada, se encuentran inmersas las tecnologías de automatización y la ingeniería de detalle de varias disciplinas. Durante varios años gracias al avance de la investigación tecnológica que han aportado a la viabilidad de la automatización moderna, con algoritmos de control y protocolos de comunicaciones avanzados, además de los desarrollos de microcontroladores, microprocesadores, sensores, actuadores y de la tecnología digital han ido dando forma a las modernas instalaciones de control automático (Esaño et al., 2019).

**Figura 1.**

*Estructura de un sistema de control automático*

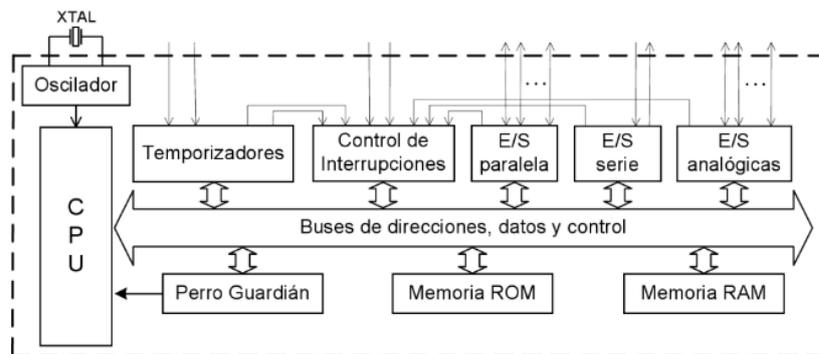


*Nota.* Tomado de (Esaño et al., 2019).

### 2.1.2 Microcontrolador

Un microcontrolador es un dispositivo capaz de ejecutar procesos lógicos, los cuales son programados en lenguaje ensamblador. Todas las operaciones internas de los microcontroladores se sincronizan mediante las pulsaciones de un oscilador de pulsos. Estos dispositivos cuentan con dos tipos de memoria: la ROM, que es una memoria no volátil de solo lectura, y la memoria RAM, que es volátil y permite tanto escritura como lectura. En la figura 2 se puede visualizar el esquema de bloques general de un microcontrolador (Valdés & Pallás, 2007).

**Figura 2.**  
*Esquema de bloques de un microcontrolador.*

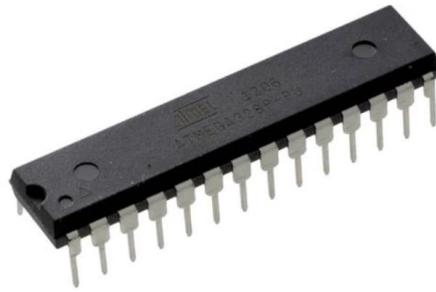


*Nota.* Tomado de (Valdés & Pallás, 2007).

### 2.1.3 Microcontrolador AVR de 8 bits ATMEGA 328P

El microcontrolador ATMEGA328P de la familia AVR con arquitectura RISC de 8 bits. Posee gran capacidad de procesar poderosas instrucciones que se ejecutan en su mayoría en un solo ciclo de reloj, por lo que puede alcanzar un desempeño cercano a 1 MIPS por cada 1 Mhz en la frecuencia de reloj. En la figura 3 se muestra el circuito integrado ATMEGA 328P (Atmel Corporation, 2015).

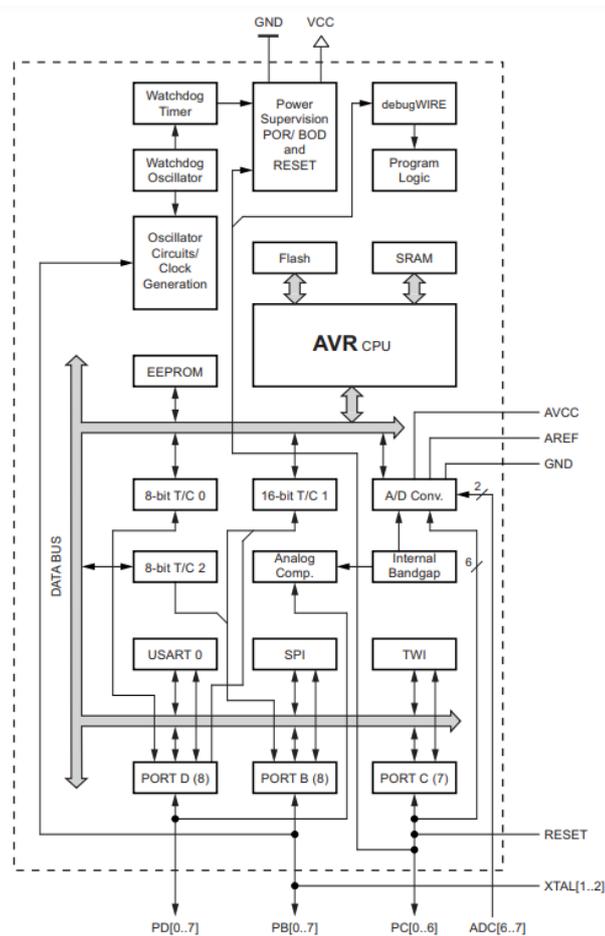
**Figura 3.**  
Circuito integrado 328P.



Nota. Tomado de (Atmel Corporation, 2015).

La Figura 4 exhibe el diagrama de bloques interno del microcontrolador.

**Figura 4.**  
Diagrama de bloques interno del microcontrolador 328P



Nota. Tomado de (Atmel Corporation, 2015).

En la Tabla 1 se presentan las características principales del microcontrolador.

**Tabla 1.**

*Características de microcontrolador 328P.*

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Fabricante	Atmel (Microchip)
Voltaje de operación	1.8 a 5.5 VDC
Arquitectura de CPU	8 bit AVR
Memoria Flash	32 KB.
Memoria RAM	2 KB.
EEPROM	2 KB.
Frecuencia de operación	20 Mhz.
Pines de IO	23
Canales ADC	10
Interfaces	UART, TWI, SPI.
Temperatura de operación	-40° a 85° C

*Nota.* Tomado de (Atmel Corporation, 2015).

#### **2.1.4 Tecnología GSM**

La tecnología GSM es un estándar de comunicaciones móviles que permite la transmisión de voz y datos a través de redes inalámbricas. El uso de un microcontrolador junto con la tecnología GSM permite la creación de sistemas de control remoto y monitoreo, así como la creación de aplicaciones IoT (Internet of Things).

El microcontrolador se encarga de procesar la información recibida por la tecnología GSM, lo que permite la creación de sistemas de monitoreo y control remoto. Al utilizar la tecnología GSM, se puede acceder a estos sistemas desde cualquier lugar del mundo a través de una conexión de datos móvil, lo que los convierte en una herramienta muy útil para aplicaciones industriales y de automatización.

Además, la combinación de tecnología GSM y microcontroladores también permite la creación de aplicaciones IoT, como sensores y dispositivos conectados a internet que pueden ser monitoreados y controlados de forma remota. Esto es especialmente útil en aplicaciones de domótica y seguridad, donde se pueden controlar luces, puertas y cámaras desde cualquier lugar del mundo.

El uso de la tecnología GSM en conjunto con un microcontrolador ofrece muchas posibilidades para la creación de sistemas de control remoto, monitoreo y aplicaciones IoT. Esta combinación es especialmente útil en aplicaciones industriales y de automatización, así como en aplicaciones de domótica y seguridad (Diaz & Aguilera, 2018).

## 2.2 Descripción de la propuesta

Se tiene previsto implementar un sistema electrónico con un microcontrolador integrado en una tarjeta electrónica como componente principal. Este microcontrolador estará acompañado por un RTC que permitirá al sistema contar con la hora actual en todo momento, incluso en situaciones de pérdida de energía. Para garantizar la precisión de la hora, el RTC contará con un sistema de respaldo que mantendrá la hora actualizada una vez que se restablezca la energía del sistema.

Mantener la hora actual en el sistema permitirá enviar comandos precisos de repique a las bocinas del campanario electrónico en las horas establecidas. Por ejemplo, si son las 7 AM, se activarán siete repiques de campana; si son las 11 AM, se emitirán once repiques, y así sucesivamente durante un horario preestablecido. Además, el sistema cuenta con repiques especiales al inicio del horario (7 AM), la mitad del horario (12 PM) y el final del horario (7 PM), los cuales son aleatorios para evitar repeticiones durante meses.

El tablero electrónico contará con una pantalla que permitirá a los usuarios acceder a un menú con varias opciones, como ajuste de hora y selección de eventos sonoros como misas, funerales, bodas, entre otros, los cuales activarán repiques especiales desde la pantalla del tablero. Además, este sistema contará con un control remoto que utiliza tecnología GSM, permitiendo a los usuarios activar los repiques especiales de campanas desde cualquier lugar del país mediante su teléfono móvil, sin necesidad de acudir a la iglesia. Para facilitar la navegación del usuario en el menú de la pantalla, se implementará una botonera en la interfaz HMI. La antena de comunicación instalada en el tablero electrónico permitirá la transmisión de señales de control remoto desde cualquier ubicación en el país.

El microcontrolador será capaz de activar el sistema de amplificación de audio mediante sus salidas a relé, siguiendo la lógica establecida. Una vez activado, el amplificador recibirá automáticamente los comandos de audio desde la tarjeta controladora y los transmitirá a través de bocinas instaladas en la parte superior del campanario de la iglesia, generando así los repiques de campanas de manera automática. A continuación, se muestra la Iglesia Santo Hermano Miguel de Selva Alegre (Figura 5).

**Figura 5.**  
*Iglesia Santo Hermano Miguel de Selva Alegre*

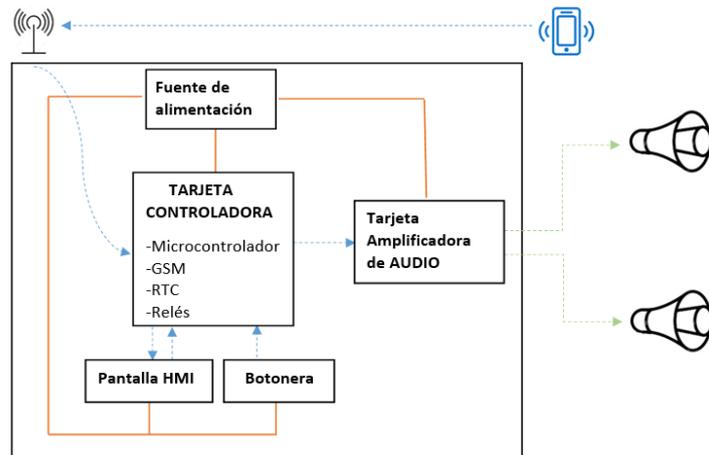


*Nota.* Elaboración propia.

**a. Estructura general**

La Figura 6 ilustra el diagrama de bloques general del sistema que se planea implementar.

**Figura 6.**  
*Diagrama de bloques general del sistema.*



*Nota.* Elaboración propia.

## **b. Explicación del aporte**

El aporte de este trabajo se basa en la creación de un sistema moderno y de bajo costo que permita la automatización del repique de las campanas, lo que reduce la necesidad de personal y simplifica el mantenimiento.

En cuanto al funcionamiento del dispositivo, este utiliza, programado para que las campanas repiquen a horas específicas. El microcontrolador activa un amplificador que controla el sistema de altavoces para reproducir las melodías de las campanas.

En relación a los recursos empleados para respaldar los procesos de aprendizaje, se incluyen manuales de usuario y guías de instalación para facilitar el uso del dispositivo y garantizar una fácil instalación. También se incluyen recursos didácticos para la formación de personal técnico capaz de llevar a cabo el mantenimiento y reparación del dispositivo.

Para la evaluación del trabajo, se han diseñado pruebas de campo y mediciones de desempeño que permiten evaluar la calidad del sonido, la precisión en el horario y la funcionalidad del dispositivo en general. Además, se realizarán encuestas a la comunidad para conocer su opinión sobre la implementación del sistema de campanas electrónicas.

En cuanto a las actividades que permiten la construcción del conocimiento, se incluyen el análisis y diseño del dispositivo, la selección de componentes, la programación y la implementación del dispositivo. También se incluyen actividades prácticas de instalación, mantenimiento y reparación, lo que permite la formación de personal técnico capacitado. En resumen, la tesis busca ofrecer una solución tecnológica asequible y eficiente que permita la automatización de campanarios en iglesias y templos, manteniendo así las tradiciones culturales y facilitando la labor del personal técnico encargado de su mantenimiento.

## **c. Estrategias y/o técnicas**

El desarrollo del tablero electrónico se basó en una investigación aplicada, que se enfocó en la creación de un dispositivo para el repique automático de las campanas. Se implementó una metodología participativa que involucró activamente a la comunidad aledaña de la iglesia en el diseño y la evaluación del dispositivo. Además, se utilizaron métodos tanto teóricos como prácticos: se llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica y documental, y se realizaron observaciones directas y experimentaciones para probar y validar el prototipo del dispositivo de repique automático.

En cuanto a las herramientas tecnológicas, se optó por integrar un sistema electrónico con un microcontrolador y un RTC como componentes principales. Esta elección se basó en la necesidad de contar con un dispositivo preciso y confiable que pudiera mantener la hora actualizada en todo momento, incluso en situaciones de pérdida de energía. Además, que cuenta con un sistema de batería de respaldo para garantizar la precisión horaria en todo momento. La decisión de utilizar tecnología GSM para el control remoto se fundamentó en la conveniencia de permitir a los usuarios activar los repiques especiales desde cualquier ubicación, sin necesidad de acudir físicamente a la iglesia.

Las estrategias metodológicas empleadas se centraron en una investigación descriptiva y participativa, mientras que las herramientas tecnológicas seleccionadas se basaron en la necesidad de precisión, confiabilidad y accesibilidad para los usuarios.

### 2.3 Validación de la propuesta

**Tabla 2.**

*Descripción de perfil de los expertos validadores*

Apellidos y Nombres	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Elmer Marcelo Simbaña Pulupa	8	Ingeniero Eléctrico M.Eng.	Ingeniero de Control y Protecciones de Subestaciones Eléctricas. NR ELECTRIC S.A
Chiluisa Saragosin Max Gonzalo	5	Ingeniero Electromecánico	Ingeniero de Proyectos INPROCONFI S.A
Curay Flores Diego Salvador	2	Ingeniero en Electrónica e Instrumentación	Supervisor QA/QC Bloque Sacha

*Nota.* Elaboración del autor

**Tabla 3.***Escala de evaluación. Elaborada por: Mg. Marcelo Simbaña.*

CRITERIOS	EVALUACIÓN DE ACUERDO A IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

*Nota.* Elaboración del autor**Tabla 4.***Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Max Chiluisa.*

CRITERIOS	EVALUACIÓN DE ACUERDO A IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización				X	
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

*Nota.* Elaboración del autor

**Tabla 5.**

*Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Diego Curay.*

CRITERIOS	EVALUACIÓN DE ACUERDO A IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia				X	

*Nota.* Elaboración del autor

## 2.4 Matriz de articulación de la propuesta

**Tabla 6.**

*Matriz de articulación.*

Principales Componentes del Proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Base teórica utilizada en la elaboración del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1	<p><b>Definición:</b> La propuesta del proyecto incluye la integración de elementos electrónicos como un microcontrolador, amplificador, junto con una programación aplicada al microcontrolador para la activación programada de las campanas. Además, se emplea tecnología GSM para permitir el control remoto del sistema, monitoreando los horarios programados para el repique de las campanas y controlando la activación del amplificador y los altavoces para reproducir las melodías correspondientes.</p>	<p>Se realizó una cuidadosa selección de elementos electrónicos, tales como el microcontrolador, amplificador y tecnología GSM, que permiten la activación programada de las campanas y el control remoto del sistema. Se lleva a cabo un análisis de costos y factibilidad para evaluar la viabilidad económica del proyecto.</p>	<p>La construcción del proyecto se fundamenta en la aplicación de un microcontrolador en donde se realizó algoritmos que gestionen la programación automatizada de las campanas, optimizando su eficiencia.</p>

2	<p>Diseño: El diseño del proyecto implica la creación del circuito electrónico, y programación para integrar componentes como el microcontrolador, amplificador y demás componentes, junto con el desarrollo de código para programar el funcionamiento de las campanas en horarios específicos, además de realizar pruebas de validación para garantizar la eficacia del sistema antes de su implementación.</p>	<p>Se realizó el diseño y construcción exitosa de una tarjeta electrónica basada en microcontrolador, que sirve como el corazón del sistema de campanario electrónico.</p>	<p>Se llevó a cabo la programación del microcontrolador ATmega328P, el cual desempeña un papel central en el control y funcionamiento del sistema de campanarios electrónico. Además, se utilizó Proteus, una herramienta de diseño de circuitos electrónicos, para crear el diseño de la placa electrónica.</p>	<p>En el caso de la programación del microcontrolador ATmega328P, junto con el entorno de desarrollo Arduino IDE, el cual proporciona una interfaz amigable y herramientas de programación eficaces para trabajar con microcontroladores AVR, como el ATmega328P. Para el diseño de la placa electrónica, se optó por Proteus debido a su amplia gama de componentes.</p>
3	<p>Implementación: La implementación del proyecto implica la instalación del cableado necesario y la configuración del sistema de control para su funcionamiento automático y preciso. Además, se realiza la programación del microcontrolador para la activación programada de las campanas. Se integra estos componentes en un tablero para alojar los componentes electrónicos. Este tablero cumple con las normas IP65.</p>	<p>En la etapa de implementación del proyecto, se llevó a cabo varias acciones. Esto incluye la creación de la tarjeta electrónica, instalación del tablero eléctrico, la configuración del sistema de control para su funcionamiento automático y preciso, y la programación del microcontrolador para activar las campanas según los horarios establecidos.</p>	<p>En la construcción del proyecto se aplicaron varios conceptos teóricos fundamentales para garantizar una implementación exitosa. Se emplearon principios de instalaciones eléctricas industriales para asegurar una organización eficiente del cableado y un suministro confiable de energía eléctrica a los componentes del sistema.</p>	<p>Para la instalación del cableado necesario se utilizaron normas de instalaciones eléctricas, asegurando una instalación segura y conforme a los estándares. La configuración del sistema de control se llevó a cabo mediante software específico del fabricante.</p>

Nota. Elaboración del autor

## 2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

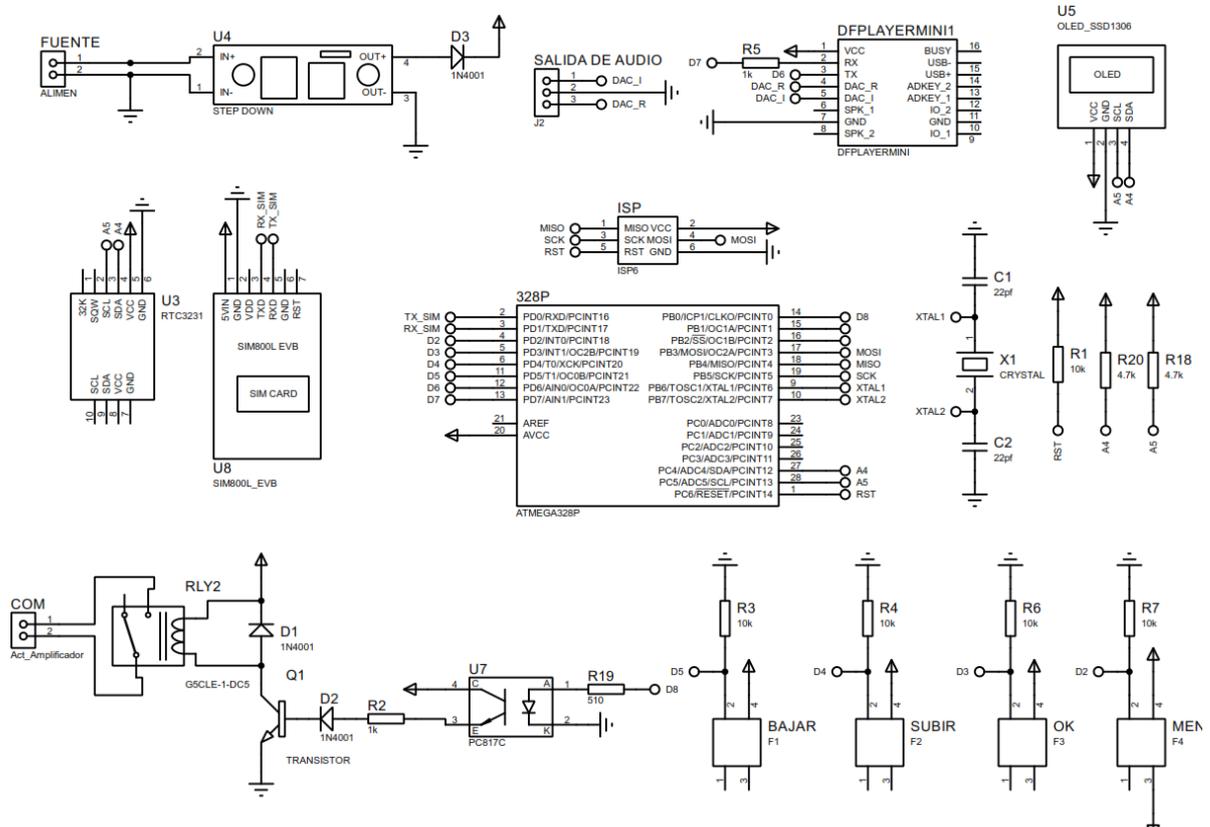
Los resultados de la investigación muestran un enfoque para abordar el problema de la falta de automatización en los campanarios de las iglesias, específicamente en el Ecuador.

Los resultados obtenidos revelan un aporte tecnológico a la comunidad de la iglesia Santo Hermano Miguel de Selva Alegre. Se ha logrado diseñar y construir un tablero electrónico que permite la implementación del sistema de control, con capacidad para control remoto utilizando tecnología GSM. Además, se evaluó la efectividad y funcionalidad del sistema implementado mediante pruebas de funcionamiento en la iglesia.

La metodología aplicada, que incluyó investigación descriptiva, revisión bibliográfica, investigación documental, observación directa, experimentación, esto permitió recopilar información valiosa sobre las necesidades específicas de las iglesias en cuanto a la automatización de sus campanarios. Además, la metodología de investigación acción participativa involucró a la comunidad eclesial en el proceso de diseño y evaluación del dispositivo, asegurando que se ajustara a sus requerimientos.

Se realizó el diseño la ingeniería del hardware de la placa electrónica antes de su implementación física. A continuación, se presenta en la Figura 7 el diseño del hardware del dispositivo.

**Figura 7.**  
Diseño esquemático de la placa.

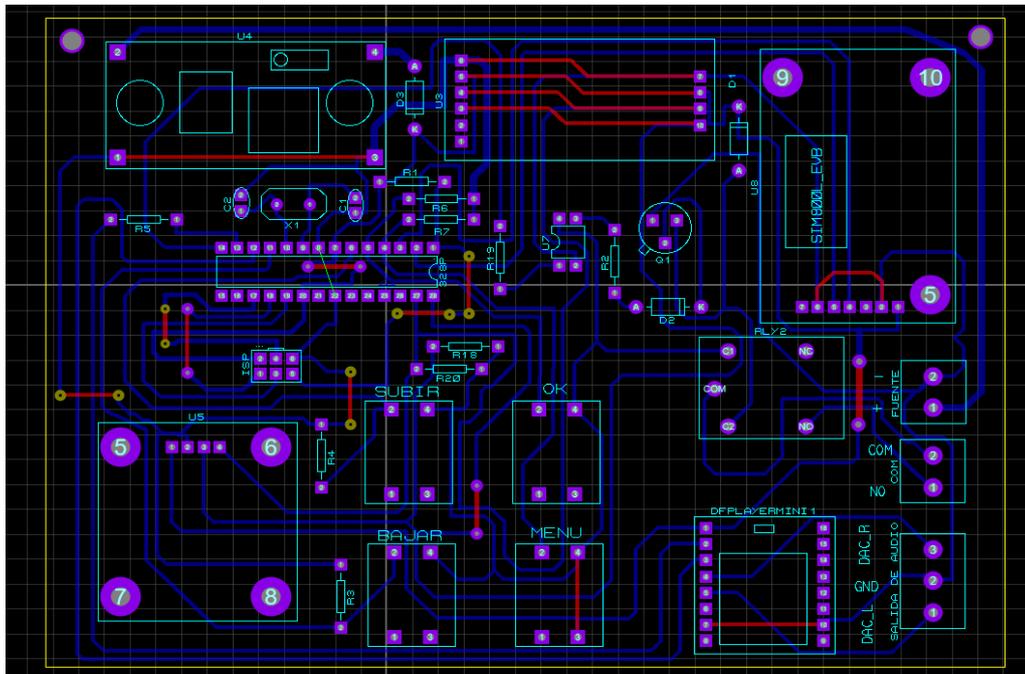


*Nota.* Elaboración propia.

Se utilizó la herramienta de Proteus PCB para convertir el diseño electrónico en un circuito impreso físico, permitiendo una implementación práctica de circuitos electrónicos en la realidad. Esta fase es esencial en el proceso de diseño electrónico, donde se lleva a cabo la materialización del circuito en una placa de circuito impreso (PCB). La Figura 8 exhibe el diseño del PCB del proyecto.

**Figura 8.**

*PCB Layout del proyecto.*

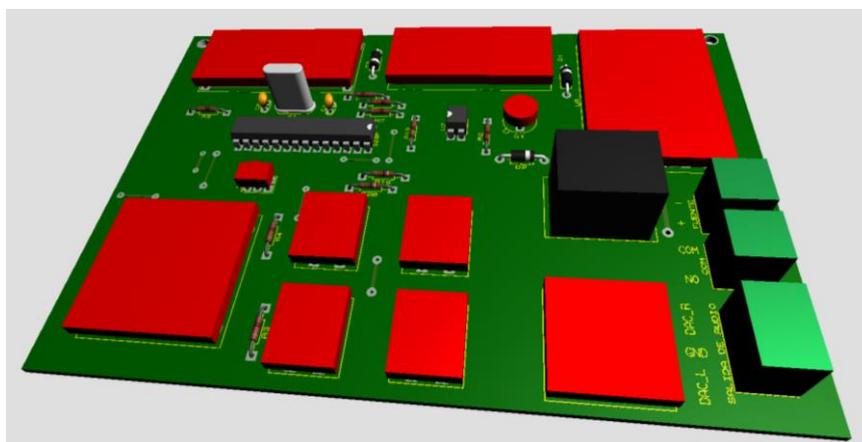


*Nota.* Elaboración propia

Finalmente, el diseño del circuito electrónico se visualizó en un entorno tridimensional. Esta función proporciona una representación visual realista de los componentes electrónicos, lo que facilita la comprensión del diseño y permite una evaluación más completa del aspecto físico del circuito. A continuación, se presenta en la Figura 9 el diseño tridimensional (3D) de la placa.

**Figura 9.**

*Diseño Tridimensional de la placa.*

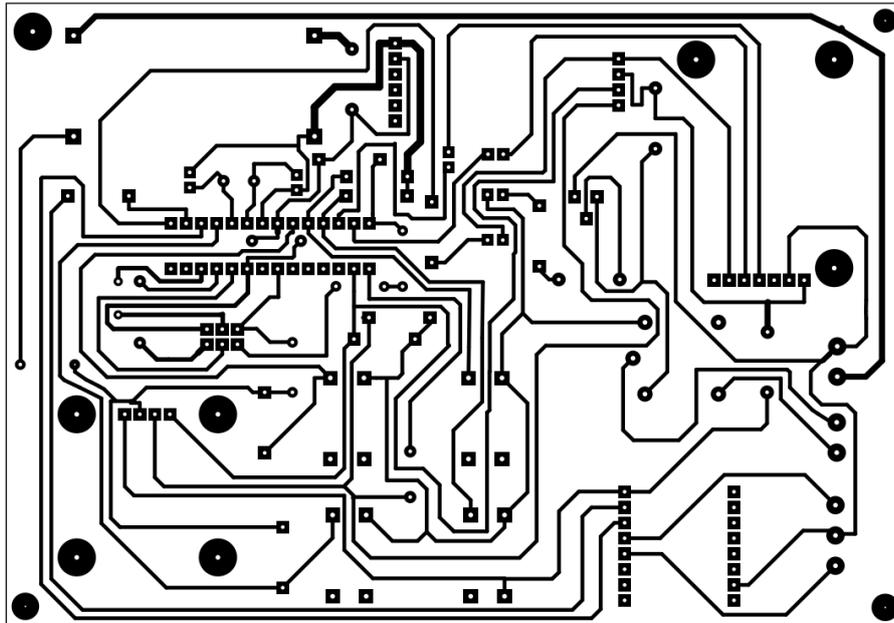


*Nota.* Elaboración Propia.

Se imprimió el diseño del circuito desde Proteus a una placa de circuito impreso (PCB) en el desarrollo del proyecto electrónico. El objetivo principal de este proceso es transferir el diseño electrónico generado en Proteus a una placa de circuito impreso física que luego se utilizará en la implementación real del circuito. A continuación, se muestra el diseño para transferir a una baquelita.

**Figura 10.**

*Diseño para transferencia a placa baquelita.*



*Nota.* Elaboración Propia.

El proceso de ácido en una placa de baquelita es una etapa en la fabricación de placas electrónicas. El objetivo principal de este proceso es eliminar el cobre no deseado de la superficie de la placa, revelando las pistas conductoras y los patrones de conexión que se han diseñado previamente en la placa. A continuación, se muestra el proceso de quemado con ácido.

**Figura 11.**

*Proceso de quemado con ácido.*

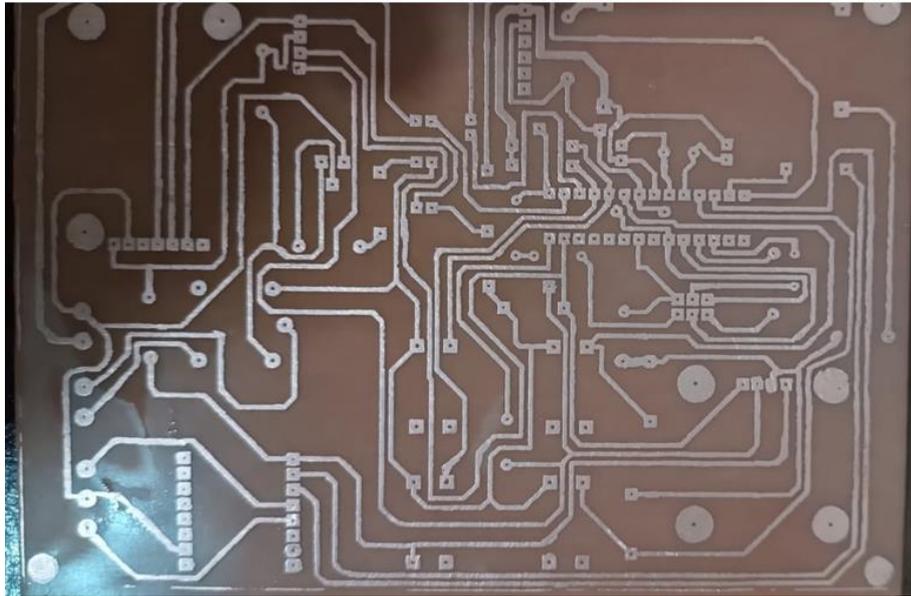


*Nota.* Elaboración propia.

A continuación, se muestra el proceso final después del quemado con ácido.

**Figura 12.**

*Resultado Final de la transferencia del circuito.*



*Nota.* Elaboración propia.

El proceso de soldado y comprobación de una placa electrónica es una etapa crítica en la fabricación y ensamblaje de circuitos impresos. Este proceso implica la unión de los componentes electrónicos a la placa de circuito impreso mediante soldadura, seguido de pruebas para verificar la integridad y el funcionamiento del circuito.

**Figura 13.**

*Comprobación de la pista del circuito.*



*Nota.* Elaboración propia.

Finalmente se realizó el proceso de armado del tablero eléctrico, montaje y cableado de componentes eléctricos dentro de un gabinete, seguido de pruebas y verificación para garantizar su funcionamiento seguro y eficiente. A continuación, se muestra el montaje del tablero eléctrico.

**Figura 14.**  
*Montaje de tablero Eléctrico.*



*Nota.* Elaboración propia.

Una vez armado el tablero se procedió a realizar el montaje del mismo y sus componentes externos en la Iglesia. En la figura 15 se muestra el proceso de instalación.

**Figura 15.**  
*Proceso de Instalación.*



*Nota.* Elaboración propia.

Finalmente se realizó pruebas de funcionamiento y Capacitación a la comunidad. En la figura 16 se muestra las pruebas de funcionamiento y capacitación.

**Figura 16.**

*Pruebas de Funcionamiento y Capacitación.*



*Nota.* Elaboración propia.

Los resultados obtenidos reflejan la viabilidad y la importancia de implementar un sistema electrónico de repique automático de campanas en las iglesias ecuatorianas. La falta de personal para el repique manual, la necesidad de una mayor precisión en los horarios de toque y el potencial turístico y económico que podría generar la automatización son aspectos destacados.

La comparación con antecedentes previos revela que el presente proyecto se enfoca en desarrollar una solución más generalizada y adaptable a diferentes iglesias, aprovechando tecnologías más avanzadas como microcontroladores para mejorar el rendimiento y la eficiencia del sistema propuesto. Sin embargo, se identificaron algunas limitaciones, como la escasez de empresas locales que ofrezcan este tipo de sistemas y los altos costos asociados con el servicio técnico extranjero. Estas limitaciones podrían afectar la implementación a gran escala del sistema de automatización de campanarios en Ecuador.

Los resultados obtenidos en esta investigación proporcionan una base sólida para futuras investigaciones en el campo de la automatización de campanarios. Se sugiere llevar a cabo estudios adicionales para abordar las limitaciones identificadas y mejorar aún más el diseño y la funcionalidad del Campanario Electrónico-Automático. En conclusión, los resultados de esta investigación contribuyen al avance del conocimiento en el campo de la automatización de campanarios y ofrecen perspectivas valiosas para el desarrollo de soluciones innovadoras en este ámbito.

## CONCLUSIONES

- El proyecto de implementación de un Campanario Electrónico-Automático para la iglesia Santo Hermano Miguel de Selva Alegre resultó satisfactorio. La automatización del campanario permitió mejorar la eficiencia y precisión en el repique de las campanas, facilitando la convocatoria de la comunidad a eventos religiosos y culturales.
- Se logró determinar con éxito el sistema de control necesarios para la automatización del campanario. La investigación detallada acerca de la automatización en campanarios de iglesias proporcionó una sólida base teórica para el desarrollo del proyecto.
- Se diseñó y construyó un tablero electrónico que permitió la implementación del sistema de control y el control remoto del campanario utilizando tecnología GSM. Este tablero proporcionó una interfaz efectiva para la gestión remota del repique de las campanas.
- Se llevó a cabo con éxito la implementación del tablero electrónico en la iglesia Parroquia Santo Hermano Miguel - Selva Alegre. El proceso de instalación se realizó de manera eficiente, garantizando un funcionamiento óptimo del sistema de control automatizado del campanario.
- El sistema implementado fue sometido a pruebas de funcionamiento en la iglesia las cuales validaron su eficacia y fiabilidad. Las pruebas demostraron que el sistema de control automatizado del campanario cumplió con los requisitos establecidos y proporcionó un repique de campanas preciso y oportuno.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un seguimiento continuo del funcionamiento del Campanario Electrónico implementado para garantizar su mantenimiento y correcto funcionamiento a largo plazo. Esto incluye establecer un plan de mantenimiento preventivo y programar revisiones periódicas para evitar posibles fallas o degradación del sistema con el tiempo.
- Es importante profundizar en la investigación sobre los avances tecnológicos en equipos aplicados a la automatización de campanarios, además, se sugiere explorar el desarrollo de algoritmos de control más avanzados, con el objetivo de mejorar aún más la eficiencia y precisión del sistema de control del campanario.
- Se sugiere explorar nuevas tecnologías y métodos de comunicación remota para el control del campanario, como el uso de aplicaciones móviles o interfaces web, que puedan ofrecer una mayor flexibilidad y funcionalidad en la gestión del repique de las campanas.
- Para futuras investigaciones, se podría estudiar el impacto del Campanario Electrónico en la comunidad local, tanto en términos de participación en eventos religiosos como en la preservación de la cultura tradicional.

## BIBLIOGRAFÍA

- Atmel Corporation. (2015). 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash. En *ATmega328P DATASHEET* (pág. 6). USA: Atmel.
- Díaz, P., & Aguilera, M. (2018). Implementation of IoT Devies Using GSM and Microcontroller. *Procedia Computer Science* , págs. 522-527.
- Escaño, J., García, J., & Nuevo, A. (2019). *Integración de sistemas de automatización industrial*. España: Ediciones Paranifo SA.
- García, J. (2016). En A. d. Asunción.. Valencia España: Tesis de Grado.
- Jiménez, M. (2017). Control remoto de campanarios en la iglesia Santa Ana. En *Tesis de grado*. Bogotá Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Lopis, S., Pérez, R., & Latorre, A. (2010). Un enfoque práctico y actual. En I. e. empresarial. ESIC.
- Negnevitsky, M. (2019). *A Guide to Intelligent Systems*. Boston-Massachusetts: Addison-Wesley Professional.
- Salvador, M. (2012). *Automatización Neumática y Electroneumática*. Madrid: Marcombo.
- Sánchez, M. (2018). *Automatización Industrial*. Madrid, España: Parainfo.
- Sanchis, R., Pérez, J., & Ariño, C. (2010). *Automatización Industrial*. España: Colección Sapientia.
- Valdés, F., & Pallás, R. (2007). *MICROCONTROLADORES: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES CON PIC*. España: MARCOMBO, S.A.
- Vargas, L. (2018). Sistema de automatización para el repique de campanas en la iglesia San Francisco de Asís. Madrid España: Universidad Técnica de Madrid.
- Zufiaurre, L. (2008). La Iglesia Prerrománica de Valluerca (Álava). En *Un Nuevo Ejemplo de Campanario Altomedieval*. España: CSIC.

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### CODIGO DE PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADOR ATMEGA 328P

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <DFRobotDFPlayerMini.h>
#include <U8x8lib.h>
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>
SoftwareSerial SIM800L(9, 10);
SoftwareSerial mySoftwareSerial(6, 7); // RX, TX
U8X8_SSD1306_128X64_NONAME_HW_I2C u8x8(/* reset=*/ U8X8_PIN_NONE);
#ifdef U8X8_HAVE_HW_I2C
#include <Wire.h>
#endif
RTC_DS3231 rtc;
char daysOfTheWeek[7][12] = {"DOMINGO", "LUNES", "MARTES", "MIERCOLES",
"JUEVES", "VIERNES", "SABADO"};
int segundo, minuto, hora, dia, mes;
long anio; //variable año
DateTime HoraFecha;
int16_t i;
const int boton_menu = 2;
const int boton_ok = 3;
const int boton_aumentar = 4;
const int boton_disminuir = 5;
const int rele_amplificador = 12;
bool flag_menu_tiempo = true;
bool flag_menu_ajustar = false;
bool flag_menu_eventos = false;
int cont_boton_menu =0;
int cont_boton_ok_hora =0;
int cont_boton_ok_evento =0;
int adj_segundo, adj_minuto, adj_hora, adj_anio;
byte adj_dia, adj_mes;
int cont_boton_eventos = 0;
unsigned long previousMillis = 0;
byte pos;
byte sise;
bool state = false;
int h=0;
int m=0;
int j=0;
int cont=0;
int cont2=0;
int lastDay = 0;
int lastMonth = 0;
int lastYear = 0;
```

```

bool limpiarPantalla = true;
bool limpiarPantalla1 = true;
unsigned long ultimoTiempoAumentar = 0;
unsigned long ultimoTiempoDisminuir = 0;
int estadoAnterior_ok = LOW;
DFRobotDFPlayerMini myDFPlayer;
unsigned long startTime = 0;
const unsigned long interval = 2500;
int horaAM = 0;
String Comando;
void setup() {
Serial.begin(9600);
SIM800L.begin(9600);
delay(20000);
SIM800L.println("AT+CMGF=1");
delay(1000);
SIM800L.println("AT+CNMI=1,2,0,0,0");
u8x8.begin();
pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
u8x8.setPowerSave(0);
pinMode(boton_menu, INPUT);
pinMode(boton_ok, INPUT);
pinMode(boton_aumentar, INPUT);
pinMode(boton_disminuir, INPUT);
pinMode(rele_amplificador, OUTPUT);

if (!rtc.begin()) {
Serial.println("No hay un módulo RTC");
while (1);
}

rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
mySoftwareSerial.begin(9600);
if (!myDFPlayer.begin(mySoftwareSerial)) {
Serial.println(F("Error inicializando modulo mp3:"));
Serial.println(F("1.Porfavor revisa las conexiones!"));
Serial.println(F("2.Porfavor inserta memoria microSD!"));
while(true);
}
myDFPlayer.volume(29);

}
void loop() {
DateTime now = rtc.now();
int estadoActual_ok = digitalRead(boton_ok);
int estadoPulsador = boton_menu;

if(SIM800L.available()){
Comando = SIM800L.readString();

```

```

}
if(Comando.indexOf("misa")>=0){
digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
delay(5000);
Comando = "";
delay(5000);
digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
}

if (digitalRead(boton_menu) == HIGH) {
delay(500);
cont_boton_menu = (cont_boton_menu + 1) % 2;
}
switch (cont_boton_menu) {
case 0:
if (limpiarPantalla) {
u8x8.clear();
limpiarPantalla = false;
limpiarPantalla1 = true;

}

if (digitalRead(boton_ok) ) {
delay(500);
cont_boton_ok_hora = (cont_boton_ok_hora + 1) % 7;
}

//u8x8.setFont(u8x8_font_chroma48medium8_r);
u8x8.setFont(u8x8_font_saikyosansbold8_u);

u8x8.setInverseFont(1);

if (now.day() != lastDay) {
lastDay = now.day();
u8x8.setCursor(1,0);
u8x8.print("                ");
}
if (now.month() != lastMonth) {
lastMonth = now.month();
u8x8.setCursor(1,0);
u8x8.print("                ");
}
if (now.year() != lastYear) {
lastYear = now.year();
u8x8.setCursor(1,0);
u8x8.print("                ");
}
}

```

```

u8x8.setCursor(5,0);
u8x8.print(daysOfTheWeek[now.dayOfTheWeek()]);
u8x8.setFont(u8x8_font_px437wyse700b_2x2_r);
u8x8.setCursor(0,3);
u8x8.setInverseFont(0);
if(cont_boton_ok_hora == 1){
u8x8.setInverseFont(1);
  ajustar_hora();
  u8x8.refreshDisplay();
}
printPadded(now.hour());
u8x8.setInverseFont(0);
u8x8.setCursor(4,3);
u8x8.print(':');
if(cont_boton_ok_hora == 2){
  u8x8.setInverseFont(1);
  ajustar_minutos();
}
printPadded(now.minute());
u8x8.setInverseFont(0);
u8x8.print(':');
if(cont_boton_ok_hora == 3){
u8x8.setInverseFont(1);
ajustar_segundo();
}
printPadded(now.second());
u8x8.setInverseFont(0);
u8x8.setCursor(3,6);
if(cont_boton_ok_hora == 4){
  u8x8.setInverseFont(1);
  ajustar_dia();

}
  u8x8.setFont(u8x8_font_8x13_1x2_n);
printPadded(now.day());
u8x8.setInverseFont(0);
u8x8.print('/');
if(cont_boton_ok_hora == 5){
  u8x8.setInverseFont(1);
  ajustar_mes();
}
printPadded(now.month());
u8x8.setInverseFont(0);
u8x8.print('/');
if(cont_boton_ok_hora == 6){
  u8x8.setInverseFont(1);
  ajustar_anio();
}
u8x8.print(now.year(), DEC);

```

```

break;
//Pantalla Eventos
case 1:

    if (limpiarPantalla1) {
        u8x8.clear();
        limpiarPantalla1 = false;
        limpiarPantalla = true;
    }

    if (digitalRead(boton_aumentar) == HIGH && millis() -
ultimoTiempoAumentar > 500) {
        cont_boton_eventos = (cont_boton_eventos + 1) % 5;
        ultimoTiempoAumentar = millis();
    }

    if (digitalRead(boton_disminuir) == HIGH && millis() -
ultimoTiempoDisminuir > 500) {
        cont_boton_eventos = (cont_boton_eventos + 4) % 5;
        ultimoTiempoDisminuir = millis();
    }
//u8x8.setFont(u8x8_font_chroma48medium8_r);
u8x8.setFont(u8x8_font_saikyosansbold8_u);
u8x8.setInverseFont(0);
u8x8.setCursor(5,0);
u8x8.print("EVENTOS:");
//u8x8.setFont(u8x8_font_8x13_1x2_r);
u8x8.setFont(u8x8_font_5x7_f);
u8x8.setInverseFont(0);
if(cont_boton_eventos == 1){
u8x8.setInverseFont(1);
if (estadoActual_ok == HIGH && estadoAnterior_ok == LOW) {
myDFPlayer.play(224);
}
estadoAnterior_ok = estadoActual_ok;
}
u8x8.drawString(0, 1, "1.-CAMPANADA");
u8x8.setInverseFont(0);
if(cont_boton_eventos == 2){
u8x8.setInverseFont(1);
if (estadoActual_ok == HIGH && estadoAnterior_ok == LOW) {
myDFPlayer.play(220);
}
estadoAnterior_ok = estadoActual_ok;
}
u8x8.drawString(0, 3, "2.-MISA");
u8x8.setInverseFont(0);
if(cont_boton_eventos == 3){

```

```

    u8x8.setInverseFont(1);
    if (estadoActual_ok == HIGH && estadoAnterior_ok == LOW) {
    myDFPlayer.play(221);
    }
    estadoAnterior_ok = estadoActual_ok;
    }
    u8x8.drawString(0, 5, "3.-BODA");
    u8x8.setInverseFont(0);
    if(cont_boton_eventos == 4){
    u8x8.setInverseFont(1);
    if (estadoActual_ok == HIGH && estadoAnterior_ok == LOW) {
    myDFPlayer.play(223);
    }
    estadoAnterior_ok = estadoActual_ok;

    }
    u8x8.drawString(0, 7, "4.-FUNERAL");
    break;
}

encender_Amplificador();
encender_campanas();
j = random(1,219);
// Reproducir aleatoria cancion
    if ( now.minute() == 59 && now.second() == 1 && (now.hour() == 5 ||
now.hour() == 11 || now.hour() == 18 ) ) {
        myDFPlayer.play(j);
        delay(1000);
    }
}

DateTime now = rtc.now();
static unsigned long lastButtonPress = 0;
const unsigned long buttonDelay = 450;
if (digitalRead(boton_aumentar) == HIGH && millis() - lastButtonPress >
buttonDelay) {
    lastButtonPress = millis();
    adj_hora = (now.hour() + 1) % 24;
    rtc.adjust(DateTime(now.year(), now.month(), now.day(), adj_hora,
now.minute(), now.second()));
}
if (digitalRead(boton_disminuir) == HIGH && millis() - lastButtonPress
> buttonDelay) {
    lastButtonPress = millis();
    adj_hora = (now.hour() - 1 + 24) % 24;
    rtc.adjust(DateTime(now.year(), now.month(), now.day(), adj_hora,
now.minute(), now.second()));
}

```

```

    }
    }
void ajustar_minutos(){
DateTime now = rtc.now();
static unsigned long lastButtonPress = 0;
const unsigned long buttonDelay = 450;
if (digitalRead(boton_aumentar) == HIGH && millis() - lastButtonPress >
buttonDelay) {
lastButtonPress = millis();
adj_minuto = (now.minute() + 1) % 60;
rtc.adjust(DateTime(now.year(), now.month(), now.day(), now.hour(),
adj_minuto, now.second()));
}

if (digitalRead(boton_disminuir) == HIGH && millis() - lastButtonPress >
buttonDelay) {
lastButtonPress = millis();
adj_minuto = (now.minute() - 1 + 60) % 60;
rtc.adjust(DateTime(now.year(), now.month(), now.day(), now.hour(),
adj_minuto, now.second()));
}
}

void ajustar_segundo(){
DateTime now = rtc.now();
static unsigned long lastButtonPress = 0;
const unsigned long buttonDelay = 450;
if (digitalRead(boton_aumentar) == HIGH && millis() - lastButtonPress >
buttonDelay) {
lastButtonPress = millis();
adj_segundo = (now.second() + 1) % 60;
rtc.adjust(DateTime(now.year(), now.month(), now.day(), now.hour(),
now.minute(), adj_segundo));
}
if (digitalRead(boton_disminuir) == HIGH && millis() - lastButtonPress >
buttonDelay) {
lastButtonPress = millis();
adj_segundo = (now.second() - 1 + 60) % 60;
rtc.adjust(DateTime(now.year(), now.month(), now.day(), now.hour(),
now.minute(), adj_segundo));
}
}

void ajustar_dia(){
DateTime now = rtc.now();
static unsigned long lastButtonPress = 0;
const unsigned long buttonDelay = 450;
if (digitalRead(boton_aumentar) == HIGH && millis() - lastButtonPress >
buttonDelay) {
lastButtonPress = millis();
adj_dia= (now.day() % 31) + 1;
}
}

```

```

    rtc.adjust(DateTime(now.year(), now.month(), adj_dia, now.hour(),
now.minute(), now.second()));
}
if (digitalRead(boton_disminuir) == HIGH && millis() - lastButtonPress >
buttonDelay) {
    lastButtonPress = millis();
    adj_dia= (now.day() - 1 + 31) % 31 + 1;
    rtc.adjust(DateTime(now.year(), now.month(), adj_dia, now.hour(),
now.minute(), now.second()));
}
}
void ajustar_mes(){
DateTime now = rtc.now();
static unsigned long lastButtonPress = 0;
const unsigned long buttonDelay = 450;
if (digitalRead(boton_aumentar) == HIGH && millis() - lastButtonPress >
buttonDelay) {
lastButtonPress = millis();
adj_mes = (now.month() % 12) + 1;
rtc.adjust(DateTime(now.year(), adj_mes, now.day(), now.hour(),
now.minute(), now.second()));
}
}

if (digitalRead(boton_disminuir) == HIGH && millis() - lastButtonPress >
buttonDelay) {
lastButtonPress = millis();
adj_mes = (now.month() - 1 + 12) % 12 + 1;
rtc.adjust(DateTime(now.year(), adj_mes, now.day(), now.hour(),
now.minute(), now.second()));
}
}

void ajustar_anio(){
    DateTime now = rtc.now();
    static unsigned long lastButtonPress = 0;
const unsigned long buttonDelay = 450;
if (digitalRead(boton_aumentar) == HIGH && millis() - lastButtonPress >
buttonDelay) {
    lastButtonPress = millis();
    adj_anio = now.year() + 1;
    if (adj_anio > 2100) {
        adj_anio = 2023;
    }
    rtc.adjust(DateTime(adj_anio, now.month(), now.day(), now.hour(),
now.minute(), now.second()));
}
}
if (digitalRead(boton_disminuir) == HIGH && millis() - lastButtonPress >
buttonDelay) {
    lastButtonPress = millis();
    adj_anio = now.year() - 1;
}
}

```

```

    if (adj_anio < 2023) {
        adj_anio = 2100;
    }
    rtc.adjust(DateTime(adj_anio, now.month(), now.day(), now.hour(),
now.minute(), now.second()));
}
}
void printPadded(int value) {
    if (value < 10) {
        u8x8.print('0');
    }
    u8x8.print(value);
}

void encender_Amplificador(){
DateTime now = rtc.now();
if (now.minute() == 58 && (now.hour() >= 5 && now.hour() < 19)) {
    digitalWrite(rele_amplificador, HIGH);
} else if (now.minute() == 3 && (now.hour() >= 6 && now.hour() < 20)) {
    digitalWrite(rele_amplificador, LOW);
}
}

void reproducirPista(int cantidad) {
    cont2 = 1;
    startTime = millis();
    do {
        if (millis() - startTime >= interval) {
            myDFPlayer.play(224);
            startTime = millis();
            cont2++;
        }
    } while (cont2 <= cantidad);
    cont2 = 0;
}

void encender_campanas() {
    DateTime now = rtc.now();

// De 6AM a 12
    if ( now.minute() == 0 && now.second()== 1 && (now.hour() >= 6 &&
now.hour() <=12) ) {
        reproducirPista(now.hour());
    }
//De 13 a 19
    if (now.hour() >=13 ) {
        horaAM = now.hour()-12;
    }
    if ( now.minute() == 0 && now.second()== 1 && (horaAM >= 1 && horaAM
<=7)) {
        reproducirPista(horaAM);
    }
}

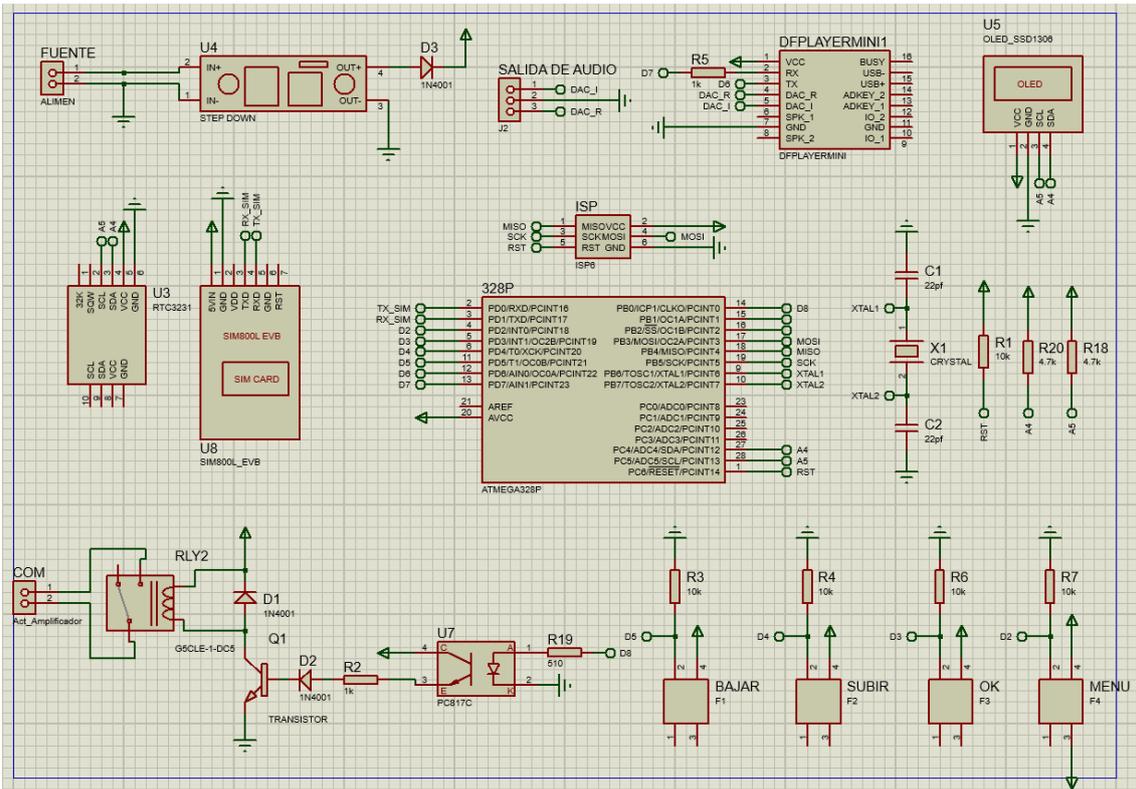
```

}

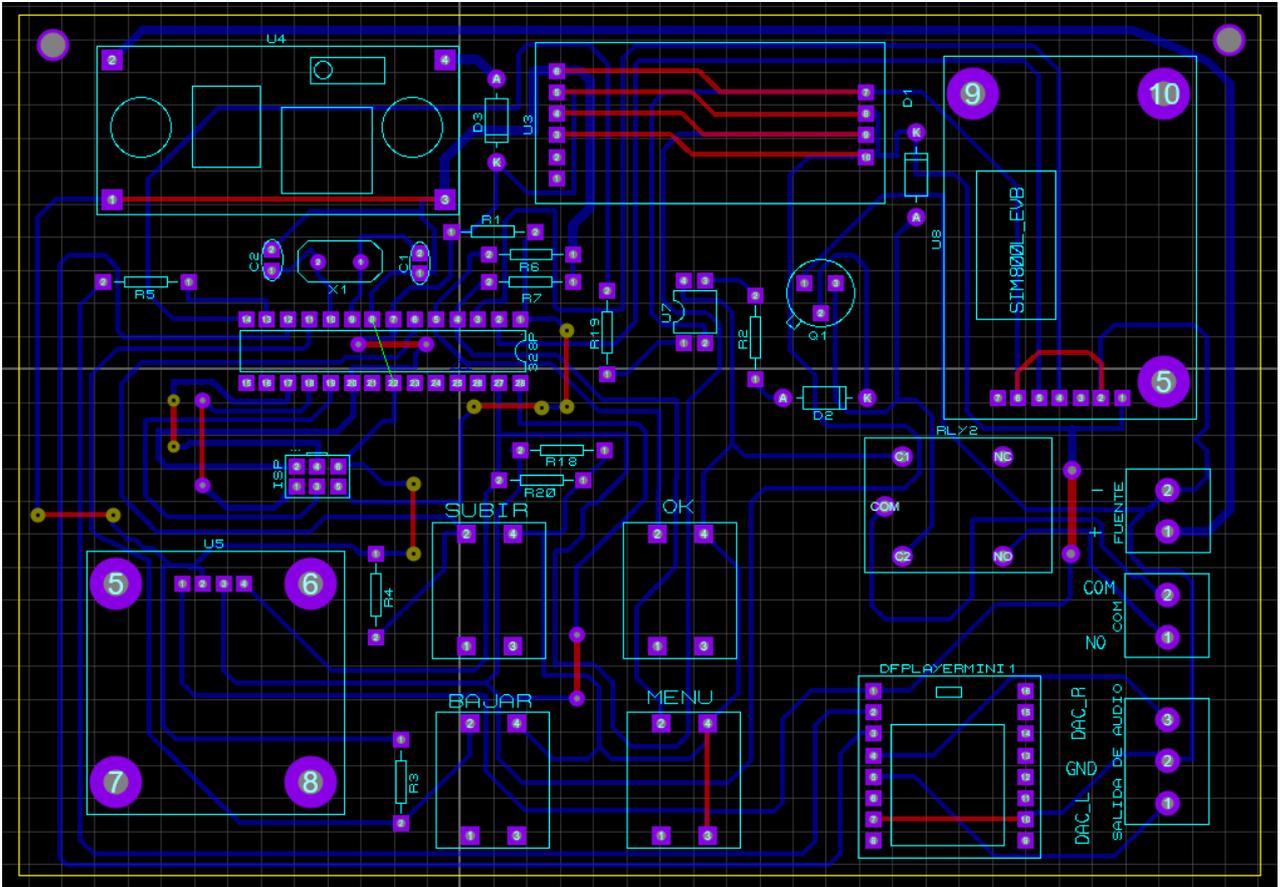
}

## ANEXO 2

### DIAGRAMA ELECTRÓNICO DE LA TARJETA DE CONTROL MICROCONTROLADOR ATMEGA 328P



**ANEXO 3**  
**DISEÑO PCB DE LA TARJETA DE CONTROL MICROCONTROLADOR ATMEGA 328P**







Yo, **Simbaña Pulupa Elmer Marcelo**, con C.I **1725492647**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **“AUTOMATIZACIÓN DEL CAMPANARIO DE LA IGLESIA PARROQUIAL HERMANO MIGUEL DE SELVA ALEGRE”**

Elaborado por el Ing. **Castro Medina Bryan Javier**, con C.I **1723151344**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 26 de febrero del 2024



Firmado electrónicamente por:  
**ELMER MARCELO  
SIMBAÑA PULUPA**

M. Eng. Elmer Marcelo Simbaña Pulupa

**C.I:** 1725492647

**Registro SENESCYT:** 1034-2022-2483877



Yo, **Chiluisa Saragosin Max Gonzalo**, con C.I **0503422198**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **“AUTOMATIZACIÓN DEL CAMPANARIO DE LA IGLESIA PARROQUIAL HERMANO MIGUEL DE SELVA ALEGRE”**

Elaborado por el Ing. **Castro Medina Bryan Javier**, con C.I **1723151344**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 26 de febrero del 2024



Firmado electrónicamente por:  
**MAX GONZALO**  
**CHILUISA SARAGOSIN**

Ing. Chiluisa Saragosin Max Gonzalo

**C.I:** 0503422198

**Registro SENESCYT:** 1079-2019-2039617



Yo, **Curay Flores Diego Salvador**, con C.I **0503472607**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **“AUTOMATIZACIÓN DEL CAMPANARIO DE LA IGLESIA PARROQUIAL HERMANO MIGUEL DE SELVA ALEGRE”**

Elaborado por el Ing. **Castro Medina Bryan Javier**, con C.I **1723151344**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 26 de febrero del 2024



Firmado electrónicamente por:  
**DIEGO SALVADOR**  
**CURAY FLORES**

Ing. Curay Flores Diego Salvador

**C.I:** 0503472607

**Registro SENESCYT:** 1079-2021-2348193