

**Automatización del funcionamiento del campanario de la parroquia San José en el
municipio de Luruaco, Atlántico, Colombia**

Cristian Gonzalez Sarmiento

Asesor

Estefany Lancheros Sepúlveda

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias, Básicas, Tecnologías e Ingenierías ECBTI

Ingeniería Electrónica

2024

Agradecimientos

Agradezco a Dios por llenarme de paciencia, sabiduría en este logro alcanzado; a mi madre que me ha enseñado a hacer disciplinado y a luchar por mis metas; a mi padre que me ha inculcado desde niño a dar lo mejor de mí; a los sacerdotes Amiro Jimenez Ochoa y Jonathan Pacheco quienes apoyaron mi proyecto para que fuera una realidad. También le agradezco a los docentes y directivos de la UNAD en especial a la ingeniera Estefany Lancheros quien me ha brindado la mano para guiarme en la culminación de este proyecto.

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo automatizar el funcionamiento del campanario de la Parroquia San José en el municipio de Luruaco, Atlántico, Colombia, mediante el uso de un sistema electrónico programable PLC que controle el horario, la frecuencia, la intensidad y el sonido de las campanas. El problema que se pretende resolver es la falta de un mecanismo eficiente y confiable que regule el funcionamiento del campanario, debido a que este depende de la intervención manual de una persona, lo que genera riesgos para la seguridad de la persona que opera el campanario, y confusión para la comunidad por errores en retrasos, y omisiones en su accionamiento.

El marco teórico del proyecto se basa en los conceptos y principios de la electrónica, la programación, el control y la automatización mediante PLC. La metodología empleada consiste en las siguientes etapas: análisis de los requisitos y especificaciones del sistema, diseño y simulación del circuito electrónico y del programa de control, implementación y prueba del sistema en el campanario, y evaluación y documentación de satisfacción del párroco y feligreses. Los resultados esperados son la implementación de un sistema electrónico programable que controle el funcionamiento del campanario de forma automática, precisa y segura, que mejore la calidad del servicio, la satisfacción de la comunidad, que reduzca los costos de mantenimiento y operación, y que contribuya al patrimonio cultural e histórico de la Parroquia San José.

Palabras clave: solenoide, Plc, Hmi, Automatización, Campana.

Abstract

The objective of this project is to automate the operation of the bell tower of the San José Parish in the municipality of Luruaco, Atlántico, Colombia, through the use of a programmable electronic system (PLC) that controls the schedule, frequency, intensity and sound of the bells. The problem addressed is the lack of an efficient and reliable mechanism to regulate the operation of the bell tower, as it currently depends on manual intervention. This reliance poses safety risks for the person operating the bell tower and causes confusion within the community due to delays and omissions in its activation.

The theoretical framework of the project is based on the concepts and principles of electronics, programming, control and automation using PLCs. The methodology employed consist of the following stages: analysis of the requirements and specifications of the system, design and simulation of the electronic circuit and control program, implementation and testing of the system in the bell tower, and evaluation and documentation of the satisfaction of the parish priest and parishioners. The expected outcomes include the implementation of a programmable electronic system that automatically, accurately and safely, controls the operation of the bell tower, enhancing the quality of service, increasing community satisfaction, reducing maintenance and operation costs, and contributing to the cultural and historical heritage of San José Parish.

Keywords: solenoid, plc, hmi, automation, bell.

Tabla de Contenido

Introducción.....	13
Planteamiento del Problema	14
Justificación	15
Objetivos.....	17
Objetivo General	17
Objetivos específicos	17
Marco Teórico	18
Contexto Histórico y Cultural del Campanario y su Importancia en la Comunidad de Luruaco, Atlántico	18
Descripción Detallada del Campanario Actual, Incluyendo su Funcionamiento Manual, y las Limitaciones Asociadas	20
Antecedentes.....	22
Reloj Mecánico	23
Automatización del Funcionamiento del Campanario del Santuario de Nuestra Señora de la Elevación de la Diócesis de Ambato en la Parroquia Santa Rosa	23
Diseño de Sistema Mecatrónico para la Automatización de Relojes Mecánicos Antiguos.....	24
Conceptos.....	25

Automatización.....	25
Controlador	25
Actuadores	26
Sensor	26
Sistema de control lazo abierto.....	27
Sistema de control lazo cerrado.....	27
PLC	28
Hmi	29
Solenoid.....	30
Sistemas de Protección.....	31
Desarrollo	32
Especificaciones Técnicas Requeridas por el Cliente.....	32
Diseño del Sistema de Automatización	32
Selección de Hardware de Sistema de Control.....	34
Sistema de Alimentación Eléctrica.....	38
Solenoid.....	41
Parte Estructural del Solenoide.....	43
Diagrama de conexión de tablero de control	46
Programación del Autómata y Pantalla Hmi	48
Ensamble y Montaje en Sitio.....	68

Pruebas y ajustes	72
Encuesta	76
Conclusiones.....	77
Bibliografía.....	79

Tabla de Figuras

Figura 1 <i>Fotografía Parroquia San José 2021</i>	19
Figura 2 <i>Foto del Segundo Piso y Escalera de Madera</i>	20
Figura 3 <i>Foto del Segundo y Tercer Nivel</i>	21
Figura 4 <i>Foto del Cuarto Nivel</i>	21
Figura 5 <i>Uso de un Controlador</i>	26
Figura 6 <i>Lazo Abierto</i>	27
Figura 7 <i>Lazo Cerrado</i>	28
Figura 8 <i>Plc S7 1200</i>	28
Figura 9 <i>Hmi Ktp400</i>	29
Figura 10 <i>Ejemplo de Solenoide</i>	30
Figura 11 <i>Breaker Mono Polar</i>	31
Figura 12 <i>Diagrama de Bloques de Conexiones</i>	34
Figura 13 <i>Fuente 24V/2A</i>	39
Figura 14 <i>Convertidor AC – DC</i>	40
Figura 15 <i>Etapa de Potencia</i>	41
Figura 16 <i>Armadura de Solenoide</i>	44
Figura 17 <i>Base de Solenoide</i>	45
Figura 18 <i>Solenoide Ensamblado en Base</i>	46
Figura 19 <i>Plano Tablero Eléctrico</i>	47
Figura 20 <i>Conexión Ethernet Plc a Hmi</i>	48
Figura 21 <i>Condiciones Exigidos por Cliente</i>	49

Figura 22 <i>Árbol de Proyecto</i>	50
Figura 23 <i>Segmento 1 de OB</i>	51
Figura 24 <i>Lectura y Conversión de Fecha y Hora</i>	51
Figura 25 <i>Lectura de Hora Evento1 día Lunes</i>	52
Figura 26 <i>Selector de Tonos Calendario</i>	52
Figura 27 <i>Explicación FB Selector de Tonos</i>	53
Figura 28 <i>FB Pulsadores</i>	54
Figura 29 <i>Programación de FB Pulsadores</i>	55
Figura 30 <i>FB Verificación</i>	55
Figura 31 <i>FB Funeral</i>	56
Figura 32 <i>Programación FB Funeral</i>	57
Figura 33 <i>FB Misa</i>	58
Figura 34 <i>FB Emergencia</i>	59
Figura 35 <i>FB Bloque Tiempo Espera</i>	60
Figura 36 <i>FB Primer Aviso, FB Segundo Aviso y FB Tercer Aviso</i>	61
Figura 37 <i>FB Martillos</i>	62
Figura 38 <i>Programación FB Martillos</i>	63
Figura 39 <i>Pantalla Principal</i>	64
Figura 40 <i>Calendario</i>	65
Figura 41 <i>Configuración del Icono Evento en la HMI</i>	66
Figura 42 <i>Mando Manual</i>	67
Figura 43 <i>Ajuste Técnico</i>	68
Figura 44 <i>Instalación de Solenoide con Estructura</i>	69

Figura 45 <i>Tablero de Mando</i>	70
Figura 46 <i>Instalación de Gabinete</i>	71
Figura 47 <i>Instalación de HMI</i>	72
Figura 48 <i>Verificación de Hora</i>	73
Figura 49 <i>Calendario</i>	74
Figura 50 <i>Pulsadores</i>	74
Figura 51 <i>Tensión de Guayas</i>	75
Figura 52 <i>Encuesta</i>	76

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Características de PLC s7-1200</i>	36
Tabla 2 <i>Características de HMI KTP400 Basic</i>	38

Lista de Apéndices

Apéndice <i>Construcción de Tablero de Control</i>	85
Apéndice <i>Bobinado Solenoide</i>	386
Apéndice <i>Colocando Carcasa Antilluvia a Estructura Solenoide</i>	387
Apéndice <i>Conexión Tablero de Control y Solenoides</i>	388
Apéndice <i>Instalación de Guayas a Badajos</i>	389

Introducción

La automatización del campanario de las iglesias se hace indispensable cuando se requiere minimizar los riesgos al personal encargado de su operación, evitar errores de retrasos u omisiones de toques, y asegurar una precisión constante en los horarios establecidos para las campanas. Desde la invención del reloj mecánico en el siglo XIV cuando los monjes automatizaron los campanarios de los monasterios con la ayuda de cuerdas, ruedas dentadas, resortes y péndulos, hicieron que las campanas fueran una herramienta vital para marcar el inicio y fin de la jornada laboral, así como para anunciar eventos importantes para la comunidad como misas, funerales, el ángelus, y desastres.

En la actualidad, las campanas de las iglesias se utilizan poco debido a la existencia de dispositivos tecnológicos más eficaces y eficientes, que ofrecen una respuesta más prologada en tiempo y distancia. Sin embargo, en algunos lugares, la comunidad mantiene arraigada la tradición de utilizar las campanas para dar avisos a toda la población. Tal es el caso del municipio de Luruaco, Atlántico, Colombia, donde están acostumbrado a escuchar el sonar de las campanas en eventos eclesíásticos católicos. No obstante, tocar las campanas de la parroquia San José de Luruaco a veces resulta casi imposible debido a la dificultad de acceder a ellas, ya que se encuentran a la altura de 12 metros. El ingreso es peligroso por el riesgo a caídas y se necesita una persona capacitada para hacerlas sonar adecuadamente según el evento. Por ello, con este proyecto de automatización del funcionamiento del campanario de la parroquia San José en el municipio de Luruaco, Atlántico, Colombia, se pretende mantener la tradición del uso de las campanas, utilizando nuevas tecnologías que facilitarían su uso y permitirán seguir empleándolas como método de aviso de eventos eclesíástico en el municipio.

Planteamiento del Problema

El campanario de la Parroquia San José es un elemento histórico, cultural y religioso que forma parte del patrimonio del municipio de Luruaco, Atlántico, Colombia. Sin embargo, el funcionamiento del campanario depende de la intervención manual de una persona, que debe accionar las campanas en los horarios y frecuencias establecidos por la parroquia. Esta situación genera varios inconvenientes, tales como, errores humanos que pueden provocar retrasos, omisiones o equivocaciones en el sonido de las campanas, afectando la calidad del servicio y la satisfacción de la comunidad; riesgos laborales y de seguridad para la persona encargada del campanario, que debe subir y bajar escaleras, manipular mecanismos pesados y estar expuesta al fuerte ruido que estas producen.

Ante esta problemática, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo automatizar el funcionamiento del campanario de la Parroquia San José en el municipio de Luruaco, Atlántico, Colombia, mediante el uso de un sistema electrónico programable que controle el horario, la frecuencia, la intensidad y el sonido de las campanas?

La respuesta a esta pregunta contribuirá a la solución del problema planteado, al ofrecer una alternativa eficiente, confiable y segura para el funcionamiento del campanario, que mejore la calidad del servicio, la satisfacción de la comunidad, seguridad del operario y contribuya al patrimonio histórico, cultural y religioso de la Parroquia San José y del municipio de Luruaco.

Justificación

El campanario de la parroquia san José de Luruaco enfrenta la necesidad de modernizar el funcionamiento de su campanario, este requiere de una persona para accionar manualmente las campanas y generar su característico sonido. Sin embargo, este método presenta varias limitaciones, es común que se produzcan errores que afectan la puntualidad, la precisión y la armonía del sonido de las campanas, lo que impacta en la experiencia de la comunidad y la calidad del servicio litúrgico. La variabilidad en la ejecución puede disminuir la satisfacción de los feligreses, quienes valoran la sincronización de las campanas con los eventos religiosos.

El accionamiento de las campanas implica riesgos para la salud y la seguridad de la persona encargada, ya que el Ministerio de Trabajo la define como trabajo en alturas. Según la Resolución 4272 de 2021 (27 de diciembre, pág. 9), se considera trabajo en alturas toda actividad que implique la suspensión y/o desplazamiento del trabajador, exponiéndolo a un riesgo de caída, mayor a 2.0 metros, medido desde el plano de los pies del trabajador al plano horizontal inferior más cercano.

La automatización del campanario mediante un sistema electrónico busca dar respuesta a estas necesidades. La instalación de un sistema automatizado permitirá programar los horarios y la intensidad del toque de las campanas sin la necesidad de la presencia física de un operario, reduciendo los riesgos de accidentes y optimizar el uso del tiempo del personal de la parroquia. Esto permitirá que el encargado pueda dedicarse a otras tareas importantes, mejorando la gestión general de las actividades parroquiales.

La contribución del proyecto va más allá de la mejora operativa, pues también tiene un fuerte componente cultural y comunitario. Al mantener la tradición del toque de las campanas de la parroquia San José de Luruaco, mediante un sistema automatizado, asegura la continuidad de

una práctica apreciada por los habitantes del municipio, especialmente los feligreses, quienes asocian el sonido de las campanas con los momentos más significativos de la vida religiosa. Por esos motivos, en este proyecto se propone la automatización del campanario mediante un sistema electrónico que controle el toque de las campanas. Este enfoque busca eliminar errores humanos, reducir riesgos potenciales para la salud del operario y contribuir a la preservación de la tradición del campanario.

Objetivos

Objetivo General

Automatizar el funcionamiento del campanario de la parroquia San José de Luruaco atlántico, mediante el diseño de un sistema electrónico de control para operar de manera precisa, segura y contribuya al patrimonio cultural e histórico de la parroquia.

Objetivos Específicos

Analizar los requerimientos del uso del campanario de la parroquia san José de Luruaco para definir las especificaciones del sistema electrónico de control, mediante aspectos como el sitio de instalación, horarios, frecuencias, melodías y la intensidad del toque de las campanas.

Diseñar y simular un sistema de control electrónico programable mediante el uso del simulador proteus y TIA portal para operar el campanario de forma automática y precisa.

Implementar el sistema de control automático del campanario mediante ajustes y pruebas de funcionamiento para el ensamble y montaje del sistema para que cumpla con los requerimientos técnicos de diseño.

Evaluar el funcionamiento del sistema de automatización del campanario mediante una encuesta de percepción al párroco para garantizar que el sistema cumple con los requerimientos del usuario.

Marco Teórico

Contexto Histórico y Cultural del Campanario y su Importancia en la Comunidad de Luruaco, Atlántico

Según los historiadores del municipio de Luruaco, el catolicismo fue infundado en el municipio desde su comienzo, cuenta uno de estos historiadores en un reportaje que le hizo el periódico el tiempo (1998), que Luruaco era tierra de indígenas que se acentuaron cerca la laguna de Luruaco. Esta comunidad, conocida con el nombre de Huruacos, era liderada por el cacique Uruaco, fue aniquilada por los españoles. La corona española le encomendó un gran lote de terreno al señor Juan Torregrosa, quien lo convirtió en una prospera hacienda dedicada al cultivo de palmas, esa hacienda llevo como nombre *San José de Huruaco*. Cuenta el señor Tomas Cervantes historiador del municipio, que en el año 1777 se encontraron registros que indicaban que la hacienda fue registrada ante un juez como Luruaco en 1745.

En ese entonces, Luruaco era territorio de Sabanalarga. La población más cercana donde se podía asistir a eventos católicos era Palmar de Candelaria actual corregimiento de Luruaco, para ese tiempo Palmar era distrito parroquial de Santa Catalina Bolívar. Con el paso de los años, Luruaco fue creciendo y ganando renombre, aunque seguía dependiendo de Sabanalarga, que enviaba sacerdotes para poder celebrar las eucaristías y realizar sepelios. Estas celebraciones se llevaban a cabo en casas prestadas por los habitantes, por lo cual no se hacía en un lugar en específico. Fue entonces, a mitad del siglo XX cuando llego a Luruaco el sacerdote Pedro Pablo Cotes, quien motivó e impulso a los habitantes y a los allegados al catolicismo a construir la parroquia San José de Luruaco. Esta parroquia fue un símbolo de unión y progreso de Luruaco porque la misma comunidad apporto tanto materiales y mano de obra de su construcción, cuentan los habitantes que con la ayuda de un arquitecto Sabanalarguero realizaron la edificación que en

los planos tenía, el templo una casa cural y entre estas dos un campanario de aproximadamente 12 metros de altura para así llegar a fundar e inaugurar la parroquia san José de Luruaco el 28 de octubre del 1951 (Corporacion Luis Eduardo Nieto Arteta, 2021). Desde esa fecha Luruaco anuncia sus fiestas y celebraciones eclesiásticas católicas mediante el sonar de las campanas las cuales están en la torre de la iglesia.

Para el municipio de Luruaco las campanas de la parroquia san José no solo significan el anunciar de las eucaristías; también significa la gratitud y la superación puesto que la segunda campana que la parroquia tiene en su torre fue donada por un abogado de nombre Felipe Rivera oriundo de este municipio quien estudio y trabajó en el extranjero y al regresar al país ocupó altos puestos en la región. La adición de esta segunda campana a la torre ayudó que el anuncio de los eventos en la parroquia llegara a más rincones del municipio de Luruaco. En la Figura 1 se observa el inmueble de la parroquia San José de Luruaco.

Figura 1

Fotografía Parroquia San José 2021



Nota. Esta imagen presenta la parroquia San José ubicada en el municipio de Luruaco.

Descripción Detallada del Campanario Actual, Incluyendo su Funcionamiento Manual, y las Limitaciones Asociadas

El campanario de la parroquia san José de Luruaco se encontraba sin uso, debido al constante rompimiento de las cuerdas que van atadas al badajo de cada campana. Para poder atar las cuerdas, una persona se debe subir aproximadamente doce metros de altura, lo que implica un alto riesgo de caída. Además, para llegar a las campanas, es necesario utilizar una escalera de madera entre los niveles de cada piso, como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.,**

e **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 2

Foto del Segundo Piso y Escalera de Madera



Nota. En esta imagen se observan la escalera de madera para acceder al campanario.

Figura 3

Foto del Segundo y Tercer Nivel



Nota. En esta imagen se observa la dificultad de acceso a las campanas debido a su considerable altura y el peligro que esto representa.

Figura 4

Foto del Cuarto Nivel



Nota. Este es el último nivel del campanario y es donde se encuentran las campanas ubicadas.

Además, se observa donde se corto y donde fue reparada la cuerda.

En las imágenes anteriores se puede observar la complejidad que enfrenta una persona al subir al campanario para atar la cuerda a las campanas. Especialmente en la

se aprecia lo incomodo que es este proceso. En este último nivel (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) es necesario inclinar la escalera y pasar por un agujero estrecho, lo que impide el paso a personas de contextura gruesa y no ofrece buen agarre al subir. Las cuerdas tienden romperse con frecuencia debido a su exposición a la intemperie y a la fricción que se produce en los puntos de contacto, lo que provoca un desgaste y deterioro de las cuerdas. Adicionalmente, no hay una persona estable y adecuada en la parroquia para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo al campanario

Antecedentes

La campana fue un invento creado por un obispo llamado San Paulino, en la región de Campania (Nápoles), de donde proviene su nombre, alrededor del año 400 D.C. Este artefacto fue creado con el fin de llamar a los feligreses a la iglesia para que pudieran asistir puntualmente o de manera inmediata a los actos religiosos como misas, sepelios, oraciones, entre otros. Antes de que existencia de las campanas, este llamado se realizaba mediante gritos, el sonar de maderas, trompetas e incluso mensajeros que avisan a la comunidad en general. (Bañales, 2019)

Las campanas se colocan en los campanarios de las iglesias, estos sobresalen de la estructura del templo y suelen tener alturas elevadas. Por ejemplo, la iglesia San Martín de Tours en Texas, Estados Unidos, tiene un campanario de 4 metros y en cambio la catedral de Ulm Alemania tiene una altura de 161.53 metros. (Ulmer-Muenster, 2019)

Reloj Mecánico

A comienzo del siglo XIV, el mundo occidental llevó a cabo una gran invención: el reloj mecánico. Este artefacto inspirado por las largas horas de trabajos de los monjes en los monasterios requería una estructura especial de gran tamaño. Por esta razón, se decidió colocarlo en edificios de grandes dimensiones, como torres o campanarios de iglesias y catedrales. Este dispositivo tenía grandes dimensiones, debido a que funcionaba con grandes engranajes y un mecanismo de pesos que, mediante la gravedad, tiraban de un lado de los engranajes del reloj. Además, contaba con un tipo de mecanismos llamado escape, el cual realizaba el proceso de inicio, final y reinicio del proceso oscilatorio (Ordóñez, 2024).

Este gran invento necesitaba una manera de dar algún tipo de aviso cuando llegara a la hora deseada, como por ejemplo el inicio y el final del día laboral. Ese aviso se daba de manera sonora, lo que llevó a la automatización de las campanas.

Para poder realizar el tono, ritmo y tiempo precisos con que se quería tocar las campanas, los engranajes del reloj debían tener una relación especial. Cuando llegara a la hora deseada, el reloj activaba una rueda dentada, con dientes en puntos específicos, que a su vez empujaban un extremo de una palanca. En el otro extremo de la palanca, una cuerda tiraba del badajo de la campana. Esto fue una gran invención icónica de la cultura occidental (Ordóñez, 2024).

Automatización del Funcionamiento del Campanario del Santuario de Nuestra Señora de la Elevación de la Diócesis de Ambato en la Parroquia Santa Rosa

Fue un proyecto ejecutado en el 2012, en la ciudad de Ambato Ecuador por los ingenieros Paul Canseco y Víctor andaluz. Este proyecto empleó electroimanes para controlar las cuerdas del badajo de las campanas de la parroquia Santa Rosa. Los electroimanes, alimentados por una corriente elevada, se activan mediante relés los cuales son accionados por orden de un

controlador PIC. Una característica destacada de este trabajo de automatización es que el control, la realiza de manera inalámbrica mediante conexión Zigbee. El sistema cuenta con un teclado para introducir las horas y el día que va tocar cierta melodía cuya información la podemos verificar mediante un display LCD 16 x 2. Esta información se transmite de manera inalámbrica al controlador, que ejecute la parte de potencia (Canseco & Andaluz, 2013).

Diseño de Sistema Mecatrónico para la Automatización de Relojes Mecánicos Antiguos

Llevado a cabo en la ciudad de Cartagena, España en 2023, la ingeniera Laura Salas Lajarin llevó a cabo este proyecto en la universidad Politécnica de Cartagena. El objetivo del proyecto es automatizar relojes antiguos de iglesias, acoplando un motor al mecanismo del reloj para darle cuerda. Este sistema de automatización utiliza un controlador PLC siemens 1200, en el cual se configuran las opciones de fecha y hora para ajustar el momento en el que mecanismo debe tocar las campanas. Además, el sistema cuenta con sensores tipo encoder para monitorear el número de rotaciones y posiciones del motor, proporcionándole retroalimentación al sistema para poder autoevaluar el proceso y realizar mejoras (Salas, 2023).

Conceptos

A continuación, se presentan los conceptos que se abordarán en el proyecto:

Automatización

La automatización consiste en digitalizar procesos rutinarios sin o con poca intervención humana, con el objetivo de realizar dichos procesos en el menor tiempo posible y de manera eficiente, minimizando la cantidad de errores posibles. Principalmente, la automatización se utiliza para reducir el uso de mano de obra, liberando al ser humano de tareas laborales rutinarias, y mejorando la productividad del proceso gracias a la intervención de máquinas (Serna M, et al, 2019).

Sistemas de Control

Son sistemas diseñados para gestionar, comandar, dirigir o regular el comportamiento de otros dispositivos o sistemas utilizando bucles de retroalimentación. En términos generales, un sistema de control consta de tres componentes principales: el controlador, el actuador y el sensor. El controlador procesa la señal de entrada y genera una señal de control que se envía al actuador. El actuador ejecuta la acción necesaria para modificar el estado del sistema, mientras que el sensor mide la variable de salida y la retroalimenta al controlador para ajustar la señal de control según sea necesario. Además, existen dos tipos principales de sistemas de control: sistemas de control en lazo abierto y sistemas de control en lazo cerrado. (Ogata, 2010)

Controlador

Los controladores son dispositivos que contienen un arreglo de circuitos electrónicos para ejecutar ordenes almacenadas en su memoria. Estas órdenes se escriben en un lenguaje informático que el controlador puede leer, procesar y ejecutar. Entre sus funciones se incluyen

operaciones básicas y complejas de índole matemático, el tratamiento de señales analógicas y digitales, y la organización de parámetros, entre otros (Indriago, 2015).

En la Figura 5 se explica, mediante un diagrama de bloques, la función de un controlador que interactúa con las señales de entrada provenientes de los sensores. Según las variables detectadas, el controlador, o en este caso el PLC (Por sus siglas en inglés, Controlador Lógico Programable), envía una señal a los actuadores para el desarrollo de un proceso.

Figura 5

Uso de un Controlador



Nota. Control de rueda de Impresión sacado de dea.unsj.edu.ar, 2007 (Perez et al. 2007)

De una manera simple y sencilla, podemos definir al controlador como la interfaz donde se toma la señal de entrada y se entrega al actuador de manera procesada.

Actuadores

Los dispositivos que reciben una señal eléctrica y la convierten en un movimiento, reacción química o térmica para realizar un efecto en un proceso se denominan actuadores. Estos pueden ser eléctricos, neumáticos o hidráulicos. Por ejemplo, un solenoide es un actuador que convierte una señal eléctrica en un movimiento físico lineal, mientras que un zumbador convierte la señal eléctrica en sonido. (Brunete et al, 2024)

Sensor

Un sensor tiene como función medir o detectar una propiedad física de un proceso, como temperatura, presión, nivel de un líquido, velocidad o presencia de un objeto. Este dispositivo

convierte dicha magnitud física en una señal eléctrica que es interpretada por el sistema de control. Los sensores son esenciales en la automatización y control de procesos, ya que permiten la monitorización y regulación precisa de diversas variables. Según Fraden (2010), "los sensores son dispositivos de interfaz entre diversos valores físicos y los circuitos electrónicos que solo entienden el lenguaje de cargas eléctricas en movimiento" (p. 1).

Sistema de control lazo abierto

Es aquel sistema de control que no mide ni compara la señal de salida con la señal de acción, el proceso no retroalimenta la parte de automatismos o de control. (Ogata, 2010)

En la Figura 6 se demuestra mediante diagrama de bloque la explicación de un lazo abierto

Figura 6

Lazo Abierto



Nota. sacado de dea.unsj.edu.ar, 2007 (Perez et al. 2007)

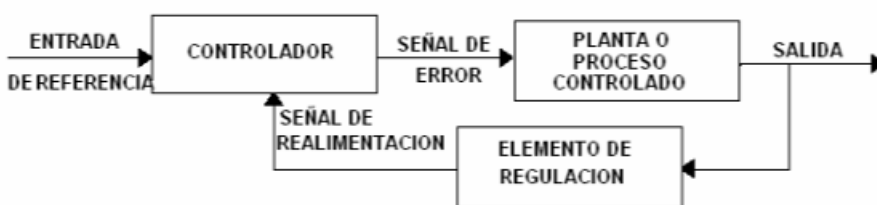
Sistema de control lazo cerrado

Este sistema de control se auto retroalimenta por lo cual la señal del proceso entra de nuevo a la parte control y se compara con la señal entrada para disminuir errores y mejorar la señal de salida. Esta retroalimentación se hace mediante sensores lo cual no se tiene en sistema de control de lazo abierto. (Ogata, 2010)

En la Figura 7 se demuestra mediante un diagrama de bloque la explicación de un lazo cerrado En este sistema de control la señal toma un camino circular.

Figura 7

Lazo Cerrado



Nota. sacado de dea.unsj.edu.ar, 2007 (Perez 2007et al.)

PLC

Un Controlador Lógico Programable (PLC), es un dispositivo que cuenta con diversas partes, como la CPU, módulos de entradas y salidas, una sección de memoria, alimentación y conexiones periféricas y/o de comunicación. En la Figura 8 se presenta como es físicamente el PLC 1200.

La función de este dispositivo es recibir, procesar, enviar o transmitir señales, dependiendo de la programación que se le asigne. Estas características son propias de un sistema embebido. El PLC fue inventado para realizar procesos repetitivos en la industria, facilitando la automatización de procesos. (maloney, 2006)

Figura 8

PLC S7 1200



Nota. PLCs7 1200 sacado de Siemens, 2024, (Siemens, s.f.)

Hmi

El término HMI proviene del acrónimo Interfaz Máquina Humano, que se define como el intermediario entre humano y la máquina. La HMI se comunica con el humano mediante un lenguaje que pueda entender, que a su vez se traduce a otro lenguaje que la máquina pueda comprender, facilitando la comunicación entre ambos. La mayoría de las veces, las HMI son pantallas táctiles que muestran figuras texto e imágenes. En ocasiones, son pantallas sencillas con periféricos como ratón y teclado, o paneles con botones, palancas y luces (Irontech, 2023).

En la Figura 9 se observa cómo es físicamente un HMI. Este sistema lleva una pantalla HMI de referencia 6AV2123-2DB03 simatic HMI KTP400, la cual cuenta con pantalla táctil de 4 pulgadas, 4 pulsadores programables y puerto USB para colocar periféricos como mouse y teclado. Se alimenta con un voltaje de 24 v dc y puede dar una gama 65536 colores (Siemens AG, 2024).

Figura 9

HMI KTP400



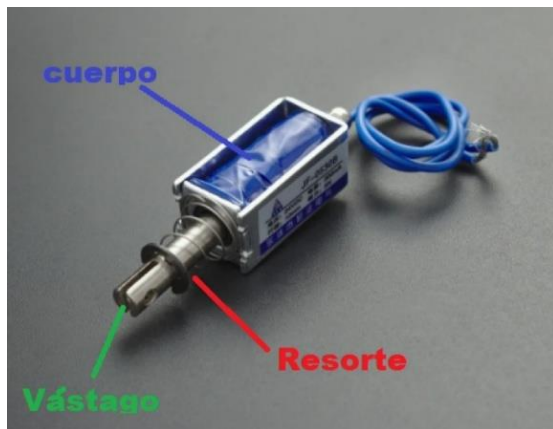
Nota. CBBEXP 6AV2123-2DB03-0AX0 sacado de Siemens.com ,2024 (Siemens AG, 2024).

Solenoide

Es un actuador electromagnético, en la Figura 10 se presenta un ejemplo físico de este elemento. Se conoce como aquel dispositivo caracterizado por tener un hilo conductor enrollado en un núcleo de forma helicoidal, de manera consecutiva formando una bobina. Al energizar este dispositivo con corriente eléctrica, se genera un campo magnético muy intenso en su interior y muy débil en su exterior. El solenoide es ampliamente utilizado en procesos mecánicos. Al introducir un material férreo que se pueda desplazar en su interior, este material experimenta un movimiento lineal hacia el centro del solenoide. Es importante tener en cuenta que, a mayor corriente que pase por el solenoide o mayor número de vueltas de la bobina, mayor será la intensidad del campo magnético generado (Ling et al, 2021).

Figura 10

Ejemplo de Solenoide



Nota. Solenoide JF-0530B DC24V adaptado industrias andes,2024 (industrias Andes, 2024)

Sistemas de Protección

Son aparatos que se incorporan para la seguridad de los actuadores, cumplen la función de discontinuar la corriente que pasa por ellos con el fin evitar daños por sobre tensión o corto circuito, esta corriente eléctrica viene desde la fuente de energía hacia el sistema eléctrico (Ramirez castaño, 2003)

Breaker Monopolar Termomagnético. Estos dispositivos son interruptores que se pueden accionar de forma manual, pero tiene la característica que se desactivan cuando hay una sobre carga o un corto circuito en el sistema eléctrico, esto gracias a un solenoide que tiene en su interior que se activa cuando hay una sobre tensión y que baja la palanca y desconecta el circuito que se está alimentado además trae dos laminas que son de diferentes coeficientes térmicos, estas platinas dejan de hacer contacto entre sí y aíslan el sistema. (Salvatierra, 2021)

En la figura 11 se observa como es físicamente un Breaker mono polar

Figura 11

Breaker mono polar



Nota. Breaker mono polar sacado de suministro de materiales eléctrico j.d ltda, 2024

(JDelectricos, 2024)

Desarrollo

Para minimizar la intervención humana al momento de accionar el campanario de la parroquia San José de Luruaco y mantener la tradición del uso de este, se decide realizar una automatización de este proceso. Las fases para el desarrollo del proyecto son: determinar las especificaciones técnicas, diseño del sistema, ensamblaje y montaje de sitio, pruebas y ajustes.

Especificaciones Técnicas Requeridas por el Cliente

Para saber con exactitud los parámetros y condiciones que debe de tener el sistema de automatización, se decidió consultar al párroco mediante una entrevista donde se estableció las siguientes condiciones del funcionamiento del mecanismo a implementar:

Tener un panel de control desde la casa cural.

El dispositivo debe tener la capacidad de hacer sonar las campanas con la melodía de Misa, Funeral y emergencia.

En el panel de control se debe garantizar la opción de programar las melodías en distintas horas, donde se tenga la libertad de escoger la hora, el día y el tono que requiere cuando se active.

En el panel de control en caso de un imprevisto debe tener la opción modo manual, para poder activar el accionamiento del campanario en el tono que se desea escuchar.

Tener la opción de utilizar las cuerdas normales de las campanas cuando no esté el fluido eléctrico en la parroquia

Configurar la hora y fecha del reloj interno del sistema

Diseño del Sistema de Automatización

Teniendo en cuenta las condiciones dadas por el párroco, se decide que para la realización de este proyecto de automatización se utilizará un controlador, que en este caso será

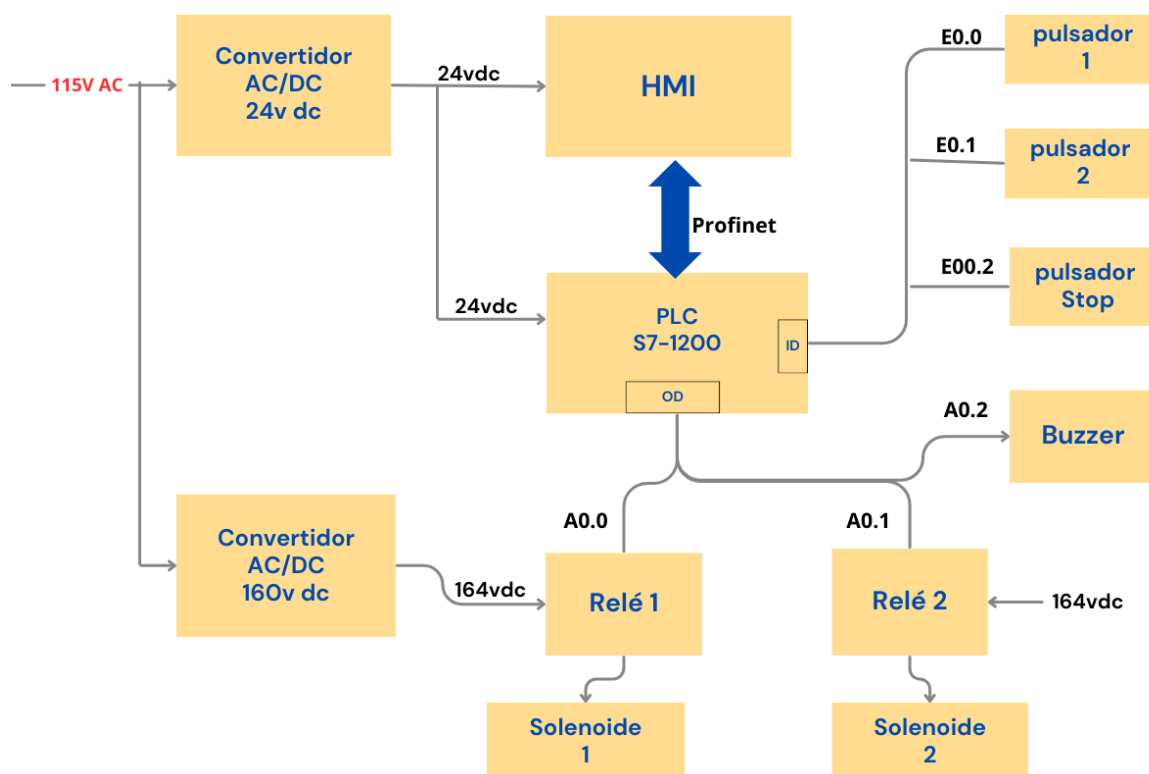
un autómatas programable PLC siemens s7-1200, este deberá controlar la parte electromecánica que hace sonar las campanas de la iglesia y permite a través de una pantalla táctil HMI ajustar e ingresar los parámetros a la maquina como hora y tono deseado para activar el sistema.

En el siguiente diagrama de bloques presentado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se visualiza el diseño de conexión en general del dispositivo, en el cual se observa que el PLC y la HMI van alimentados con una fuente de poder de 24 V DC. La conexión entre el PLC y HMI es mediante ethernet. El PLC recibe señales de entradas de 3 pulsadores los cuales tienen como función apoyar en el momento de ajuste o mantenimiento del dispositivo, ya que con dos de ellos se puede accionar cada solenoide de manera individual o los toques de misa y funeral también y el tercer pulsador para reiniciar o detener la secuencia.

El autómatas mediante dos relés comanda los dos solenoides estos trabajan con una tensión nominal de 164 V. Por último, el sistema tiene un indicador sonoro en este caso es un buzzer el cual se activará segundos antes de iniciar la secuencia del sonar de las campanas.

Figura 12

Diagrama de Bloques de Conexiones.



Nota. En el diagrama falta el Breaker, por donde inicialmente entran los 115V AC

Selección de Hardware de Sistema de Control

Autómata Programable Plc. La selección del PLC de Siemens para la automatización del campanario responde a varios criterios técnicos y de funcionalidad que cubren los requerimientos específicos del cliente de manera efectiva y eficiente. En la tabla 1 se presentan las características técnicas del PLC S7 1200.

El S7-1200 permite la integración con interfaces de operador (HMI) que pueden ubicarse en el panel de control. Esto facilita a los encargados de la iglesia gestionar y monitorizar el sistema desde un punto centralizado, permitiendo una supervisión remota y la modificación de

parámetros en tiempo real. Además, es compatible con diversos protocolos de comunicación, lo que permite una fácil conectividad entre el panel y el PLC.

El S7-1200 es un PLC modular y de alta flexibilidad, permitiendo programar secuencias específicas para cada melodía (Misa, Funeral, Emergencia). Su capacidad de procesamiento y control permite gestionar múltiples señales de salida, asignando secuencias de sonido distintas. Esto hace posible una programación precisa que satisface el requerimiento de melodías diferenciadas, con ajustes específicos de duración e intensidad de cada tono.

Una característica sobresaliente del S7-1200 es su reloj interno, que permite programar eventos en horarios específicos. Esto es ideal para la automatización de las melodías en horas y días predefinidos, ofreciendo al usuario la libertad de seleccionar la hora y el tono adecuado para cada evento. Esta función se puede gestionar desde el panel HMI, donde los usuarios pueden ingresar o modificar las configuraciones de programación según sea necesario, garantizando flexibilidad y precisión en la activación automática del campanario.

El S7-1200 permite incorporar un modo de operación manual, lo cual es esencial para imprevistos. Esto significa que, en caso de emergencia, el operador puede activar el campanario directamente desde el panel de control, eligiendo el tono deseado sin necesidad de depender de la programación automática. La interfaz HMI configurada con el S7-1200 puede incluir botones virtuales o físicos para esta función, garantizando un acceso rápido y eficiente. Dado que el cliente desea mantener la opción de utilizar las cuerdas de manera tradicional en caso de falta de fluido eléctrico, el sistema basado en el S7-1200 puede ser configurado para desconectarse automáticamente cuando haya un fallo de energía. Este PLC también permite la implementación de relés de bypass o sistemas de control manuales que desconecten automáticamente los sistemas eléctricos, permitiendo el uso tradicional sin interferencias.

Siemens es reconocida por la calidad y fiabilidad de sus PLCs, y el modelo S7-1200 está diseñado para soportar ambientes industriales y de automatización complejos. La durabilidad y el bajo mantenimiento de este dispositivo lo hacen ideal para un entorno como una iglesia, donde la inversión en equipos de mantenimiento puede ser limitada.

Tabla 1

Características de PLC s7-1200

Simatic S7-1200	
Tipo de producto	CPU 1214C DC/DC/DC
Tensión de alimentación	24V dc
Intensidad de consumo nominal	400mA
Número de salidas	6
Número de entradas	8
Interfaz	Profinet
Física de la interfaz	RJ 45 (Ethernet)
Reloj de hardware en tiempo real	Si
Duración de respaldo	480h típicamente
Desviación diaria máxima	+/- 60s/mes a 25°C
Memoria de trabajo (integrada)	75Kbyte
Memoria de carga (integrada)	2 Mbyte
Área de datos remanentes (incl. temporizadores, contadores, marcas), máx.	14 Kbyte
Lenguaje de programación	Kop, Fup, Scl
	Ancho = 90mm
Dimensiones	Altura= 100mm
	profundidad=75mm

Hmi. Para una mejor adquisición de datos y una óptima interacción entre la máquina y el ser humano se seleccionó un HMI Siemens Simatic HMI KTP400 Basic. Las características técnicas de la pantalla KTP400 Basic se presentan en la tabla 2. Presenta una pantalla tipo TFT panorámica con retroiluminación LED. Con un tamaño de 4 pulgadas y una resolución de 480 x 272 píxeles. Para su operación combina pantalla táctil y teclado, de 4 teclas programables. Teclado numérico y alfanumérico disponible en pantalla. La conectividad puede ser establecida mediante la interfaz PROFINET. Presenta un puerto USB para dispositivos de almacenamiento hasta 16 GB. El consumo típico de este dispositivo son 3 W, y la tensión nominal a conectar son 24 V DC. Presenta una memoria de usuario de 10 MB. Adicionalmente, tiene un reloj de tiempo real respaldado y sincronizable. La configuración se puede realizar mediante STEP 7 Basic V13 o Win Basic V13. Resiste condiciones ambientales de temperatura desde los 0°C hasta los 50°C y humedad relativa hasta el 90%. Estas características hacen del KTP400 Basic una solución adecuada para aplicaciones que requieren una interfaz compacta y funcional en entornos industriales.

Tabla 2*Características de HMI KTP400 Basic*

Simatic Hmi	
Tipo de producto	KTP400 Basic
Tensión de alimentación	24V dc
Intensidad de consumo nominal	125mA
Tipo de salida acústica	Zumbador
Pantalla	Panorámica TFT de 4", 256 colores
Teclado táctil	Sí; teclado en pantalla
Teclado numérico	Sí; teclado en pantalla
Teclado alfanumérico	Sí; teclado en pantalla
Interfaz	Profinet
Física de la interfaz	RJ 45 (Ethernet)
Reloj de hardware en tiempo real	Si
Reloj por software	Si
Duración de respaldo	Sí; Duración del búfer típica: 6 semanas
Memoria flash	Si
Memoria Ram	Si
Memoria usable para datos de usuario	10 Mbyte
Dimensiones	Ancho del frente de la caja = 140mm
	Altura del frente de la caja = 116mm
	Recorte para montaje, ancho = 124mm
	Recorte para montaje, Altura = 100mm
	Profundidad de montaje = 34,9mm

Sistema de Alimentación Eléctrica

Todo dispositivo mecatrónico debe de ser alimentado por una tensión eléctrica. En este caso, la parte de control (el PLC, la HMI, los relés, y el buzzer requieren ser alimentados con 24

V DC) y la de potencia (los solenoides requieren 160 V DC) requieren diferentes tensiones de alimentación.

Fuente Regulada 24VDC. El PLC, la HMI, los relés, y el buzzer son alimentados con 24V DC. Se elige una fuente 24 voltios con una corriente de 2 Amperios. Esta fuente cuenta con protección contra cortocircuitos y exceso de consumo.

En la figura 13 se puede apreciar cómo es físicamente la fuente 24V/2A

Figura 13

Fuente 24V/2A



Nota. Cargador LB32 24V sacado de made-in-china, 2024 (made-in-china, s.f.)

Etapa de Potencia. Consta de un par de puentes rectificadores y de un par de condensadores. Estos convierten el voltaje que viene de la acometida a un valor mayor y en corriente directa, este circuito se puede calcular para verificar si es el adecuado para alimentar los solenoides los cuales accionaran la parte mecánica del sistema.

Cálculo de voltaje de corriente directa

Se calcula con la siguiente formula

$$Vp = \sqrt{Vrms}$$

Vp = Voltaje pico que se encontrara en el condensador de salida

rms = Voltaje eficaz que entrara al sistema desde la acometida eléctrica.

$$Vp = \sqrt{2 (Vrms)}$$

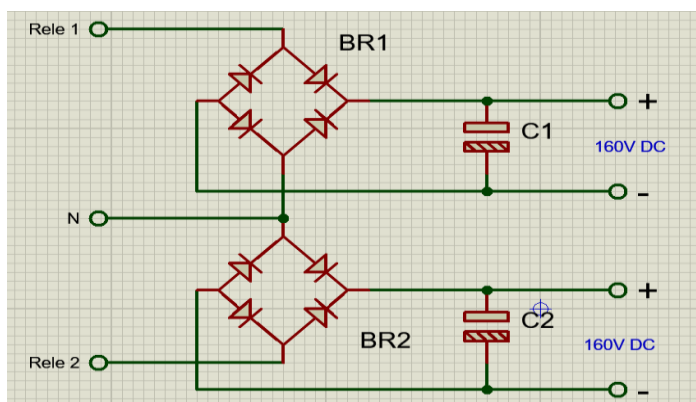
$$Vp = \sqrt{2(115V)}$$

$$Vp = 162.6V$$

Con este voltaje de 162.6 V se hará de manera efectiva el funcionamiento de los solenoides. El esquemático del convertidor AC-DC se presenta en la

Figura 14

Convertidor AC – DC

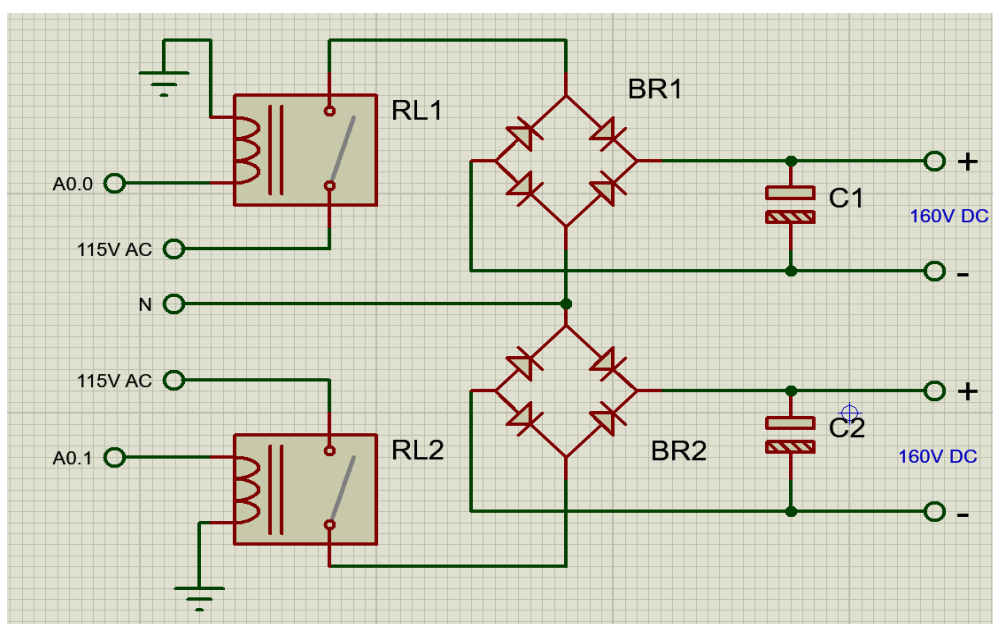


Nota. Diagrama esquemático realizado en software Proteus

Para poder generar el voltaje en los condensadores en el momento necesario y colocar en función los solenoides, se le agrega a este circuito dos relés que recibirán las señales generadas por el PLC 7-1200. El empalme de es estos relés con el circuito convertidor AC - DC se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Figura 15

Etapas de potencia



Nota. Diagrama esquemático realizado en software Proteus.

Solenoides

La función de este elemento es halar, mediante un sistema de guaya y polea, el badajo de la campana. Este solenoide debe de cumplir con ciertas características, una de las cuales es poder mover la masa que tiene el badajo.

El badajo de la campana tiene una masa de 1.5Kg y está suspendido mediante un gancho en la campana, el badajo se ve afectado por la fuerza que ejerce la gravedad, por lo que se puede deducir que la fuerza necesaria para mover el badajo debe ser mayor a 15.4N

Para calcular el campo magnético que debe producir el solenoide, se utiliza la siguiente ecuación.

$$\beta = \sqrt{\frac{2\mu_0 * F}{A}}$$

Donde

β = campo magnetico en tesla

μ_0 = permeabilidad magnetica

A = area transversal

F = Newton

Este solenoide tendrá un diámetro en su interior de 0.028cm. Para calcular el área transversal, se utiliza la siguiente formula:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * (0.028m)^2}{4}$$

$$A = 0.0006157m^2$$

Se tiene que la permeabilidad magnética del vacío es igual a $\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$

Se tiene que

$$\beta = \sqrt{\frac{2\mu_0 * F}{A}}$$

Se reemplazan valores

$$\beta = \sqrt{\frac{2 (4\pi * 10^{-7}) * 20N}{0.0006157m^2}}$$

Se resuelve

$$\beta = \sqrt{0.08163 N/m^2}$$

$$\beta = 0.28572 T$$

Se obtiene una inducción magnética de 285.72 mT. Para fabricar un solenoide que genere este valor de inducción, se tiene en cuenta la cantidad de vueltas del alambre, la longitud del solenoide y la corriente eléctrica que pasará por él.

Para calcular las vueltas necesarias para generar 285.72 mT, se utiliza la siguiente ecuación:

$$N = \frac{\beta * L}{\mu_0 * I}$$

Donde

$N =$ cantidad de espiras

$\beta =$ campo magnetico

$L =$ Longitud

$\mu_0 =$ permeabilidad magnetica

Se reemplazan los valores en la ecuación y obtenemos.

$$N = \frac{\beta * L}{\mu_0 * I}$$

$$N = \frac{0.28572T * 0.065m}{(4\pi * 10^{-7}) * 6A}$$

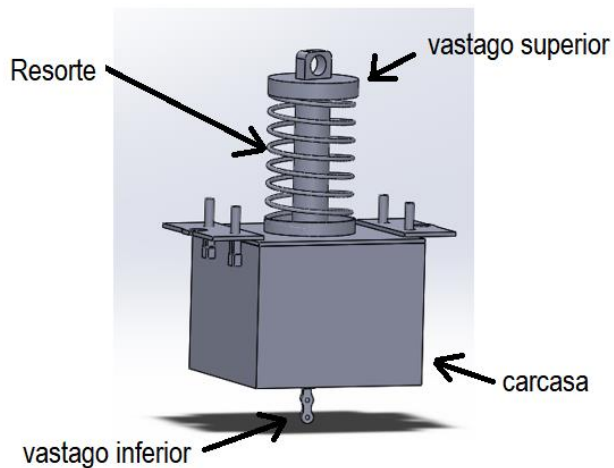
$$N = 2463 vueltas$$

Parte Estructural del Solenoide

Son piezas metálicas que, junto al bobinado del solenoide, mueven de manera correcta el badajo de la campana. En la figura 16 se muestra las partes que componen el solenoide

Figura 16

Armadura de Solenoide



Nota. Diseño realizado en software Solidworks

En la anterior se identifican las siguientes partes de un solenoide: vástago superior, resorte, carcasa y vástago inferior. Este diseño corresponde a un sistema de amortiguación en el que el resorte cumple la función de absorber la energía de impacto, mientras que los vástagos y la carcasa estructuran y confinan el sistema.

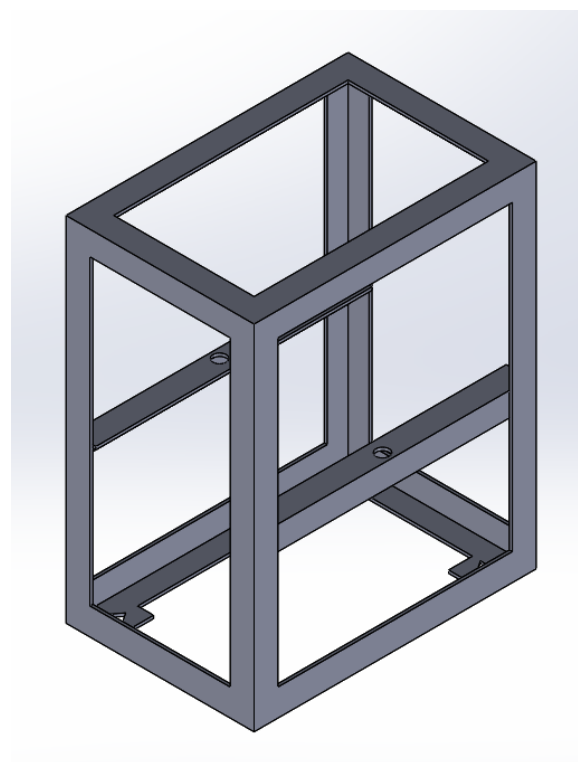
El recorrido del vástago que atraviesa el solenoide es de 70 mm. Este se desplaza de arriba hacia abajo cuando la corriente eléctrica atraviesa el bobinado del solenoide. Cuando el solenoide se desenergiza, la energía comprimida del resorte devuelve el vástago a su posición inicial.

Con este diseño, se genera un movimiento lineal que hala la cuerda atada al badajo de la campana. Esta cuerda está atada al vástago superior, y en el vástago inferior se ata la cuerda para el modo manual cuando no hay fluido eléctrico, haciendo así el sistema un poco más orgánico. En la figura 17 se muestra la estructura tipo jaula que sirve de base para colocar el solenoide en la infraestructura del campanario. De igual manera, en esta estructura se colocan las tapas para evitar la entrada de agua por la lluvia. En la

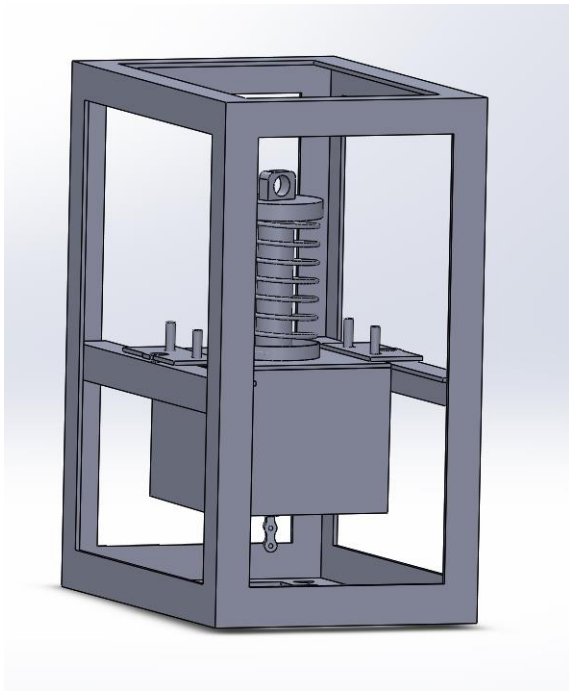
se observa cómo se ensambla el solenoide en la estructura tipo jaula.

Figura 17

Base de Solenoide



Nota. Esta imagen presenta la estructura tipo jaula, como base para colocar el solenoide en la infraestructura del campanario. La base tiene medidas de 350mm x 180mm x 300mm.

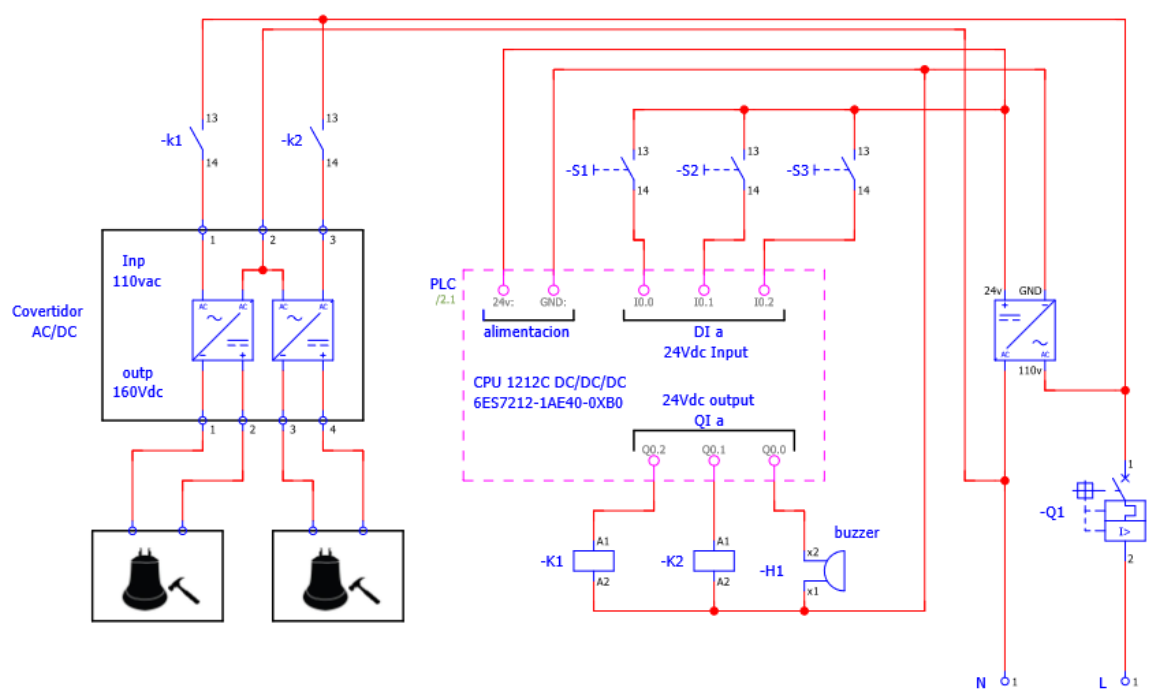
Figura 18*Solenoide Ensamblado en Base*

Nota. Esta imagen presenta el ensamblado del solenoide en la estructura tipo jaula.

Diagrama de conexión de tablero de control

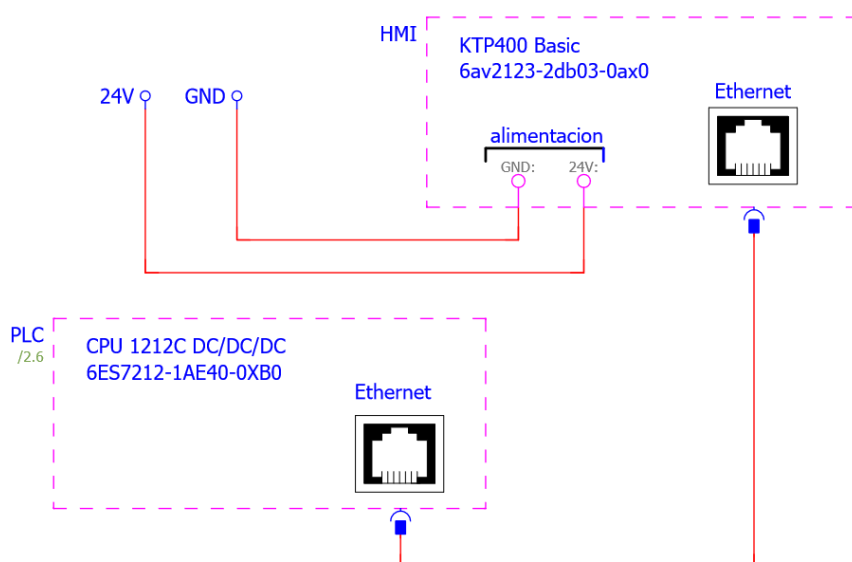
En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa la conexión del tablero de control, el cual está conformado por autómata programable, fuente de 24 V DC, la etapa de potencia y protección.

Figura 19
Plano Tablero Eléctrico



Nota: La Figura muestra la conexión de cada implemento utilizado en el tablero eléctrico, PLC, relés, convertidores AC-DC, buzzer y sistema de protección.

En la figura 20 se presenta la conexión de interfaz ethernet entre el PLC y la HMI.

Figura 20*Conexión Ethernet Plc a Hmi*

Nota: La Figura muestra la conexión correcta de la alimentación de corriente del HMI y la conexión de interfaz ethernet de PLC a HMI

Programación del Autómata y Pantalla Hmi

El sistema debe de cumplir con los parámetros exigidos por el cliente, los cuales se reflejan en el diagrama de flujos que se encuentra en la [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..](#) Lo primero que solicita el cliente es tener una pantalla de inicio con acceso a dos apartados: uno llamado "calendario" y otro "mando manual". En el primero, se tiene la libertad

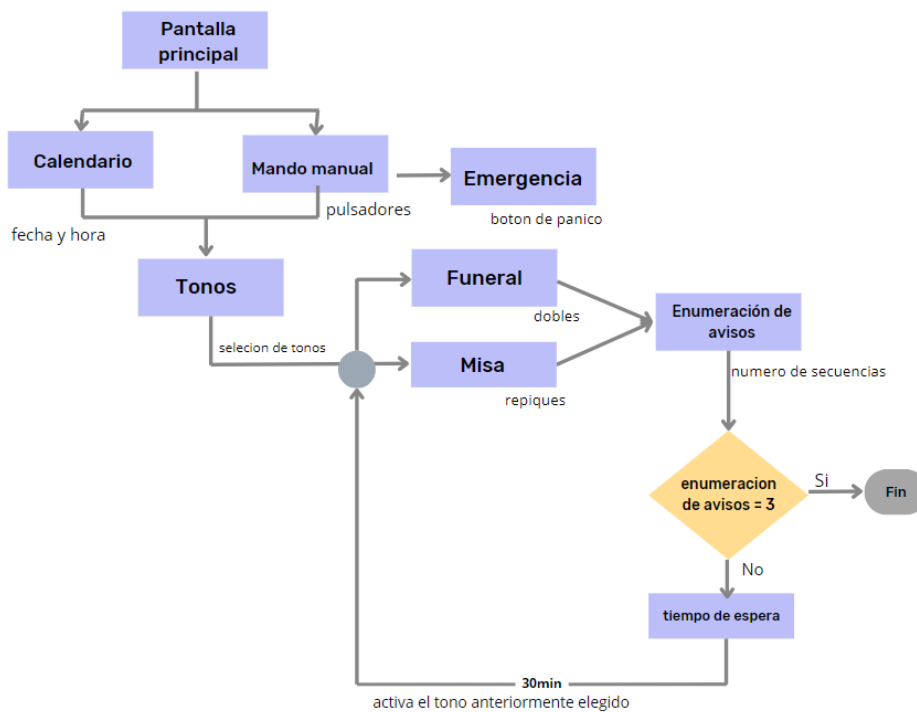
de escoger la hora, el día y el tono (sonar de las campanas) que se desea escuchar. Sin embargo, el dispositivo debe contar con un mando manual donde aparezcan pulsadores en la pantalla para poder activar el tono deseado de manera inmediata. Los tonos que se pueden seleccionar en el calendario son "funeral" y "misa", pero en el mando manual se incluye un botón adicional que ejecuta el tono de emergencia, el cual cumple la función de botón de pánico.

Cada tono debe tener el ritmo adecuado para identificar el aviso del evento a celebrar. El tono "funeral" suena las dos campanas tres veces con intervalos de 3 segundos, luego suena dos veces la campana más pequeña con un intervalo de 2 segundos, pasa 2 segundos más y suena una sola vez la campana grande. Esta secuencia se repite durante un minuto y medio. El tono "misa" consiste en tocar una campana tras otra con intervalos de espera de $\frac{1}{2}$ segundo; este tono dura 1 minuto.

La secuencia seleccionada se ejecuta de manera automática dos veces adicionales a la primera, con un intervalo de 30 minutos entre cada una de ellas. Para identificar en qué número de secuencia se encuentra, al finalizar cada secuencia suenan las dos campanas al mismo tiempo: una sola vez en la primera secuencia, dos veces en la segunda y tres veces en la tercera.

Figura 21

Condiciones Exigidas por Cliente

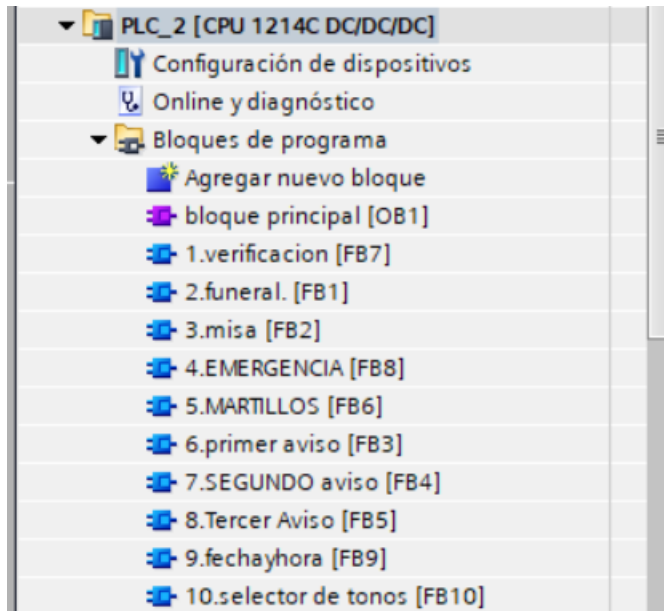


Nota: Diagrama de bloque representativo de condiciones exigidas por el cliente

Programación PLC. Se utiliza el software TIA Portal V13 para la programación del PLC Siemens S7-1214C, y el lenguaje elegido para programar es el LADDER. Se tuvieron en cuenta las buenas prácticas de programación, por lo cual se realizó un solo bloque de organización (OB) que contiene varios bloques de funciones (FB), y estos contienen bloques de datos, como se muestra en la figura 22.

Figura 22

Árbol de Proyecto

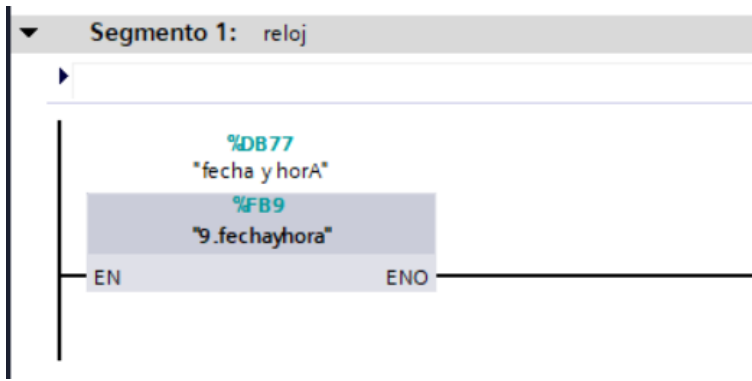


Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la figura 23, se observa el bloque funcional de fecha y hora montado en el OB.

Figura 23

Segmento 1 de OB

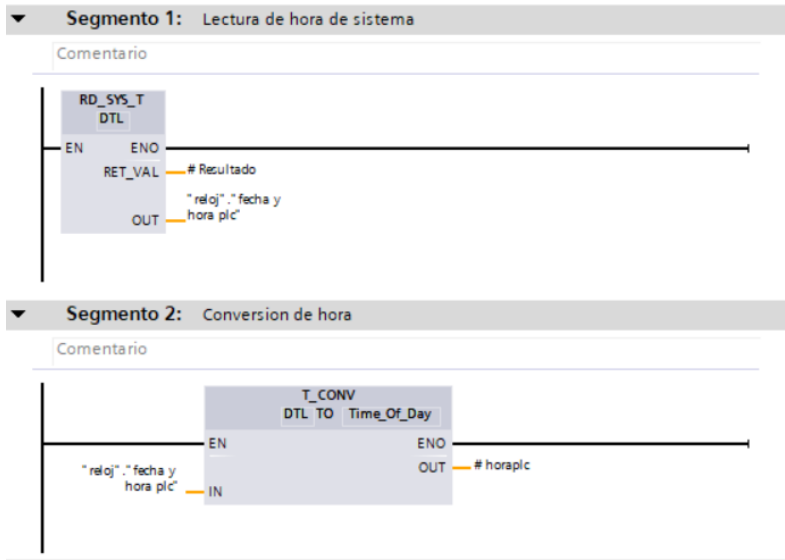


Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la Figura 24 se muestra parte de la programación realizada en el FB fecha y hora. En el primer segmento, se tiene la lectura de la hora del sistema, y en el segundo segmento, la conversión de la fecha y hora a la hora del PLC.

Figura 24

Lectura y Conversión de Fecha y Hora



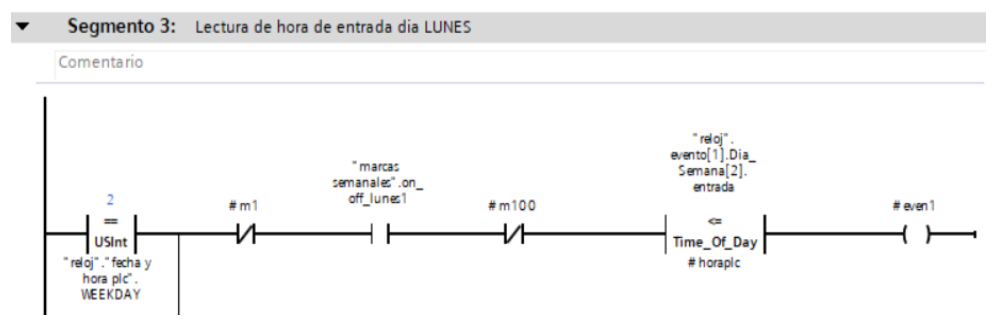
Nota. Programación realizada en Tia portal S7

La figura 25 demuestra cómo se hace la comparación de la hora del primer evento del lunes con la hora del PLC. El even1 solo será verdadero si la hora asignada en evento1 es menor

o igual al valor tiempo del PLC. Además, debe estar en estado verdadero el valor de la marca “marcas semanales”.(on_off_lunes).

Figura 25

Lectura de Hora Evento1 Día Lunes

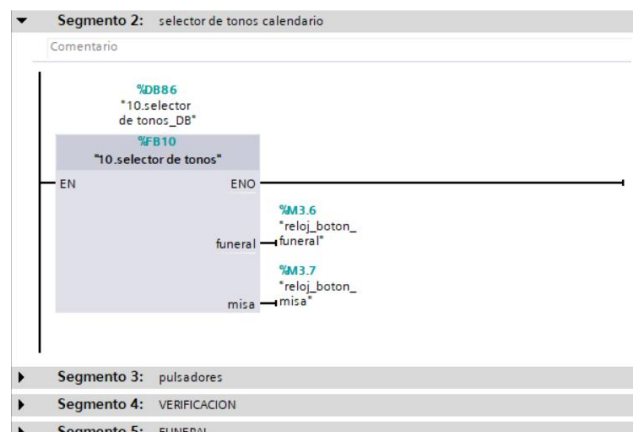


Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la Figura 26 se muestra la imagen del FB selector de tonos. En este bloque se elige el tono a tocar utilizando la opción del calendario.

Figura 1

Selector de Tonos Calendario



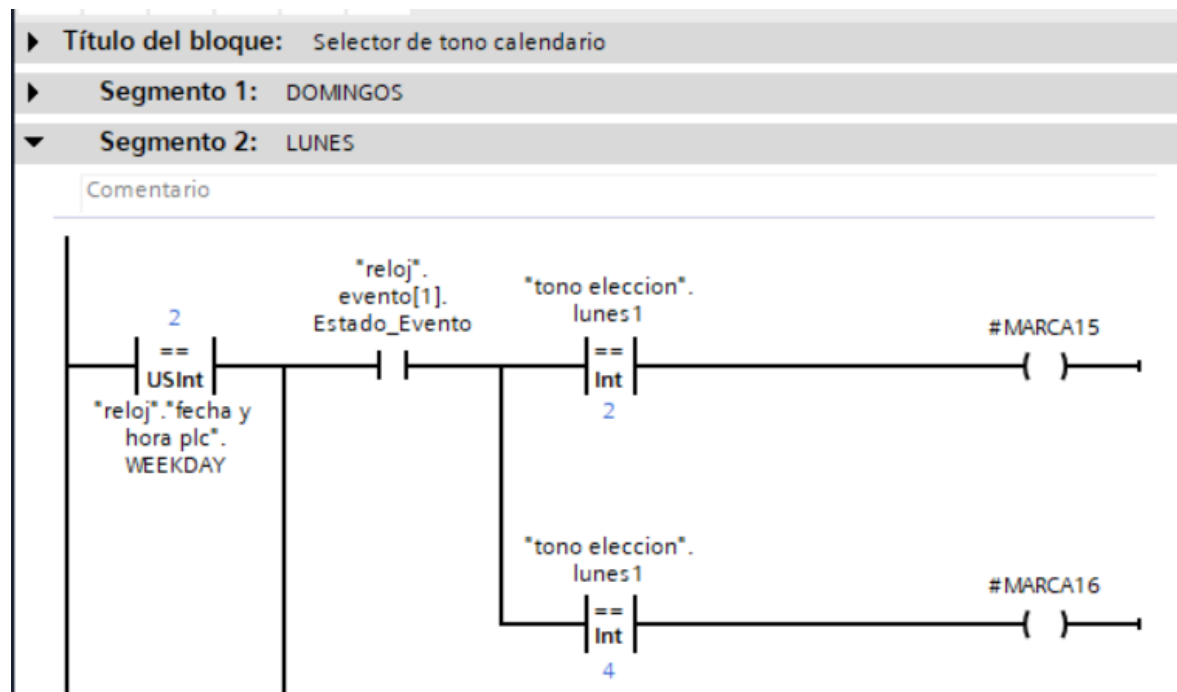
Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la Figura 27 se muestra la programación del FB selector de tonos, se utiliza un comparador para saber cuándo el día de la fecha del PLC es igual a lunes el cual se representa

con un valor de 2. Un contacto abierto confirma la activación del evento1 y, mediante dos comparadores que confirman que tono se eligió desde la pantalla, se activan la marca correspondiente para activar M3.6 o M3.7

Figura 2

Explicación FB Selector de Tonos



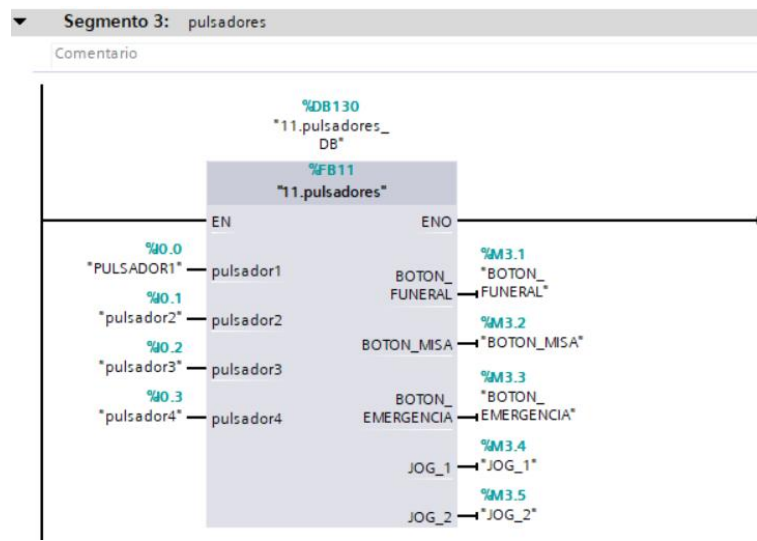
Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la figura 28 se muestra las entradas reales del PLC que entran al FB pulsadores en el cual se les da la funcionalidad adecuada a las entradas reales en el sistema.

Se coloca en la programación la variable IO.3 la cual no aparece en el diagrama esquemático eléctrico porque solo se utiliza como interruptor oculto para probar de manera individual los solenoides en el momento de la instalación.

Figura 3

FB Pulsadores

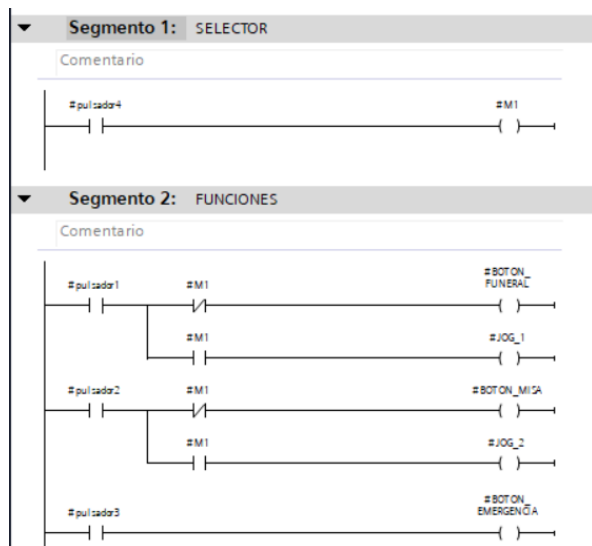


Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la Figura 29 se realiza programación del FB pulsadores. En el primer segmento se coloca el contacto abierto pulsador4 este activa la marca M1, la cual hace la función de selector del uso de los pulsadores 1, 2 y la función del pulsador 3 se asigna a la marca Botón emergencia, este último se utiliza en el programa para darle reset y parada al sistema.

Figura 4

Programación de FB Pulsadores

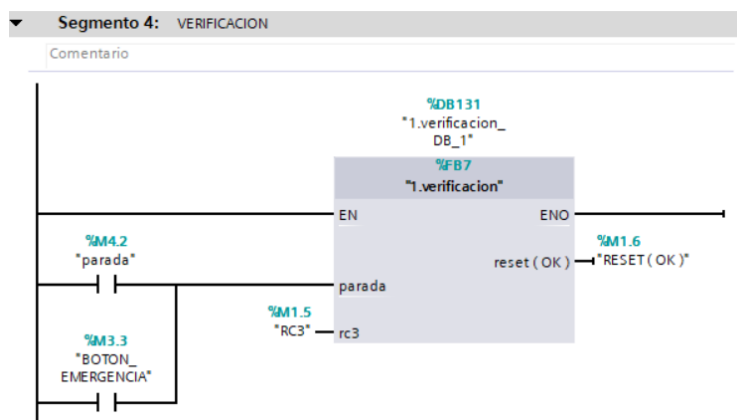


Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la Figura 30 se encuentra el FB verificación, aquí se realiza la función de dale reset al sistema cuando enciende o cuando se presiona el botón emergencia o el botón parada.

Figura 5

FB Verificación

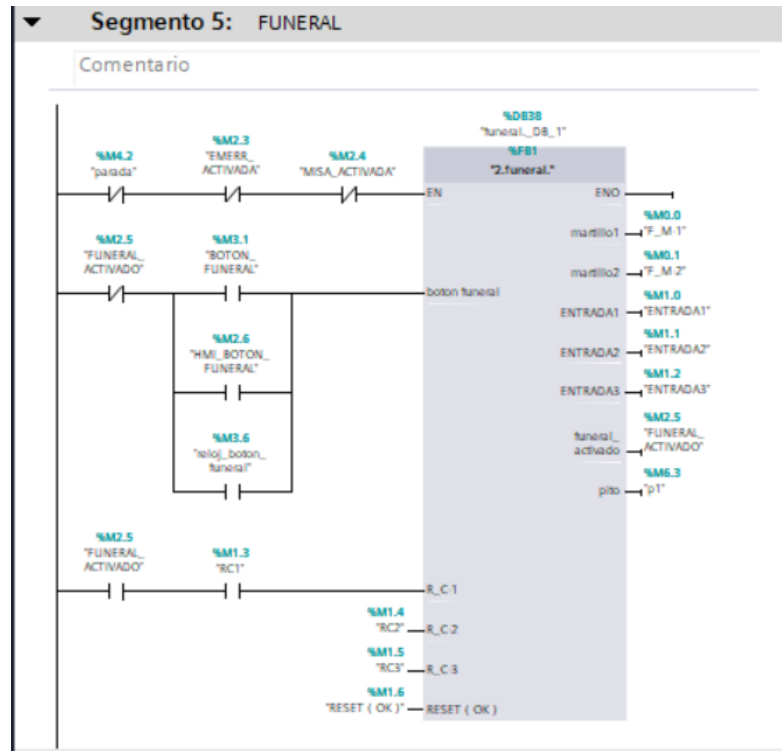


Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la Figura 31 se encuentra el FB funeral en este se realiza la programación de la secuencia para el tono funeral

Figura 6

FB Funeral

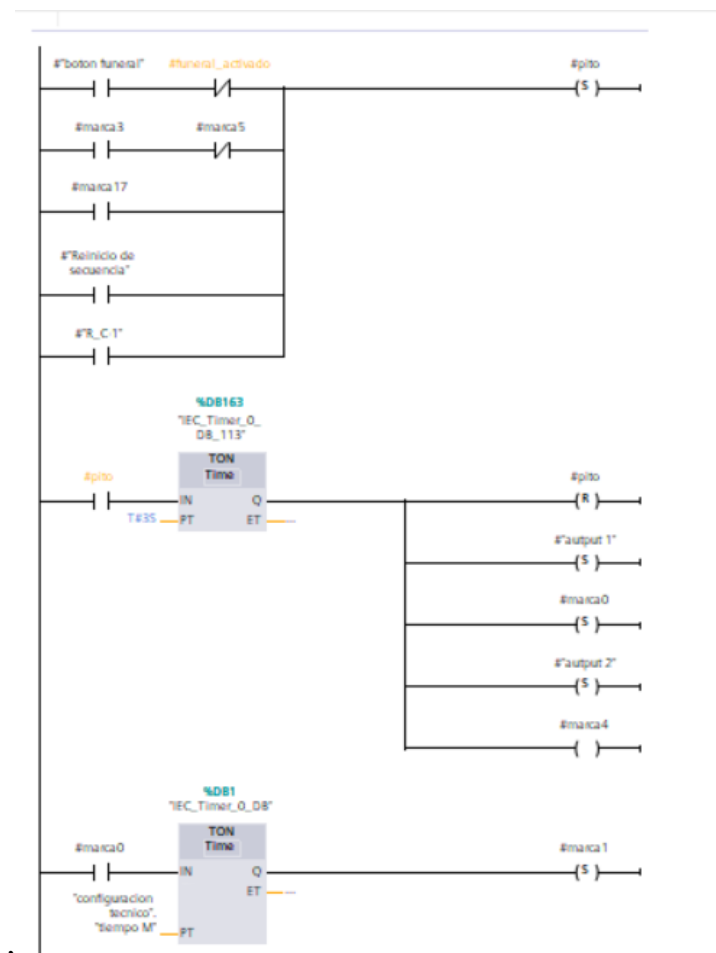


Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la Figura 32 se observa una parte de la programación del tono funeral. El contacto del botón funeral activa la salida del pito, la cual activa un buzzer para dar aviso. Al mismo tiempo, se activa un temporizador de tipo a la desconexión de 3 segundos. Al pasar este tiempo, el buzzer se apagará, se encenderán los dos solenoides y se activará la marca “0”, que enciende un temporizador a la desconexión. Transcurrido el tiempo asignado en la pantalla HMI, se apagarán los dos solenoides.

Figura 7

FB Funeral



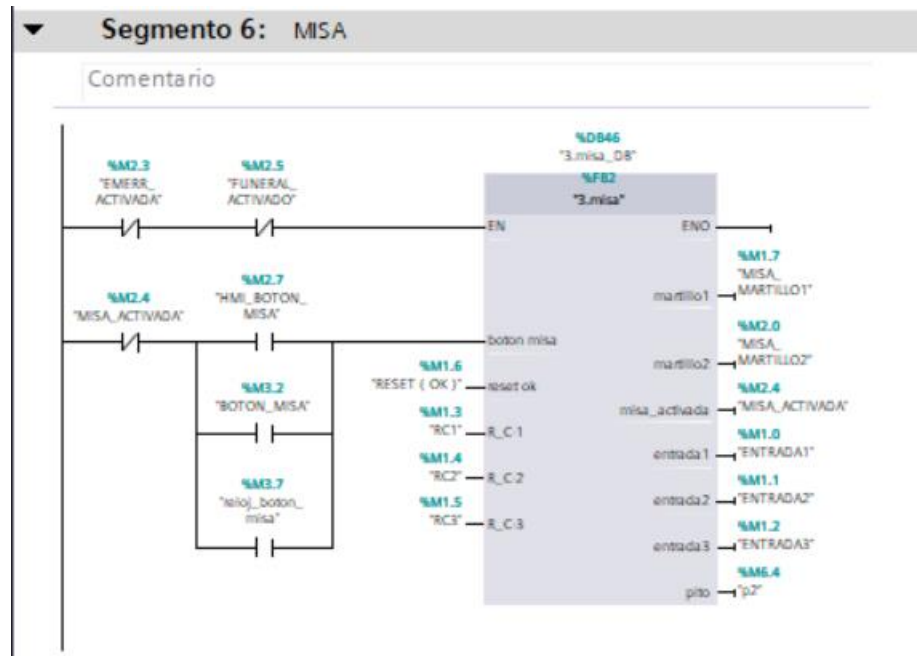
Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la Figura 33 se asigna el FB misa al OB principal. En este FB se realiza la programación de la secuencia y activación de los solenoides para producir el tono misa. Este bloque no se activará si el tono de emergencia o el tono de funeral están activos. Los elementos que activan el funcionamiento del bloque son Botón_Misa, reloj_boton_misa, HMI_Boton_misa y rc1, este último es el reinicio de secuencia que se activa en el FB bloque de tiempo de espera.

Las variables RC2 y RC3 se utilizan para saber cuántas veces se ha repetido la secuencia del tono misa. La variable RESET(OK) devuelve el bloque a su estado inicial. Dentro de este bloque hay contadores y temporizadores para ejecutar de manera correcta la secuencia

Figura 8

FB Misa



Nota. Programación realizada en Tia portal S7

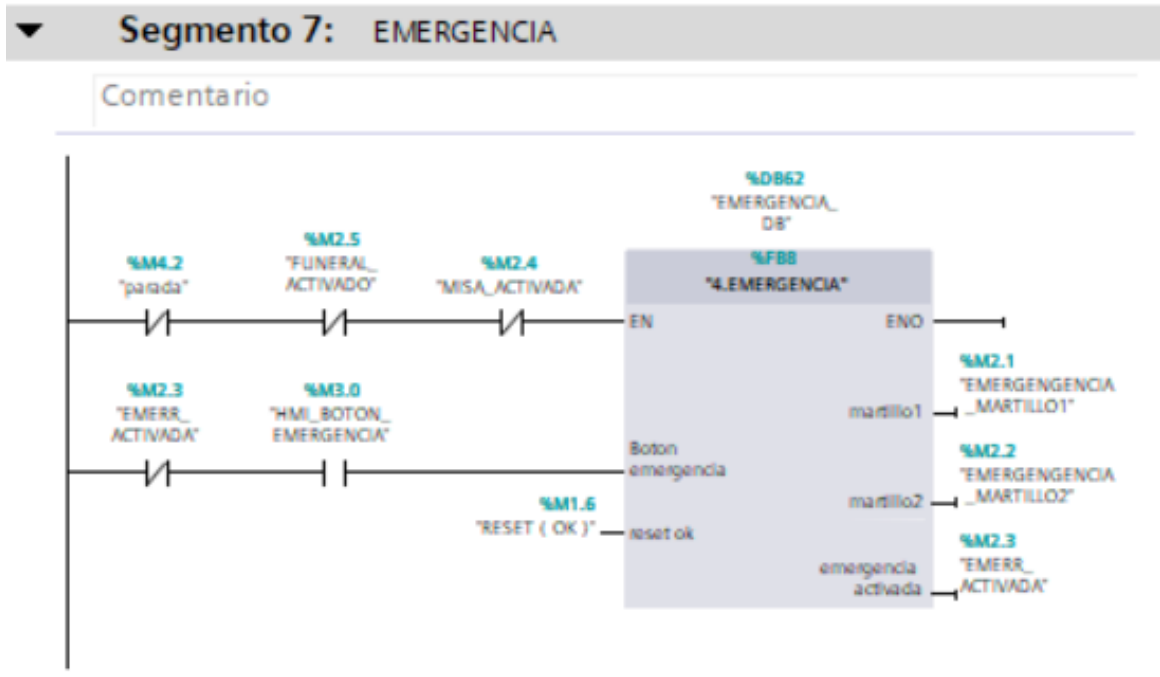
En la Figura 34 se encuentra la realización de la programación del bloque de función EMERGENCIA, el cual solo funciona si es activado mediante la variable HMI_Boton_EMERGENCIA

El FB emergencia no se puede activar si se activa el funcionamiento del tono funeral, misa o si la marca de la variable parada se abre.

Dentro del FB Emergencia hay marcas, contadores y temporizadores para ejecutar de manera correcta la secuencia.

Figura 9

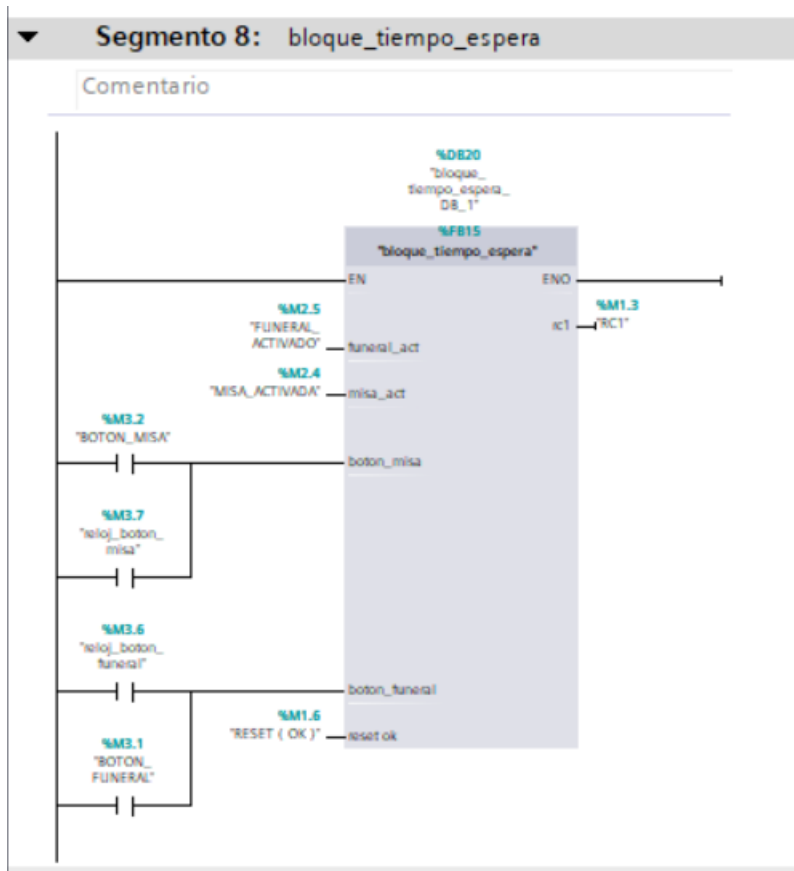
FB Emergencia



Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la Figura 35 se tiene la asignación del FB bloque_tiempo _espera en el bloque principal. Este FB determina el tiempo que debe pasar para reiniciar el tono que se eligió.

Figura 10
FB Bloque Tiempo Espera



Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la Figura 36 se realiza el montaje de los FB primer aviso, segundo aviso y tercer aviso los cuales manda sus respectivos pulsos hacia el FB martillos.

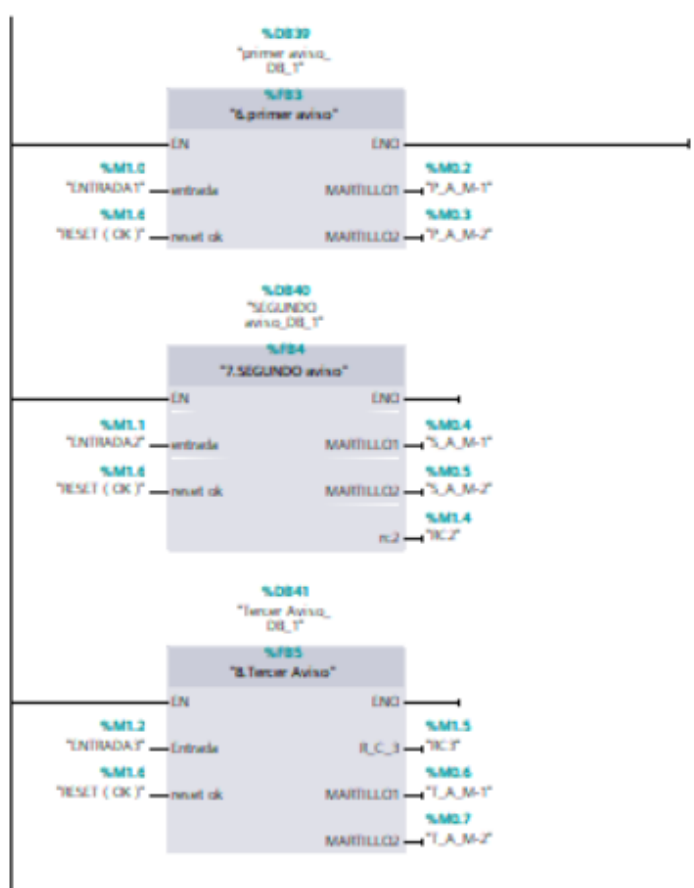
Cada aviso se activa al finalizar la secuencia elegida

Figura 11

FB Primer Aviso, FB Segundo Aviso y FB Tercer Aviso

Segmento 9: AVISOS 1, 2 Y 3

Comentario

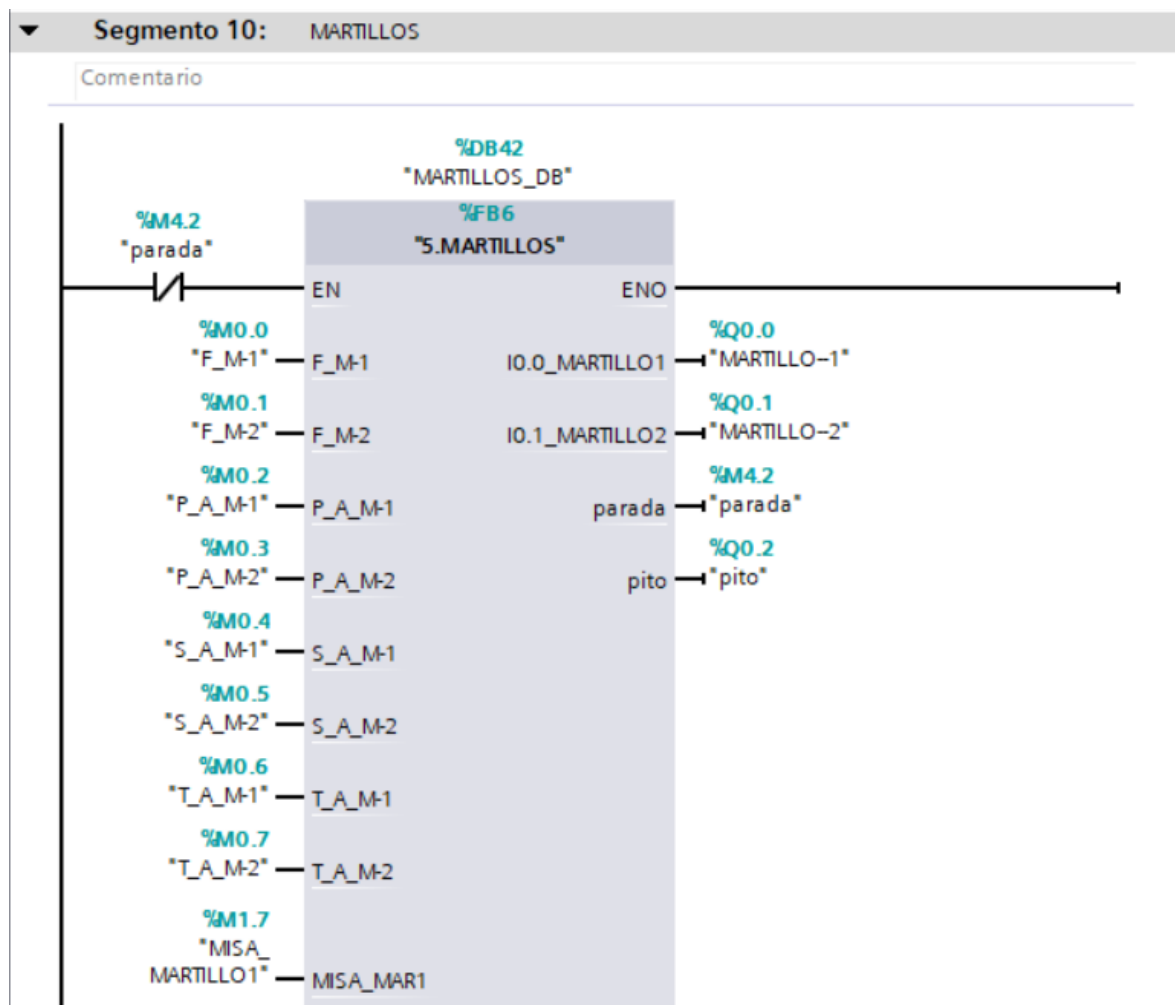


Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la Figura 37 se tiene el montaje del FB MARTILLOS en el bloque principal, aquí entran todas las salidas de los bloques que hagan funcionar los solenoides y en las salidas del bloque se tiene la variable física que pertenece a cada solenoide, también se tiene la salida del buzzer y en la salida parada se activa la marca global M4.2 que desconecta al bloque en el caso que los solenoides queden activado de manera continua en cierto tiempo esto se realiza para evitar sobre calentamiento en el bobinado.

Figura 12

FB Martillos

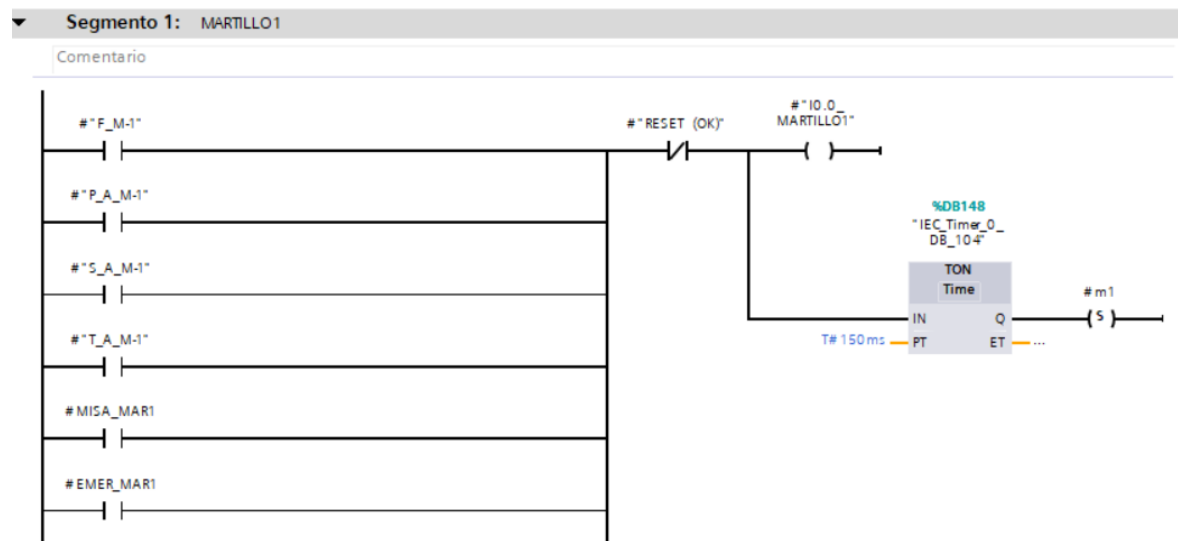


Nota. Programación realizada en Tia portal S7

En la Figura 38 se ve una parte de la programación del bloque martillos. Las entradas activan al solenoide correspondiente, entre los contactos de entrada y las salidas hay un contacto cerrado del reset ok y se tiene un temporizador que encenderá el sistema de parada si el solenoide está activado por más de 150ms, esto se realiza para evitar sobre calentamiento en el bobinado.

Figura 13

Programación FB Martillos



Nota. Programación realizada en Tia portal S7

Interfaz de usuario HMI. Se utiliza el software TIA Portal V13 para la programación del panel HMI Siemens KTP400 Basic PN - 6AV2123-2DB03-0AX0.

Pantalla principal. La pantalla principal configurada se visualiza en la Figura 39. En esta se visualiza la hora y fecha actual. El Icono del operario, permite acceder al calendario y a los botones de mando manual. El icono del técnico permite ajustar los parámetros de cada secuencia. El icono ajuste, permite configurar la sensibilidad de la pantalla táctil, brillo de pantalla, fecha y hora.

Figura 14

Pantalla Principal



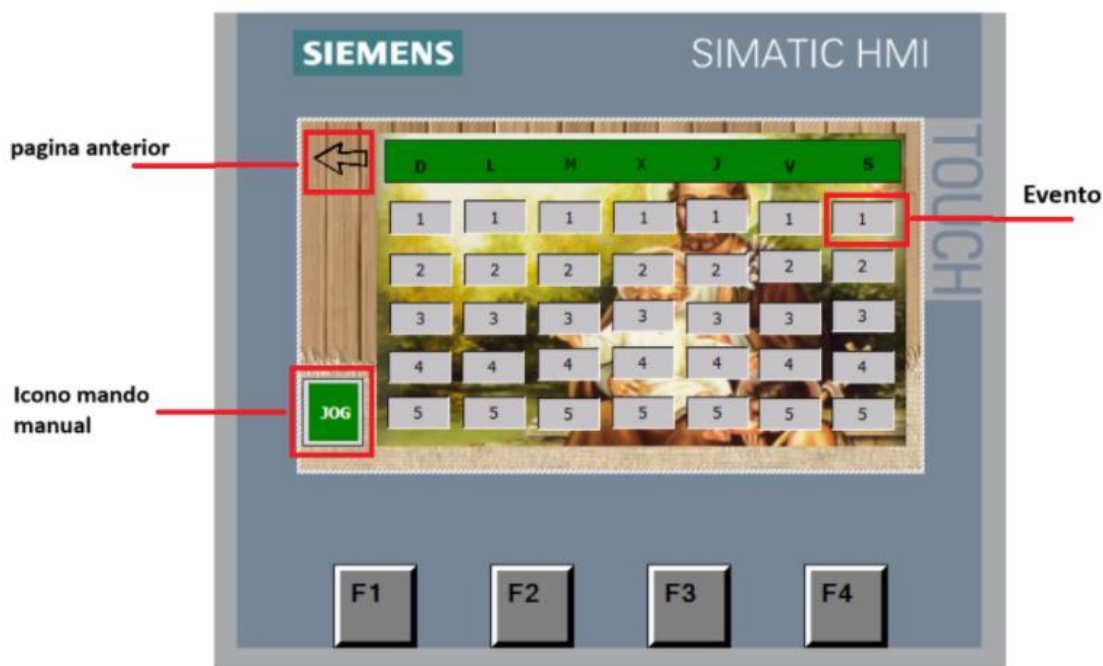
Nota. Interfaz realizada en Tia portal S7

Calendario. En la Figura 40 se observan los elementos de calendario. Cada día de la semana tiene cinco casillas llamadas eventos. Al presionar estas casillas, se muestra el apartado

donde se configuran la hora y el tono del evento seleccionado. El icono de mando manual, permite abrir el apartado donde se pueden activar los tonos de manera inmediata.

Figura 15

Calendario



Nota. Interfaz realizada en Tia portal S7

Evento. En este apartado se selecciona el tono que sonará a la hora elegida. También contiene un interruptor con el cual se habilita este evento, y al llegar la hora y el día seleccionados, se deshabilita de manera automática para evitar que se repita la semana siguiente. Si se desea repetir el evento la semana siguiente a la misma hora, solo se debe presionar el interruptor de enclavamiento. En la Figura 41 se observan los elementos de este apartado; se

debe tener en cuenta que los apartados de cada casilla son diferentes porque son días y eventos diferentes.

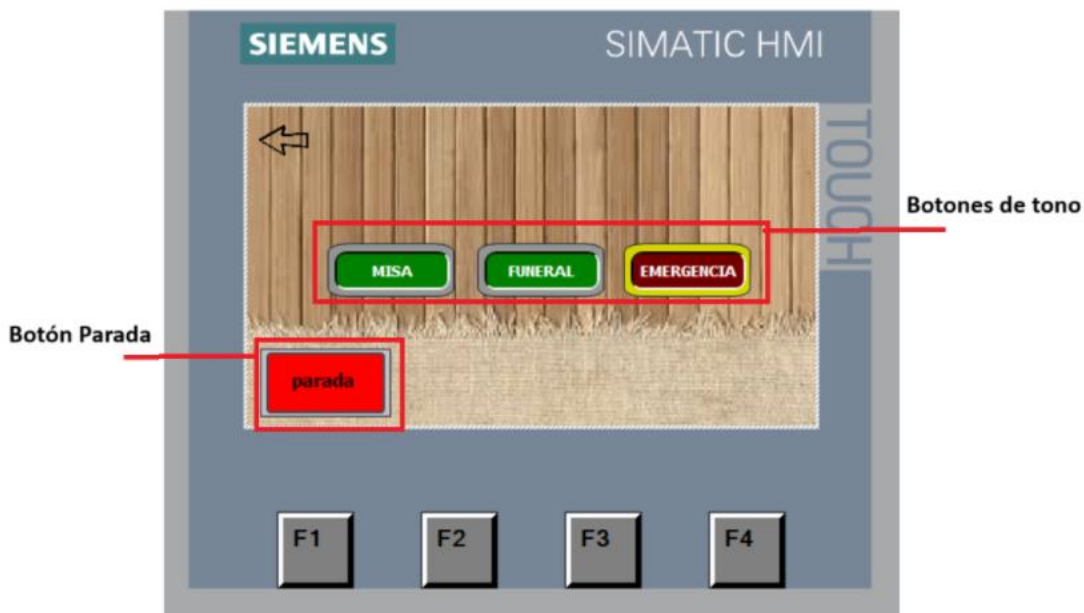
Figura 16

Configuración del Icono Evento en la HMI



Nota. Interfaz realizada en Tia portal S7

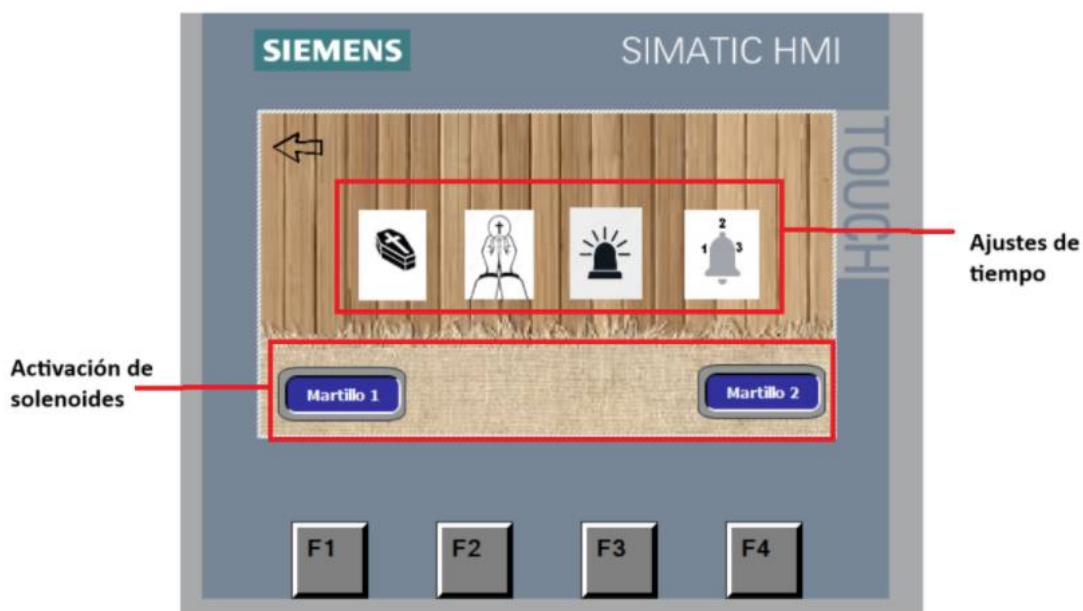
Mando manual. En este apartado, se encuentran en la pantalla los botones que activan el tono seleccionado, el cual sonará de manera inmediata. También se incluye un botón llamado "Parada", que tiene la función de detener de manera inmediata el tono que esté sonando. En la Figura 42 se observan los elementos de este apartado.

Figura 17*Mando Manual*

Nota. Interfaz realizada en Tia portal S7

Ajuste técnico. Es el apartado donde el técnico configura los tiempos de los tonos para su buen funcionamiento y también puede verificar de manera independiente el movimiento de los solenoides mediante los pulsadores martillo 1 y martillo 2. En la

Figura 18 se observa el apartado de ajuste técnico

Figura 18*Ajuste Técnico*

Nota. Interfaz realizada en Tia portal S7

Ensamble y Montaje en Sitio

Para este sistema electromecánico se utiliza el método tradicional para hacer sonar las campanas, que es el badajo de la campana. Se reemplaza la soga por guayas las cuales pasan por un sistema de poleas para ser jaladas por el solenoide de cada campana.

En la Figura 44 se observa la instalación de los solenoides adaptado al sistema tradicional.

Figura 19

Instalación de Solenoide con Estructura



Nota. La guaya colocada en el vástago superior va atada en el badajo y la guaya atada en el vástago inferior de cada solenoide se unen para poder ser sonar las campanas de manera manual

En la Figura 45 se ve representado de manera enumerada los componentes del tablero eléctrico. En este se encuentra lo siguiente.

1. Breaker mono polar

2. Fuente 24Vdc
3. Fuente 160v dc
4. PLC s7-1200
5. Pulsadores
6. Relays

Figura 20

Tablero de Mando



Nota. El pulsador de la izquierda es el pulsador 1, el que está situado en el centro es el stop y el de la derecha es el pulsador 2

En la Figura 46 se observa instalación del gabinete en el campanario de la parroquia san José de Luruaco.

Figura 21

Instalación de Gabinete



Nota. Instalación del gabinete en el penúltimo nivel del campanario.

En la Figura 47 se observa la instalación de pantalla HMI en la casa cural de la parroquia san José de Luruaco.

Figura 22

Instalación de Hmi



Nota. Instalación de HMI en la casa cural

Pruebas y ajustes

Al finalizar la instalación y conexión de todos los componentes de la automatización del campanario de la parroquia San José, se procedió a verificar y ajustar el funcionamiento sincronizado de todos los componentes mecánicos, electrónicos y de software. En la figura 48 se observa el ajuste de la hora y fecha del dispositivo.

Figura 23

Verificación de Hora



Nota. Verificación de hora y fecha en la HMI

En la figura 49 se observa la verificación del funcionamiento del calendario.

Figura 24*Calendario*

Nota. Verificación del calendario en la HMi

En la figura 50 se observa la verificación del funcionamiento de los pulsadores

Figura 25*Pulsadores*



Nota. Verificación del funcionamiento del apartado pulsadores en la HMI

En la figura 51 se observa la verificación de la tensión de las guayas.

Figura 26

Tensión de Guayas



Nota. Ajuste de la tensión en las guayas de cada campana.

Encuesta

En la Figura 52 se evidencia la encuesta de verificación de que se realizó junto al párroco de la parroquia san José de Luruaco

Figura 27

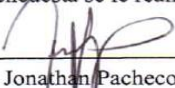
Encuesta

Encuesta para saber si la automatización del campanario de la parroquia san José de Luruaco cumple con los requisitos dados por el párroco y la comunidad.

Conteste el siguiente formulario para determinar si el dispositivo cumple con las expectativas y si realiza todos los procesos de manera correcta.

	Si	No
¿Se puede interactuar y controlar el dispositivo mediante una pantalla táctil ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿En la pantalla táctil se visualiza la fecha y hora actual de la zona horaria (GMT-5)?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿En la pantalla táctil se puede programar el toque de las campanas mediante los días de la semana y horas?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se puede elegir la melodía a sonar en el calendario?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se puede programar varios eventos en el mismo día?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿En la pantalla táctil se encuentran accesible botones que activan de manera inmediata las melodías de misa, funeral y emergencia?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El dispositivo ejecuta el toque de las campanas en la hora y día exacto?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿La melodía de misa suena acorde a los requerimientos del párroco?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿La melodía de funeral suena acorde a los requerimientos del párroco?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿La melodía escogida a sonar se repite tres veces en el periodo de una hora?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Al finalizar el sonar de la melodía escogida suena el conteo de la secuencia?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El dispositivo permite accionar de manera manual mediante cuerdas las campanas?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El dispositivo cuenta con un interruptor de desconexión al fluido eléctrico en caso de avería?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Es más fácil ejecutar el sonar de las campanas con la automatización realizada en ellas?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Esta encuesta se le realiza al párroco de la parroquia san José de Luruaco.


Prco. Jonathan Pacheco

Conclusiones

Se logró automatizar el funcionamiento del campanario de la Parroquia San José en el municipio de Luruaco, Atlántico, Colombia, mediante el uso de un sistema electrónico programable PLC y un sistema electromecánico. Para esto, se llevó a cabo un diseño que se

adaptara a los requerimientos del párroco y la infraestructura del campanario, con el fin de mantener la tradición y preservar el patrimonio cultural e histórico de la parroquia.

Con el propósito de mejorar la seguridad y comodidad del operario, se instaló una pantalla HMI en la sala de la casa cural, eliminando la necesidad de ascender a una altura de 12 metros para tocar las campanas de manera manual. Esta disposición contribuye a reducir el riesgo de accidentes y posibles lesiones derivadas de caídas, promoviendo un entorno de trabajo más seguro.

La automatización del campanario de la Parroquia San José de Luruaco, al contar con un PLC S7-1200, otorga confiabilidad al sistema al momento de ejecutar las instrucciones programadas y su resistencia a las condiciones ambientales expuestas. Este PLC destaca no solo por su capacidad de procesamiento, sino también por su robustez y durabilidad, características esenciales para su funcionamiento en un entorno expuesto a condiciones ambientales variables, como humedad, polvo y temperaturas cambiantes.

Se pudo comprobar que el sistema electromecánico diseñado y montado en el campanario proporciona la fuerza y la velocidad necesarias para accionar las campanas de forma efectiva, replicando los toques tradicionales de acuerdo con el evento configurado.

Los resultados de la encuesta realizada al párroco revelaron una satisfacción plena con el sistema, destacando el cumplimiento de los requisitos planteados. La automatización permite realizar los toques de campana de manera puntual y reduce la necesidad de contratar a una persona capacitada en los diferentes tonos de los eventos, disminuyendo así el riesgo y simplificando la operación del campanario.

Bibliografía

- Alberto Brunete, P. S. (2024). *ntroducción a la Automatización Industrial*. universidad politecnica de madrid. Obtenido de https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/
- Bañales, M. (2019, 12 de junio). Las campanas: testigos de la historia local. *TORRES Y CAMPANAS*. Universidad de Navarra. Obtenido de <https://www.unav.edu/web/catedra-patrimonio/actividades/ciclos-y-conferencias/2019/las-campanas-testigos-de-la-historia-local#:~:text=Este%20instrumento%20musical%2C%20aunque%20de,de%20esta%20re gi%C3%B3n%20su%20nombre>
- Boylestad, R. (1998). *Electronica teoría de circuitos*. Mexico: Prentice Hall.
- Chapman, S. (2005). *Máquinas Eléctricas*. Ciudad de Mexico: McGrawhill.
- Corporacion Luis Eduardo Nieto Arteta. (11 de Diciembre de 2021). Cams8 Historia de luruaco. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=nmoY_sI3tfo&t=9s
- El tiempo. (1998, 23 de Junio). Luruaco tuvo Nombre de presidente. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-851608>
- Electro Industria. (2020). *Electro Industria*. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3691&ni=que-es-un-rele-de-estado-solido>
- Electronica fácil. (2004). *Electrónica Fácil*. Obtenido de <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/SEGUIDOR-DE-TENSION.html>
- Farina, A. L. (2019). Tableros Eléctricos. *Ingeniería eléctrica*, 44-47.

Fluke. (2021). *Fluke*. Obtenido de <https://www.fluke.com/es-co/informacion/blog/electrica/que-es-la-capacitancia>

Fraden, J. (2010). *Handbook of Modern Sensors*. Springer.

<https://naylampmechatronics.com/>. (15 de 8 de 2019). <https://naylampmechatronics.com/>.

Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/>: <https://naylampmechatronics.com/>

Indriago, M. (11 de Marzo de 2015). *controlreal*. Obtenido de controlreal.com:

<https://controlreal.com/es/controlador-logico-programable-plc/?noamp=mobile>

industrias Andes. (2024). *industrialesandes.com*. Obtenido de

<https://industrialesandes.co/maniobra/188-solenoide-jf-0530b->

[dc24v.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAxOauBhCaARIsAEbUSQQwBF98X-](https://industrialesandes.co/maniobra/188-solenoide-jf-0530b-dc24v.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAxOauBhCaARIsAEbUSQQwBF98X-)

[PO_k--uSEJfbb_dAMIFtOC03gPTcZwLb4cWMZ5NdfVq_8aAlGrEALw_wcB#](https://industrialesandes.co/maniobra/188-solenoide-jf-0530b-dc24v.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAxOauBhCaARIsAEbUSQQwBF98X-PO_k--uSEJfbb_dAMIFtOC03gPTcZwLb4cWMZ5NdfVq_8aAlGrEALw_wcB#)).

Irontech. (3 de Agosto de 2023). *Irontech Group*. Obtenido de irontech-group.com:

<https://irontech-group.com/es/que-es-un-hmi-el-significado-y-la-importancia-del-human-machine-interface/>

Irvin, L. (2011). *Prezy*. Obtenido de <https://prezi.com/utaemmysw36r/filtros-sallen-key-y-rauch/>

JDelectricos. (2024). *jdelectricos*. Obtenido de jdelectricos.com: <https://jdelectricos.com.co/>

Lopez Gabriel, V. A. (2010). Aplicacion de fusibles e interruptores termo-magneticos.

Especialización en potencia. Universidad de Guayaquil, Guayaquil.

made-in-china. (s.f.). *made-in-china*. Obtenido de made-in-china.com.

maloney, t. j. (2006). *Electrónica industrial moderna*. (Vol. 5). Mexico: PEARSON

EDUCACIÓN.

Miguel. (s.f.). *controlreal*. Obtenido de controlreal.com: [https://controlreal.com/es/controlador-](https://controlreal.com/es/controlador-logico-programable-plc/?noamp=mobile)

[logico-programable-plc/?noamp=mobile](https://controlreal.com/es/controlador-logico-programable-plc/?noamp=mobile)

- Ministerio de trabajo. (2021, 27 de diciembre). *Resolucion numero 4272 de 2021*. Imprenta nacional de colombia. Obtenido de www.mintrabajo.gov.co
- Ogata, K. (2010). *Ingenieria de control moderna* (Vol. 5).
- Ordóñez, J. (28 de marzo de 2024). El reloj mecánico, un ingenioso invento de época medieval. *Historia national geographic*. Obtenido de https://historia.nationalgeographic.com.es/a/inventos-medievales_6644
- Perez, M. A., Perez Hidalgo, A., & Perez Berenguer, E. (2007). *dea.unsj.edu*. Obtenido de dea.unsj.edu.ar: <http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf>
- radthink. (21 de Abril de 2012). *www.radthink.com.mx*. Obtenido de www.radthink.com.mx: www.radthink.com.mx
- Ramirez castaño, S. (2003). *Proteccion de sistemas electricos*. universidad Nacional de colombia - sede manizalez, Manizalez. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7094>
- Ryctel. (5 de 10 de 2021). *ryctel.com*. Obtenido de ryctel.com: www.ryctel.com/productos/distribucion-electrica/baja-tension/distribucion
- Ryctel Ltd. (2017). *Ryctel Ltd*. Obtenido de <http://ryctel.com/productos/distribucion-electrica/baja-tension/distribucion/>
- Salas, L. (2023). Diseño de sistema mecatrónico para la automatización de relojes mecánicos antiguos. (*trabajo final de grado*). Universidad politecnica de cartagena, Cartagena, españa.
- Salvatierra, B. (2021). Interruptores termomagneticos. (*Folleto Tecnico*). Instituto superior tecnologico Jose Ochoa Leon, Ecuador. Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/667739034/Folleto-Tecnico-Interruptor-Termomagnetico-1>

Samuel J. Ling, J. S. (2021). *Física universitaria volumen 2* (Vol. 2). Houston, Texas:

Openstax. Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://assets.openstax.org/oscms-

prodcms/media/documents/FisicaUniversitariaVolumen2-

WEB.pdf?_gl=1*112al6w*_gcl_au*MjE0NjIyODQ3NC4xNzE2NjQ1ODA4*_ga*MzI2

MjcxNjI4LjE3MTY2NDUwMDE.*_ga_T746F8B0QC*MTcxNjY0NT

Serna M, E., Martinez M, R., & Tamayo O, P. (2019). *Computación y Sistemas*. Obtenido de

cys.cic.ipn.mx: <https://www.cys.cic.ipn.mx/ojs/index.php/CyS/article/view/2782/2602>

servicenow. (s.f.). *servicenow*. Recuperado el 25 de mayo de 2024, de servicenow.com:

<https://www.servicenow.com/es/now-platform/what-is-automation.html>

Siemens AG. (29 de Abril de 2024). *Hoja de datos 6AV2123-2DB03-0AX0*. Obtenido de

<https://support.industry.siemens.com/cs/pd/379924?pdti=pi&dl=es&lc=es-CO>.

Siemens. (s.f.). *Siemens.com*. Obtenido de

[https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-](https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html)

[1200.html](https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html)

Superintendencia de servicios públicos. (20 de Marzo de 2012). *www.redjurista.com*. Obtenido

de www.redjurista.com: www.redjurista.com

Torrente, O. (2010). *Arduino curso Práctico de formación*. Ciudad de Mexico: Alfaomega.

uelectronics.com. (2019). *www.uelectronics.com*. Obtenido de www.uelectronics.com.

Ulmer-Muenster. (2019). <https://www.ulmer-muenster.de/>. Obtenido de [.ulmer-muenster.de](http://www.ulmer-muenster.de).

unac.edu.pe. (2012). *unac.edu.pe*. Obtenido de

https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_DICIEMBRE_2012/IF_RODRIGUEZ%20ABURTO_FIEE/LIBRO%20INSTRUMENTOS%20PARA%20TABLEROS.pdf

Victor Canseco, P. A. (2013). Automatización del funcionamiento del campanario del santuario de nuestra señora de la elevación de la diócesis de Ambato en la parroquia Santa Rosa. (*Proyecto académico de servicio comunitario para la vinculación con la sociedad*). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Wikipedia. (s.f.). *Wikipedia*. Recuperado el 22 de mayo de 2024, de es.wikipedia.org:

https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Iglesias_m%C3%A1s_altas_del_mundo

Apéndices

En este apartado se muestran evidencias de la construcción del sistema.

Construcción del tablero de control (Apéndice)

Construcción de solenoide, proceso de bobinado (Apéndice)

Colocación de carcasas antilluvia. La base que está a la derecha está totalmente armada tal como se ve en la (Apéndice)

Conexión entre tablero de control y solenoides, estos están situado piso antes donde están las campanas (Apéndice)

Instalación de guayas a badajos de campanas (Apéndice)

Apéndice A

Construcción de Tablero de Control



Nota. Empezando de la construcción del tablero de control

Apéndice B

Bobinado Solenoide



Nota. En la imagen no está totalmente terminada la bobina

Apéndice C

Colocando Carcasa Antilluvia a Estructura Solenoide



Nota. La estructura de la izquierda no tiene el forro que protege la parte superior

Apéndice D

Conexión Tablero de Control y Solenoides



Nota. Instalación final del tablero de control junto al de los solenoides.

Apéndice E

Instalación de Guayas a Badajos



Nota. Instalación de guayas y poleas al sistema mecatrónico