



Implementación y puesta en marcha del sistema automatizado para el repique de campanas en la iglesia Santa Marianita perteneciente a la parroquia Joseguango Bajo.

Lagua Flores, Jairo Joel y Paéz Cifuentes, Alan Leonel

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Trabajo de unidad integración curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Automatización e Instrumentación.

Ing. Alpúsig Cuichán, Silvia Emperatriz

08 de marzo del 2024

Latacunga

Reporte de Verificación de Contenido



Plagiarism and AI Content Detection Report

Documento_Titulacion_Lagua_Paéz_C...

Scan details

Scan time: March 6th, 2024 at 21:9 UTC
 Total Pages: 41
 Total Words: 10130

Plagiarism Detection

Types of plagiarism	Words
Identical	2.1% 213
Minor Changes	0% 0
Paraphrased	0.1% 11
Omitted Words	0% 0

AI Content Detection

Text coverage	Words
AI text	6.9% 703
Human text	93.1% 9427

Plagiarism Results: (6)

Tabla de Clasificación IP y Definiciones | Tameson.es 1.9%

<https://tameson.es/pages/tabla-de-clasificacion-ip-y-definiciones>

Charles Kolstad

[Ir al contenido](#) [Menu](#) [Cerrar](#) ...

Grados de protección · BEGA 0.3%

<https://www.bega.com/ver/es/conocimiento-teorica-de-la-luminacion/grados-de-proteccion/>

Productos Referencias Empresa Conocimientos Servicio +...

M-EPEL-ENT-0434.pdf 0.2%

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11000/35852/1/m-espel-ent-0434.pdf>

Usuario

1 Automatización de las campanas de la Iglesia Nuestra señora de El Salto de la Ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, Bonilla Tuf...

IP Ratings - Getac 0.1%

<https://www.getac.com/es/ver/identificacion-ip-rating/>

Soluciones Productos Portátiles V110 S410 B360 Pro B360 X600 X600 Pro X600 Server ...



About this report
[help@copleaks.com](https://copleaks.com)



Ing. Alpúsig Cuichán, Silvia Emperatriz

Director



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones
Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Certificación

Certifico que el trabajo de la unidad de integración curricular **"Implementación y puesta en marcha del sistema automatizado para el repique de campanas en la iglesia Santa Marianita perteneciente a la parroquia Joseguango Bajo."** fue realizado por los señores **Páez Cifuentes, Alan Leonel y Laguna Flores Jairo Joel**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 7 de marzo del 2024

Ing. Alpusig Cuichán, Silvia Emperatriz

C. C.:0502779697



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones
Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Páez Cifuentes, Alan Leonel** con cédula de ciudadanía n° 1750276139 y **Lagua Flores Jairo Joel**, con cédula de ciudadanía n° 1805456108, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Implementación y puesta en marcha del sistema automatizado para el repique de campanas en la iglesia Santa Marianita perteneciente a la parroquia Joseguango Bajo** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 7 de marzo del 2024

Lagua Flores Jairo Joel

C.C.: 1805456108

Páez Cifuentes, Alan Leonel

C.C.: 1750276139



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones
Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Autorización de Publicación

Nosotros **Páez Cifuentes, Alan Leonel** con cédula de ciudadanía n° 1750276139 y **Lagua Flores Jairo Joel**, con cédula de ciudadanía n° 1805456108 autorizo/autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Implementación y puesta en marcha del sistema automatizado para el repique de campanas en la iglesia Santa Marianita perteneciente a la parroquia Joseguango Bajo** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 7 de marzo del 2024

Lagua Flores Jairo Joel
C.C.: 1805456108

Páez Cifuentes, Alan Leonel
C.C.: 1750276139

Dedicatoria

Este trabajo de titulación está dedicado a:

Mis padres Vinicio y Elsa por el apoyo incondicional que me brindaron en una de las decisiones más importantes de mi vida, les doy las gracias porque a pesar de haber tenido tropiezos a lo largo del camino siempre estuvieron motivándome a seguir adelante.

Mis hermanos que estuvieron siempre brindándome su compañía a lo largo de mi carrera, los aprecio mucho y espero ser un ejemplo a seguir para ustedes.

Jairo Joel Laguna Flores

Dedicatoria

A mis padres, por su apoyo en cada paso que he dado, en su amor y confianza en todas las decisiones y logros alcanzados.

A mi hermana por estar siempre presente en los momentos más difíciles y por cuidar de mi en cada paso que doy.

Alan Leone Paéz Cifuentes

Agradecimiento

Quiero agradecer primeramente a Dios por guiarme a lo largo de este trayecto y permitirme alcanzar una meta más en mi vida.

A mi familia por motivarme a ser una mejor persona cada día sin importar las circunstancias adversas, además agradezco porque siempre pude contar con su apoyo para cubrir todas las necesidades que se presentaron durante mi paso por esta prestigiosa universidad.

A mi compañero Alan Paéz por ser una persona muy responsable y comprometida con el trabajo.

Finalmente quiero dar un agradecimiento especial a la Ing. Paola Calvopiña por brindarme palabras de aliento en un punto crucial de mi carrera Dios bendiga su vida y la llene de éxitos.

Jairo Joel Laguna Flores

Agradecimiento

Agradezco a Dios por siempre cuidar de toda mi familia y darme las fuerzas necesarias para salir adelante en los momentos difíciles.

Agradezco a mis padres, por todo el esfuerzo que han hecho estos años en darme todo lo necesario para cumplir esta meta, Gracias por enseñarme y amarme en cada momento de mi vida.

De manera especial agradezco a mi hermana, por brindarme el apoyo incondicional, y por estar siempre conmigo. Los amo mucha familia, Gracias.

Alan Leone Paéz Cifuentes

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de Verificación de Contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento	8
Agradecimiento	9
Índice de contenido	10
Índice de figuras	15
Índice de tablas.....	18
Resumen	19
Abstract.....	20
Capítulo I: Introducción.....	21
Antecedentes.....	21
Planteamiento de problema	22
Justificación	22
Alcance.....	23
Objetivos	23

<i>Objetivo general</i>	23
<i>Objetivos específicos</i>	23
Capítulo II: Marco Teórico	24
Historia	24
Iglesia Santa Marianita de la parroquia Eclesiástica Joseguango Bajo.....	24
Descripción del campanario	25
Campana	27
<i>Partes de una campana</i>	28
Badajo.....	29
Automatización	30
Automatismo	31
Sistemas electromecánicos	32
Sistemas de lazo abierto y cerrado	33
Elemento de control final	34
Lenguajes de programación	35
<i>Lenguaje C++</i>	35
Norma NEC.....	35
<i>Norma NEC-SB-IE</i>	36
Norma IEC	36
<i>Norma IEC 60508</i>	36

<i>Norma IEC 60446</i>	37
Grado de protección IP.....	38
Arduino IDE	38
Gabinete.....	39
Cable AWG.....	40
Cable concéntrico	40
Fuente de alimentación.....	41
Industruino	42
Bornera	44
Pulsador	44
Luz indicadora.....	45
Pulsador de emergencia.....	45
Selector de dos posiciones	46
Fusible.....	46
Portafusible	47
Interruptor termomagnético	47
Contacto seco.....	48
Relé	48
Variador.....	49
Motor.....	50

Caja reductora	52
Mecanismo biela-manivela.....	53
Capítulo III: Desarrollo del tema	55
Filosofía de operación y control.....	55
Arquitectura del sistema	56
Diseño del tablero del control	57
Diseño de tablero de fuerza	59
Disposición de las borneras en los tableros.....	61
Borneras del tablero de control	61
Borneras del tablero de fuerza	62
Selección y configuración de equipos.	63
<i>Industruino</i>	63
Relés 24VDC	69
Variador de frecuencia	69
Configuración del variador de frecuencia.....	70
Diseño del sistema mecánico	75
Dimensionamiento de alimentación de tableros	77
Portafusibles.....	77
Fuente de alimentación de voltaje DC	78
Cálculo de dimensionamiento de cable.....	80

Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones.....	95
Conclusiones.....	95
Recomendaciones.....	96
Bibliografía	97
Anexos.....	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Iglesia Santa Marianita	24
Figura 2 Iglesia Joseguango Bajo vista interna	25
Figura 3 Campanario Iglesia Santa Marianita	26
Figura 4 Campanario de la iglesia.....	26
Figura 5 Partes de una campana	28
Figura 6 Badajo volante	29
Figura 7 Badajo cadente	30
Figura 8 Automatización en campanas.....	31
Figura 9 Automatismo en campanas	31
Figura 10 Sistema electromecánico	32
Figura 11 Sistema lazo abierto.....	33
Figura 12 Sistema lazo cerrado.....	34
Figura 13 Elemento de control final	34
Figura 14 Interfaz Arduino	39
Figura 15 Gabinete	40
Figura 16 Cable concéntrico.....	41
Figura 17 Fuente AC-DC24V.....	41
Figura 18 Industruino.....	43
Figura 19 Bornera dos pisos.....	44
Figura 20 Pulsadores.....	44
Figura 21 Luz indicadora.....	45
Figura 22 Pulsador de emergencia.....	45
Figura 23 Selector de dos posiciones	46
Figura 24 Fusible.....	46
Figura 25 Portafusible.....	47
Figura 26 Interruptor termomagnético	48
Figura 27 Relé	49
Figura 28 Variador de frecuencia	49
Figura 29 Motor.....	51
Figura 30 Caja reductora	53
Figura 31 Mecanismo Biela manivela	54
Figura 32 Biela-manivela adaptado a un motor	54

Figura 33	<i>Esquema de funcionamiento del sistema</i>	56
Figura 34	<i>Arquitectura del sistema</i>	57
Figura 35	<i>Layout tablero de control</i>	58
Figura 36	<i>Layout interno del tablero de fuerza</i>	60
Figura 37	<i>Bloque de Borneras A</i>	61
Figura 38	<i>Bloque de Borneras B</i>	62
Figura 39	<i>Bloque de bornera C</i>	63
Figura 40	<i>Página oficial de Arduino.ide</i>	64
Figura 41	<i>Documento ejecutable de la aplicación Arduino.IDE</i>	64
Figura 42	<i>Ejecución de instalador de Arduino.IDE</i>	65
Figura 43	<i>Entorno de programación de Arduino.IDE</i>	65
Figura 44	<i>Selección de tarjeta y puerto de comunicación</i>	66
Figura 45	<i>Library Manager</i>	66
Figura 46	<i>Verificar o compilar programación</i>	68
Figura 47	<i>Cargar programa en la placa seleccionada</i>	68
Figura 48	<i>Relé 24vdc</i>	69
Figura 49	<i>Programación variador parte 1</i>	70
Figura 50	<i>Programación variador parte 2</i>	71
Figura 51	<i>Programación variador parte 3</i>	71
Figura 52	<i>Programación variador parte 4</i>	72
Figura 53	<i>Programación variador parte 4</i>	72
Figura 54	<i>Programación variador parte 5</i>	73
Figura 55	<i>Conexiones de control del variador de frecuencia</i>	75
Figura 56	<i>Sistema mecánico para repique de campanas</i>	76
Figura 57	<i>Distancia de instalación del cableado para la transmisión de voltaje</i>	82
Figura 58	<i>Distancia de instalación del cableado de corriente</i>	83
Figura 59	<i>Distancia de instalación del cableado de alimentación de motores</i>	87
Figura 60	<i>Electromartillo</i>	88
Figura 61	<i>Electromartillo</i>	88
Figura 62	<i>Sistema mecánico con motor</i>	89
Figura 63	<i>Sistema mecánico con motor y caja reductora</i>	90
Figura 64	<i>Tablero de control</i>	91
Figura 65	<i>Instalación de tablero de control</i>	91

Figura 66 <i>Tablero de fuerza</i>	92
Figura 67 <i>Instalación de tablero de fuerza</i>	93
Figura 68 <i>Instalación de elemento final de control</i>	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Dimensiones de las campanas</i>	27
Tabla 2 <i>Cables según IEC 60466</i>	37
Tabla 3 <i>Grado IP contra sólidos</i>	38
Tabla 4 <i>Grado IP contra líquidos</i>	38
Tabla 5 <i>Descripción de la fuente</i>	42
Tabla 6 <i>Características del Industruino</i>	43
Tabla 7 <i>Variador</i>	50
Tabla 8 <i>Características del motor de ½ HP</i>	51
Tabla 9 <i>Características del motor de 1 HP</i>	52
Tabla 10 <i>Relación de las cajas reductora</i>	53
Tabla 11 <i>Funciones de pulsadores del tablero de control</i>	59
Tabla 12 <i>Funciones para Industruino</i>	67
Tabla 13 <i>Declaración de funciones para entradas y salidas para el Industruino</i>	67
Tabla 14 <i>Funciones de programación del variador de frecuencia</i>	73
Tabla 15 <i>Equivalente número de vueltas por segundo</i>	77
Tabla 16 <i>Consumo de cargas</i>	78
Tabla 17 <i>Consumo de cargas del variador de frecuencia</i>	79

Resumen

El presente proyecto de titulación se fundamenta en la automatización del repique de campanas de la iglesia Santa Marianita ubicada al norte del cantón Latacunga en la Parroquia Joseguango Bajo, la instalación consiste en un sistema electromecánico el cual integra dos motores que trabajan mediante el mecanismo conocido como biela manivela, este sistema realiza los repiques de las campanas al mover los badajos de cada una, mediante una cuerda adaptada al mecanismo, reemplazando así la acción que consistía en mover de manera manual las sogas atadas a cada una de las campanas. Todo el sistema estará controlado por un controlador digital (Industruino), el cual envía señal analógica de 0 a 20 mA a los variadores de frecuencia, los equipos están instalados dentro de un tablero de control y fuerza respectivamente, ubicados en la sacristía y en el campanario, el Industruino se encuentra en la sacristía puesto que es el lugar más viable dentro de la iglesia para que las personas encargadas del repique puedan manipular el sistema de accionamiento del repique de las campanas, esto se hace a través de tres pulsadores diseñados de acuerdo al requerimiento de la persona encargada de la iglesia, lo que se busca mediante la automatización del repique de campanas es precautelar la seguridad de las personas encargadas de este trabajo ya que el acceso al campanario es por fuera de la iglesia y proponer trabajos relacionados a la automatización de procesos al servicio de la comunidad.

Palabras clave: automatización de campanas, biela-manivela, sistema electromecánico,

Industruino

Abstract

This degree project is based on the automation of the ringing of the bells of the Santa Marianita church located in the north of Latacunga canton in the Joseguango Bajo parish, the installation consists of an electromechanical system which integrates two motors that work through the mechanism known as gear-crank, This system performs the chimes of the bells by moving the clappers of each one, by means of a rope adapted to the mechanism, thus replacing the action that consisted in moving manually the ropes tied to each one of the bells. The whole system will be controlled by a digital controller (Industruino), which sends analog signal from 0 to 20 mA to the frequency variators, the equipment is installed inside a control and power board respectively, located in the sacristy and in the bell tower, the Industruino is located in the sacristy since it is the most viable place inside the church so that the people in charge of the ringing can manipulate the system of activation of the ringing of the bells, This is done through three push buttons designed according to the requirement of the person in charge of the church, what is sought through the automation of the ringing of bells is to ensure the safety of the people in charge of this work since access to the bell tower is outside the church and propose work related to the automation of processes at the service of the community.

Keywords: automation of hoods, gear-crank, electro-mechanical system, Industruino

Capítulo I

Introducción

Implementación y puesta en marcha del sistema automatizado para el repique de campanas en la iglesia Santa Marianita perteneciente a la parroquia Joseguango Bajo.

Antecedentes

Las iglesias se han estado adaptando a los avances de cada siglo, en estas últimas décadas han resaltado cambios notablemente visibles dentro de la parte eléctrica y electrónica, es por esta razón que se ha visto el surgimiento de sistemas para automatizar los repiques de las campanas, ya que forman parte importante dentro de la iglesia al ser el medio por el cual la iglesia informa a la comunidad de algún evento importante que haya suscitado, otra razón para el surgimiento de estos sistemas son las personas encargadas de realizar esta actividad, puesto que en su mayoría es gente de la tercera edad que se expone a constantes riesgos para poder repicar, esto dependiendo de la infraestructura de cada iglesia.

La empresa Molifer radicada en España brinda soluciones de automatización para repiques de campanas a nivel internacional, al ser una empresa con gran recorrido se ha especializado en la automatización de estos sistemas llegando a popularizar el electromartillo que consiste en un sistema electromagnético que acciona una bobina la cual a su vez mueve el martillo que posteriormente golpeará a la campana, estos pueden regularse de acuerdo a los requerimientos de cada iglesia, uno de los problemas que presenta este sistema propio de la empresa es la necesidad de trabajar con grandes cantidades de voltaje DC ya que su rango establecido va desde los 220 V DC A 350 V DC. (MOLIFER, 2024)

El trabajo de integración curricular de Bonilla y Tipan (2023), con tema “Automatización de las campanas de la Iglesia Nuestra señora de El Salto de la Ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi” en el que los autores trabajaron con electromartillos concluyen que la ubicación del sistema es un factor determinante para que el sonido del repique sea efectivo.

Planteamiento de problema

En la Parroquia Joseguango Bajo, la tradición del repique manual de campanas desempeña un papel crucial en la convocatoria a eventos religiosos. Sin embargo, se enfrenta a diversos desafíos que afectan tanto la seguridad de los participantes como la consistencia del sonido producido. El campanario se encuentra ubicado en un sector alejado de la iglesia, lo que implica un desgaste físico significativo para quienes realizan la tarea, ya que acceder a este lugar requiere superar un segundo piso.

Dicho por las personas encargadas de esta actividad dentro de la parroquia, esta distancia y la naturaleza manual del repique no solo generan un desgaste físico evidente, sino que también plantean riesgos de seguridad para los encargados además la necesidad de desplazarse a un lugar distante y subir escaleras para realizar la actividad implica una exposición constante a situaciones potencialmente peligrosas.

Además, la calidad del sonido varía considerablemente en la ejecución manual del repique. Al depender de la fuerza y técnica de cada persona, el tipo de toque y la intensidad del sonido pueden fluctuar. Esta inconsistencia en el sonido podría influir negativamente en la eficacia de la convocatoria y en la percepción de los eventos religiosos.

Justificación

El presente trabajo de integración curricular busca dar solución a la necesidad de mejorar la eficiencia en la ejecución del repique, así como de brindar mayor seguridad y comodidad a quienes realizan esta labor, asimismo mediante la implementación del sistema de automatización del repique de campanas no solo se optimiza la realización de la actividad, sino que también fomenta la preservación de la cultura asociada al desarrollo de las eucaristías en las parroquias rurales.

Alcance

La finalidad de este proyecto es automatizar el repique de las campanas, en el que comprende la conceptualización, diseño, construcción e implementación del sistema de automatización en la Iglesia Santa Marianita.

El diseño y construcción del sistema abarca pruebas de calidad y seguridad para garantizar un sonido efectivo, también la identificación y corrección de posibles riesgos, con el propósito de apoyar tanto a las personas encargadas de los repiques como al desarrollo de la parroquia y su comunidad.

Objetivos

Objetivo general

- Implementar un sistema automatizado para el repique de campanas mediante el uso de un controlador digital en la iglesia Santa Marianita perteneciente a la parroquia Joseguango Bajo.

Objetivos específicos

- Levantar la información de la operación, situación actual y estado físico del campanario de la iglesia Santa Marianita.
- Investigar sistemas instalados de repiques de campana automáticos.
- Diseñar el circuito de control y de fuerza del sistema de automatización.
- Implementar el sistema de automatización en la iglesia Santa Marianita.

Capítulo II

Marco Teórico

Historia

Inicialmente la parroquia Joseguango Bajo no estaba constituida como parroquia ya que era un barrio de la Parroquia Mulaló además este lugar era conocido inicialmente como Cushi Guango que quiere decir lugar alegre, fue en el año 1973 en el que un grupo de habitantes gestiono ante el Municipio del Cantón Latacunga el alza de categoría a parroquia, a partir de este año la parroquia adopta el nombre de Joseguango Bajo, en cuanto a la constitución de la iglesia los datos registran que en el año 1960 llegó un joven Sacerdote entusiasta llamado Claudio Guerrero a servir al pueblo católico del sector, este joven fue una de las personas que impulsaron el cambio de barrio a parroquia. (Infoturismo, 2023)

Iglesia Santa Marianita de la parroquia Eclesiástica Joseguango Bajo

La iglesia se encuentra ubicada en la Provincia de Cotopaxi, al norte del cantón Latacunga, a una distancia de 11 Kilómetros en la parroquia eclesiástica Joseguango Bajo, la parte exterior de la iglesia puede observarse en la Figura 1, mientras que la parte interna de la misma puede verse en la Figura 2.

Figura 1

Iglesia Santa Marianita



Figura 2

Iglesia Joseguango Bajo vista interna



Descripción del campanario

La iglesia Santa Marianita de Joseguango Bajo cuenta con un campanario situado en la torre central de la iglesia en su parte más alta como puede verse en la Figura 3, para acceder a este lugar se debe hacerlo por la parte exterior de la iglesia.

La iglesia cuenta con tres campanas, las cuales están ubicadas en la cúpula central y son accionadas como mínimo tres veces a la semana y como máximo cinco, su frecuencia de repique también depende de las festividades, observando a cada campana de manera frontal podemos describir el lugar en el que se encuentran localizadas, siendo así la campana grande está ubicada en el medio, la campana pequeña a la izquierda y finalmente la campana mediana a la derecha como se puede ver respectivamente en la Figura 4.

Figura 3

Campanario Iglesia Santa Marianita



Figura 4

Campanario de la iglesia



En la Tabla 1 se muestra las dimensiones de cada una de las campanas que tiene la iglesia Santa Marianita de Joseguango Bajo además de presentar el estado en el que se encuentra cada una.

Tabla 1

Dimensiones de las campanas

Campanas			
Descripción	Grande	Mediana	Pequeña
Altura	50 cm	44 cm	27 cm
Diámetro	30 cm	34 cm	20 cm
Estado	Regular	Regular	Regular

Campana

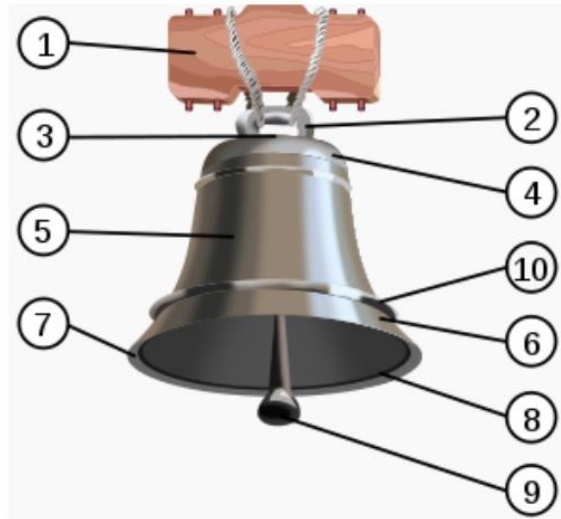
De acuerdo con Bañales (2019) las campanas son fabricadas en bronce, en su mayoría llevan inscripciones además de relieves que son realizados al momento de su fundición, estas inscripciones contienen información sobre la campana o textos religiosos, los textos escritos hasta el siglo XVIII fueron en latín después de este siglo se adaptaron al lenguaje de cada país.

A pesar de no existir una tipología normalizada en cuanto a campanas, se puede hacer referencia a dos tipos el primero conocido como esquilonos en donde la campana tiene una figura estrecha y alargada parecida a una copa de champan invertida, el segundo conocido como romana en donde la campana es ancha en su parte superior e inferior muy parecida a un vaso de vino invertido.

Partes de una campana

Figura 5

Partes de una campana



Nota. La figura muestra cada una de las partes de la campana. Tomado de (PartesDe, 2024)

Según (PartesDel, 2023) la campana se compone de los siguientes elementos:

- **Yugo:**
Garantiza el volteo de la campana y facilita el baneo lo que permite emitir diferentes sonidos.
- **Arco de sonido:**
Es un anillo metálico alrededor de la campana que permite amplificar el sonido al golpearlo.
- **Cabezal:**
Mantiene la campana en su lugar mientras esta suena.
- **Badajo:**
Tiene forma de pera conformado por una especie de vara que termina en una bola siendo este el que hace contacto con la campana.

- **Gobio:**

Una especie de pasador de metal que se ubica en el cabezal y facilita el manejo del peso de la campana.

- **Marco de la campana:**

Realizado en material de madera al cual esta colgado la campana tiene que ser robusto para soportar todo el peso de la campana por un largo periodo.

Badajo

De acuerdo con belltron (2024) la campana puede tener distintos tipos de badajo dependiendo de la necesidad requerida en el golpeo, ya sea uno que requiera un gran peso o uno que necesite un peso ligero, si el caso es el último mencionado se requiere de un badajo. Este tipo es un contrapeso modesto el cual puede desarrollar movimientos oscilantes veloces, para producir un repique se necesita alcanzar mínimo 60 grados de inclinación.

Figura 6

Badajo volante



Nota. La figura representa un badajo ligero conocido como badajo volante. Tomado de (Oriental Art, 2024)

Por otro lado, si se requiere de un contrapeso pesado estaríamos hablando de un badajo cadente este tipo de badajo produce oscilaciones algo lentas, produce sonido al apenas inclinarse además golpea el bronce siempre en la parte baja. (belltron, 2024)

Figura 7

Badajo cadente



Nota. La figura representa un badajo pesado conocido como badajo cadente. Tomado de (todocoleccion, 2024)

Automatización

De acuerdo con Zapata, Topón, & Tipán (2021) este término usado hoy en día viene del griego autos cuyo significado puede traducirse como “por sí mismo” y maiomai “lanzar” que en conjunto quiere decir “actuar por sí mismo”, para que este pueda funcionar por cuenta propia utiliza varias tecnologías que se encargan del monitoreo y control de la maquina o del dispositivo.

Todo lo anteriormente mencionado se realiza sin la necesidad de la intervención por parte de un humano, entonces al utilizar elementos de mando y control directamente sobre un dispositivo o máquina, la automatización logra optimizar y reducir el proceso de fabricación o trabajo.

Figura 8*Automatización en campanas*

Nota. Tomado de (Montalban, 2024)

Automatismo

Según Orozco, Guarnizo, & Holguín (2008) el automatismo trata de controlar un sistema o si hablamos a nivel industrial puede ser una planta, la cual no necesita que un operario intervenga con los elementos de salida si no únicamente sobre el control del mismo, siendo el automatismo el que actúe en las salidas mediante los actuadores.

Este se compone de dos partes fundamentales que son la parte operativa integrado por dispositivos o máquinas y los respectivos subprocesos encargados de la producción que corresponden a elementos de potencia, por otro lado, tenemos la parte de control que integra elementos de procesamiento, mando y por último la interfaz de comunicación con la persona.

Figura 9*Automatismo en campanas*

Nota. Tomado de (MOLIFER, 2024).

Sistemas de lazo abierto y cerrado

Según Perez , Hidalgo, & Berenguer, (2007) un sistema de control de lazo abierto no mide la salida tampoco la realimenta por lo tanto no compara la salida con la entrada, esto quiere decir que la salida no tiene ningún efecto ya sea en la señal o en la acción de control.

En este sistema existen dos partes que son el controlador y el proceso controlado, para que el controlador actúe recibe una señal la cual se denomina señal de control este regula el proceso que se está controlando logrando así que la variable controlada desempeñe su función de acuerdo a las especificaciones requeridas, por lo que la exactitud del sistema depende en gran manera de la calibración.

Figura 11

Sistema lazo abierto

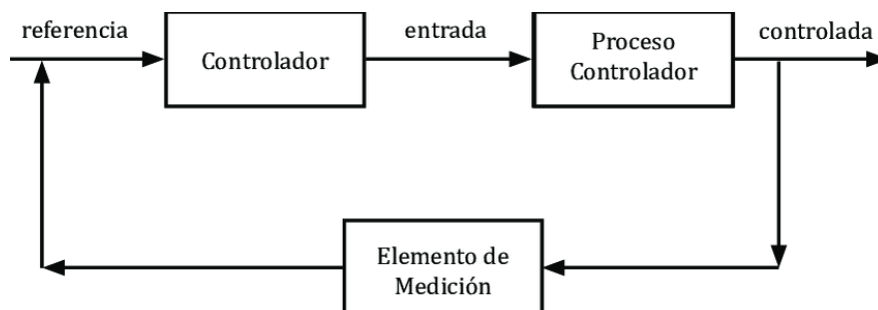


Nota. Tomado de (Perez , Hidalgo, & Berenguer, 2007)

En un sistema de control de lazo cerrado la salida tiene efecto directo con la acción de control, ya que realimenta el sistema por lo tanto esta se compara con la entrada y en caso de existir una diferencia produce una señal de error la cual actúa a fin de llevar la salida al valor que se desea. (Perez , Hidalgo, & Berenguer, 2007)

Figura 12

Sistema lazo cerrado



Nota. Tomado de (Pascal, 2011)

Elemento de control final

Según Villajulca (2010) el elemento de control final es el que modifica una parte del proceso mediante la orden del controlador, existe una gran variedad de estos elementos, pero el tipo a usar depende tanto del proceso como de los objetivos, en el mercado existen desde dispositivos que manejan señales discretas hasta los que regulan la variable dentro de un rango deseado, se puede decir que en acciones concretas corrigen el comportamiento de las variables que están actuando en el proceso.

Figura 13

Elemento de control final



Nota. La figura muestra varios actuadores que son elementos de control final. Tomado de (UDO Monagas, 2015).

Lenguajes de programación

El lenguaje de programación consiste en el conjunto de órdenes y/o comandos que retrata el proceso que se desea, hay que recalcar que cada lenguaje contiene sus propias instrucciones y enunciados que se combinan para formar un programa. Un lenguaje de programación no es una aplicación, consiste en un conjunto de herramientas que ayudan en la elaboración y adecuación de estas aplicaciones. (Hernandez, 1999)

Lenguaje C++

El lenguaje de programación que maneja el controlador Industriuno es el C++ ya que se programa a través de Arduino.

El lenguaje C++ es una extensión del lenguaje C pero enfocado a la manipulación de objetos por lo que se lo conoce también como lenguaje de programación multiparadigma, este lenguaje ofrece un alto rendimiento ya que posee varios parámetros de optimización, además de compilar para cada plataforma este lenguaje maneja bibliotecas las cuales ayudan en la escritura de códigos, su compilación es mucho más rápida que otros lenguajes. (Robledano, 2023)

Norma NEC

De acuerdo con el MIDUVI (2017) la Norma Ecuatoriana de la Construcción conocida por sus siglas NEC, son una serie de normativas que deben cumplirse de manera obligatoria a nivel nacional, dentro de esta se establecen los requisitos de seguridad y calidad con las cuales deben contar las edificaciones a nivel nacional.

Esta norma es una actualización del Código Ecuatoriano de la Construcción la cual estuvo vigente desde 1996, en esta se tiene en consideración factores que no se trataban en la anterior normativa como: clasificación de suelos, tipos de estructuras además de criterios de habitabilidad en edificaciones.

Norma NEC-SB-IE

Esta norma es la que establece tanto las especificaciones técnicas como los requisitos indispensables que debe tener un diseño y su respectiva ejecución en instalaciones eléctricas de interiores, lo que busca es prevenir, disminuir y eliminar riesgos provenientes de la electricidad, ya que muestra las mejores condiciones de seguridad para precautelar la integridad de las personas y propiedades. (MIDUVI, 2018)

Norma IEC

La Comisión Electrotécnica Internacional conocida como (IEC) es una organización la cual publica normas a nivel internacional para las tecnologías eléctricas, electrónicas, entre otras que estén relacionadas a este campo, esta norma ayuda en diversos campos como el de seguridad, medio ambiente y eficiencia energética. (NORMADOC, 2024)

Norma IEC 60508

Según Positive Engineering (2023) esta norma está enfocada a los riesgos y plantea recomendaciones referentes a este tema tanto en diseño, implementación, aplicación y mantenimiento, el objetivo de la misma es establecer protocolos con el fin de manejar riesgos que se encuentran relacionados con los sistemas de seguridad industrial.

Esta norma se basa en dos principios el primero establece niveles con respecto a la integridad de una persona en el marco de la seguridad y el segundo referente al ciclo de vida de la seguridad.

Dentro del primer principio el enfoque radica en la medición del impacto que puede llegar a ocasionar un fallo dentro de los sistemas de seguridad, el cual se mide en 4 niveles de acuerdo a la probabilidad de riesgo, en cuanto al ciclo de vida de la seguridad se busca un plan de seguridad desde la planeación hasta la implementación.

Norma IEC 60446

Esta norma es establecida por parte de la comisión electrotécnica internacional muestra los colores además de las etiquetas las cuales deben usarse para identificar el tipo de cable que se está usando y cuál sería su función, se puede usar tanto el verde como el amarillo siempre y cuando no genere confusión. (efectoLED, 2024)

Se puede ver el tipo de cable a usar en la Tabla 2, ubicada en la parte de abajo.

Tabla 2

Cables según IEC 60466

Cables según IEC 60466	
Color	Identificación
Marrón	Fase
Negro	Fase
Azul, rojo	Neutro
Blanco	Neutro
Colores con rayas	Neutro de cada cable de color
Varios colores	Corriente
Verde y amarillo	Toma a tierra

Grado de protección IP

Según auersignal (2024) el grado de protección IP es una clasificación que proporciona información acerca del nivel que tienen los equipos eléctricos frente a los agentes externos, la abreviación IP quiere decir protección contra la intrusión junto a esta se escriben dos dígitos los cuales representan el grado de protección con el que cuenta el equipo.

Tabla 3

Grado IP contra sólidos

0 (X)	No hay protección
1	Protección contra partículas sólidas de diámetro superior a 50mm
2	Protección contra partículas sólidas de 12,5 mm de diámetro o más
3	Protección contra partículas sólidas de diámetro igual o superior a 2,5 mm
4	Protección contra partículas sólidas de 1 mm de diámetro o más
5	Protección contra las partículas de polvo
6	Hermético al polvo; protección total

Tabla 4

Grado IP contra líquidos

0	No hay protección
1	Protección contra el goteo vertical de agua
2	Protección contra el goteo de agua cuando la caja se inclina hasta un ángulo de 15°
3	Protección contra el agua pulverizada hasta un ángulo de 60° con respecto a la vertical
4	Protección contra las salpicaduras de agua desde cualquier dirección
5	Protección contra chorros de agua de baja presión (6,3 mm) desde cualquier ángulo
6	Protección contra chorros de agua de alta presión (12,5 mm) desde cualquier ángulo
7	Protección contra la inmersión total hasta 1 m de profundidad durante 30 minutos
8	Protección contra la inmersión hasta mayores profundidades y mayor presión
9 (K)	Protección contra los chorros de agua dirigidos de alta temperatura y presión, los lavados o los procedimientos de limpieza con vapor

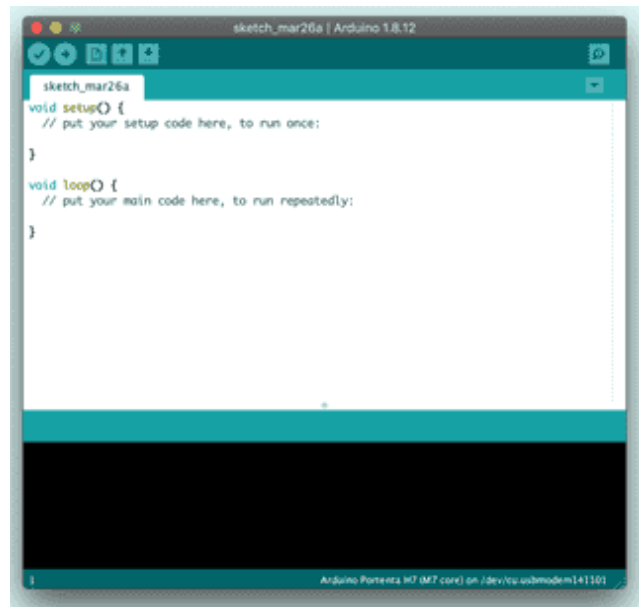
Arduino IDE

En el IDE de Arduino se puede escribir el código con el cual vamos a programar, este nos ofrece ayudas por ejemplo en forma de colores para indicarnos que las funciones están escritas correctamente, el IDE se encarga de validar el código escrito una vez lo valida lo compila y finalmente lo carga en el dispositivo que se esté usando. (Yañez, 2018)

El IDE además nos sirve de interfaz de entrada y salida, este nos permite ingresar datos y mostrar mensajes, el lenguaje en el que se basa Arduino es el C/C++, el IDE simplifica el trabajo gracias a las librerías que incorpora Arduino. (Yañez, 2018)

Figura 14

Interfaz Arduino



Nota. La figura muestra la interfaz de Arduino IDE. Tomado de (Arduino, 2024)

Gabinete

Es el equipo que se encarga de proteger los elementos de control de un sistema eléctrico también se encarga de la seguridad de las instalaciones y de los usuarios, existen gran variedad de tipos entre los más relevantes tenemos el gabinete con montaje en pared el cual alberga equipos de automatización o control están construidos con materiales inoxidables, otro de los más relevantes es el gabinete con ranura para desconexión, el cual bloquea el acceso al gabinete en caso de que el tablero aun este energizado. (Antilao, 2022)

Figura 15*Gabinete*

Nota. Tomado de (Electromaldonado, 2024)

Cable AWG

Este tipo de cable se basa en el estándar AWG que en español quiere decir clasificación de diámetros de origen estadounidense, este sistema se ha estado usando desde 1857, mientras más alto es el número más delgado es el alambre, cabe recalcar que el alambre más grueso maneja de mejor manera las interferencias, puesto que trabaja con menor resistencia y soporta mayor cantidad de corriente.

(pepegreen, 2024)

Cable concéntrico

Este tipo de cable está compuesto por varios conductores, el conductor ubicado en la parte interna es el que lleva la señal mientras que los conductores externos actúan como escudo contra las interferencias electromagnéticas externas. (zmscables, 2024)

Figura 16

Cable concéntrico



Nota. Tomado de (Profermaco, 2024)

Fuente de alimentación

Es un dispositivo el cual a partir de la tensión que proviene de la red es decir voltaje AC es capaz de entregarnos una señal de tensión continua para alimentar un circuito que requiera de este tipo de señal. (IsoTest, 2024)

Figura 17

Fuente AC-DC24V



Nota. Tomado de (Enertronic, 2024)

Tabla 5

Descripción de la fuente

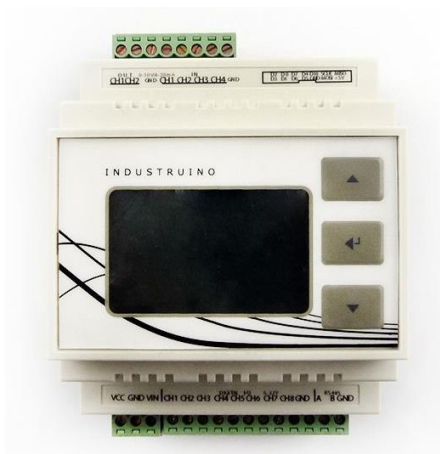
Fuente AC – DC	
Marca	LYTE
Modelo	DRL- 75W series
Peso	0.22 Kg
Tensión de alimentación	110 V AC
Voltaje salida	24 V DC
Corriente de salida	3.125 A
Factor de tolerancia	$\pm 2\%$

Industruino

Es un controlador robusto que puede manejarse a nivel industrial y programarse con líneas muy similares a las de Arduino, ya que este controlador es compatible con Arduino IDE cuenta con montaje para riel DIN además de zonas de entradas y salidas aisladas lo que lo convierte en un controlador de nivel industrial. (Industruino, 2024)

Figura 18

Industruino



Nota. Tomado de (Industruino, 2024)

Tabla 6

Características del Industruino

Industruino		
	Entradas	4
	Salidas	2
Campo analógico	Niveles analógicos	0-10V / 4-20mA
	Resolución entrada	18 bits
	Resolución salida	12 bits
	Alimentación	8-28 V
	Canales E/S	8
Campo digital	Rango Voltaje entrada	3,3 – 28 V
	Rango Voltaje salida	8 – 28 V
	Memoria Flash	256 KB
MCU	EEPROM	1 KB
	Velocidad reloj	48 MHz

Bornera

Es un elemento que permite conectar cables que componen circuitos eléctricos dentro de gabinetes eléctricos y/o cajas de conexión, estos permiten conectar y fijar el cable que se monta dentro del armario o gabinete, este elemento no solo ordena el interior de un tablero además es útil para detectar una falla que pueda surgir dentro del circuito eléctrico. (Farina, 2023)

Figura 19

Bornera dos pisos



Nota. Tomado de (COREIN, 2024)

Pulsador

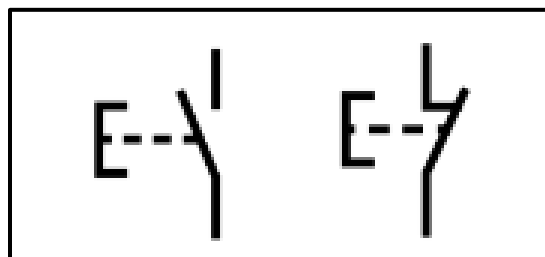
Este elemento cumple la función de permitir o interrumpir el paso de la corriente eléctrica, se diferencia de un switch ya que este funciona únicamente mientras se lo presione por lo tanto no tiene enclavamiento. (Shoptronica, 2024)

Figura 20

Pulsadores



Símbolo



Nota. Tomado de (Shoptronica, 2024)

Luz indicadora

Este componente se usa para reflejar si un circuito está funcionando es decir si esta alimentado o no está alimentado, comúnmente la luz roja indica que está en funcionamiento, una luz verde indica que está fuera de servicio y una luz blanca que está en periodo de prueba el voltaje nominal de este tipo de luz va desde los 3V a 220V. (SUPU, 2021)

Figura 21

Luz indicadora



Nota. Tomado de (DUALTRONICA, 2021).

Pulsador de emergencia

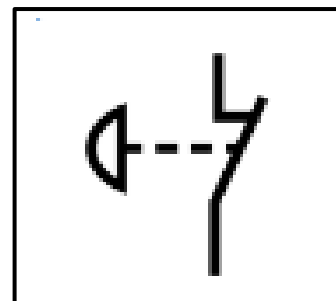
Es un botón cuyo propósito es detener cualquier proceso rápidamente en caso de existir riesgo de lesión para una persona o también cuando es necesario detener el ciclo de trabajo debido alguna falla imprevista, como estándar estos son de color rojo. (RS, 2024)

Figura 22

Pulsador de emergencia



Símbolo



Nota. Tomado de (RS, 2024).

Selector de dos posiciones

Es similar a un interruptor, este tiene dos posiciones distintas que pueden ser percibidas como encendido/apagado, abierto/cerrado, etc., su funcionamiento es relativamente sencillo puesto que internamente tiene contactos que se mueven mecánicamente con el fin de ejecutar la conexión que se desea, al hacer esto un contacto cierra y el otro se abre. (Polaridad, 2024)

Figura 23

Selector de dos posiciones



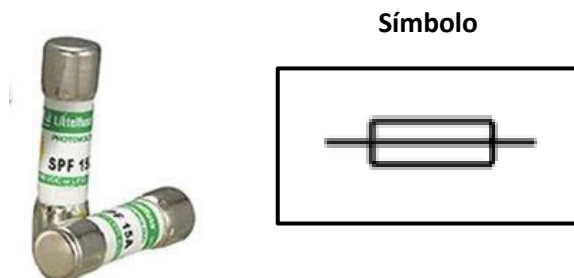
Nota. Tomado de (Robotics Electronica y Robotica, 2024).

Fusible

Es un dispositivo cuyo objetivo es proteger una instalación eléctrica o un aparato eléctrico, su función radica en permitir el paso de la corriente en caso de que esta no sobrepase el límite deseado, si llegase a ocurrir lo contrario el filamento que contiene internamente se rompe con el calor que se produce logrando así proteger distintos componentes. (Bricos, 2012)

Figura 24

Fusible



Nota. Tomado de (BENY, 2022).

Portafusible

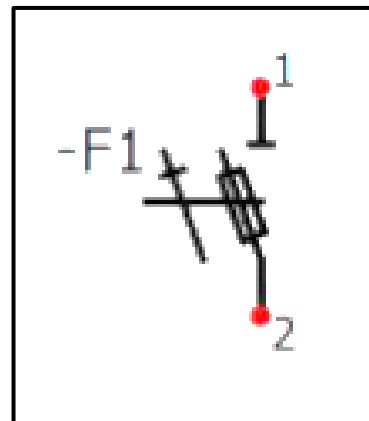
Componente que sirve de base para un fusible eléctrico, el tamaño y diseño depende mucho de la corriente nominal del fusible que contendrá, estos dispositivos absorben la electricidad a través de sus terminales y permiten que fluya mediante sus contactos eficientemente al fusible. (BENY, 2022)

Figura 25

Portafusible



Símbolo



Nota. Tomado de (BENY, 2022).

Interruptor termomagnético

Es un dispositivo que deben instalarse en la parte inicial de un circuito eléctrico es utilizado con la finalidad de proteger a los componentes que conforman el circuito, comúnmente se usa contra sobrecargas y cortocircuitos. (Ingmecafenix, 2023)

Figura 26

Interruptor termomagnético



Nota. Tomado de (Ingmecafenix, 2023).

Contacto seco

Este término es usado al hablar de relés y hace referencia a la corriente que necesita para encenderse o apagarse, si se trata de un contacto seco quiere decir que la corriente de conmutación que necesita es demasiado pequeña, contrario al contacto húmedo en donde se requiere una corriente grande para que el componente se active o desactive. (GNS COMPONENTS, 2019)

Relé

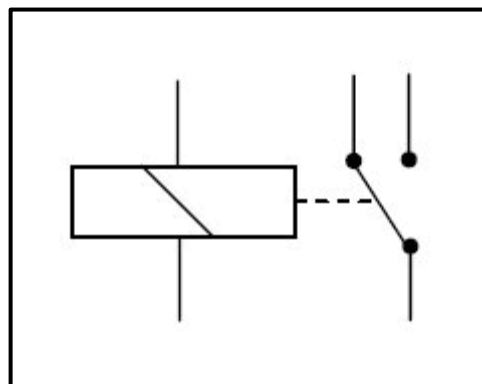
Es el dispositivo que produce modificaciones dentro de un circuito cuando se cumplen condiciones que influyen sobre el mismo, puede ser dentro del mismo circuito o uno diferente, el relé actúa sobre el circuito de control. (Pérez, 2003)

Figura 27

Relé



Símbolo



Nota. Tomado de (Electrrio, 2024).

Variador

Es un dispositivo que controla la velocidad de un motor eléctrico, estos son usados en diversas aplicaciones ya sean industriales, residenciales o comerciales. Estos ofrecen varias ventajas sobre los motores de velocidad constante como por ejemplo el ahorro de energía, puesto que pueden reducir el consumo de energía hasta 70%, mejoran el rendimiento logrando que el motor funcione a su velocidad adecuada y finalmente aumentan la vida del motor al reducir cargas no deseadas al motor. (Heavy, 2023)

Figura 28

Variador de frecuencia



Nota. Variador de frecuencia usado para la etapa de potencia de los motores modelo HV10 R75G1-2 HNC.

Tomado de (Heavy, 2023)

Tabla 7

Variador

Variador		
	Marca	HNC
	Modelo	HV10 R75G1-2
Entrada	Tensión nominal- Frecuencia	220V- 50/60Hz (Conexión Trifásica)
	Rango permitido	AC 220V \pm 15%
Salida	Voltaje	3435 rpm
	Frecuencia	220 – 440 VAC
	Capacidad de sobrecarga	110% largo plazo, 150% 1minuto ,180% 5segundos

Motor

Un motor es una maquina capaz de transformar o convertir en energía mecánica la energía eléctrica, esto lo realiza gracias a los campos magnéticos que genera su bobina ya que parte del principio de inducción electromagnética en donde el conductor al hacer interacción con las líneas de flujo magnético genera corriente eléctrica que induce el campo magnético provocando un movimiento, este se compone por un rotor y estator. (Generac, 2023)

Figura 29

Motor



Para el sistema de automatización se utiliza dos motores de distinto HP, ya que se requiere más fuerza en uno de ellos dado que va repicar dos campanas en lugar de solo una, en las tablas ubicada en la parte de abajo se detalla cada motor usado con sus respectivas características.

Tabla 8

Características del motor de ½ HP

Motor ½ HP	
Marca	WEG
Protección	IP55
Potencia	0.5 HP
RPM	3370 rpm
Tensión	220 – 460 V AC
Fases	3
Frecuencia	60 Hz
Brida	No
Fp	0.8

Tabla 9*Características del motor de 1 HP*

Motor 1 HP	
Marca	WEG
Protección	IP55
Potencia	1 HP
RPM	3435 rpm
Tensión	220 – 440 VAC
Fases	3
Frecuencia	60 Hz
Brida	No
Fp	0.84
Peso	11 Kg

Caja reductora

Es un dispositivo mecánico el cual está diseñado para para reducir la velocidad de un motor, pero compensa con aumentar el torque del mismo, está compuesto por varios engranajes que facilitan el adaptar la velocidad de salida a las necesidades requeridas para una aplicación, entre los beneficios que ofrece al motor están el aumento del torque, regulación precisa de la velocidad, reduce la tensión disminuyendo costos de mantenimiento y finalmente ayudan a un consumo eficiente de energía.

(Inducom ECUADOR, 2023)

Figura 30*Caja reductora*

Nota. La figura muestra una caja reductora responsable de aumentar el torque del motor. Tomado de (Hangsin, 2024)

La tabla ubicada en la parte de abajo presenta la relación de la caja reductora asignada a su respectivo motor de acuerdo al trabajo que va realizar cada uno.

Tabla 10*Relación de las cajas reductora*

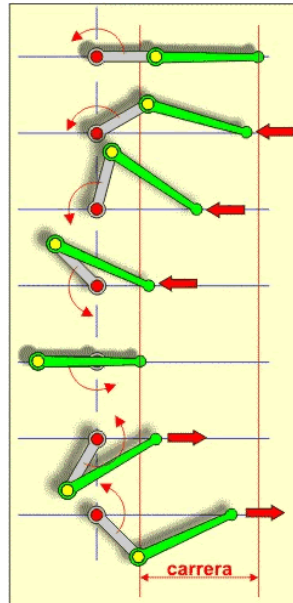
Motor	0.5 HP	1 HP
Caja reductora	1:10	1:15

Mecanismo biela-manivela

Este mecanismo sirve para convertir un movimiento circular o también conocido como giratorio en uno de traslación también llamado lineal esto puede realizarse también a la inversa, este mecanismo se forma por dos partes que son la biela y la manivela; la biela es la que realiza el movimiento giratorio mientras que la manivela pasa el movimiento giratorio a un movimiento rectilíneo. (Academia Balderix, 2024)

Figura 31

Mecanismo Biela manivela



Nota. La figura muestra el movimiento que se produce en el mecanismo biela-manivela. Tomado de (Academia Balderix, 2024).

Es mediante este mecanismo adoptado al motor que se logra repicar las campanas al unir la cuerda del badajo con la manivela para así mover el badajo y por ende repicar la campana.

Figura 32

Biela-manivela adaptado a un motor



Capítulo III

Desarrollo del tema

En este capítulo se aborda el diseño, la programación y la implementación del sistema mecánico y eléctrico, así como la configuración del Industruino. Además, se proporciona una descripción detallada del funcionamiento de cada componente del tablero de mando y control, para la automatización del repique de las campanas de la iglesia Santa Marianita.

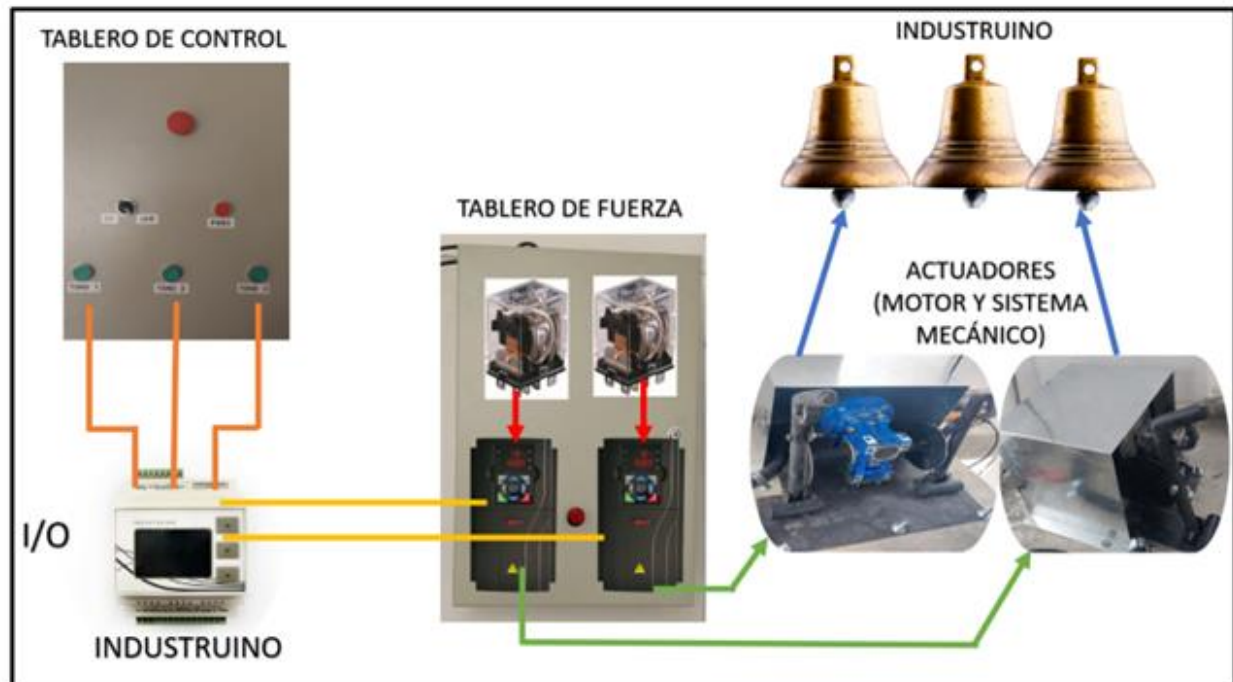
Filosofía de operación y control

En el sistema automatizado de repique de campanas, la activación inicial se lleva a cabo desde un panel de control situado detrás del altar de la iglesia. Este panel alberga pulsadores que determinan el tono a repicar. Al accionar un pulsador, se emite una señal digital al Industruino, el cual interpreta la señal y genera una respuesta en forma de una señal analógica (0-20 mA). Esta señal es luego transmitida a través de un cable que discurre por el interior de la estructura del techo hasta llegar al tablero de fuerza en el primer piso del campanario.

En el tablero de fuerza, la señal de corriente entra directamente a los variadores. Estos dispositivos ajustan la velocidad de los motores situados en el tercer piso del campanario. Estos motores están vinculados a un sistema mecánico encargado de ejecutar el movimiento del badajo de las campanas. Es relevante destacar que existen dos tonos disponibles: el tono 1 para las misas y el tono 2 para los funerales. La elección entre estos tonos se realiza mediante los mencionados pulsadores, ofreciendo así la posibilidad de seleccionar el tono que se desea escuchar.

Figura 33

Esquema de funcionamiento del sistema

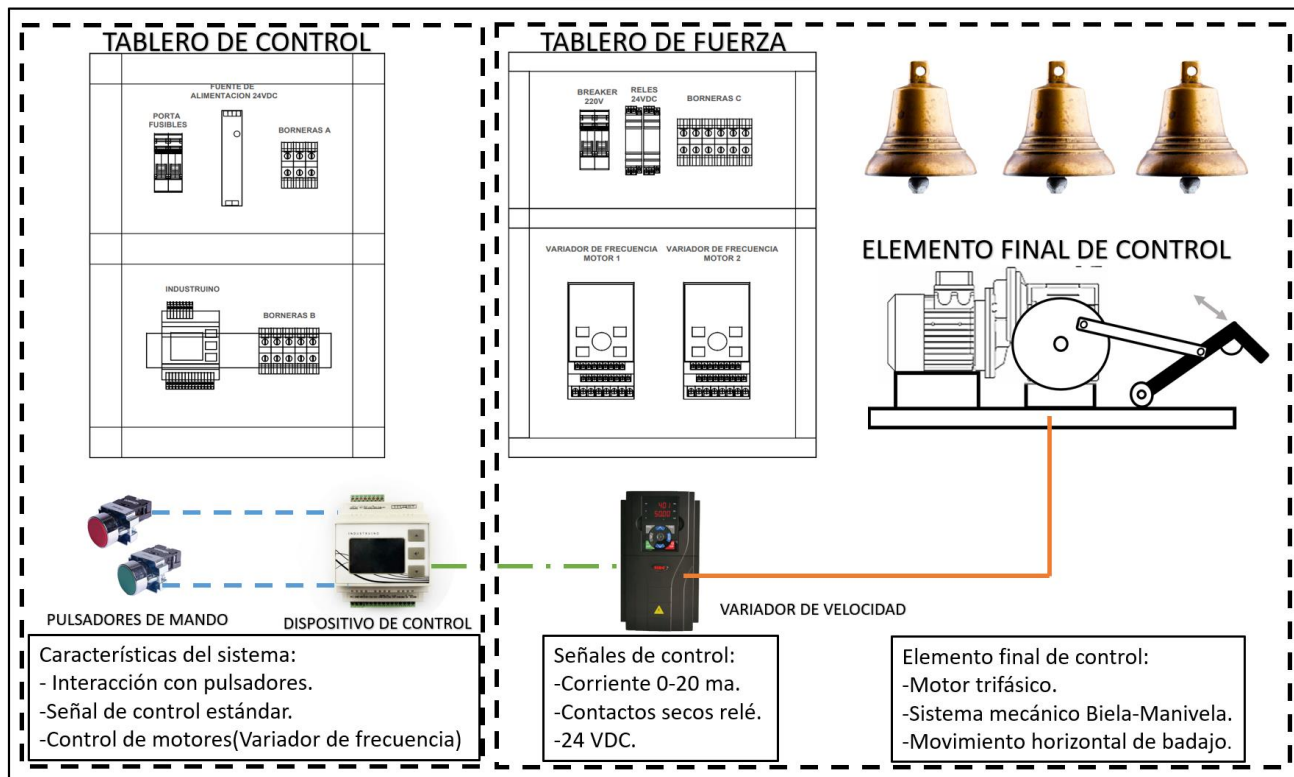


Arquitectura del sistema

En el presente sistema, es relevante destacar que todos sus componentes se encuentran interrelacionados en sus funciones, desde el sistema de mando hasta el sistema de control y fuerza. Esta interconexión establece un proceso sistémico en el cual se desarrolla un ciclo de operación coordinado y cohesionado. La integración de estos elementos permite el flujo armonioso de información y energía a lo largo de todo el sistema, contribuyendo a su eficiencia y funcionamiento como se muestra en la Figura 34.

Figura 34

Arquitectura del sistema



Diseño del tablero del control

En el diseño del tablero de control, se tuvo en cuenta un espacio de separación de 10 a 15 centímetros desde las canaletas. Esta consideración se basa en la necesidad de permitir el adecuado flujo de ventilación para cada equipo, ya que cada uno de ellos cuenta con orificios o espacios destinados a la ventilación que no deben ser obstruidos.

Estos aspectos fueron cuidadosamente considerados durante la elaboración del diseño del tablero de control, que incluye los siguientes equipos esenciales para su funcionamiento:

- Porta fusibles.
- Fuente de alimentación 24VDC.

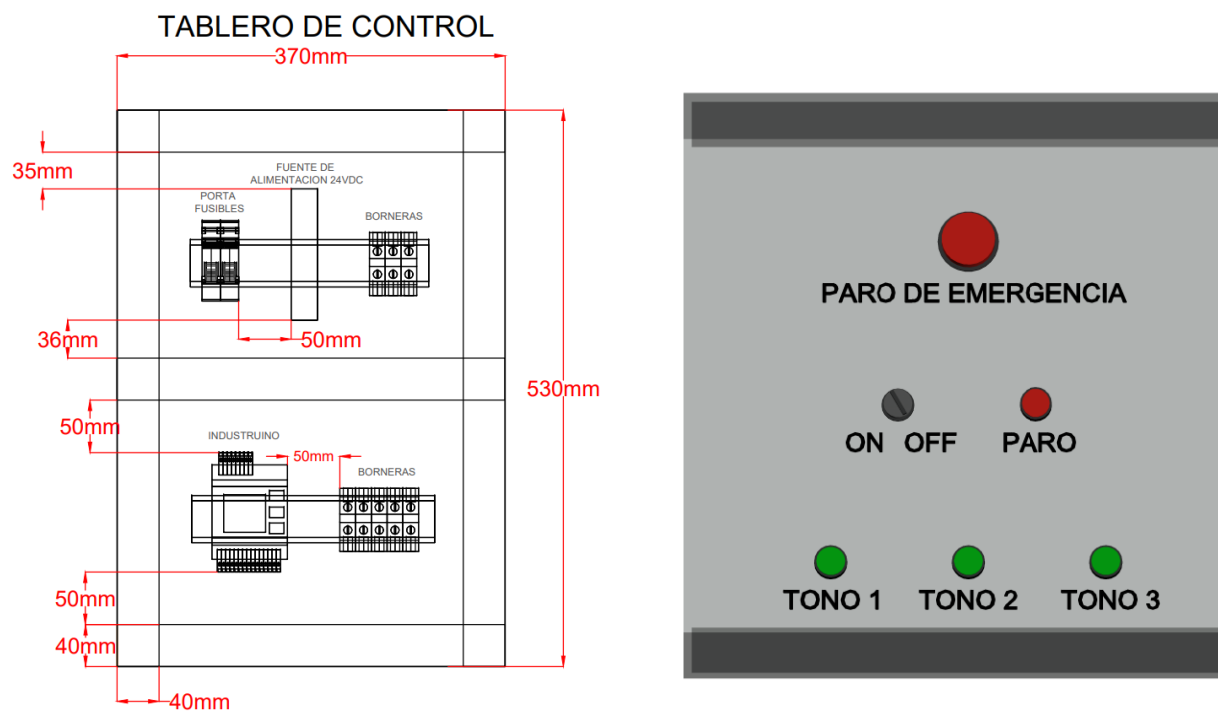
- Borneras.
- Industruino.

El tablero de control está conformado por una tapa, la cual, en el diseño previo, se planificó para albergar diversos elementos de mando. En este contexto, se optó por la instalación de pulsadores que desempeñan múltiples funciones como se muestra en la Figura 35.

- Pulsador de emergencia.
- Pulsador de paro.
- Selector dos posiciones.
- Pulsador tono 1.
- Pulsador tono 2.
- Pulsador tono 3.

Figura 35

Layout tablero de control



Los diferentes pulsadores del tablero de control principal realizan las siguientes funciones en el sistema de repique de campanas:

Tabla 11

Funciones de pulsadores del tablero de control

Identificación	Pulsadores	Funciones
Paro de emergencia	NC	En situaciones de riesgo, donde tanto las máquinas como las personas pueden enfrentar daños colaterales, se requiere pulsar el botón. Para desactivar el pulsador se debe de girar, y para iniciar otra vez el repique pulsar cualquiera de los tonos.
ON - OFF	NA-NC	Encendido y apagado del sistema
Paro	NC	Paro provisional, hasta que se vuelva a presionar un tono
Tono 1	NA	Repique de campanas automático Misa 1
Tono 2	NA	Repique de campanas automático Misa 2
Tono 3	NA	Pendiente.

Nota. El tono identificado con el número 3 no se encuentra definido el tipo de repique que debe de realizar debido a disposiciones de la persona encargada del repique, cabe mencionar que en la iglesia existen dos tonos de repiques principales.

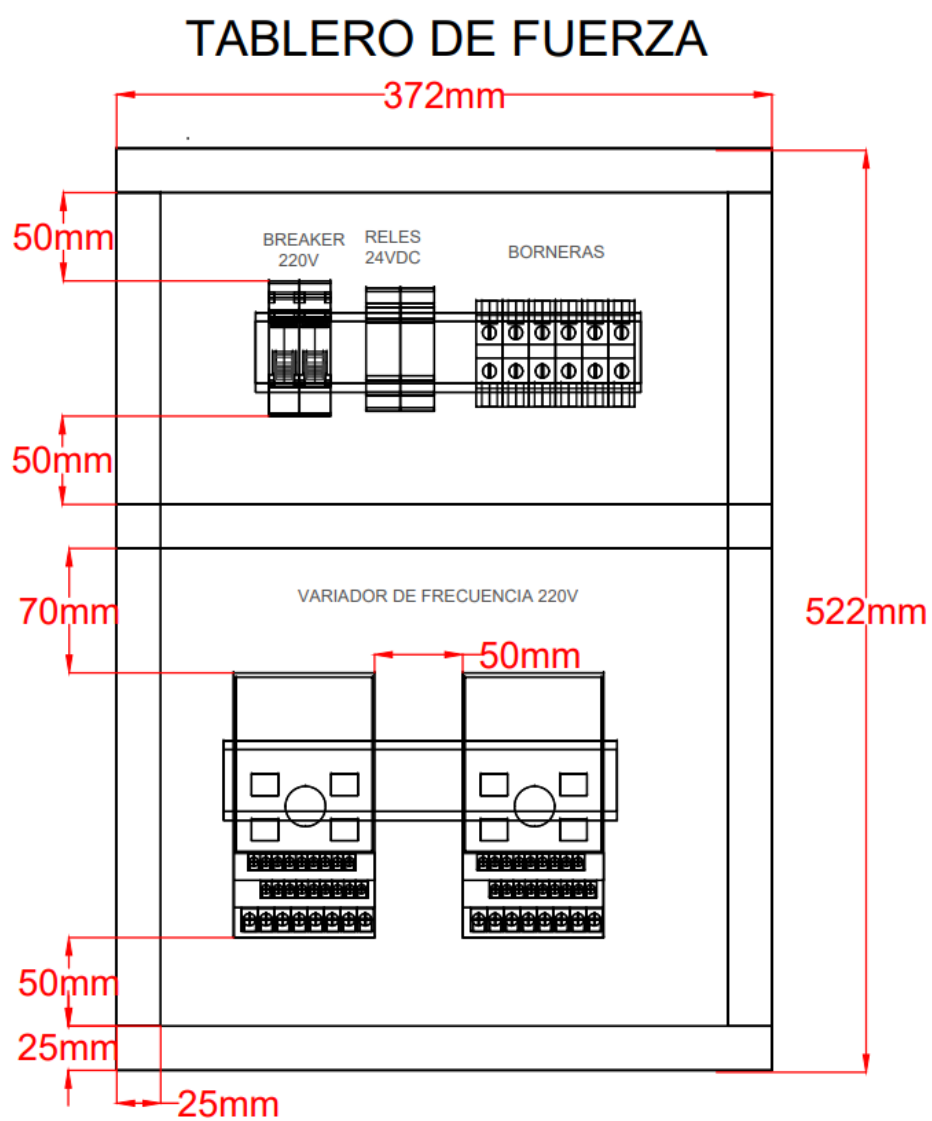
Diseño de tablero de fuerza

En el diseño del tablero de fuerza, se consideraron cuidadosamente las dimensiones de los equipos y los espacios de ventilación, adaptándolos a las especificidades de cada tipo de ventilación, dado que cada equipo presenta ranuras dispuestas en diferentes ubicaciones. En virtud de estas consideraciones, el tablero de fuerza se compone de los siguientes elementos:

- Interruptor electromagnético.
- Relés 24VDC.
- Borneras.
- Variadores de frecuencia.

Figura 36

Layout interno del tablero de fuerza



Disposición de las borneras en los tableros

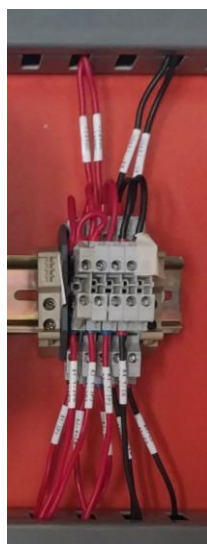
Borneras del tablero de control

En el tablero de control, se encuentra el bloque de bornes designado como "A", que alberga la distribución de alimentación de la fuente de 24VDC y -24VDC. Se han instalado bornes de dos niveles con el propósito de lograr un seccionamiento eficiente del cable y optimizar el espacio disponible. Estos bornes tienen una capacidad de hasta 250V a 20 A como se muestra en la

Figura 37.

Figura 37

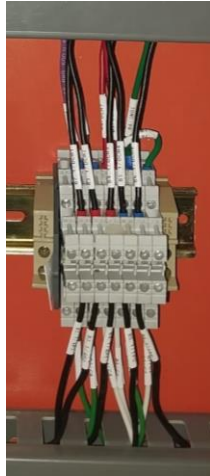
Bloque de Borneras A



En el bloque de bornes designado como "B", que comparte las mismas características operativas mencionadas anteriormente, se lleva a cabo la distribución de las entradas y salidas del Industruino hacia diversos puntos del sistema. Al igual que en el bloque "A", se han implementado bornes de dos niveles para facilitar el seccionamiento eficiente de los cables, optimizando al mismo tiempo el espacio disponible como se muestra en la Figura 38.

Figura 38

Bloque de Borneras B



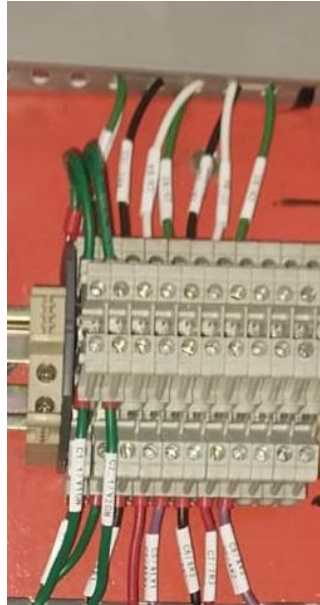
En este contexto, las bornas desempeñan un papel crucial en la mejora del tendido del cable y en el ordenamiento del mismo. Su diseño de dos niveles facilita una organización más efectiva, permitiendo visualizar claramente la ruta que sigue el cable o alimentador, desde su origen hasta su destino. Este enfoque contribuye a mantener un entorno de control ordenado y eficiente.

Borneras del tablero de fuerza

En el tablero de fuerza, se ha ubicado el bloque de bornes identificado como "C". Estas bornas están destinadas a recibir los cables conductores que transportan la señal de control y voltaje desde el tablero de control. La función principal de este bloque es facilitar la organización de los cables que entran al tablero, permitiendo su clasificación según el variador al que están destinados. Específicamente, algunos de estos cables se dirigen hacia el variador denominado V1, mientras que otros van hacia el V2. Esta disposición estructurada de las conexiones contribuye a mantener un sistema ordenado y facilita la identificación y mantenimiento de los circuitos asociados a cada variador como se muestra en la Figura 39.

Figura 39

Bloque de bornera C



Selección y configuración de equipos.

Industruino

El Industruino cuenta con entradas y salidas que pueden ser clasificadas como analógicas o digitales en programación. En el contexto de este proceso, la prioridad es mantener el control mediante una señal. Es por esto que el Industruino está equipado con señales estándar que varían desde 0 a 20 mA y de 0 a 24 VDC. Esta característica implica que el controlador facilita la interconexión con otros dispositivos estandarizados en cuanto a señales se refiere. Fue precisamente esta capacidad la que llevó a la conclusión de elegir y utilizar este dispositivo para el proceso en cuestión.

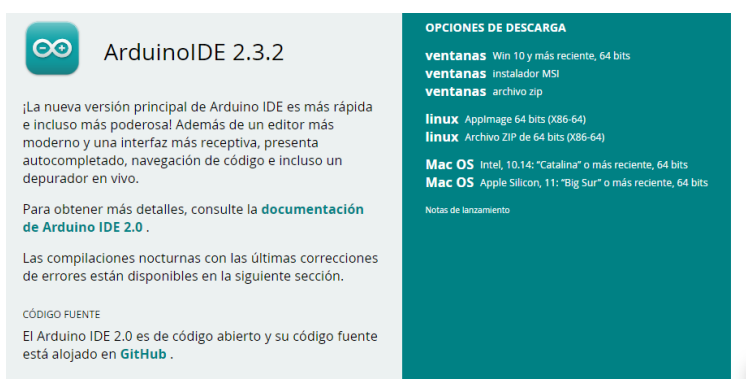
- **Instalación y librerías de Arduino IDE**

Para poder realizar la aplicación que se requiere se debe de utilizar Arduino IDE, para programar el Industruino.

Se puede descargar desde la página oficial de Arduino, el editor de Arduino viene seleccionado para descargarse según el sistema operativo de la computadora en que se va a instalar como se muestra en la Figura 40.

Figura 40

Página oficial de Arduino.ide



Una vez descargado el archivo, se debe de ejecutar el archivo como administrador como se muestra en la Figura 41.

Figura 41

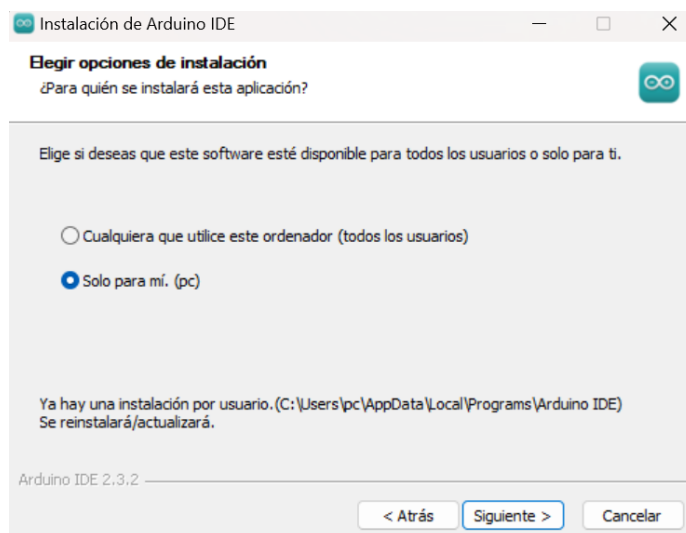
Documento ejecutable de la aplicación Arduino.IDE



En los siguientes pasos mostrados se seleccionará siguiente eligiendo el idioma y en que carpeta se instalará el programa como se muestra en la Figura 42.

Figura 42

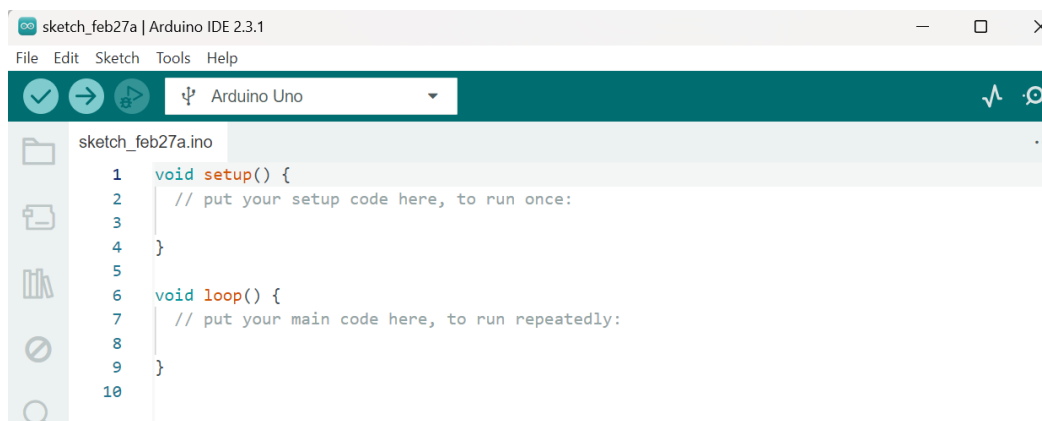
Ejecución de instalador de Arduino.IDE



Una vez instalado el programa, se ingresará al mismo dando doble clic sobre el icono de Arduino.IDE. Se mostrará el entorno de programación que posee como se muestra en la Figura 43.

Figura 43

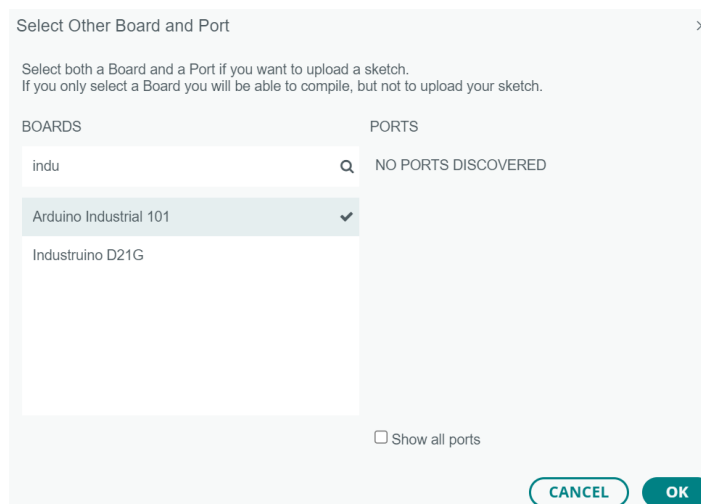
Entorno de programación de Arduino.IDE



Seleccionar la tarjeta y el puerto de comunicación, en algunos casos deben de intentar con una de estas opciones depende el modelo de la tarjeta en este caso del Industruino como se muestra en la Figura 44.

Figura 44

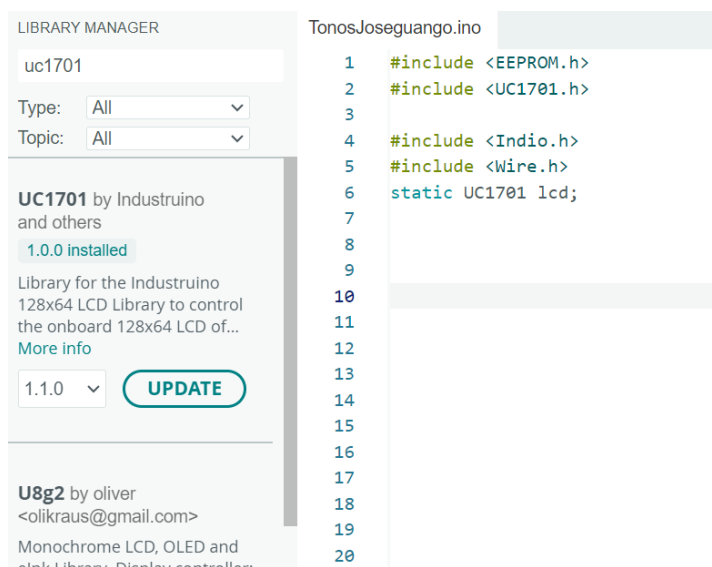
Selección de tarjeta y puerto de comunicación



En este caso para la programación del Industruino se debe de descargar las siguientes librerías desde library manager, las cuales mediante estas librerías que son diseñadas para trabajar con el software del Industruino ya que cada placa cuenta con diferentes características, como se muestra en la Figura 45.

Figura 45

Library Manager



Cada librería cumple una función específica en la programación para las diferentes funciones como es la pantalla que contiene el Industruino y para poder generar el código en el software especificado.

Tabla 12

Funciones para Industruino

#include <EEPROM.h>	Lee y escribe en la memoria Eeprom del Industruino
#include <UC1701.h>	Librería encargada de trabajar con pantallas LCD de tipo UC1701
#include <Indio.h>	Específico para utilización con el hardware de Industruino
#include <Wire.h>	Protocolo de comunicación del Industruino.

El Industruino tiene entradas, salidas digitales y analógicas que se definen mediante programación, como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 13

Declaración de funciones para entradas y salidas para el Industruino

I/O	Función
Entrada digital	Indio.digitalMode(Número de pin,INPUT)
Salida digital	Indio.digitalMode(número de pin,OUTPUT)
Salida analógica	Indio.analogWriteMode(Numero de pin,mA)

Una vez realizada la programación en el entorno de Arduino, se efectuará la verificación y compilación del mismo dando clic en el siguiente icono como se muestra en la Figura 46.

Figura 46

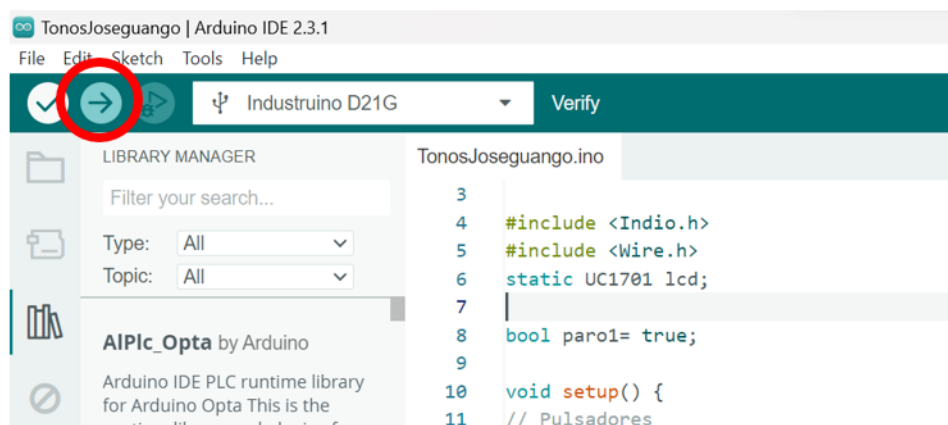
Verificar o compilar programación



Una vez compilada la programación se procede a subir el programa al Industruino, antes de este paso debe de encontrarse conectado mediante un cable USB al computador para poder transmitir los datos como se muestra en la Figura 47.

Figura 47

Cargar programa en la placa seleccionada



Relés 24VDC

En el tablero de fuerza, se ha instalado un relé de 24VDC de la marca Camasco, modelo MY2, con una capacidad de hasta 10 amperios. En el circuito, la función de este relé es destacable: cuando la bobina del relé se activa, los contactos normalmente abiertos se cierran. Este contacto seco se dirige directamente al variador, actuando como una señal de control para dicho variador que puede cambiar de modo Stop a modo Run. De esta manera, el relé facilita la gestión y control eficiente del variador al establecer una conexión eléctrica clave cuando la bobina del relé está energizada como se muestra en la Figura 48.

Figura 48

Relé 24vdc



Variador de frecuencia

La red de alimentación principal de la iglesia opera en un sistema monofásico de 3 hilos (Fase-Fase-Neutro). En este contexto, se ha seleccionado el modelo del variador HV10 R75G1-2, diseñado para aceptar una entrada de 2 fases y controlar un motor de 1HP. Es relevante destacar que este variador ofrece diversas prestaciones de comunicación y control estándar, todas vinculadas a señales de 0-20mA y 0-24VDC. Esto implica que, mediante un controlador con señales estandarizadas, es posible realizar una amplia variedad de operaciones de control y comunicación.

Configuración del variador de frecuencia

Para el funcionamiento del variador de frecuencias se debe de realizar la siguiente configuración de los parámetros establecidos según el motor seleccionado y la aplicación que se va a realizar.

Se debe de seguir los siguientes pasos para ingresar a la configuración de las funciones del variador:

- Energizar el variador de frecuencia: conectar a un suministro de 220Volts, Linea 1 y Linea 2.

Mostrando su pantalla energizada con números de color rojo, como se muestra en la Figura 49.

Figura 49

Programación variador parte 1



- Para poder ingresar en los parámetros el variador en la parte del keypad se encuentra el botón de Stop el cual debe ser presionado, a continuación, presionar el botón PRG y saldrá un valor de 00.00 que es la primera función del variador como se muestra en la Figura 50.

Figura 50

Programación variador parte 2



- Mediante el botón mostrada en la Figura 51 , se puede mover el cursor de izquierda a derecha el cual titilara en la ubicación que se encuentre.

Figura 51

Programación variador parte 3



- Mediante el botón mostrada en la Figura 52, se puede cambiar el número de función.

Figura 52

Programación variador parte 4



- Cuando se encuentre en la función requerida, presionar el botón RUN este dará paso para seleccionar las opciones que existen de configuración del mismo como muestra la Figura 53.

Figura 53

Programación variador parte 4



- Una vez seleccionada el número que estable los parámetros de cada función, seleccionar el botón RUN, se observara el parámetro siguiente al ya configurado como se muestra en la Figura 54.

Figura 54

Programación variador parte 5



En el variador de frecuencia, se encuentran diversos parámetros cuya configuración depende del tipo de control o tarea requerida. En todos los casos, se ajustan los parámetros básicos y aquellos relacionados con el control. Para esta aplicación específica, se han utilizado las siguientes configuraciones mostradas en la Tabla 14.

Tabla 14

Funciones de programación del variador de frecuencia

Función	Nombre	Contenido	Seleccionado
00.02	Selección de canales de comando de inicio	0: Teclado 1: Terminales 2: Comunicación	1
00.03	Selección de frecuencia	0: Potenciómetro del teclado 1: Digital dado 1, ajuste con las teclas ▲ y ▼ en el panel de control 2: Configuración digital 2, ajuste con terminal ARRIBA / ABAJO 3: Configuración analógica AI (0 ~ 10V / 0 ~ 20 mA) 4: Configuración de combinación 5: Reservado 6: Comunicación 7: Reservado	3

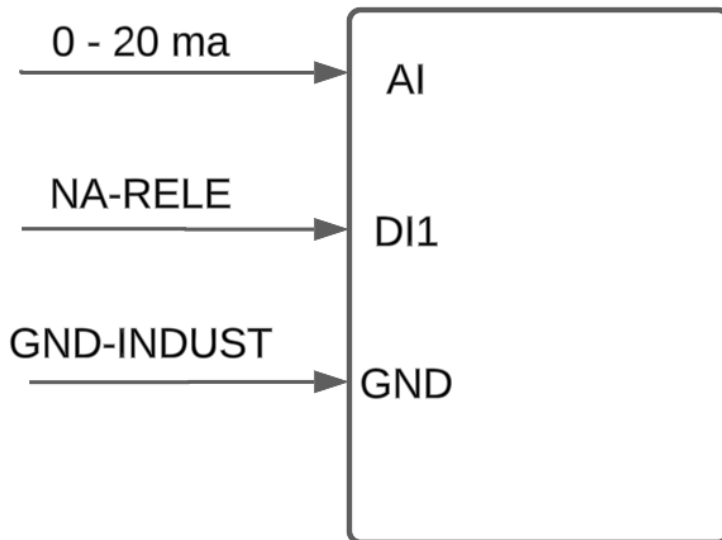
Función	Nombre	Contenido	Seleccionado
00.10	Tiempo de aceleración	Tiempo requerido para que el inversor acelere de 0 Hz a la frecuencia de salida máxima	4.5
00.11	Tiempo de desaceleración	Tiempo requerido para que el inversor desacelere de la frecuencia de salida máxima a 0 Hz	4.5
04.00	Tensión nominal del motor	Parámetros del motor	Según el modelo del motor
04.01	Corriente nominal del motor		
04.02	Velocidad nominal del motor		
04.03	Frecuencia nominal del motor		
04.17	Potencia nominal del motor		
08.05	Inicialización del parámetro	0: Sin funcionamiento 1: Restaurar la configuración de fábrica 2: Borrar registro de fallas	-

Para el control del variador de frecuencia, se establecieron múltiples conexiones desde el Industruino. Estas conexiones permiten la transmisión de señales que controlan la velocidad del motor, lo cual, a su vez, regula el movimiento del badajo para el repique de las campanas. Este enfoque garantiza una gestión precisa y eficiente de la velocidad del motor, asegurando un control preciso sobre el proceso de repique como se muestra en la Figura 55.

- **0-20ma:** mediante esta conexión se podrá controlar la velocidad del motor en un rango de 0 Hz a 60Hz.
- **NA-Relé:** contacto seco de un relé el cual cumple la función de arrancar el variador de velocidad.
- **GND.INDUSTRUINO:** se debe de realizar la conexión entre GND del Industruino y el Variador de velocidad.

Figura 55

Conexiones de control del variador de frecuencia

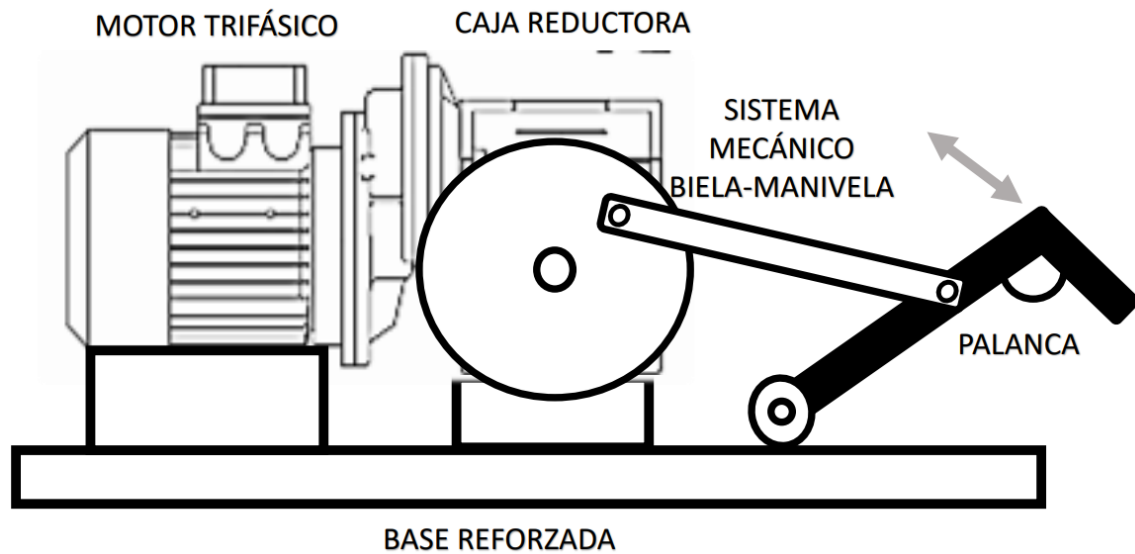


Diseño del sistema mecánico

En el sistema mecánico tipo biela-manivela empleado, un disco se encuentra acoplado a un motor que desempeña el papel de manivela en este mecanismo. La biela, a su vez, está situada de manera excéntrica con respecto al disco y se encuentra unida a una palanca que dirige el movimiento de ascenso y descenso, como se muestra en la Figura 56, este mecanismo facilita el desplazamiento del badajo a través de un tensor de hierro trenzado, el cual se encuentra acoplado en la punta de la palanca, asegurado mediante clavijas.

Figura 56

Sistema mecánico para repique de campanas



El dimensionamiento de la caja reductora se realizó mediante la prueba con un motor de 1615 RPM que con una caja reductora con relación de 1:60, ejercía en 2 segundos 1 vuelta completa en 29 RPM, por lo cual se llevó a la conclusión que cada 58 RPM en 1 segundo equivale a 1 vuelta completa. Por lo cual se realizó los siguientes cálculos:

Motor 1

$$V/S = \frac{\text{Salida de caja reductora}}{58 \text{ RPM}}$$

$$V/S = \frac{337 \text{ RPM}}{58 \text{ RPM}}$$

$$\frac{V}{S} = 5.8 \text{ vueltas por segundo}$$

Motor 2

$$V/S = \frac{\text{Salida de caja reductora}}{58 \text{ RPM}}$$

$$V/S = \frac{229 \text{ RPM}}{58 \text{ RPM}}$$

$$\frac{V}{S} = 4 \text{ vueltas por segundo}$$

Tabla 15

Equivalente número de vueltas por segundo

Motor	Caja reductora (Relación)	Salida caja reductora	Número equivalente de vueltas por segundo
3370 RPM	1:10	337 RPM	5
3435 RPM	1:15	229 RPM	4

Dimensionamiento de alimentación de tableros

Portafusibles

Se ha instalado un portafusibles que cumple con la normativa IEC 60269, estableciendo así un estándar de seguridad para los equipos correspondientes. Cabe destacar que dicho portafusibles se encuentra ubicado en el tablero de control. Este dispositivo está compuesto por fusibles de 4 amperios a 250 voltios, destinados exclusivamente para proteger la fuente de alimentación de 24 VDC.

En este contexto, es importante resaltar que la fuente de alimentación en cuestión ya cuenta con sus propias protecciones. Dado que se trata de una fuente con una corriente nominal de 3.1 amperios, se han realizado cálculos específicos para dimensionar adecuadamente el fusible correspondiente. Este enfoque garantiza una protección eficaz y coherente con las exigencias normativas y los requisitos de seguridad establecidos para el sistema en su conjunto.

Datos:

Corriente máxima de la fuente de alimentación = 3.1A.

I = Dimensionamiento del fusible.

$$I = 3.1A * 1.25$$

$$I = 3.875 A$$

Fuente de alimentación de voltaje DC

La fuente de alimentación instalada en el tablero de control suministra una tensión de 24VDC a una corriente de 3.1 amperios. El Industruino, que recibe alimentación directa de esta fuente, tiene, según su datasheet, un consumo especificado de 2.3 amperios. Es relevante destacar que los 24VDC también se emplean para activar la bobina del relé de 24VDC, generando un consumo adicional de 0.1 amperios.

Tabla 16

Consumo de cargas

Consumo de cargas	Corriente
Industruino (Salidas digitales y analógicas)	2.3 A
Resistencia Bobina de relés	0.1 A
Total	2.4 A

Con estos datos suministrados, se procedió al dimensionamiento de la fuente utilizando la siguiente fórmula, la cual se puede visualizar a continuación:

Datos:

Consumo de corriente de las cargas = 2.4 A.

I = Dimensionamiento de la fuente de alimentación.

$$I = 2.4 A * 1.25$$

$$I = 3. A.$$

Interruptor electromagnético

Para el cálculo del tamaño del interruptor termomagnético instalado en el tablero de fuerza, se consideraron todas las cargas, en particular los variadores identificados como V1 y V2. El consumo de estos variadores está directamente relacionado con la corriente nominal del motor, la cual se encuentra detallada en la placa de datos correspondiente. Este enfoque asegura que el interruptor termomagnético sea dimensionado de manera adecuada, teniendo en cuenta las demandas específicas de las cargas conectadas, en este caso, los variadores V1 y V2.

Tabla 17

Consumo de cargas del variador de frecuencia

Denominación del motor	Potencia del motor	Corriente nominal del motor	Caja reductora	Total
Motor 1	370 W	1.62 A	1.1 A	2.72 A
Motor 2	746 W	3.10	1.8 A	4.9 A
Corriente total de consumo del variador de frecuencia				7.62 A

Al calcular el total de consumo de corriente de las cargas, se considera crucial aplicar un margen de seguridad del 25 por ciento al resultado obtenido. Este porcentaje representa el espacio adicional que se puede superar sin incurrir en sobrecargas o sobretensiones perjudiciales. Este enfoque garantiza un diseño robusto con un margen de seguridad, mejorando la confiabilidad operativa y reduciendo el riesgo de posibles problemas asociados con fluctuaciones imprevistas en la carga eléctrica.

Datos:

Corriente total de consumo del variador = 7.62 A.

I = Dimensionamiento del interruptor termomagnético.

$$I = 7.62A * 1.25$$

$$I = 9.52 A.$$

Basándose en esta evaluación, se determinó la necesidad de utilizar un interruptor electromagnético de 2x10A. Esta designación indica que se trata de un interruptor de 2 polos y que su punto de desconexión se activará cuando la corriente alcance los 10 amperios. Este interruptor se elige con el propósito de gestionar eficazmente el flujo de corriente y garantizar la seguridad del sistema ante posibles variaciones en la carga eléctrica.

Cálculo de dimensionamiento de cable.

Para el cálculo de dimensionamiento de cable se debe de tomar en cuenta los datos que proporciona el fabricante, las condiciones que el cable va a hacer expuesto y la distancia a transmitir voltaje o corriente.

Cálculo de caída de voltaje en DC.

En el proceso de dimensionamiento del cable, se consideró inicialmente que la transmisión estaría destinada únicamente al control. Por esta razón, se optó por emplear el cable concéntrico 3x16 AWG THHN/THWN como la opción principal, caracterizado por una resistencia de 11 Ω /km. Este cableado se realizó a lo largo de un techo cubierto, donde se evaluó la ausencia de interferencias que pudieran afectar la transmisión del voltaje necesario.

Es importante destacar que el cable mencionado anteriormente fue utilizado para la totalidad del cableado, desde el tablero de control hasta el tablero de fuerza. Las iniciales THHN/THWN indican las propiedades particulares de este cable, que cuenta con un revestimiento termoplástico diseñado para resistir altas temperaturas. Además, su resistencia al calor y al agua lo hace adecuado para su implementación en diversos entornos, asegurando un rendimiento fiable en condiciones variadas.

Para el cálculo de la caída de voltaje se tomó en cuenta la siguiente fórmula y datos.

$$\Delta V = 2 * I * L * R$$

$\Delta V =$ *Caída de voltaje*

$I =$ *Corriente del circuito*

$L =$ *Distancia en Km*

$R =$ *resistencia del cable por cada kilómetro.*

$$\Delta V = 2 * 1A * \left(\frac{15}{1000} km\right) * \left(11 \frac{\Omega}{km}\right)$$

$$\Delta V = 0.385 V$$

El suministro de voltaje de transmisión final al tablero de fuerza sería 23.62 V los cuales nos permite efectuar la activación de la bobina del relé como se muestra en la Figura 57.

Caída de voltaje porcentual

$$V\% = \frac{\Delta V}{V_{nom}} * 100\%$$

$V\%$ = *Caída de voltaje porcentual*

ΔV = *Caída de voltaje*

V_{nom} = *Voltaje nominal a transmitir*

$$V\% = \frac{0.385 V}{24 V} * 100\%$$

$$V\% = 1.60 \%$$

Figura 57

Distancia de instalación del cableado para la transmisión de voltaje



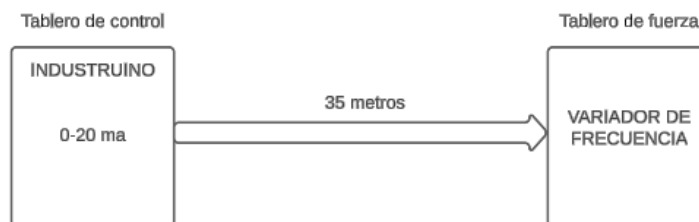
Análisis sobre la transmisión de corriente.

En la transmisión de corriente desde el tablero de control al tablero de fuerza, se consideraron las características del cable seleccionado. Este cable, inmune a interferencias gracias a su recubrimiento de termoplástico y nailon, demuestra ser una elección adecuada para la aplicación como se muestra en la Figura 58. Con una capacidad de transmisión de hasta 13 amperios, se adecúa perfectamente a la naturaleza de la señal de control que se está transmitiendo.

La elección de este cable se fundamenta en su capacidad para mantener la integridad de la señal en entornos propensos a interferencias electromagnéticas. Dado que no hay otras señales que se transmitan simultáneamente, se descarta la posibilidad de interferencias, garantizando una transmisión de corriente confiable y sin inconvenientes. Este enfoque cuidadoso en la selección del cable contribuye a la eficiencia y seguridad del sistema eléctrico, cumpliendo con los requisitos específicos de la aplicación de control.

Figura 58

Distancia de instalación del cableado de corriente



Cálculo de dimensionamiento de circuito de motores.

- La alimentación de los motores se realiza desde el gabinete de fuerza donde existe una distancia de 15 metros hasta el campanario, por lo cual se determina el alimentador para los motores mediante la ayuda de las fórmulas de caída de voltaje para poder garantizar el funcionamiento del sistema electromecánico.

Fórmulas para el dimensionamiento

Alimentador

$$IPC = \frac{P}{(K) (V) (f.p) (n)}$$

IPC = Corriente a plena carga (A).

P = Potencia(Watts)

$K = 2$, porque es un sistema de 220V a 3 hilos F – F – N

$V =$ Voltaje (V)

$f.p =$ Factor de potencia del motor

$n =$ Eficiencia del motor

Caída de voltaje

$$\Delta V: \frac{(K1)(L)(IPC)}{CM} (K2)$$

$\Delta V:$ Caída de voltaje

$K1:$ 78.74, porque el conductor es de cobre.

$L:$ Distancia de transmisión.

$IPC:$ Corriente a plena carga.

$CM:$ área circular en milélimas de pulgada

$K2:$ 1, porque es un sistema monofásico a 3 hilos

Dimensionamiento del Motor 1

Corriente de carga

$$IPC1: \frac{0.5H(746W)}{(2) (220) (0.8) (0.9)}$$

$$IPC1: 1.2 A$$

Alimentador del motor 1

$$ID1: (1.2 A) * (1.25)$$

$$ID1 = 1.5 A$$

De acuerdo con la placa de datos del motor, se registra un consumo de corriente de 1.62 A. Se destaca que, con el aumento del consumo de la caja reductora, la corriente de consumo a plena carga es 2.2 A.

En respuesta a estos valores, se ha tomado la decisión de instalar un conductor de calibre #12 AWG. Es importante señalar que, si bien en circuitos especiales se suele emplear cable número #10, en este caso específico, dada la baja conducción de corriente, se ha considerado el cable #12 como una opción adecuada. Es relevante mencionar que el conductor #12 AWG tiene la capacidad de conducir hasta 20 A, lo cual se ajusta a las necesidades de la aplicación sin comprometer la eficiencia del sistema.

Caída de voltaje

$$\Delta V: \frac{(78.74)(15m)(2.2A)}{6530} (1)$$

$$\Delta V: 0.397 V$$

Porcentaje de caída de voltaje

$$\% \Delta V: \frac{\Delta V}{\text{Voltaje del sistema}} * (100)$$

$$\% \Delta V: \frac{0.397 V}{220 V} * (100)$$

$$\% \Delta V: 0.18 \%$$

Cuando el porcentaje de caída de voltaje es inferior al 1%, el conductor dimensionado se considera proporcional y se espera que cumpla adecuadamente con la función requerida del sistema como se muestra en la

Figura 59.

Dimensionamiento del Motor 2

Corriente de carga

$$IPC1: \frac{1H(746W)}{(2) (220) (0.84) (0.9)}$$

$$IPC1: 2.24 A$$

Alimentador del motor 2

$$ID1: (2.4 A) * (1.25)$$

$$ID1 = 2.80 A$$

De acuerdo con la placa de datos del motor a pesar de ser de 1HP, se registra un consumo de corriente de 3.10 A. Se destaca que, con el aumento del consumo de la caja reductora, la corriente de consumo medida a plena carga es de 3.5 A.

Se ha decidido utilizar un conductor de calibre #12 AWG en respuesta a los valores calculados y medidos, en esta situación particular, debido a la baja corriente requerida, se ha evaluado el cable #12 como una elección apropiada. Es esencial destacar que el conductor #12 AWG puede manejar hasta 20 A.

Caída de voltaje

$$\Delta V: \frac{(78.74)(15m)(3.5A)}{6530} (1)$$

$$\Delta V: 0.633 V$$

Porcentaje de caída de voltaje

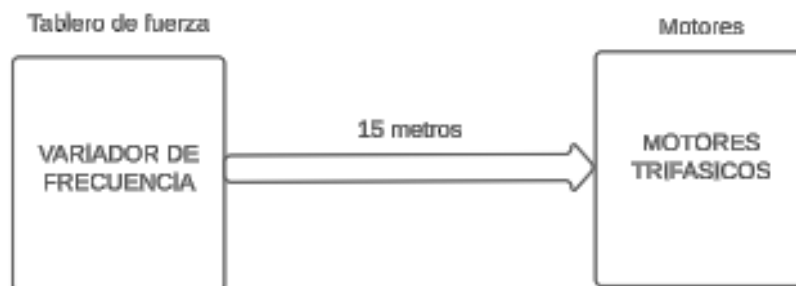
$$\% \Delta V: \frac{\Delta V}{\text{Voltaje del sistema}} * (100)$$

$$\% \Delta V: \frac{0.633 \text{ V}}{220 \text{ V}} * (100)$$

$$\% \Delta V: 0.29 \%$$

Figura 59

Distancia de instalación del cableado de alimentación de motores



Pruebas de diferentes sistemas mecánicos para el repique de campanas

Se llevó a cabo diversas pruebas del sistema diseñado para el repique de campanas. Es importante destacar que, debido a las diferencias en la infraestructura y el material de las campanas en cada campanario, se esperan variaciones significativas en la dispersión y nitidez del sonido. Durante las pruebas, se evaluaron sistemas mecánicos que incorporaban actuadores como electroimanes y motores para determinar su eficacia para el sistema de repique de campanas.

Sistema mecánico tipo palanca con electroimán

El sistema mecánico implementado se basa en la activación de un electroimán que contrae un brazo tipo palanca acoplado. El retorno de este brazo se lleva a cabo mediante un resorte. No obstante, se ha observado que este sistema, diseñado para el repique de campanas, presenta limitaciones en términos de eficiencia. Esto se debe a su respuesta lenta al retorno y a una ejecución con una fuerza limitada.

Figura 60*Electromartillo***Sistema mecánico con electroimán (Electromartillo)**

El sistema de repique de campanas o el elemento final de control estaba basado en un electroimán, que se componía de un martillo con una base que realizaba palanca mediante la sujeción de su brazo al momento de la activación del electroimán. Se realizó las pruebas en campo del electromartillo donde se estableció que el mismo no tenía la suficiente fuerza y precisión de golpe para efectuar el sonido que debía de realizar la campana, por lo cual esta opción fue descartada.

Figura 61*Electromartillo*

Sistema mecánico con martillo y motor trifásico sin caja reductora.

El sistema mecánico desarrollado sin caja reductora constaba de un martillo acoplado a una base y al eje del motor para que realice el movimiento de bajada y subida del martillo desde 90 grados a 20 grados, teniendo en su un golpe preciso pero el inconveniente encontrado fue que el motor al arrancar, al querer perder inercia realizaba mucho esfuerzo, y al terminar su ciclo de trabajo al quedar en la posición de subida este del peso se colocaba inmediatamente con el brazo colgado, por lo cual se optó por realiza un sistema con caja reductora.

Figura 62

Sistema mecánico con motor



Sistema mecánico con Motor trifásico y caja reductora.

El motor al ser trifásico se puede realizar el control del mismo mediante un variador de frecuencia, teniendo así un mejor control, en el anterior sistema nombrado se adicionó una caja reductora, para que realice el trabajo de ganancia de torque y que el martillo se quedara en la posición de finalización del ciclo, sin tener problemas en el arranque. Al tener todas las características necesarias para el repique de campanas este sistema fue tomado como base para la realización del sistema final de repique de campanas

La prueba que se realizó con un motor de 1615 RPM, con una caja reductora de relación 1:60. La cual nos proporcionó 1 golpe por cada 2 segundos, esto quiere decir que a su salida nos da un equivalente de 27 RPM.

Figura 63

Sistema mecánico con motor y caja reductora



Implementación del sistema

Para la implementación del sistema se realizó el ensamblaje e instalación de todos los elementos eléctricos y electrónicos, como se muestra a continuación.

Ensamblaje e instalación del tablero de control

Para realizar el tablero de control se creó un Layout del tablero con el posicionamiento de cada componente, para que exista la armonía y la distancia adecuada entre cada elemento, como lo muestra en la Figura 64.

Figura 64

Tablero de control



El tablero de control se instaló en la sacristía de la iglesia, es un lugar de fácil acceso para la persona encargada del repique de las campanas, se encuentra situado en la pared aladaña del tablero de distribución principal de la iglesia.

Figura 65

Instalación de tablero de control



Ensamblaje e instalación del tablero de Fuerza

El tablero de fuerza cuenta con un interruptor termomagnético, el cual desempeña la función de proteger a los variadores de frecuencia. La creación del tablero de fuerza se fundamentó en el diseño previamente mencionado.

Figura 66

Tablero de fuerza



La instalación del tablero de fuerza se llevó a cabo en el primer piso del campanario, seleccionando esta ubicación por su conveniente accesibilidad que facilita la ejecución de cualquier tarea de mantenimiento o la verificación de su correcto funcionamiento.

Figura 67

Instalación de tablero de fuerza



Instalación del elemento final de control

En la instalación del motor, tanto en aspectos mecánicos como en consideraciones de protección, se ha tenido en cuenta que el motor cuenta con una clasificación de protección IP55 contra el polvo y agua. A pesar de esta clasificación, se implementó una protección adicional en forma de una cubierta metálica con el fin de prevenir la entrada de agua y polvo desde el entorno exterior.

El motor ha sido previamente montado sobre una base que ha sido asegurada al suelo mediante pernos. Esta disposición asegura que el motor permanezca en una posición fija, permitiendo que realice sus funciones de manera estable y eficiente, de acuerdo con las especificaciones y requisitos establecidos para su operación.

Figura 68

Instalación de elemento final de control



Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- El levantamiento de información permitió analizar las distancias para la ubicación de los tableros para evitar pérdidas de voltaje y corriente.
- Analizamos uno de los sistemas más utilizados para el repique de campanas en donde se usa el electromartillo, el cual no resulto ser una buena opción debido a la complicada estructura que tiene el campanario de la iglesia Santa Marianita resultando difícil colocar el actuador directamente en la campana.
- Debido a la necesidad de enviar señales analógicas para controlar el repique mediante motores, analizamos diferentes controladores resultando el controlador digital Industruino como nuestra mejor opción ya que nos provee los canales suficientes para enviar señales análogas además de señales digitales.

Recomendaciones

- Para trabajos futuros en el campo de automatización de campanas se recomienda adquirir tanto la caja reductora como el motor del mismo fabricante para evitar problemas de acoplamiento mecánico y errores en el variador.
- Verificar que el sitio de la instalación cuente con voltaje AC de 220 V ya que es el voltaje de alimentación necesario para los variadores y los motores.
- Revisar el diseño del sistema de automatización de campanas con respecto a las características del controlador con la finalidad de cubrir todos los requerimientos del sistema.
- Se recomienda comprobar que el acople entre el motor y el mecanismo biela-manivela se encuentre centrado para evitar el desgaste prematuro de las piezas de unión.

Bibliografía

Academia Balderix. (2024). *Biela-manivela*. Recuperado el 01 de Febrero de 2024, de Ingenierizando:

<https://www.ingenierizando.com/maquinas-y-mecanismos/biela-manivela/>

Antilao, A. (01 de Diciembre de 2022). *Gabinetes eléctricos: qué son, tipos y cómo funcionan*. Obtenido de

Rittal: <https://rittalnet.cl/gabinete-electrico/>

Arduino. (24 de Febrero de 2024). *Overview of the Arduino IDE 1*. Obtenido de Arduino Documentation:

<https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/Environment/>

auersignal. (2024). *Clases de protección IP (como IP65 e IP66)*. Recuperado el 01 de Marzo de 2024, de

auersignal: <https://www.auersignal.com/es/datos-tecnicos/normas/grados-de-proteccion-ip/>

Bañales, M. (12 de Junio de 2019). *Universidad de Navarra*. Obtenido de TORRES Y CAMPANAS:

<https://www.unav.edu/web/catedra-patrimonio/actividades/ciclos-y-conferencias/2019/las-campanas-testigos-de-la-historia-local>

belltron. (2024). *LA CAMPANOLOGIA 2*. Recuperado el 01 de Febrero de 2024, de bellTRON:

<https://www.belltron.com/es/la-campanologia-2>

BENY. (02 de Agosto de 2022). *PORTAFUSIBLES: TODO LO QUE NECESITA SABER*. Obtenido de BENY:

<https://www.beny.com/es/fuse-holders-all-you-need-to-know/>

Bricos. (09 de Agosto de 2012). *¿Qué son las pastillas y fusibles?* Obtenido de Bricos:

<https://bricos.com/noticias/pastillas-fusibles-electricos/>

COREIN. (2024). *BORNERA RIEL DIN 2.5MM T/TORNILLO 2 PISOS GRIS*. Recuperado el 27 de Febrero de

2024, de COREIN: <https://coreingroup.com/bornera-riel-din-25mm-ttornillo-2-pisos-gris-1809/p>

- Datisation. (11 de Agosto de 2022). *7 tecnologías con las que debes contar para la automatización industrial*. Obtenido de Datisation: <https://datisation.com/blog/tecnologias-automatizacion-industrial/>
- DUALTRONICA. (2021). *Indicador Led, Luz Piloto 22mm 110V, Verde*. Recuperado el 27 de Febrero de 2024, de DUALTRONICA: <https://dualtronica.com/miscelanea/693-indicador-led-luz-piloto-110v-verde.html>
- efectoLED. (2024). *Colores de los cables eléctricos*. Recuperado el 27 de Febrero de 2024, de efectoLED: <https://www.efectoled.com/blog/es/colores-cables-electricos/>
- Electromaldonado. (2024). *GABINETE METALICO 600X600X200*. Recuperado el 27 de Febrero de 2024, de Electromaldonado.
- Electrrio. (2024). *EL2509 RELE 220V 220 Vac Carril DIN 10A Doble contacto*. Recuperado el 27 de Febrero de 2024, de Electrrio: <https://www.electrrio.es/EL2509-RELE-220V-220-Vac-Carril-DIN-10A-Doble-contacto>
- Enertronic. (2024). *Lyte DIN Rail Power Supply*. Madrid: Delta Electronics. Obtenido de Delta.
- Farina, A. (03 de Octubre de 2023). *Algunas reflexiones sobre el uso y ubicación de las borneras en los tableros eléctricos*. Obtenido de EDITORES: https://www.editores-srl.com.ar/autor/alberto_farina/20231031_borneras
- Generac. (30 de Junio de 2023). *Motores eléctricos: ¿cómo funcionan?* Obtenido de mantenimientoelctrico: <https://www.mantenimientoelctrico.com/motores-electricos/motores-electricos-como-funcionan-n3606>
- GNS COMPONENTS. (12 de Agosto de 2019). *Relé Seco Y Húmedo*. Obtenido de GNS COMPONENTS: <http://es.led-diode.com/info/dry-and-wet-relay-41460057.html>

Hangsin. (2024). *Caja reductora horizontal CHM*. Recuperado el 01 de Febrero de 2024, de <http://gearmotorreducer.com/2-3-motor-mount-gear-speed-reducer.html>

Heavy. (2023). *HV10-R75G1-2*. Recuperado el 01 de Febrero de 2024, de <https://tiendaelectricaheavy.com/producto/hv10-r75g1-2/>

Hernandez, V. (1999). *Analisis comparativo de los diferentes paradigmas de la programación*. Ciudad de Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico. Recuperado el 23 de Febrero de 2024

Inducom ECUADOR. (29 de Agosto de 2023). *Caja reductoras Ecuador*. Obtenido de Inducom: <https://inducom-ec.com/caja-reductoras-ecuador/>

Industruino. (2024). *Sobre Industruino*. Recuperado el 01 de Febrero de 2024, de <https://industruino.com/>

Infoturismo. (2023). *cotopaxijoseguango*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2023, de BIENVENIDOS AL INFOCENTRO JOSEGUANGO- PARROQUIA JOSEGUANGO BAJO: <https://cotopaxijoseguango.wixsite.com/joseguangobajo/turismo>

Ingmecafenix. (07 de Agosto de 2023). *Qué es un interruptor termomagnético y como funciona*. Obtenido de Ingmecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/control/termomagnetico/#Que-es>

IsoTest. (2024). *Fuentes de alimentación DC*. Recuperado el 23 de Febrero de 2024, de IsoTest: <https://isotest.net/productos/fuentes-alimentacion-dc/>

MIDUVI. (11 de Noviembre de 2017). *PREGUNTAS Y RESPUESTAS*. Obtenido de habitatyvivienda: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/PREGUNTAS-Y-RESPUESTAS.pdf>

MIDUVI. (2018). *NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción INSTALACIONES ELÉCTRICAS*. Quito: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

MOLIFER. (2024). *Electromartillos*. Recuperado el 01 de Febrero de 2024, de <https://molifer.com/martillo-campana/>

Montalban. (2024). *Montalbán en fotos*. Recuperado el 01 de Marzo de 2024, de Montalban: <https://montalban-fotos.blogspot.com/2013/09/campanas.html>

NORMADOC. (2024). *IEC*. Recuperado el 01 de marzo de 2024, de NORMADOC: <https://www.normadoc.com/spanish/normas/normas-internacionales/iec-1.html>

Oriental Art. (2024). *Campanas tibetanas*. Recuperado el 01 de Febrero de 2024, de orientalartsas: <https://orientalartsas.com/es/campanas-tibetanas/16451-badajo-de-fieltro-con-mango-de-madera-para-campanas-o-gongs-tibetanos-l.html>

Orozco, Á., Guarnizo, C., & Holguín, M. (2008). *Automatismos Industriales*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

PartesDe. (2024). *Partes de la Campana*. Recuperado el 01 de Febrero de 2024, de Partes DE: <https://partesde.org/campana/>

PartesDel. (2023). *Partesdel*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2023, de Partes de una campana: <https://www.partesdel.com/partes-de-una-campana.html>

Pascal, E. (01 de Octubre de 2011). *Sistema de control a lazo cerrado*. Obtenido de Research Gate: https://www.researchgate.net/figure/Sistema-de-control-a-lazo-cerrado_fig9_326587312

pepegreen. (2024). *AWG ¿qué es?* Recuperado el 27 de Febrero de 2024, de pepegreen: <https://pepegreen.com/awg-que-es/>

Perez , M., Hidalgo, A., & Berenguer, E. (2007). *INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL Y MODELO MATEMÁTICO PARA SISTEMAS LINEALES INVARIANTES EN EL TIEMPO*. San Juan: Universidad Nacional de San Juan.

Pérez, A. (2003). *Reles electromagnéticos y electrónicos. Parte I; Reles y contactores*. Madrid: Vivat Academia.

Polaridad. (02 de Febrero de 2024). *Diagrama de un selector de 2 posiciones: todo lo que necesitas saber*. Obtenido de Polaridad.es: <https://polaridad.es/selector-2-posiciones-diagrama/>

Positive Engineering. (22 de Junio de 2023). *NORMA IEC 61508: CÓMO OPTIMIZAR LA SEGURIDAD FUNCIONAL DE SISTEMAS*. Obtenido de Positive Engineering: <https://positiveengineering.com/es/que-es-iec-61508/#:~:text=La%20norma%20IEC%2061508%20plantea,propios%20sistemas%20de%20seguridad%20industriales.>

Profermaco. (2024). *ANDES CABLES CONCENTRICO 2X16 AWG 100MT*. Recuperado el 23 de Febrero de 2024, de Profermaco: <https://tienda.profermaco.com.ec/p/andes-cables-concentrico-2-x-16-awg-100-mt-c-070041>

Rincon, M. (08 de Marzo de 2013). *Sistemas electromecánicos*. Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/s8kkwgcnexom/sistemas-electromecanicos/#:~:text=Son%20aquellos%20sistemas%20constituidos%20fundamentalmente,transformar%20distintos%20tipos%20de%20energ%C3%ADa.>

Robledano, A. (22 de junio de 2023). *Qué es C++: Características y aplicaciones*. Obtenido de OpenWebinars: <https://openwebinars.net/blog/que-es-cpp/>

Robotics Electronica y Robotica. (2024). *SWITCH SELECTOR 22mm 2 POSICIONES NEGRO MANGO LARGO*

METALICO. Recuperado el 27 de Febrero de 2024, de Robotics Electronica y Robotica:

<https://roboticsec.com/producto/switch-selector-22mm-2-posiciones-negro-mango-largo-metalico/>

Rodríguez, J. (1999). *SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS*. Valparaiso: Universidad Técnica Federico Santa María.

RS. (2024). *Botones Pulsadores de Parada de Emergencia*. Recuperado el 27 de Febrero de 2024, de RS:

<https://es.rs-online.com/web/c/interruptores/pulsadores-y-componentes/botones-pulsadores-de-parada-de-emergencia/>

Shoptronica. (2024). *Que son los Interruptores, Pulsadores, Conmutadores*. Recuperado el 23 de Febrero

de 2024, de Shoptronica: [https://www.shoptronica.com/curiosidades-tutoriales-y-gadgets/4079-](https://www.shoptronica.com/curiosidades-tutoriales-y-gadgets/4079-que-son-los-interruptores-pulsadores-conmutadores-0689593950512.html#:~:text=Un%20pulsador%20es%20un%20interruptor,presionado%2C%20es%20decir%20sin%20enclavamiento.)

[que-son-los-interruptores-pulsadores-conmutadores-](https://www.shoptronica.com/curiosidades-tutoriales-y-gadgets/4079-que-son-los-interruptores-pulsadores-conmutadores-0689593950512.html#:~:text=Un%20pulsador%20es%20un%20interruptor,presionado%2C%20es%20decir%20sin%20enclavamiento.)

[0689593950512.html#:~:text=Un%20pulsador%20es%20un%20interruptor,presionado%2C%20es%20decir%20sin%20enclavamiento.](https://www.shoptronica.com/curiosidades-tutoriales-y-gadgets/4079-que-son-los-interruptores-pulsadores-conmutadores-0689593950512.html#:~:text=Un%20pulsador%20es%20un%20interruptor,presionado%2C%20es%20decir%20sin%20enclavamiento.)

SUPU. (19 de Abril de 2021). *Concepto Básico De Luz Indicadora*. Obtenido de SUPU:

<https://es.supuconnection.com/info/basic-concept-of-indicator-light-58864166.html>

todocoleccion. (2024). *badajo de campana*. Recuperado el 01 de Febrero de 2024, de

<https://www.todocoleccion.net/antiguedades-tecnicas/badajo-campana-antiguo~x409968304>

UDO Monagas. (29 de Abril de 2015). *Elementos finales de Control*. Obtenido de Slideshare:

<https://es.slideshare.net/CEG-automatizacion/elementos-finales-de-control-47577156>

Villajulca, J. (20 de Mayo de 2010). *Empezemos con los elementos finales de control : Válvulas de Control*.

Obtenido de Instrumentacion y control.net: <https://instrumentacionycontrol.net/empezemos-con-los-elementos-finales-de-control-valvulas-de-control/>

Yañez, C. (10 de Diciembre de 2018). *Qué es el IDE de Arduino en robótica*. Obtenido de CEAC:

<https://www.ceac.es/blog/que-es-el-ide-de-arduino-en-robotica>

Zapata, M., Topón, L., & Tipán, E. (2021). *Fundamentos de Automatizacion y Redes Industriales*. Quito:

Editorial de la Universidad Tecnológica Indoamérica.

zmscables. (2024). *Todo Lo Que Necesita Saber sobre Los Cables Concéntricos*. Recuperado el 23 de

Febrero de 2024, de ZMS: <https://zmscables.es/todo-sobre-cable-concentrico/>

