

Ingeniería aplicada al proceso de tañido de la campana de la Parroquia Santa Lucía Engineering applied to the bell ringing process of the Santa Lucía Parish

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16895458>

Pereira Quintero, Aurimar Lorena¹

Correo: aurimar.9109@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0595-1409>

Universidad del Zulia. Zulia, Venezuela

Barreto Sánchez, Emilio Enrique²

Correo: emiliobarreto4@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-7166-8259>

Universidad Alonso de Ojeda. Zulia, Venezuela

Villasmil Calderón, Débora Raquel³

Correo: deboravillas1000@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-7142-9928>

Universidad Alonso de Ojeda. Zulia, Venezuela

Resumen

Este proyecto de investigación busca desarrollar un sistema para el tañido de la campana de la Parroquia Santa Lucía en el Municipio Lagunillas, optimizando su operación sin perder su valor histórico y cultural. Se fundamenta en estudios previos sobre la situación actual, elementos del sistema y requerimientos técnicos y económicos. La investigación es proyectiva, con diseño no experimental, de campo y transversal. La población incluye miembros de la parroquia y docentes expertos en optimización. Se utilizó la entrevista como técnica de estudio con una guía revisada metodológicamente. Los resultados muestran que el sistema manual demanda esfuerzo físico y desplazamiento del párroco, afectando la precisión y operatividad. Además, la falta de mantenimiento preventivo contribuye al deterioro estructural. Se propone un sistema electromecánico para mejorar la modulación del tañido, reducir el desgaste y eliminar la intervención manual, garantizando una operación segura y eficiente mientras se preserva su funcionalidad.

Palabras clave: campana, proceso, ingeniería de desarrollo, tañido

¹ Mg. en Gerencia de Operaciones.

² Dr. en Ciencias de la Educación.

³ Ing. Industrial.



Abstract

This research project aims to develop a system for ringing the bell of Santa Lucía Parish in Lagunillas Municipality, optimizing its operation while preserving its historical and cultural value. It is based on previous studies on the current situation, system elements, and technical and economic requirements. The research follows a projective approach with a non-experimental, field-based, and cross-sectional design. The population includes parish members and university professors specializing in optimization. The study employed interviews as a research technique using a methodologically reviewed guide. The results show that the manual system requires physical effort and the priest's movement, affecting precision and functionality. Additionally, the lack of preventive maintenance contributes to structural deterioration. An electromechanical system is proposed to improve the modulation of the ringing, reduce structural wear, and eliminate constant manual intervention, ensuring safe and efficient operation while preserving its functionality.

Keywords: bell, process, development engineering, ringing

Introducción

En la comprensión más amplia de la palabra, la iglesia es una comunidad de creyentes unidos por la fe. Esta comunidad sigue las enseñanzas de Jesucristo y persigue los mismos objetivos, como el amor, la comprensión y la justicia. Aciprensa (2024, p. 1) afirma “la Iglesia Católica es la única verdadera fundada por Jesucristo sobre San Pedro y los Apóstoles; y todos los hombres estamos llamados a ser el Pueblo de Dios guiado por el Papa, que es el sucesor de San Pedro y Vicario de Cristo en la tierra”. En efecto, la Iglesia Católica se basa en las creencias relacionadas con las enseñanzas de Jesucristo, quien es considerado el Hijo de Dios y el Salvador del mundo.

Por otro lado, el templo se define como un santuario destinado a la adoración de la religión y la comunicación con lo divino. Se destaca por ser un lugar desconectado de la realidad circundante, donde se llevan a cabo diversas ceremonias, se ofrecen oraciones y se realizan rituales. Dadas las tradiciones, la arquitectura del templo suele exhibir proporciones majestuosas y motivos simbólicos, lo que resalta la importancia de la fe y la espiritualidad.

Un campanario o campanil es, por otra parte, una construcción que suele tener forma de torre y que se sitúa en las inmediaciones de una iglesia, una catedral o una capilla. La finalidad del campanario es contener campanas, que están constituidas por cuerpos metálicos de bronce o similares que se hacen sonar al golpearse su interior con un badajo, lo que provoca un sonido estruendoso que es perceptible a

muchos metros de distancia. Las campanas son instrumentos de percusión idófonos en forma de copa invertida que suenan cuando se golpean con un badajo o con un martillo exterior. A esto se le conoce como tañido de campanas, esto hace referencia al sonido característico que emite una campana cuando es accionada, bien sea de forma manual o automática. Este acto es imprescindible ya que su sonido representativo se utiliza para anunciar eventos religiosos, así como también son utilizados para marcar el paso del tiempo, con toques cada hora o cada cuarto de hora.

Las campanas de los Templos de la Iglesia Católica son un ícono naturalmente esencial, por el cual se hace un llamado a estar atento ante las celebraciones religiosas que allí ocurren, y dan indicios de una actitud de vela y espera ante un acontecimiento que los católicos llaman Santa Misa. En líneas generales, las campanas de la iglesia resuenan constantemente y son fundamentales para las prácticas religiosas que se realizan dentro del Templo.

El tañido de las campanas es una tradición que se ha mantenido a lo largo del tiempo y que aún persiste, teniendo un gran significado en la Iglesia Católica actual. Las campanas han sido creadas para marcar acontecimientos importantes, como celebraciones religiosas, anuncios públicos o sencillamente son utilizadas para generar un ambiente solemne. Tomé (2023) señala que “las nuevas herramientas y tendencias tecnológicas en automatización industrial están impulsando la transformación del sector, que ve cómo un 88% de los negocios ya se han embarcado en iniciativas transformadoras de automatización y control, según un informe de la consultora McKinsey”.

Como se puede observar, la tecnología ha avanzado tanto con el paso de los años que hoy en día existen diferentes maneras de realizar el toque de las campanas; sin embargo, hay iglesias en otros países donde aún se conserva la tradición de realizar el tañido de la campana de manera antigua; es decir, de forma manual, resultando en un proceso agotador. A nivel global, el tañido de las campanas es una manifestación cultural que ha sido transmitida de generación en generación y forma parte de la memoria y la historia de las comunidades que lo practican. La UNESCO (2022) ha reconocido su importancia al declararla Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad el 30 de noviembre del 2022. Sin embargo, en muchos casos, el proceso de tañido de las campanas sigue siendo manual y laborioso, lo que puede generar problemas de fatiga y riesgos de accidentes, especialmente en eventos prolongados o en condiciones climáticas adversas.

Actualmente, Venezuela no es la excepción en cuanto a experimentar cambios en los procesos manuales para convertirlos en automáticos y menos peligrosos, tales como la empresa Belltron Venezuela C.A, la cual desde el año 2017 ha venido proporcionando esta alternativa de automatizar campanas de templos en diversas Iglesias del País, incluyendo la Basílica de la Chinita. Desde 1982, Belltron (Italia) ha seguido entusiasmando a los fieles con la alta calidad sonora del Word, con melodías tradicionales editadas digitalmente y con la armonía de los cálidos timbres. En Ciudad Ojeda, estado Zulia, se puede evidenciar la creciente demanda que acarrea el empleo de la automatización de la campana de una Iglesia Central, que lleva por nombre Santa Lucía, en donde se plantea aplicar un rediseño de la campana e incluir el sistema de tañido automático para minimizar los riesgos por accidentes y fatigas al momento de realizar el trabajo manual.

La parroquia Santa Lucía fue fundada por Monseñor Marco Tulio Ramírez Roa, tercer obispo de la diócesis de Cabimas el 22 de mayo de 1977. Se escogió el título de Santa Lucía para la nueva Parroquia porque los pobladores iniciales fijaron esta fecha como la de su fundación. De hecho, el obispo Ramírez Roa decretó que Santa Lucía fuera la patrona de la joven ciudad. El templo parroquial está ubicado en las adyacencias de la Plaza Bolívar y el perímetro parroquial abarca las inmediaciones del Casco Central y toda la zona costera desde la esquina de la avenida Bolívar hasta la carretera P.

Desde su fundación hasta 1996 estuvo regentada por los Padres Agustinos, que contribuyeron al nacimiento de los primeros carismas de la parroquia. Desde 1996 hasta la fecha la parroquia es atendida por los sacerdotes diocesanos, siendo su párroco actual el Padre Néstor Ulloa, en funciones desde septiembre de 2022. Las instalaciones cuentan con un piso inferior donde se ubican los salones y oficinas parroquiales, mientras que en el piso superior se ubican el templo, con capacidad para unas 400 personas, y la casa parroquial. Su característica fachada de ladrillos y su campanario, contiguo al templo, forman parte armónica de la fisonomía de la plaza Bolívar de nuestra ciudad. Tiene el mérito de haber sido la primera iglesia del estado Zulia en poseer aires acondicionados.

La Parroquia Santa Lucía, al igual que muchas otras iglesias alrededor del mundo, ha utilizado durante siglos un sistema manual para el tañido de su campana. Si bien este método tradicional posee un encanto histórico y cultural, su implementación en la actualidad presenta diversas dificultades que impactan tanto en el ámbito práctico como en la experiencia general de la comunidad religiosa.

1. Fundamentación teórica

Situación actual

El tañido de campana es un método que permite analizar dificultades, fallas, oportunidades y riesgos, para definirlos, clasificarlos, desglosarlos, jerarquizarlos y ponderarlos, permitiendo así actuar eficientemente con base en criterios y/o planes establecidos (Hanel, 2020). Mientras, Walker (2007), citado por Vásquez y Córdoba (2018), precisan que el análisis situacional se define como el suceso de congregar y asimilar datos concernientes a uno a más aspectos puntuales de una empresa, sucesivamente, lo que beneficia resolver una problemática de investigación.

Método de accionamiento del tañido: La campana es un cuerpo metálico que vibra al ser golpeado, a su vez esas vibraciones del metal provocan vibraciones en el aire que las rodea y esas vibraciones viajan por el aire, en forma de ondas de sonido, hasta nuestros oídos, donde hacen vibrar el tímpano, allí se generan pequeñas corrientes eléctricas que van al cerebro y se escucha el sonido. El proceso de tañido se da mediante un accionamiento de controles automatizados, que utilizan tableros, PLC y sensores que funcionan de manera escalonada dentro de una HMI, la cual es controlada a voluntad por la persona encargada. De esta manera se busca plasmar un sistema mucho más versátil que mejore el sonido y la captación de los feligreses dentro y fuera de la Iglesia (Del Campo, 2021).

Frecuencia de tañido: Se refiere al intervalo regular o patrón con el que una campana emite su sonido, determinado por las características intrínsecas del instrumento y las condiciones de su activación. La campana, considerada un auténtico instrumento musical, produce sonidos únicos a través de las ondas generadas por el impacto del badajo contra su superficie. Estos sonidos están influidos por la composición del metal, el proceso de fundición y la proporción de aleaciones, lo que define sus propiedades acústicas. Además, su diseño y ubicación estratégica en alturas elevadas, como torres o espadañas, aseguran una propagación sonora eficiente y clara, maximizando la resonancia en el espacio circundante (Del Campo, 2021).

Mantenimiento de la campana: Las intervenciones en las campanas deben ser consideradas como cualquier otra restauración sobre el Patrimonio Artístico: hay que tratar los objetos con técnicas reversibles y documentando todo lo que se hace, es decir fotografiando el estado en el que se encuentran

antes y después de la obra. También debiera existir un proyecto de restauración, escogiendo cuidadosamente, y consultando previamente, lo que se quiere hacer con las campanas (Del Campo, 2021).

Condición física: Refiere al estado estructural y funcional del instrumento, incluyendo su material, forma, sistema de suspensión, badajo, y posibles desgastes o daños causados por el uso, el clima o el paso del tiempo. Esto incluye evaluar fisuras, corrosión, estabilidad en su montaje, y la calidad del sonido que produce, ya que estos factores son fundamentales para su seguridad y su propósito litúrgico o comunitario (Bayo, 2020).

Duración de tañido: Dentro de los toques de campanas más usuales y que presentan duraciones específicas, según Del Campo (2021), se encuentran los siguientes:

- ✓ Ángelus: todos los días al mediodía, coincidiendo antes con los doce solares, dedicado en honor a la Virgen. “-A cuerda- apenas unos tañidos con la campana grande”.
- ✓ Gloria: en Semana Santa en el “Gloria” del Jueves Santo y “Gloria” del Sábado Santo. “A todo bando con las tres campanas”, sin repique.
- ✓ Misa: todos los días del año tres veces en media hora, para que la gente se dirigiera a Misa. Se tocaba solo con la Valera. “Se daban golpes de badajo -a cuerda- estando la campana parada, salvo excepciones treinta o cuarenta veces”. En la Misa Mayor del domingo y Misas Solemnes antes del toque de misa había repiques y bandeos de campanas.
- ✓ Fiesta: la Víspera de la fiesta de nuestros Santos Patronos, indicando que el día siguiente dará comienzo las fiestas. Para las fiestas de marzo el día de la Virgen de Alfindén y para las de agosto el día de Ntra. Sra. de Asunción y el de San Roque; Santa Águeda, San Isidro, la fiesta de los Quintos, etc. además de comuniones y bodas. Las campanas con su sonido transmiten al pueblo gran alegría. “Tañido de las tres campanas -a todo bando- unos 15 minutos”.

Elementos que conforman el sistema de tañido de la campana

Los componentes de un sistema incluyen elementos con datos definidos y de naturaleza cuantitativa, cruciales para estructurar la información y las actividades de toma de decisiones dentro del sistema. Es

importante conocer el sistema de tañido de la campana de la Iglesia Santa Lucía, en donde se plasma una versátil e innovadora idea que afirma la necesidad de automatizar el proceso para un mejoramiento continuo y eficiencia (Del Campo, 2021).

Campanas: las campanas pertenecen a la familia musical de idiófonos que producen sonido por la resonancia de su propio cuerpo y se emiten por los golpes internos o los externos, en tonos de los acordes cercanos a los de mol o de dur. El sonido de la campana depende de su material, peso, forma y tamaño, pero también de la forma y de la construcción de su badajo. Asimismo, para Partesde (2023) citado por Pilamonta (2023), opina que en las iglesias las campanas se emplean de forma conjunta o que pueden ser usadas varias a la vez, son una alternativa para emitir sonidos y convocar a sus feligreses a algún acontecimiento importante ya que, al ser construidas con metal, bronce o hierro el sonido es más profundo y dura por un tiempo más largo.

Cable de acero: la invención del cable de acero ha hecho posible la construcción de grúas de más de 1000 toneladas de capacidad, y hoy en día mover elementos estructurales de varios cientos de toneladas es casi pan comido para cualquier empresa de alquiler de grúas de renombre. Para levantar cargas en la industria minera a principios del siglo XIX, se utilizaban cuerdas de cáñamo y cadenas de hierro. Las cuerdas de cáñamo eran caras de importar y sólo podían aplicarse en pozos secos. Las cadenas de hierro no eran seguras porque el proverbial fallo de un solo eslabón provocaba inevitablemente la caída de la carga (Verreet, 2021).

Torre del campanario: los campanarios son torres unidas arquitectónicamente al cuerpo de las iglesias o exentos, con el fin de ubicar las campanas, unos más robustos y de mucha importancia, grandes torres que albergarían también una o varias campanas de gran importancia en tamaño y peso (Del Campo, 2021).

Polea simple: se conoce como polea a una máquina simple diseñada para transmitir fuerza y operar como un mecanismo de tracción, reduciendo la cantidad de fuerza necesaria para mover o suspender en el aire un peso. Consiste en una rueda que gira sobre un eje central y provista de un canal en su periferia por donde pasa una cuerda. La polea puede definirse además como el punto de apoyo de una cuerda que se mueve en torno a él sin darle una vuelta completa; tal es la definición del científico francés Hatón de

la Goupillière. Así, en uno de los extremos de dicha cuerda actúa una resistencia o peso, mientras en la otra una potencia o fuerza (Rodríguez, 2019).

Requerimientos técnicos

Son especificaciones que definen las funciones, características y limitaciones que un proyecto debe cumplir para su correcta implementación. En el contexto de la gestión de proyectos, estos requisitos son esenciales para asegurar que el producto final cumpla con las expectativas de los usuarios y los estándares técnicos necesarios (Arteaga, 2019).

Polea: son elementos mecánicos ampliamente usados en la transmisión de potencia mecánica junto con las bandas para poner en marcha una gran variedad de dispositivos y máquinas industriales. Para Partesde (2023) citado por Pilamonta (2023), la polea o rueda consta de una ranura que se une al lado de la campana y una cuerda, la misma que al ser tirada hace que la rueda gire generando el sonido conjuntamente al ser golpeada con el badajo (Soto, 2023).

Motor eléctrico: son máquinas eléctricas rotatorias, que transforman la energía eléctrica en energía mecánica de rotación en un eje. Su funcionamiento se basa en las fuerzas de atracción y repulsión provocadas entre un imán y un conductor (bobina) por donde circula una corriente eléctrica. Los motores de corriente continua son los más comunes y económicos; se pueden encontrar en la mayoría de los juguetes a pilas, constituidos, por lo general, por dos imanes permanentes fijados en la carcasa (estator) y una serie de bobinados de cobre ubicados en el eje del motor (rotor), que habitualmente suelen ser tres. La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga (Rodríguez, 2019).

Panel solar: los paneles solares consisten en una estructura rectangular con una unidad básica de transformación que es la célula solar y que mide aproximadamente 10 centímetros cuadrados. Un panel une sobre una plancha varias de estas células, que se recubren con un plástico llamado EVA. Este plástico puede aguantar condiciones y temperaturas extremas y, además, permite que pase la luz, pero no los rayos ultravioletas, más dañinos para la piel. Tienen también un elemento imprescindible que es el inversor, capaz de transformar la corriente para que podamos utilizar esa energía (García, 2021).

Batería: una batería eléctrica, también llamada pila o acumulador eléctrico, es un artefacto compuesto por celdas electroquímicas capaces de convertir la energía química en su interior en energía eléctrica. Así, las baterías generan corriente continua y, de esta manera, sirven para alimentar distintos circuitos eléctricos, dependiendo de su tamaño y potencia (Sánchez, 2020).

PLC: el sistema desempeña la función de un PLC; es decir, de acuerdo con un programa almacenado en memoria, efectúa el control de un proceso de interés para el usuario con base en información leída de los puertos de entrada y del estado actual de los puertos de salida. El usuario dispone de un software de interfaz ejecutable desde un computador personal (PC) que le permite simular y compilar el programa de control, así como llevar a cabo la programación del dispositivo. Para Yang (2004, p. 79), el PLC ha progresado rápidamente desde su inserción en el campo industrial en la década de los sesenta. Originalmente fue desarrollado como un dispositivo de control secuencial para reemplazar los circuitos electromecánicos basados en relés y desde entonces es usado ampliamente en la automatización de procesos industriales (Sánchez, 2020).

Animador: es un sistema automatizado que permiten el control eficiente de las campanas, facilitando la programación de toques litúrgicos y horarios que dicta la central de mandos. Para Moliffer (2024), puede controlar electromartillos para repicar en campanas de bronce, recreando cualquier toque litúrgico, incluso simulando el volteo de las campanas reales (Telegrafía, 2021).

Requerimientos económicos

Se refieren a las condiciones financieras que deben cumplirse para acceder a ciertos beneficios, ayudas, o servicios, como becas, viviendas de protección oficial o programas de reestructuración de deudas. Estos requisitos son esenciales para evaluar la capacidad económica de los solicitantes y determinar su elegibilidad (Arteaga, 2019). Tal como la inversión que puede ser definida como la compra de cualquier activo real o financiero, que ofrece una utilidad en forma de capital, ganancia, interés o dividendo. Asimismo, la inversión se conoce como el sacrificio que se hace de dinero actual para obtener más en el futuro. La inversión generalmente incluye dos elementos: tiempo y riesgo (Amling, 2019).

Requerimientos de gestión de procura

Son los procesos requeridos para adquirir un bien o servicio desde fuera de la organización, alineado con el objetivo del Proyecto con la cantidad, el tiempo y la calidad requerida entregada en el sitio de la construcción. Para la perspectiva del vendedor este también cambia de rol durante el proceso de procura, en un principio es un licitador, después es la fuente seleccionada y por último como proveedor o vendedor contratado (Lares, 2024).

Valor Presente Neto (VPN): es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: Maximizar la inversión. El VPN permite determinar si dicha inversión puede incrementar o reducir el valor de las PyMES (Váquiro, 2019).

Tasa Interna de Retorno (TIR): Se refiere a la tasa de descuento que iguala el valor presente de los flujos de efectivo netos futuros de un proyecto de inversión con el flujo de salida inicial del proyecto. Estos métodos toman en cuenta tanto la magnitud en el proyecto como el tiempo de los flujos de efectivo esperados en cada periodo de la vida de un proyecto (Van Horne y Wachowicz, 2020).

2. Metodología

La investigación es de tipo proyectiva, consiste en precisar de propuestas o planes procedimentales como posible solución a un problema o necesidades encontradas de forma empírica (Arias, 2021). Para Rodríguez (2019), la investigación proyectiva consiste en un conjunto de formas exploratorias de indagación científica que está orientada a la obtención de nuevos conocimientos y su posterior aplicación, para solucionar problemas o interrogantes de carácter práctico. En lo que se refiere al tipo de investigación, se puede señalar que la presente es de tipo proyectiva debido a que tiene como objetivo el solucionar la problemática planteada mediante el desarrollo de un sistema para el tañido de la campana de la parroquia Santa Lucía del Municipio Lagunillas, en donde se ha evidenciado ciertos problemas al momento de llevar a cabo, manualmente, dicho proceso.

El diseño de la investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente las variables (Hernández, Fernández y Baptista, 2016). Asimismo, estos autores consideran que un diseño de investigación transversal analiza datos en un solo momento, examinando

variables o grupos en un punto específico en el tiempo para identificar relaciones o patrones. Los datos son primarios, es decir, directamente obtenidos de la realidad por el investigador, “de primera mano”, ya sea porque el investigador consultó directamente la fuente mediante algún instrumento (por ejemplo, preguntó mediante una encuesta realizada a los docentes de una institución educacional) u observó directamente la fuente y registró el resultado de la observación mediante algún instrumento, el tipo de diseño se denomina diseño de campo.

La investigación de campo es aquella que se realiza en el mismo lugar y en el tiempo donde ocurre el fenómeno. Su objetivo es levantar la información de forma ordenada y relacionada con el tema de interés; las técnicas utilizadas aquí podrían ser la entrevista, la encuesta o la observación. Asimismo, en palabras del mismo autor afirma que un diseño es transversal debido a que recoge los datos en un solo momento y solo una vez. Es como tomar una foto o una radiografía para luego describirlas en la investigación, pueden tener alcances exploratorios, descriptivos y correlaciones (Arias, 2021).

En esta investigación la población y la muestra son iguales, es decir, que está conformada por seis (6) individuos, dos (2) sujetos de la Parroquia Santa Lucía y cuatro (4) expertos en el área, siendo la muestra y población un total de seis (6) sujetos aplicando un censo poblacional con la finalidad de obtener datos reales, los cuales con su aporte permitirán alcanzar los objetivos establecidos dentro de la investigación en desarrollo. Es por ello, que se toma como muestra un censo poblacional por ser pequeña y manejable. Según Hernández, Fernández y Baptista (2016), el censo poblacional es el número elemento sobre el cual se pretende generalizar los resultados.

Para enmarcar la información pertinente, se procede a examinar cada dato para extraer las conclusiones necesarias. Para esto se tiene que seleccionar una técnica de procesamiento y análisis de datos, en este caso, se hace uso de la estadística descriptiva. De la misma manera, Arias (2016), los precisa como los distintos medios existentes tanto para estudiar como razonar la información. En esta investigación, para descifrar los datos recolectados con respecto a la guía de entrevista, se realizará un análisis de contenido. Según Herrera (2018), el análisis de contenido, es llevar a cabo un estudio del contenido manifiesto y posteriormente latente aplicado a diferentes tópicos y temas. Consiste en efectuar un análisis individual a cada pregunta del instrumento, para después analizarlo en forma conjunta y en

relación con la operatividad de las variables. Una vez elaborada la síntesis de los resultados, se busca el modo de lograr la explicación del fenómeno o problema social que se estudia.

Para el cuestionario se empleará la estadística descriptiva. De acuerdo con Rendón, Villasis y Miranda (2016) es la “rama de la estadística que formula recomendaciones de cómo resumir, de forma clara y sencilla, los datos de una investigación en cuadros, tablas, figuras o gráficos”. Asimismo, para Hernández y Mendoza (2018), afirman que la primera tarea es que describas los datos, valores o puntuaciones obtenidas para cada variable de la investigación como resultado de aplicar tu instrumento a la muestra o casos. Pero, ¿cómo pueden describirse estos datos? Esto se logra al describir la distribución de las puntuaciones o frecuencias de tus variables.

La validación del instrumento es el grado con que un instrumento mide la variable que quiere medir; teniendo en cuenta su contenido, criterio, constructo, opinión de expertos y la comprensión de instrumentos (Arispe et al., 2020). Para lo cual, la validez de contenido señala el nivel que un instrumento refleja el dominio del contenido de la variable. En el mismo orden de ideas, los autores antes mencionados declaran que la confiabilidad es el grado en que el instrumento permite reflejar el dominio del contenido de lo que se desea medir. En otras palabras, se busca determinar hasta donde los ítems que hacen parte del instrumento representan adecuadamente esas características que se desean medir. Por esta razón, cuando se realiza el análisis del instrumento se toma en consideración su contenido y está relacionado estrechamente con una buena planificación del cuestionario y el diseño de los ítems. El instrumento debe garantizar que la variable debe estar representada en todos los ítems. Esta validez se expresa mediante el Juicio de Expertos quienes se encargan de juzgar aspectos como: congruencia, relevancia, claridad.

Es por esto, que el cuestionario de opción múltiple se sometió a la validación de tres especialistas con experiencia en el área, quienes evaluaron si el instrumento fue elaborado con el rigor científico necesario para asegurar que los resultados obtenidos resultasen coherentes con los objetivos de la investigación. Sin embargo, en esta investigación se realizó adicionalmente la entrevista con una revisión metodológica sin validación de expertos.

3. Resultados

La integración de un sistema de tañido electromecánico en la Parroquia Santa Lucía permitirá un control preciso y programable de los repiques, asegurando que el sonido de la campana siga siendo un elemento central en la vida comunitaria. Actualmente, el campanario opera de manera manual, utilizando una campana marca Marinelli de aproximadamente 200 kg, conectada a una polea y un mecate que facilitan el movimiento con menos esfuerzo. La polea, ubicada en el lado izquierdo del campanario, redirige el mecate, reduciendo la fricción y permitiendo el balanceo de la campana para producir su sonido característico. Este sistema, aunque funcional, limita la precisión y requiere intervención constante, lo que justifica la modernización hacia un sistema automatizado. El proceso de integración de un sistema de tañido contemplados para el desarrollo de la propuesta se muestra en la Figura 1 y se detalla en Cuadro 1.

Figura 1. Sistema de tañido a la Campana de la Parroquia Santa Lucía



Fuente: Pereira, Barreto y Villasmil (2025).

Cuadro 1. Reemplazo del sistema de tañido a la Campana de la Parroquia Santa Lucía

Cable de Acero	El cable de acero, de alta resistencia a la tracción, se desplazará a través de la polea, minimizando la fricción y optimizando la distribución de la carga.
Motor Eléctrico	Al activarse el motor, el cable ejercerá una tensión rítmica que generará el balanceo uniforme de la campana, permitiendo el impacto del badajo contra sus paredes para producir el tañido de manera más eficiente y precisa.
Kit solar	Alimentará al motor eléctrico, que garantizará un suministro estable de energía sin depender de la red eléctrica convencional. Este kit incluye paneles solares diseñados para captar la radiación solar y convertirla en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Los paneles, orientados hacia el oeste en la losa de techo de la parroquia, maximizarán la captación de energía a lo largo del día. La energía generada será regulada por un controlador de carga, que protegerá el sistema contra sobrecargas y fluctuaciones de voltaje, asegurando un flujo constante hacia la batería de almacenamiento.
Batería	Almacén de energía, permitiendo que el motor funcione incluso en días nublados o durante la noche. Dado que la energía almacenada es de corriente continua (DC) y el motor requiere corriente alterna (AC), se integrará un inversor de onda senoidal pura para realizar la conversión necesaria.
PLC	Recibirá comandos programados desde un animador para gestionar la activación del motor y ajustar la frecuencia e intensidad del balanceo de la campana. Además, monitoreará la posición del cable de acero y la campana mediante sensores, asegurando un movimiento controlado y evitando sobrecargas mecánicas. Esta configuración permitirá programar tañidos en horarios específicos o variaciones en el ritmo del sonido, optimizando la operación del sistema y prolongando la vida útil de sus componentes.
Animador	Facilita la programación y supervisión remota del sistema, permitiendo ajustes en tiempo real sin necesidad de intervención manual en el hardware. Esta interfaz digital intuitiva combinará eficiencia energética, precisión en el control del tañido y facilidad de operación, asegurando que el sistema sea sostenible y adaptable a las necesidades de la comunidad. De esta manera, la modernización del sistema de tañido de la campana no solo mejorará su funcionalidad, sino que también preservará su papel como símbolo cultural y religioso en la Parroquia Santa Lucía.

Fuente: Pereira, Barreto y Villasmil (2025)

3.1. Análisis y discusión de los resultados

La sustentación de datos del actual estudio del tañido de la campana, en las entrevistas realizadas en la Parroquia Santa Lucía evidencian que el accionamiento manual mantiene relevancia litúrgica en convocatorias dominicales, pero genera cargas operativas por desplazamientos y esfuerzo físico de agentes pastorales. Su falta de precisión en ajustes de frecuencia y duración limita la adaptación a eventos específicos, mientras la variabilidad y mantenimiento esporádico impiden patrones consistentes. El sistema requiere operadores capacitados y restricciones de uso, con inspecciones ocasionales que no garantizan sostenibilidad. La dependencia de factores humanos y la regulación inadecuada reducen su eficacia comunicativa. Por esto, se considera prudente optimizar la señalización litúrgica sin sacrificar

tradición. Estos sistemas automatizados, compatibles con instalaciones existentes, reducen riesgos de deterioro y permiten ajustes a distancia, alineando la práctica con estándares modernos de precisión y sostenibilidad.

Para los elementos que conforman el sistema de tañido de la campana, indica que, aunque se realiza un mantenimiento anual del sistema de accionamiento se limita a intervenciones correctivas, sin incluir planes preventivos. La ausencia de modificaciones estructurales desde la construcción del campanario ha generado deterioro por corrosión y falta de lubricación, afectando la calidad y precisión del tañido. Las intervenciones se realizan solo ante fallas graves, como roturas de cables, aunque se han aplicado medidas puntuales para reducir fricción y desgaste. La falta de enfoque preventivo compromete la operatividad y durabilidad del sistema. Se infiere que procedimientos preventivos son clave para mejorar el proceso, requiriendo un sistema automatizado que integre mantenimiento predictivo, lubricación programada y monitoreo de componentes críticos, optimizando la calidad del tañido y alineando la tradición con estándares modernos de sostenibilidad.

Por otra parte, los requerimientos técnicos y económicos, enfatiza la selección de materiales y diseño, junto con mantenimiento, garantiza la prolongación de vida útil. Se recomienda un motor de bandejo para eficiencia y estabilidad, complementado con un kit solar como respaldo energético, operado por personal capacitado con PLC programado y Animador litúrgico. Estas medidas integran sistemas de calidad y seguridad. En el ámbito económico, se prioriza una inversión equilibrada con análisis de factibilidad (ROI, VPN, TIR) y planificación SMART, destacando la rigurosidad en cotizaciones y controles de calidad. Aunque algunos minimizan el retorno financiero en contextos religiosos, se reconoce que una gestión eficiente mejora la comunicación parroquial, generando impacto comunitario sostenible. La implementación de sistemas automatizados requiere evaluación financiera integral, alineando tradición litúrgica con estándares modernos de sostenibilidad económica.

Conclusiones

El estudio realizado sobre el tañido de campanas evidencia que el sistema manual actual es ineficiente y representa un riesgo significativo para la seguridad del Párroco y el personal involucrado. Este método, basado en una polea simple, carece de control en la fuerza aplicada, lo que genera un

deterioro progresivo de la campana y limita su funcionalidad. Estas deficiencias subrayan la necesidad urgente de modernizar el proceso, adoptando un sistema que garantice mayor seguridad y eficiencia. Además, la identificación de los elementos del sistema actual revela una excesiva dependencia de componentes manuales, lo que resalta la importancia de integrar tecnología moderna para optimizar el tañido y reducir los riesgos asociados.

Al comprender los elementos que conforman el sistema de tañido, se establecen criterios claros para el diseño e implementación de un sistema electromecánico programable. Este enfoque no solo mejorará el rendimiento y la efectividad del proceso, sino que también garantizará mayor precisión y consistencia en el sonido de la campana. Los requerimientos técnicos-económicos demuestran que esta inversión es viable y sostenible, ya que reducirá el desgaste de la campana y minimizará la necesidad de intervención manual. Además, la automatización del proceso permitirá su operación remota mediante dispositivos móviles, lo que aumentará su accesibilidad y flexibilidad.

La implementación de este sistema electromecánico programable no solo mejorará el tañido de la campana, sino que también establecerá un precedente para futuras aplicaciones en otros contextos. Este avance demuestra cómo la ingeniería puede modernizar prácticas tradicionales, contribuyendo a su preservación y mejora en entornos comunitarios. La elaboración del sistema garantiza una solución sostenible y eficiente, mejorando la experiencia religiosa y fortaleciendo el vínculo entre la tecnología y las tradiciones culturales.

Referencias

- Aciprensa. (2024). *La Iglesia Católica*. Lima, Perú: Aciprensa.
- Amling, J. (2019). *Proyecto de inversión*. <https://tinyurl.com/2r7x96d5>
- Arias, F. (2016). *El proyecto de investigación: introducción a la metodología científica*. 7ma. edición. Caracas: episteme.
- Arias, F. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. Editorial Episteme
- Arispe, C., Yangali, J. y Guerrero, M. (2020). *La investigación científica. Una aproximación para los estudios de postgrado*. Editorial UIDE. Guayaquil, Ecuador.
- Arteaga (2019). Los requerimientos técnicos mínimos y la gestión de compras en la escuela de aviación civil del Perú, 2019. *Revista Polo de conocimiento*. Edición núm. 58. Vol. 6, No 5. Lima – Perú.

- Bayo (2020). *Las Campanas en Aragón: un medio de comunicación tradicional. Tesis de doctorado en antropología social*. Facultad de Ciencias Políticas y Sociología. Universidad Complutense. Madrid, España.
- Del Campo (2021). Algunos aspectos de tocar las campanas. *Cuadernos de etnología y etnografía de Navarra*. No. 51. Pág. 165 – 178. Navarra, España
- García (2021). *Modelling in mathematical programming methodology and techniques*. Editorial Springer. Cham, Suiza.
- Hanel (2020). *Conversión de energía líquida mediante síntesis de metanol, DME o combustibles Fischer-Tropsch: una revisión*.
- Hernández y Mendoza (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial McGRAW-Hill Interamericana Editores, S.A. <https://tinyurl.com/4mxxb2xj>
- Hernández, Fernández y Baptista (2016). *Metodología de la Investigación*. Sexta Edición. McGraw Hill
- Herrera (2018). Investigación cualitativa y análisis de contenido temático. *Revista general de información y documentación*. 28 (1): 119-142
- Lares (2024). *La gestión de procura en construcciones, algunas preguntas y respuestas*. Disponible en: <https://forprojectpros.com/la-gestion-de-procura-en-construccion-algunas-preguntas-y-respuestas/>
- Moliffer (2024). *Automatización del Funcionamiento del Campanario Del “Santuario De Nuestra Señora de la Elevación” de la Diócesis de Ambato en la Parroquia Santa Rosa*.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2022). *El toque manual de Campanas*. Patrimonio Cultural Inmaterial. Madrid – España.
- Partesde (2023) citado por Pilamonta (2023). Plan de negocio digital para una microempresa de servicios de limpieza general de edificios en la parroquia de Conocoto. *Repositorio digital*. Universitario Rumiñahui.
- Rendón, Villasis y Miranda (2016). Estadística descriptiva. *Revista Alergia México* (vol. 63, núm. 4, pp. 397-407).
- Rodríguez (2019). *Investigación proyectiva: características y metodología*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/investigacion-proyectiva/>
- Sánchez (2020). Metodología para realizar una automatización utilizando Plc. *Impulso, Revista De Electrónica, Eléctrica y Sistemas Computacionales*.
- Soto (2023). Manufactura de una polea con dos ranuras V tipo B de zamak mediante fundición en molde de arena y maquinado en torno. *Ingenio y Conciencia. Boletín Científico de la Escuela Superior*. Ciudad Sahagún 10 (20): 8-11. Hidalgo, México.
- Telegrafía (2021). *Campanas de iglesia electrónicas Urban*. Praga – Slovakia.
- Tomé, (2023). *Tendencias tecnológicas de automatización industrial*. Artículo en línea. Disponible en: <https://www.incentro.com/es-ES/blog/tendencias-tecnologicas-automatizacion-industrial>

- Van Horne y Wachowicz (2020). *Fundamentos de Administración Financiera*. Decimotercera edición.
- Váquiro (2019). *El valor presente neto*. Ibagué – Colombia.
- Verreet (2021). *Breve historia del cable de acero*. Editorial Rope Technology. Aachen, Alemania.
- Walker (2007) citado por Vásquez y Córdoba, (2018). Cómo comunicar valor al cliente como ventaja competitiva. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, vol. 1, núm. 1.
- Yang, J. (2004). *Investigación de PLC's*. Instituto Tecnológico de Puebla. Controladores lógicos programables. Studocu.

Declaración de conflicto de intereses y originalidad

Conforme a lo estipulado en el *Código de ética y buenas prácticas* publicado en *Revista Ethos*, nosotros **Pereira Quintero, Aurimar Lorena; Barreto Sánchez, Emilio Enrique y Villasmil Calderón, Débora Raquel**, declaramos al Comité Editorial que no tenemos situaciones que representen conflicto de interés real, potencial o evidente, de carácter académico, financiero, intelectual o con derechos de propiedad intelectual relacionados con el contenido del trabajo: *Ingeniería aplicada al proceso de tañido de la campana de la parroquia Santa Lucía*, en relación con su publicación. De igual manera, declaramos que este trabajo es original, no ha sido publicado parcial ni totalmente en otro medio de difusión, no se utilizaron ideas, formulaciones, citas o ilustraciones diversas, extraídas de distintas fuentes, sin mencionar de forma clara y estricta su origen y sin ser referenciadas debidamente en la bibliografía correspondiente. Consentimos que el Comité Editorial aplique cualquier sistema de detección de plagio para verificar su originalidad.