



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CONTROL DE LA
PLANTA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DE LA PROVINCIA
DE HUANCANE MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE CONTROL REMOTO USANDO TECNOLOGÍA
GSM**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. WALTER NAPOLEON SERRANO GAMARRA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2024



WALTER NAPOLEON SERRANO GAMARRA

OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CONTROL DE LA PLANTA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DE LA PROVINCIA D...

 Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trnoid::8254:416524702

Fecha de entrega
16 dic 2024, 8:13 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
16 dic 2024, 8:22 a.m. GMT-5

Nombre de archivo
WALTER N. SERRANO GAMARRA - TESIS FINAL.docx

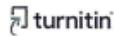
Tamaño de archivo
22.3 MB

100 Páginas

13,667 Palabras

79,450 Caracteres





13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 12% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

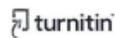
- Texto oculto**
15 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Midwar E. Valencia Vilca
INGENIERO ELECTRÓNICO
CIP. 64614

Midwar E. Valencia Vilca
INGENIERO ELECTRÓNICO
CIP. 64614
SUB DIRECTOR DE INVESTIGACION
EPIE





DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado a Dios y a mis padres. A Dios porque ha estado conmigo en cada paso, dándome fortaleza y sabiduría para continuar por el camino del bien. A mis padres, Eduardo y Doris, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, brindándome fortaleza y aliento cuando en algún momento me sentí desalentado, les agradezco por la confianza depositada en mí. Mi gratitud eterna a mis padres, en especial a mi madre Doris, quien, con su silencio y mirada profunda, me daba la confianza y seguridad para seguir adelante con mis sueños y poder cumplir satisfactoriamente con mis anhelos, convirtiéndome en una persona útil para nuestra sociedad.

Walter Napoleón Serrano Gamarra



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme guiado por el camino del bien hasta este momento. En segundo lugar, a cada uno de los miembros de mi familia, a mi padre Eduardo, mi madre Doris y hermanos por brindarme su apoyo incondicional, no dejando de lado a mi hija Melanie e Issac hijo de corazón quienes fueron mi motor para cumplir con mis objetivos. Por último, agradezco a mis docentes quienes guiaron mi formación profesional, compartiendo sus conocimientos y experiencias para poder llegar hasta aquí.

Walter Napoleón Serrano Gamarra



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.2.1. Problema general	19
1.2.2. Problemas específicos.....	19
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.3.1. Hipótesis general	19
1.3.2. Hipótesis específicas.....	20
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	20
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.5.1. Objetivo general.....	21
1.5.2. Objetivos específicos	21

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA



2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
2.1.1. A nivel internacional.....	22
2.1.2. A nivel nacional.....	24
2.1.3. A nivel local.....	27
2.2. MARCO TEÓRICO.....	27
2.2.1. GSM.....	27
2.2.2. Servicio GSM	29
2.2.3. Comando AT	29
2.2.4. Shield GSM	31
2.2.5. Arduino.....	33
2.2.6. Módulo de relés para arduino	35
2.2.7. Sensor de temperatura.....	37
2.7.8. Motor	40
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	42

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	45
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.2.1. Población	45
3.2.2. Muestra	46
3.3. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	46
3.3.1. Enfoque de investigación.....	46
3.3.2. Tipo de investigación.....	46
3.3.3. Nivel de investigación	47
3.3.4. Diseño de investigación.....	47



3.3.5. Método de investigación.....	47
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	47
3.4.1. Lectura comprensiva.....	47
3.4.2. Medición.....	48
3.4.3. Software de programación.....	48
3.4.4. Metodología empleada para el cumplimiento de los objetivos planteados ...	48
3.4.5. Requerimientos de hardware y software.....	51
3.4.6. Construcción del tablero emisor y receptor de SMS	51
3.4.7. Selección de contactor	54
3.4.8. Ubicación de puesta del sensor de temperatura pt100.....	56
3.4.9. Costo de implementación	60
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. RESULTADOS	61
4.1.1. Recepción de mensajes de texto	61
4.1.2. Recepción de mensajes de texto	63
4.1.3. Prueba de actuación de elementos eléctricos.....	65
4.1.4. Validación técnica – económica de los resultados	66
4.1.5. Diagrama de flujo	66
4.1.6. Depreciación	67
4.1.7. Evaluación de impactos o resultados	70
4.7.8. Beneficios directos e indirectos	70
4.2. DISCUSIÓN	72
V.CONCLUSIONES	74
VI.RECOMENDACIONES	75



VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 76

Área : Automatización

Tema : Redes de Datos

Fecha de sustentación: 26 de diciembre de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Transmisión de la información mediante la red GSM.....	30
Tabla 2 Características del shield sim90.....	32
Tabla 3 Especificaciones técnicas del Arduino UNO.....	35
Tabla 4 Especificaciones Técnicas de un Relé para Arduino	36
Tabla 5 aracterísticas del motor	41
Tabla 6 Inventario de componentes para receptor de mensajes de texto.	51
Tabla 7 Aplicación en corriente alterna	55
Tabla 8 Clasificación de temperatura de aislamiento del motor NEMA	59
Tabla 9 Lista de precios del emisor y receptor de SMS.....	60
Tabla 10 Lista de SMS del tablero a teléfono móvil.....	62
Tabla 11 Lista de SMS de teléfono móvil a tablero.....	64
Tabla 12 Tipos de categorías de propiedad para la depreciación acelerada de activos (MARCS).....	67
Tabla 13 Deducciones por año por monto de inversión.....	69



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Transmisión de la información mediante la red GSM.....	29
Figura 2 Partes de la ShieldGSM900.....	32
Figura 3 Imagen de la Placa Arduino Uno.....	34
Figura 4 Imagen de módulo de 4 relés para Arduino.....	36
Figura 5 Curvas de resistencia vs temperatura	39
Figura 6 Curva característica de un sensor PT100.....	40
Figura 7 Motor	41
Figura 8 Localización de la planta de agua potable de Huancané	45
Figura 9 Fases del proceso de construcción.....	48
Figura 10 Esquema grafico del objetivo de diseño	50
Figura 11 Diagrama unifilar del panel emisor y receptor de SMS	52
Figura 12 Fabricación del panel emisor y receptor de SMS.....	52
Figura 13 Conexión del panel emisor y receptor de SMS	53
Figura 14 Diagrama de flujo del emisor y receptor SMS	53
Figura 15 Contactador	54
Figura 16 Plan de arrollamiento con bobinado concéntrico por polos	57
Figura 17 Plan de arrollamiento con bobinado concéntrico por polos consecuentes .	57
Figura 18 Bobinas	58
Figura 19 Clase de aislamiento- IEC	59
Figura 20 Proceso para pruebas y resultados.....	61
Figura 21 Prueba de funcionamiento del emisor de SMS.....	62
Figura 22 Mensajes SMS de las acciones tomadas localmente.	63
Figura 23 SMS enviados y recibidos de las acciones tomadas de forma remota.	64



Figura 24	Mensaje de repuesta con los estados de las bombas.....	65
Figura 25	Tablero de control de las bombas de agua.....	65
Figura 26	Gastos variables a lo largo del ciclo de vida del proyecto	66
Figura 27	Tasas de depreciación del MACRS.....	68
Figura 28	Depreciación del activo.	69
Figura 29	Sistema de bombeo propuesto (Bombas alternas).....	71



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Tablero eléctrico	83
ANEXO 2: Tablero eléctrico -tarjeta electrónica	84
ANEXO 3: Programación del tablero emisor – receptor	85
ANEXO 4: Evidencias fotográficas - instalación existente.....	93
ANEXO 5: Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	99
ANEXO 6: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional....	100



ACRÓNIMOS

GSM:	Sistema Global para Comunicaciones Móviles
SMS:	Servicio de mensajes cortos
CEPT:	Conferencia Europea de Correos y Telecomunicaciones
USART:	Transmisor/Receptor Universal Síncrono/Asíncrono
BSS:	ubsistema de estación base
NSS:	Subsistema de conmutación de red
OSS:	Subsistema de operación y soporte



RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo implementar un sistema de control remoto utilizando tecnología GSM para mejorar la eficiencia y el control de la planta de bombeo de agua potable en la provincia de Huancané. En relación con la metodología, se utilizó un enfoque cuantitativo, mediante un diseño experimental, para manipular la variable independiente y observar sus efectos en la variable dependiente. La investigación se realizó a nivel descriptivo, describiendo el comportamiento de las variables y la situación actual de la planta de abastecimiento de agua potable. La muestra estuvo conformada por la planta de abastecimiento de agua potable de Huancané. Se utilizó técnicas de observación y revisión documental para recopilar datos sobre el funcionamiento actual de la planta. Por otra parte, se optimizó el control de la planta y confiabilidad de la estación de bombeo mediante un sistema de control automatizado, esto permitió un suministro de agua más constante y de mejor calidad para la comunidad local. Además, la implementación del sistema de control automatizado contribuirá al ahorro de recursos y la reducción de costos operativos.

Palabras Clave: Motores ABB, estación de bombeo, control automatizado, agua potable, control telemétrico, eficiencia del abastecimiento de agua.



ABSTRACT

The present study aims to implement a remote control system using GSM technology to improve the efficiency and control of the drinking water pumping plant in the province of Huancané. In relation to the methodology, a quantitative approach was used, using an experimental design, to manipulate the independent variable and observe its effects on the dependent variable. The research was carried out at a descriptive level, describing the behaviour of the variables and the current situation of the drinking water supply plant. The sample consisted of the Huancané drinking water supply plant. Observation and documentary review techniques were used to collect data on the current operation of the plant. On the other hand, the control of the plant and reliability of the pumping station was optimised by means of an automated control system, which allowed for a more constant and better quality water supply for the local community. In addition, the implementation of the automated control system will contribute to saving resources and reducing operating costs.

Keywords: ABB motors, pumping station, automated control, drinking water, telemetric control, water supply efficiency.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Huancané, la gestión eficiente de los recursos hídricos es fundamental para garantizar un suministro continuo y de calidad de agua potable a sus habitantes. La planta de bombeo de agua potable juega un papel importante en este proceso, y su operación eficiente es esencial para satisfacer la demanda creciente y mantener la sostenibilidad del servicio. Sin embargo, la gestión tradicional de estas instalaciones enfrenta diversos desafíos, como el monitoreo constante de los parámetros operativos y la respuesta rápida a fallos o anomalías.

La implementación de tecnologías avanzadas, como el control remoto mediante tecnología GSM, se presenta como una solución innovadora para mejorar la eficiencia y el control de la planta de bombeo de agua potable. La tecnología GSM permite la comunicación inalámbrica y en tiempo real de datos de telemetría, facilitando el monitoreo y la gestión remota de los sistemas de bombeo. Esto no solo optimiza el rendimiento operativo, sino que también reduce los costos de mantenimiento y mejora la capacidad de respuesta ante emergencias.

Este estudio se centra en la implementación de un sistema de control remoto utilizando tecnología GSM en la planta de bombeo de agua potable de la provincia de Huancané. A través de la evaluación de parámetros de gran importancia, como la temperatura de los motores de bombeo, y la optimización de la alternancia de trabajo de estos motores, se espera lograr una mejora significativa en la eficiencia operativa de la planta. Además, se abordará la importancia de una comunicación de telemetría constante y eficaz para el control de los sensores básicos, garantizando así un monitoreo continuo y una gestión efectiva de los recursos hídricos.



La presente investigación tiene como objetivo principal implementar un sistema de control remoto utilizando tecnología GSM para mejorar la eficiencia y el control de la planta de bombeo de agua potable en la provincia de Huancané.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la provincia de Huancané, el suministro de agua potable es esencial para satisfacer las necesidades básicas de la población. La planta de bombeo encargada de este abastecimiento juega un papel crítico en la garantía de un suministro continuo y de calidad. Sin embargo, la eficiencia en el control de esta planta presenta desafíos significativos que impactan negativamente en la operatividad y la gestión del recurso hídrico.

Actualmente, el sistema de control de la planta de bombeo opera de manera convencional, con limitaciones notables en cuanto a la capacidad de monitoreo en tiempo real y la capacidad de intervención remota. Estas limitaciones conllevan a situaciones de respuesta lenta ante eventos inesperados, aumento en los costos de operación y mantenimiento, así como a la pérdida de eficiencia en el proceso de distribución de agua.

Además, factores como la distancia geográfica y las dificultades de acceso a la planta de bombeo complican la tarea de los operadores y supervisores, dificultando una gestión eficaz del sistema. Ante este escenario, surge la necesidad imperante de implementar soluciones tecnológicas que permitan mejorar la eficiencia del control de la planta de bombeo de agua potable en la provincia de Huancané.

En este contexto, la presente investigación abordó estos desafíos mediante la implementación de un sistema de control remoto basado en tecnología GSM. La adopción de esta solución busca superar las limitaciones actuales, proporcionando un monitoreo en



tiempo real, intervención remota y una gestión más eficiente del sistema de bombeo de agua potable.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cómo realizar la implementación de un sistema de control remoto mediante tecnología GSM para obtener la mejora de la eficiencia de control de la planta de bombeo de agua potable de la provincia de Huancané?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cómo evaluar y observar mediante telemetría los parámetros de temperatura de los motores de bombeo de agua?

¿Cómo lograr la alternancia de trabajo de los motores de bombeo de la planta de bombeo de agua administrado por la Empresa prestadora de Servicio de Agua NOR Puno Sociedad Anónima Azángaro Zonal Huancané?

¿Cómo tener una comunicación de telemetría constante y eficaz mediante tecnología GSM para tener el control de los sensores básico de la planta de bombeo de agua de la Provincia de Huancané?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

La implementación un sistema de control remoto utilizando tecnología GSM en la planta de bombeo de agua potable en la provincia de Huancané, mejorara la eficiencia operativa y el control de la planta.



1.3.2. Hipótesis específicas

Si se implementarse los sensores de temperatura y un sistema de telemetría en los motores de bombeo de agua, entonces se podrán evaluar y observar en tiempo real los parámetros de temperatura, lo que permitirá una detección temprana de anomalías y una respuesta rápida para evitar sobrecalentamientos y fallos, mejorando la eficiencia y la vida útil de los motores.

Si se implementa un sistema de gestión automática que permita la alternancia de trabajo de los motores de bombeo en la planta de bombeo de agua administrada por la Empresa Prestadora de Servicios de Agua NOR Puno Sociedad Anónima Azángaro Zonal Huancané, entonces se optimizará el uso de los motores, se reducirá el desgaste, se prolongará la vida útil de los equipos y se mejorará la eficiencia operativa de la planta.

Si se establece una comunicación de telemetría constante y eficaz mediante tecnología GSM para controlar los sensores básicos de la planta de bombeo de agua de la provincia de Huancané, entonces se podrá monitorear y gestionar en tiempo real los parámetros críticos de la planta, lo que permitirá una operación más eficiente y una respuesta rápida a posibles fallos, mejorando así la continuidad y calidad del servicio de agua potable.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

En la provincia de Huancané esté ubicada en la región de Puno, en el sur de Perú. Se pudo detectar que la tecnología que utiliza la planta de bombeo de agua potable es insuficiente, en el suministro a tiempo, en diferentes zonas de la ciudad. La implementación del sistema de control mediante tecnología GSM, permitirá un uso correcto del líquido, y esto se verá reflejado en la productividad



y mejorará la eficiencia en el uso del tiempo y reducirá los gastos asociados. Asimismo, la implementación del sistema de control mediante tecnología GSM permitirá una mejor supervisión lejana del estado de las bombas y el nivel de almacenamiento, esto será de mucha utilidad para el usuario.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Objetivo general

Implementar un sistema de control remoto utilizando tecnología GSM para mejorar la eficiencia y el control de la planta de bombeo de agua potable en la provincia de Huancané.

1.5.2. Objetivos específicos

- Evaluar y Observar mediante Telemetría los Parámetros de Temperatura de los Motores de Bombeo de Agua.
- Optimizar la alternancia de trabajo de los motores de bombeo de la planta de bombeo de agua administrado por la Empresa prestadora de Servicios de Agua NOR Puno Sociedad Anónima Azángaro Zonal Huancané.
- Tener una comunicación de telemetría constante y eficaz mediante tecnología GSM para tener el control de los sensores básicos de la planta de bombeo de agua de la Provincia de Huancané



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A nivel internacional

Milton (2023) desarrolló su trabajo de Magister intitulado que tuvo el objetivo de implementar 2 tableros de control automático entre el sistema de bombeo y el tanque de captación que es de alrededor de 1 km. La metodología aplicada fue cuantitativa, de diseño cuasi experimental, de corte transversal. El instrumento fue una evaluación denominada “Evaluación del desempeño de control de nivel de agua automático” de 4 criterios de evaluación. El autor concluye que el proyecto beneficia a 176 personas y 12 fábricas. Asimismo, que el tiempo de retardo de recepción de máximo 8 segundos y mínimo de 4 segundos lo que conllevó a que los tableros funcionaron de acuerdo a los parámetros de manera correcta.

Guaño (2017) en su trabajo, tuvo como objetivo la implementación de un sistema electrónico inteligente, que mide, controla, visualiza y mandas alertas de fallas en un circuito de agua potable de poco precio. El prototipo agregará más módulos mediante radio frecuencia utilizando el módulo NRF24L01. Este módulo permite una transmisión y recepción de 40 metros de distancia. La metodología usada fue cuantitativa, de diseño pre experimental de una salida, de tipo aplicada. El instrumento es de tipo tecnológico, ya que se usará la lectura de los sensores y estos datos pasan desde los sensores, seguidamente a la placa, seguidamente a la base de datos y por último al aplicativo del celular. El autor llega a la conclusión



que el prototipo facilita una rápida intervención ante las averías en el sistema de agua potable, asegurando así el suministro de agua potable a la comunidad. Por último, el autor recomienda que deben ajustarse los sensores.

Cardet (2022) desarrolló un estudio con la finalidad de diseñar y simular un sistema de control y automatización de bombas alternantes en estaciones de rebombeo de agua potable, utilizando el control de nivel de agua para lograr un uso más eficiente y ahorrar agua. La metodología utilizada incluyó investigación bibliográfica, diagnóstica y descriptiva. Los resultados mostraron una ejecución satisfactoria del diseño del tablero de control, el desarrollo de la programación para la automatización y supervisión del sistema de bombeo, y la implementación de alarmas para detectar fallas. Se emplearon protocolos de comunicación Ethernet, Profibus PA y Profibus DP, y se diseñaron interfaces HMI y SCADA para la supervisión local y remota del proceso. En conclusión, se logró desarrollar un sistema de control automatizado para el rebombeo de agua potable, que permite un uso más eficiente y un monitoreo efectivo del proceso.

Arévalo (2019) desarrolló un estudio en donde aborda la aplicación de dispositivos y sistemas electrónicos con código abierto, tales como Arduino y la tecnología de comunicación móvil GSM. El objetivo de medir el nivel de agua en un tanque de reserva, recopilar dicha información y transmitirla a través de la red GSM. La maqueta emplea el sensor ultrasónico Prosonic FMU41, utiliza el Arduino Mega 2560 para la adquisición de datos y la shield GSM 900 para el empaquetado y envío de la información. Los datos recopilados se almacenan tanto en una memoria microSD como en una base de datos MySQL. La validación se llevó a cabo mediante la monitorización del nivel de agua en un tanque específico en Mahuarcay, realizando mediciones cada hora durante un período de 10 días. La



información obtenida, que se refiere al volumen en metros cúbicos, fue comparada con las mediciones empíricas realizadas por los técnicos de la empresa. Este sistema se diseñó para prevenir desbordamientos o vaciamientos del tanque, que podrían dañar tuberías y equipos, generando pérdidas para la empresa.

2.1.2. A nivel nacional

Angeles et al. (2021) realizó un estudio, con el objetivo de automatizar el sistema de distribución de agua potable para las Casuarinas en Carabayllo, Lima, Perú. La metodología incluyó la recolección de datos, análisis de alternativas, diseño de circuitos y red, diseño de interfaz HMI o SCADA, programación del controlador principal y pruebas del sistema. Se implementó una interfaz SCADA que permite la supervisión en tiempo real del sistema, utilizando sensores de nivel de agua, sensores de presión y servomecanismos para manejar las válvulas. El nuevo sistema beneficiará a las Casuarinas y sus 3.200 usuarios, mejorando la gestión y brindando un mejor servicio. El diseño resultó en un sistema SCADA automatizado mediante sensores y actuadores, logrando alcanzar todos los objetivos propuestos.

Medrano y Trujillo (2016) en Trujillo realizaron un estudio, en el cual tuvieron como objetivo de crear un sistema de control remoto sustentado en estrategias de control ON/OFF y tecnologías GSM para prevenir el derrame del sistema de bombeo de agua en el reservorio de la municipalidad de Ascope. La metodología fue de enfoque cuantitativo, de diseño pre experimental de una salida, de corte transversal de tipo aplicativo. Para evaluar los resultados, el autor utilizó la “Encuesta de suministro de agua” para el uso correcto del funcionamiento de encendido de las bombas de agua hacia el reservorio. El autor



concluye que, efectivamente existe problemática en el reservorio ocasionado por el rebose por el control manual que ocasionó aniegos y horas extras de trabajo. Asimismo, que el sistema de control remoto es una buena alternativa en cuanto a funcionalidad y costo.

Davila (2017) en su trabajo que tuvo como propósito de establecer el vínculo existente entre las redes cerradas y el sistema de abastecimiento de agua potable de la localidad de Caja – Huancavelica en el año 2016. La población lo comprendió con los 1285 habitantes y 1175 habitantes como muestra. La metodología utilizada fue cuantitativa, de tipo aplicada, de diseño descriptivo correlacional. La población de estudio se comprendió a los 1286 habitantes, habiéndose tomado como muestra 1175 habitantes. El instrumento fue validado por 20 Ingenieros Civiles. El autor concluye que presenta una correlación positiva directa de ($r = 0.801$) y significancia ($t_c = 10.39$) entre ambas variables.

Bejarano y Herrera (2016) desarrollaron un estudio con el propósito de elaborar un sistema automatizado de control y monitoreo para optimizar el rendimiento del sistema de bombeo de agua en la sala de bombas de la Corte Superior de Justicia en la sede Natasha Alta, Trujillo. La metodología utilizada fue de investigación explicativa, identificando problemas en el sistema de bombeo que afectaban su desempeño y causaban molestias al personal. Los resultados mostraron que el sistema de control automático implementado con PLC Siemens Logo y supervisado mediante Scada mejoró significativamente el funcionamiento del sistema de bombeo, manteniendo una presión adecuada en el rango de 55 a 65 psi y una eficiente frecuencia de trabajo de las bombas. La implementación del sistema permitió una mejor gestión del agua en la sala de bombas, proporcionando un avance significativo en el rendimiento y eficiencia del sistema de bombeo.



Chuqui (2022) elaboró un estudio, con el objetivo de mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable en el caserío de Yacupampa, distrito de San Juan, provincia Sihuas. Se inició con el diagnóstico de la situación operacional y estructural del sistema de abastecimiento, buscando soluciones físico químicas para el mismo. Luego, mediante el levantamiento topográfico y el análisis con el sistema de información regional en agua y saneamiento (SIARS), se obtuvieron los planos del sistema de agua potable. Los resultados del SIARS indicaron, que las variables de cobertura y cantidad se encontraban en buenas condiciones, con una calificación de “sostenible”, No obstante, la variable de continuidad obtuvo una evaluación regular, con un índice de sostenibilidad medio, y la calidad del agua presentó resultados muy deficientes, con un índice catalogado como “colapsado”, en base a estos datos, se llevó a cabo el diseño del sistema de abastecimiento.

Castillón (2020) el propósito de la presente investigación fue evaluar la implementación de la automatización mediante telemetría en el sistema de bombeo de agua potable en Minera IRL-Corihuarmi, Yauyos - Lima. La metodología empleada fue de naturaleza inductivo-deductiva, utilizando la inducción para examinar datos y hechos concretos del sistema de bombeo, y la deducción para derivar conclusiones lógicas a partir de estos conceptos generales. El alcance del estudio se considera aplicado, con un diseño no experimental, y se aplicó la técnica de observación utilizando hojas de registro como instrumentos. Los resultados de la investigación indican que la automatización mediante telemetría es una opción más viable y rentable para el sistema de bombeo. La viabilidad se debe a que el sistema propuesto utiliza equipos básicos para controlar las pérdidas hídricas (tratamiento del agua, energía y mantenimiento) entre 2016-



2018, comparando con la inversión en automatización por telemetría, los resultados fueron: VAN= S/. 79,436.11, TIR= 36%, con un horizonte de evaluación de 10 años y un vínculo beneficio-costos de 1,098.

2.1.3. A nivel local

Montesinos y Waswaldo (2022) realizaron un estudio, con el propósito de diseñar una estación de bombeo automatizada de agua para mejorar la disponibilidad y calidad de vida en el distrito de Caracoto, Juliaca, Puno. Se empleó una metodología no-experimental y transversal, y se seleccionaron 8 centros poblados para el estudio. El consumo de agua por persona en la provincia de San Román varía entre 0.65 y 1.40 m³. Se realizaron observaciones de campo, evaluación de parámetros de equipos, estudio geotécnico, y se obtuvieron datos para tabulación y análisis en hojas de Excel. El diseño de la estación de bombeo fue viable para extraer 40 l/s, cumpliendo con los parámetros permitidos por el ALA.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. GSM

El GSM, inicialmente denominado por el comité Groupe Speciale Mobile, representa el sistema global para comunicaciones móviles desarrollado por la Conferencia Europea de Correos y Telecomunicaciones (CEPT). Este sistema fue concebido como un esfuerzo europeo para unificar diversos sistemas móviles digitales y sustituir los más de diez sistemas analógicos en uso hasta ese momento. La idea detrás del GSM fue crear un sistema donde múltiples operadores pudieran compartir el espectro. De esta manera, el estándar se diseñó para facilitar esta



colaboración, permitiendo a los usuarios seleccionar la red de su preferencia (Huidobro, 2022).

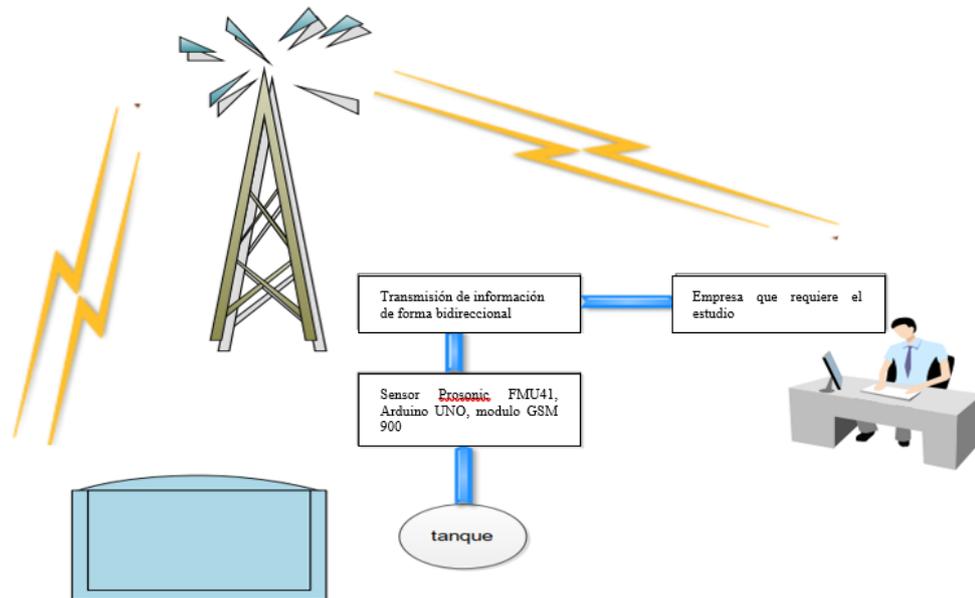
Su propósito es comunicar la información recopilada de diversos tanques que operan bajo este sistema. GSM representa el acrónimo de "Sistema Global para Comunicaciones Móviles" y, en la actualidad, se trata de sistemas completamente digitales que facilitan la transmisión digital de voz y datos, incluyendo mensajes multimedia y de texto (Lizárraga et al., 2008).

Las características del GSM no se centran en los requisitos de hardware, en las funcionalidades que la red debe ofrecer. Esto posibilita a los suministradores desarrollar diferentes productos que cumplan con estas funcionalidades, al mismo tiempo que permite a los operadores seleccionar entre diversos equipos (Huidobro, 2022).

La literatura destaca que las avanzadas especificaciones técnicas del sistema GSM junto con su éxito global, han desplazado a diversos sistemas analógicos. El cambio significativo introducido por los sistemas de segunda generación (2G), en contraste con los de primera generación (1G), fue la digitalización, lo que permitió la oferta de modernos servicios como los mensajes cortos (SMS). Además, se introdujo por primera vez la tarjeta SIM (Subscriber Identity Module), fue una innovación clave, uno de los objetivos iniciales del GSM fue establecer un estándar para comunicaciones móviles en la banda de los 900 MHz, utilizando tecnología digital. Actualmente, la CEPT es conocida como el Instituto de Estandarización de Telecomunicaciones Europeo (ETSI) (Huidobro, 2022).

Figura 1

Transmisión de la información mediante la red GSM



Nota: Elaboración propia

2.2.2. Servicio GSM

Según Eberspacher et al. (2009) destacan que uno de los servicios más populares y rentables en los sistemas GSM es el Short Message Service (SMS), que permite enviar y recibir mensajes cortos de hasta 160 caracteres. Este servicio funciona mediante el almacenaje y reenvío de mensajes a través de un centro de servicio de mensajes cortos, posibilitando el envío de mensajes alfanuméricos de hasta 140 bytes desde una o varias estaciones móviles.

2.2.3. Comando AT

El módulo GSM empleado en esta propuesta tecnológica se controla mediante comandos conocidos como AT a través del protocolo USART (Transmisor/Receptor Universal Síncrono/Asíncrono), un protocolo utilizado en comunicaciones duales que posibilita la transmisión y recepción simultáneas. Los comandos AT facilitan el envío o recepción de mensajes SMS, la realización de

llamadas, la medición de la señal celular, entre otras funciones (SIMCOM, 2010). En la Tabla 1 se aprecia una síntesis de los principales comandos AT utilizados para enviar los SMS. El nombre GSM empleado en esta propuesta tecnológica se controla mediante comandos conocidos como AT a través del protocolo USART (Transmisor/Receptor Universal Síncrono/ Asíncrono), un protocolo utilizado en comunicaciones duales que posibilita la transmisión y recepción de mensajes SMS, la realización simultaneas. Los comandos AT facilitan el envío o recepción de mensajes SMS, la realización de llamadas, la medición de la señal celular, entre otras funciones, es decir, la ejecución de todas las configuraciones del SIM900. (SIMCOM, 2010). En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los principales comandos AT utilizados para enviar los mensajes de texto.

Tabla 1

Transmisión de la información mediante la red GSM

Comando	Descripción
AT+CMGD	Delete sms message
AT+CMGF	Select sms message format
AT+CMGL	List sms messages from preferred store
AT+CMGR	Read sms message
AT+CMGS	Send message sms
AT+CMGW	Write sms message to memory
AT+CMSS	Send sms message from storage
AT+CNMI	New sms message indications
AT+CPMS	Preferred sms message storage
AT+CRES	Restore sms settings
AT+CSAS	Save sms settings
AT+CSCA	Sms service center address
AT+CSCB	Select cell broadcast sms messages
AT+SCDH	Show sms text mode parameters
AT+CSMP	Set sms text mode parameters
AT+CSMS	Select message service

Nota: (RobotShop, 2024)

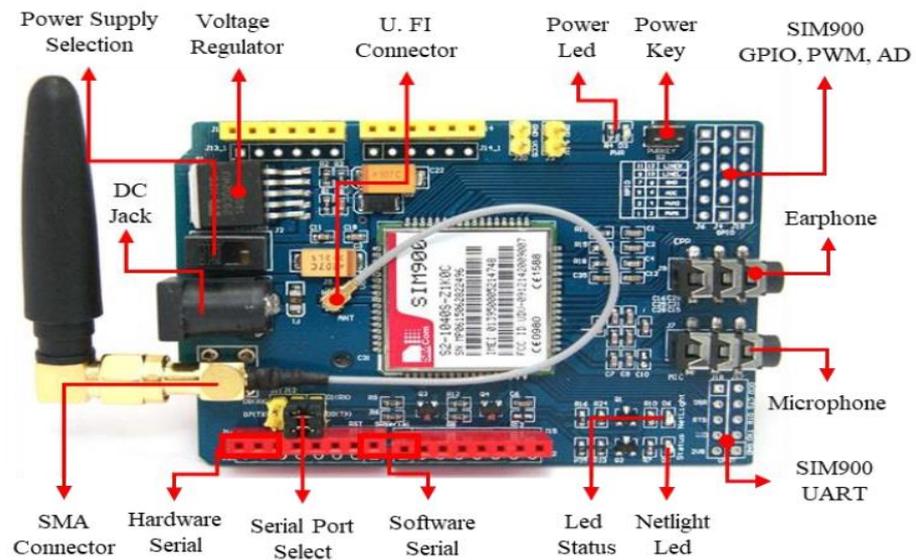


2.2.4. Shield GSM

El Shield GPRS/GSM SIM900 posibilitará la conexión de nuestra propuesta tecnológica a la red celular, permitiéndonos enviar y recibir SMSs para el control de las bombas de agua. Se destaca que la Shield SIM900 es compatible con diversas funciones, incluyendo voz, datos/fax, GPRS y SMS, tanto en la frecuencia de 900 MHz como en la de 1800 MHz. Además, la tasa de baudios del puerto serial es ajustable en un rango que va desde 1200 hasta 115200 BPS (baudios por segundo) (Pramanik et al., 2016). El Shield GPRS/GSM SIM900 posibilitara la conexión de nuestra propuesta tecnológica a la red celular, permitiéndonos recibir y enviar mensaje de texto (SMS) para el control de las bombas de agua. Se destaca que la Shield SIM900 es compatible con diversas funciones, incluyendo voz, datos/fax, GPRS y SMS, tanto en la frecuencia de 900 MHz como en la de 1800 MHz. Además, la tasa de baudios del puerto serial es ajustable en un rango que va desde 1200 hasta 115200 BPS (Baudios por segundo) (Pramanik et al., 2016). La elección de este módulo se basa en su diseño específico para la interacción con microcontroladores Arduino, además de ofrecer capacidades adicionales como la posibilidad de conectarse a Internet, enviar y recibir mensajes de texto (SMS), así como realizar llamadas de voz. Estas funcionalidades son esenciales para nuestro proyecto, y el módulo ha sido diseñado específicamente para su integración con microcontroladores Arduino. En seguida se muestra la Shield a usar:

Figura 2

Partes de la ShieldGSM900



Nota: (Naylamp Mechatronics, 2023)

2.2.4.1. Características del shield Sim900

A continuación, se menciona las principales características del sim900

Tabla 2

Características del shield sim90

Característica	Implementación
Power supply	3.2V ~ 4.8V SIM900 Quad-band: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900.
Frequency bands	SIM900can search the 4 frequency bands automatically. The frequency bands also can be set by AT command “AT+CBAND”
Transmitting power	Class 4 (2W) at GSM 850 and EGSM 900



Característica	Implementación
	Class 1 (1W) at DCS 1800 and PCS 1900
Data GPRS	GPRS data downlink transfer: max. 85.6 kbps GPRS data uplink transfer: max. 42.8 kbps Coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4 Integrate the TCP/IP protocol. Support Packet Broadcast Control
SIM interface	Channel (PBCCH) Support SIM card: 1.8V, 3V

Nota: (RobotShop, 2024)

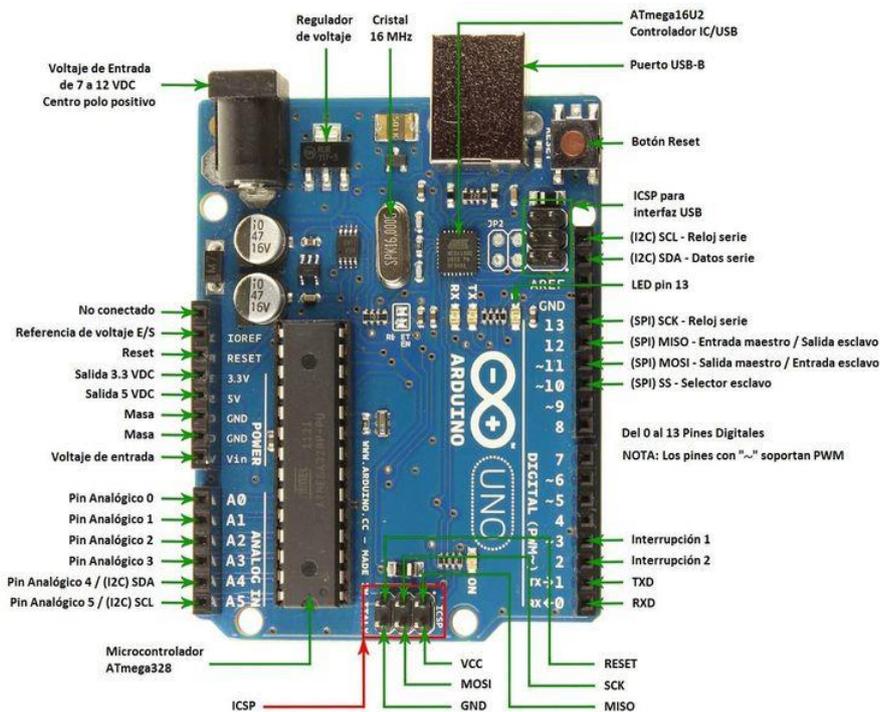
2.2.5. Arduino

Se trata de una plataforma de software de código abierto que se fundamenta en un lenguaje de programación derivado de C y C++, basado en processing/wiring. Esta programación está diseñada para gestionar microcontroladores, destacando su facilidad de uso tanto en el ámbito del software como del hardware. En consecuencia, puede ser definido como una herramienta que contribuye a la elaboración de proyectos, entornos u objetos. Una razón destacada para utilizar este software es la autonomía de la placa con respecto a un PC, así como su facilidad de comunicar con diversos programas. En otras palabras, la placa puede ejecutar la función asignada siempre y cuando la información correspondiente se haya cargado previamente en el software (Goilav y Loi, 2016).

El Arduino Uno es la placa de desarrollo más representativa de Arduino Corporation y se considera el modelo estándar para herramientas de creación de prototipos, tanto en el ámbito educativo como para creadores que buscan un microcontrolador fácil de manejar. Aunque fue diseñada para facilitar el acceso a los microcontroladores y la programación informática, el Arduino Uno se ha convertido en el punto de partida para muchas aplicaciones, gracias a su gran versatilidad, siendo apta tanto para principiantes como para usuarios más experimentados (Zach, 2024).

Figura 3

Imagen de la Placa Arduino Uno



Nota: (Davila, 2017)

2.2.1.1. Especificaciones técnicas del Arduino UNO

El Arduino Uno es una placa de microcontrolador de código abierto que utiliza el microchip ATmega328P y esta desarrollada por Arduino.cc, diseñada para proyectos que requieren una gran cantidad de entradas y

salidas. A continuación, se detallan sus especificaciones técnicas, que incluyen capacidades de memoria, características eléctricas y dimensiones físicas, proporcionando una visión integral de sus capacidades:

Tabla 3

Especificaciones técnicas del Arduino UNO

Descripción	Especificaciones
Microcontrolador	ATmega328p
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Pines de E/S digitales	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente CC por pin de E/S	20 mA
Corriente CC para pin de 3,3 V	50 mA
Memoria flash	32 KB de los cuales 0.5 KB utilizados por el gestor de arranque
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad de reloj	16MHz
LED_BUILTIN	13
Longitud	68.6 milímetros
Ancho	53,4 milímetros
Peso	25 gramos

Nota: (RobotShop, 2024)

2.2.6. Módulo de relés para arduino

El módulo de relés es como una opción altamente conveniente para servir como el interruptor principal en proyectos de 4 canales que implican circuitos electrónicos controlados por microcontroladores. Este módulo facilita el

encendido y apagado de otros dispositivos electrónicos que operan con voltajes elevados, ya sea en corriente alterna (CA) de hasta 240 VCA o corriente continua (CC) de hasta 28 VCC (Nasuti3n et al., 2017).

Figura 4

Imagen de m3dulo de 4 rel3s para Arduino



Nota: (Naylamp Mechatronics, 2023)

2.2.1.1. Especificaciones T3cnicas de un Rel3 para Arduino

El rel3 para Arduino es un componente esencial para controlar dispositivos de alta potencia mediante una se3al de bajo voltaje. A continuaci3n, se presentan las especificaciones t3cnicas de un rel3.

Tabla 4

Especificaciones T3cnicas de un Rel3 para Arduino

Descripci3n	Especificaciones
Voltaje de Operaci3n	5V DC
Se3al de Control	(3.3V o 5V)
N3 de Relays (canales)	4CH
Modelo Relay	SRD-05VDC-SL-C
Capacidad m3x	10A/250VAC, 10A/30VDC

Descripción	Especificaciones
Corriente máx	10A (NO), 5A (NC)
Tiempo de acción:	10 ms / 5 ms
Para activar salida NO	0 Voltios
Entradas	Optoacopladas
Indicadores de activación	LED

Nota: (Naylamp Mechatronics, 2023)

2.2.7. Sensor de temperatura

Los sensores de temperatura funcionan aprovechando diferentes propiedades físicas que varían de manera predecible con los cambios en la temperatura, uno de los principios más comunes es la variación en la resistencia eléctrica, utilizado en los detectores de temperatura por resistencia (RTD) y los termistores. Los RTD emplean materiales cuya resistencia eléctrica aumenta a medida que la temperatura sube, y este cambio de resistencia se convierte en una lectura de temperatura. De manera similar, los termistores también varían su resistencia con la temperatura, pero lo hacen de forma más pronunciada, lo que los hace más sensibles en aplicaciones específicas. Por otro lado, los termopares se basan en el efecto termoeléctrico, generando una tensión cuando dos metales distintos se unen a temperaturas diferentes; esta tensión es proporcional a la diferencia de temperatura y se utiliza para medirla. Finalmente, los sensores infrarrojos miden la radiación emitida por un objeto, capturando la energía infrarroja y transformándola en una señal eléctrica que, al procesarse, proporciona la temperatura del objeto.

2.2.7.1. Detectores de Temperatura Resistivo (RTD)

Los detectores de temperatura que funcionan a través de la variación en la resistencia eléctrica se conocen como RTD (Resistance Temperature Detector). Estos sensores miden la temperatura a partir del cambio en la resistencia de un conductor cuando la temperatura varía. A medida que la temperatura sube, los electrones vibran con mayor intensidad alrededor de los núcleos, lo que provoca una disminución en su velocidad promedio y, por lo tanto, un incremento en la resistencia.

La resistencia de un RDT está representada por la fórmula:

$$R = R_0(1 + \alpha_1 T + \alpha_2 T^2 + \dots + \alpha_n T^n)$$

Donde R_0 es la resistencia a la temperatura de referencia y T es el incremento de la temperatura con respecto a la temperatura de referencia.

Para simplificar los cálculos y trabajar en un rango donde el comportamiento sea aproximadamente lineal, se suele utilizar la fórmula reducida:

$$R = R_0(1 + \alpha_1 T)$$

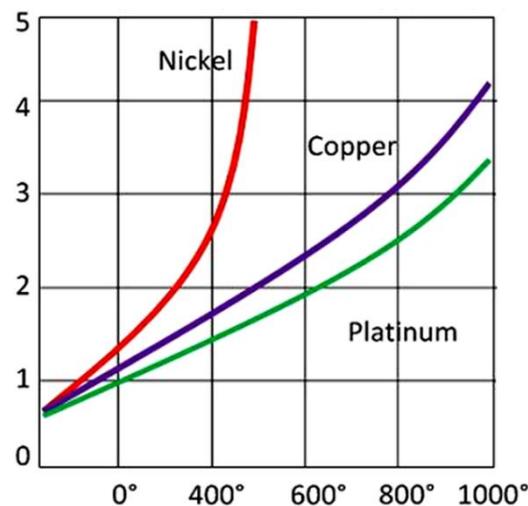
Esta ecuación es más manejable matemáticamente y adecuada para muchas aplicaciones prácticas.

Los conductores utilizados en los RTD deben cumplir ciertos requisitos importantes, en primer lugar, es de gran relevancia que el material tenga una alta resistencia, lo que permite reducir el volumen de conductor necesario para su fabricación. Además, el material debe mostrar un cambio considerable en su resistencia en función de la temperatura, ya

que la variación en la resistencia es lo que permite medir los cambios térmicos. Es importante que la resistencia del material esté directamente vinculada con la temperatura para asegurar un funcionamiento exacto del sensor. Por último, aunque la relación entre resistencia y temperatura no siempre es completamente lineal, en rangos pequeños de temperatura esta linealidad es más evidente, lo que facilita las mediciones dentro de ciertos límites.

Figura 5

Curvas de resistencia vs temperatura



Nota: (Anjani, 2021)

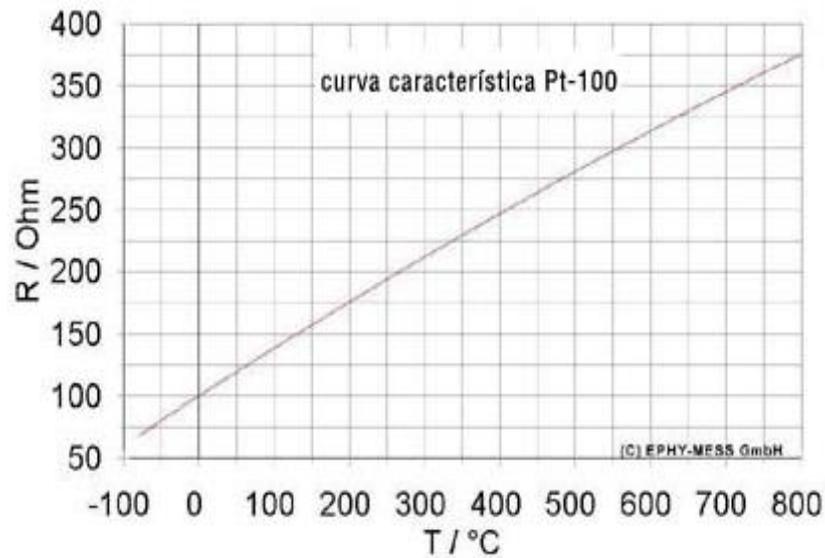
2.2.7.2. Resistencia del platino

Los sensores de platino operan basándose en el efecto PTC, el cual indica que la resistencia eléctrica de los metales aumenta a medida que la temperatura sube. Este principio se utiliza para la medición de temperaturas, mediante el uso de una delgada lámina de platino puro enrollada. El valor de resistencia más común en estos sensores es de 100

ohmios a 0°C, lo que los clasifica internacionalmente como sensores PT100 (Testo, 2018).

Figura 6

Curva característica de un sensor PT100



Nota: (Testo, 2018)

2.7.8. Motor

El modelo MG160Mb2-42FF300-H3 es un modelo de la serie MG conocido también como motor en jaula de ardilla, puesto que es un motor de inducción que cuenta con un rotor de tipo jaula de ardilla, como ocurre en los motores monofásicos. Estos rotores pueden ser de jaula de ardilla simple o doble.

Figura 7

Motor



Nota: (Grundfos standard motors, 2024)

A continuación, se indican algunas características y especificaciones clave de este motor

Tabla 5

Características del motor

Descripción	Especificaciones
3-MOT	MG160MB23-42FF300-H3
P	11.0 KW
No.	85U07524
U	60Hz
V	220-277/380-480
A	36,0-30,0/20,8-17,2
A	39,5-37,5/22,8-21,8
Eff%	IE3 90.2%- IE3 91,0%
Cos \varnothing	0,89-0,83

Nota: (Grundfos standard motors, 2024)



2.3. MARCO CONCEPTUAL

Eficiencia: se refiere a la capacidad de alcanzar los objetivos deseados con la menor cantidad de recursos utilizados, minimizando el desperdicio y maximizando la productividad. En diversos contextos, como la producción industrial, la gestión energética o la toma de decisiones, la eficiencia se evalúa en términos de cómo se optimizan los recursos disponibles para lograr resultados positivos, buscando economizar tiempo, dinero, energía o cualquier otro recurso involucrado en un proceso específico.

Control: el control se refiere al proceso de regular, supervisar y dirigir actividades o sistemas para asegurar que se ajusten a un estándar o plan previamente establecido. En diversos ámbitos, como la gestión empresarial, la ingeniería, o la automatización, el control implica la medición y comparación de resultados actuales con los objetivos deseados, tomando medidas correctivas si es necesario. Este proceso busca mantener la estabilidad, eficiencia y calidad en las operaciones, permitiendo adaptaciones continuas para asegurar que los sistemas funcionen de acuerdo con las metas establecidas.

Planta de bombeo: una planta de bombeo es una instalación diseñada para transportar líquidos, comúnmente agua, desde un punto de origen hasta su destino final mediante el uso de bombas. Estas instalaciones son cruciales para diversas aplicaciones, como el suministro de agua potable, el riego agrícola, el control de inundaciones, y la gestión de aguas residuales. En su configuración típica, una planta de bombeo consta de bombas que elevan o desplazan el líquido a través de tuberías hacia su destino. Estas plantas desempeñan un papel fundamental en garantizar la distribución eficiente y controlada de líquidos en una amplia gama de sectores, contribuyendo a satisfacer necesidades esenciales en la sociedad y la industria.



Agua Potable: el agua potable se refiere a esa agua que es apta para el consumo humano, cumpliendo con las regulaciones dispuestas para garantizar su calidad y potabilidad. Este tipo de agua debe carecer de contaminantes o agentes patógenos que puedan representar riesgos para la salud. El proceso de tratamiento del agua potable implica la eliminación o reducción significativa de sustancias indeseables, como microorganismos, químicos y partículas sólidas, a través de procedimientos como la filtración, desinfección y desinfección ultravioleta. El suministro de agua potable es fundamental para mantener la salud y el bienestar de los ciudadanos, siendo un recurso fundamental para el consumo doméstico, la preparación de alimentos y otras actividades cotidianas.

Sistema de Control: un sistema de control es una estructura organizada de dispositivos, componentes y procesos interrelacionados diseñados para regular y dirigir el comportamiento de un sistema dinámico. Este sistema opera mediante la medición continua de variables específicas del sistema, la comparación de estos datos con valores de referencia predeterminados y la aplicación de acciones correctivas para mantener o ajustar el sistema a un estado deseado. Los elementos esenciales incluyen sensores para la adquisición de datos, un procesador de control para el análisis y toma de decisiones, y actuadores para implementar cambios en el sistema. Los sistemas de control encuentran aplicaciones en una amplia variedad de campos, desde la automatización industrial hasta el control de procesos biológicos, contribuyendo a mejorar la estabilidad, eficiencia y rendimiento de sistemas complejos.

Tecnología GSM: La tecnología GSM, que significa Sistema Global para Comunicaciones Móviles, es un estándar de comunicación inalámbrica empleado en redes de telefonía móvil. Desarrollado para facilitar la comunicación entre dispositivos móviles, como teléfonos celulares, a través de señales de radio, el GSM ha sido



ampliamente adoptado a nivel global. Este estándar permite la transmisión de voz y datos, ofreciendo servicios como mensajes de texto (SMS) y acceso a internet. Una de las características distintivas del GSM es su capacidad para la itinerancia, lo que permite a los usuarios utilizar sus dispositivos en diferentes redes alrededor del mundo. Aunque ha sido sucedido por tecnologías más avanzadas como 3G y 4G, el GSM sigue siendo una parte fundamental de las redes móviles, proporcionando conectividad confiable y servicios esenciales a usuarios en todo el mundo.

Estación de bombeo: una estación de bombeo es una instalación diseñada para controlar y facilitar el movimiento eficiente de fluidos, generalmente líquidos, desde un nivel más bajo a otro más elevado. Este tipo de estación es esencial en diversas aplicaciones, como el suministro de agua potable, la gestión de aguas residuales, el riego agrícola y el control de inundaciones. La estación de bombeo consta típicamente de bombas que elevan el líquido a través de tuberías desde una ubicación más baja hasta un punto más alto, superando desniveles topográficos. Estas estaciones pueden incluir también sistemas de control para regular el flujo y la presión del fluido. Su función principal es asegurar un transporte eficiente y controlado de líquidos en situaciones donde la elevación natural no es suficiente, contribuyendo a la distribución y gestión efectiva de recursos hídricos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La investigación se realizó en la planta de agua potable ubicada en la provincia de Huancané, en la región Puno, situada en la altiplanicie andina. Esta provincia abarca un área de 2,805.85 km² y está conformada por ocho distritos: Huatasani, Inchupalla, Pusi, Rosaspata, Cojata, Taraco y Vilque Chico.

Figura 8

Localización de la planta de agua potable de Huancané



Nota: Obtenida de Google Earth

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Población

Para la población se tomó en cuenta fue la planta de abastecimiento de agua potable de Huancané el cual esta administrada por la Municipalidad Provincial de Huancané.



3.2.2. Muestra

Hernández et al. (2014) postula que dentro la muestra no probabilística incluye a la muestra por conveniencia, la cual selecciona de acuerdo con la conveniencia del investigador. Así mismo, destacaron la importancia de reconocer las limitaciones al emplear muestras no probabilísticas en la investigación. Por lo tanto, se empleó la técnica de muestreo por conveniencia, ya que la selección de la muestra fue realizada de manera intencional según la apreciación del investigador. En ese sentido, la muestra fue la misma población, es decir, la planta de abastecimiento de agua potable de Huancané.

3.3. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Enfoque de investigación

La metodología de investigación seleccionada es de índole cuantitativa, ya que se dedica a la recolección de datos y la comprobación de hipótesis mediante el análisis estadístico y la aplicación de cálculos numéricos. El objetivo primordial consiste en validar teorías y establecer patrones de comportamiento a través de pruebas numéricas, resaltando la relevancia de la precisión y la medición cuantitativa en el desarrollo del proceso investigativo (Hernández et al., 2014)

3.3.2. Tipo de investigación

Esta investigación fue de tipo aplicada, debido a que la finalidad de la presente investigación es optimizar la eficiencia de un sistema de control remoto mediante tecnología GSM (Pimienta et al., 2018).



3.3.3. Nivel de investigación

El nivel del estudio es descriptivo (ya que tiene como propósito, detallar propiedades y especificaciones de las variables) y explicativa (ya que no solo será la descripción de conceptos, si no está orientada a responder a las causas de los diferentes eventos) (Hernández et al., 2014).

3.3.4. Diseño de investigación

El diseño de esta investigación es no experimental, y de corte transversal (Hernández et al., 2014).

3.3.5. Método de investigación

El método empleado es el proceso de desarrollo de naturaleza sistémica y sigue un enfoque analítico-sintético. Este método facilita una comprensión más profunda del objeto de estudio. La fase sintética posibilita la creación de un resumen que engloba todas las ideas fundamentales relacionadas con el tema de investigación. En cuanto a la aplicación práctica, se llevará a cabo mediante el uso de software.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Lectura comprensiva

A partir de la bibliografía y la información técnica recopilada, se llevará a cabo la interpretación y comprensión de dichos recursos con el objetivo de entender plenamente el contenido transmitido por los autores.

3.4.2. Medición

En este estudio se utilizó un sensor de temperatura el cual estará ubicado lo más cercano a la carcasa del estator y posibilitará la medición de la temperatura en motores de bombeo de agua. Utilizando esta señal, se enviarán mensajes de texto a través de la red GSM para el control remoto del encendido o apagado de las bombas.

3.4.3. Software de programación

La codificación del Arduino, se emplea el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino, un software de licencia libre que posibilita la redacción, edición y grabación de programas en la placa de desarrollo. El IDE puede instalarse en un computador, o en su lugar, utilizar la versión en línea. Una ventaja destacada es su versatilidad multiplataforma, permitiendo su instalación en diversos sistemas operativos a través del software. Además, gracias a las herramientas proporcionadas por Arduino IDE, la carga de programas en la memoria Flash del Arduino se realiza de manera rápida y sin complicaciones, facilitando la ejecución de programas en lapsos breves.

3.4.4. Metodología empleada para el cumplimiento de los objetivos

planteados

Figura 9

Fases del proceso de construcción



Nota: Elaboración propia

3.4.4.1. Tecnología que se utilizará en el proyecto

El Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM) es una tecnología móvil digital utilizada para la transmisión de datos y servicios de voz, funciona mediante un sistema de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y es la opción más extendida entre las principales tecnologías de telefonía móvil digital, que incluyen TDMA, CDMA y GSM.

La red GSM está formada por cuatro componentes principales que trabajan de manera conjunta: el dispositivo móvil, el subsistema de estación base (BSS), el subsistema de conmutación de red (NSS) y el subsistema de operación y soporte (OSS). El dispositivo móvil se conecta a la red a través de su hardware, mientras que la tarjeta SIM (Módulo de Identidad del Abonado) proporciona la información de identificación del usuario. El BSS se encarga de gestionar el tráfico entre el dispositivo móvil y el NSS. Este subsistema está compuesto por la estación transceptora base (BTS) y el controlador de la estación base (BSC). La BTS incluye los equipos de comunicación con los móviles, como receptores de radio y antenas, mientras que el BSC coordina y gestiona varias estaciones transceptoras base.

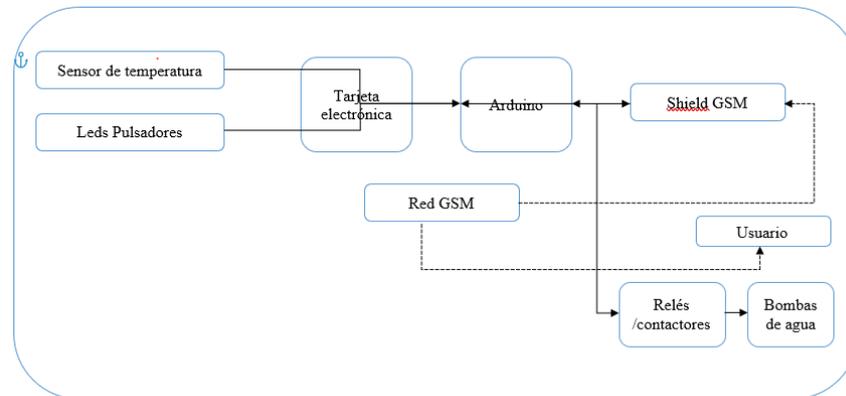
3.4.1.2. Principio de funcionamiento

Para comenzar con el diseño, elaboramos un diagrama de bloques que ilustra el esquema fundamental del funcionamiento automático del control de las bombas de agua, como se presenta en la figura. Es importante destacar que la planta de bombeo agua cuenta con la instalación

de dos bombas hidráulicas de 15 HP cada una, las cuales operan manualmente de manera alternada.

Figura 10

Esquema grafico del objetivo de diseño



Nota: Elaboración propia

La Figura 10 Ilustra un sistema que utiliza sensores de temperatura con el cual conoceremos la temperatura de cada motor. El sensor estará ubicado lo más cercano a la carcasa del estator el cual enviará una señal a la tarjeta electrónica para su acondicionamiento y luego se dirige a un dispositivo programado para el control de los relés el cual controlará a los contactores de los motores y así poder lograr una alternancia. Este dispositivo envía la información a una shield GSM, que a su vez envía mensajes SMS del estado y la temperatura de las bombas de agua. El usuario puede interactuar a través de la red GSM, enviando SMS desde un dispositivo móvil para controlar las bombas o recibir información sobre el estado de las bombas y la temperatura. El sistema permite una gestión remota y automática del suministro de agua.

3.4.5. Requerimientos de hardware y software

3.4.5.1. Materiales para la construcción de los tableros

La lista de material para la construcción del tablero se presenta en las siguientes tablas.

Tabla 6

Inventario de componentes para receptor de mensajes de texto.

N°	Cantidad	Material	Utilidad
1	1	Arduino Uno	Programación
2	1	Shield GSM	Envío de SMS
3	1	SIM GSM	GSM
4	2	Sensor de temperatura PT100	Medición de temperatura de motor
5	1	Módulo de relé	Accionamiento de respaldo
6	1	Fuente de energía DC	Conversión AC/DC
7	15	Borneras	Conexión eléctrica
8	1	Termomagnético 6A	Interruptor principal
9	1	Gabinete metálico 800 x 500 x 150 mm	Tablero eléctrico
10	3	Pulsadores	Alternancia de motores
11	3	Indicadores de estado	Indicar la alternancia de motores

Nota. Elaboración propia

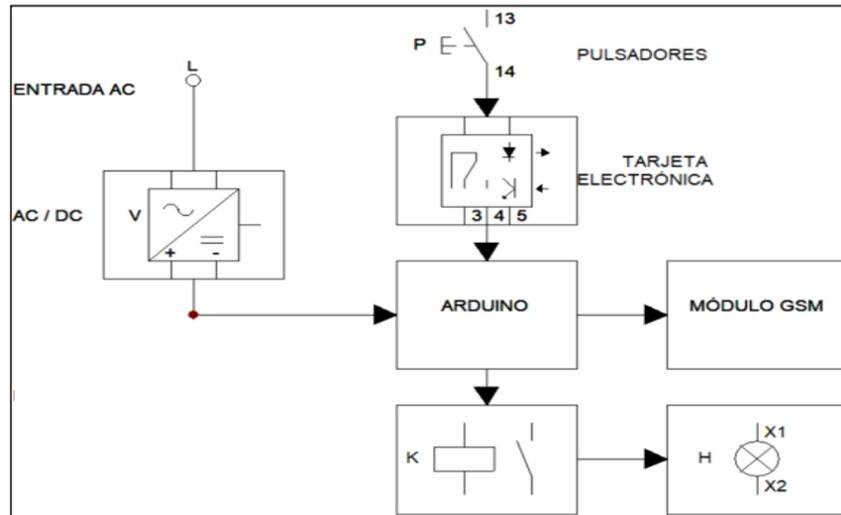
3.4.6. Construcción del tablero emisor y receptor de SMS

Se construyó un tablero utilizando un gabinete metálico de dimensiones 800x500x150mm. En este gabinete se incorporaron varios elementos según el diseño: el Arduino ejecuta la programación, el shield GSM enviar y recibe mensajes de texto SMS, la fuente de alimentación AC/DC nos proporcionara el

voltaje adecuado para el funcionamiento de los componentes, el módulo relés alternara o apagara los contactores de los motores y una tarjeta electrónica.

Figura 11

Diagrama unifilar del panel emisor y receptor de SMS



Nota: Elaboración propia

En el exterior, tal como se muestra en la Figura N°12, hay tres luces indicadoras que muestran el estado de activación de cada bomba o si están apagadas. Además, hay tres pulsadores que permiten enviar mensajes de texto para encender o apagar las bombas.

Figura 12

Fabricación del panel emisor y receptor de SMS



Nota: Elaboración propia

La Figura N°13 muestra la disposición y conexión de los dispositivos del tablero eléctrico-electrónico que mide la temperatura de los motores y envía mensajes de texto en función de esta medición.

Figura 13

Conexión del panel emisor y receptor de SMS



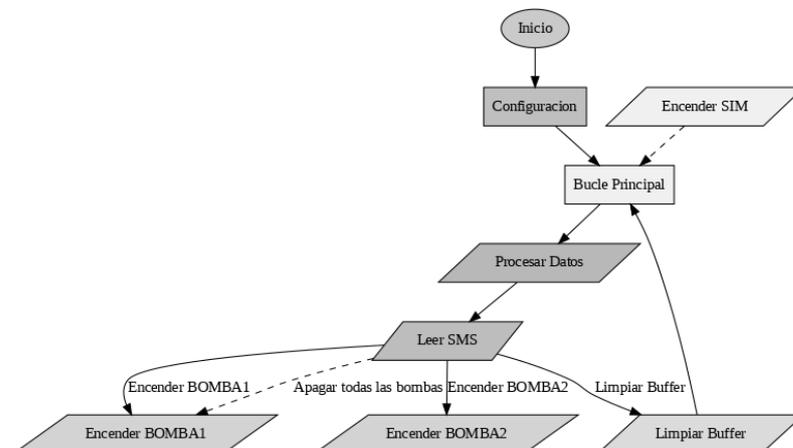
Nota: Elaboración propia

3.4.6.1. Programación del tablero emisor de SMS

La configuración del dispositivo receptor de mensajes de texto se lleva a cabo siguiendo el diagrama de flujo presentado en la Figura N°13.

Figura 14

Diagrama de flujo del emisor y receptor SMS



Nota: Elaboración propia

3.4.7. Selección de contactor

Los contactores son dispositivos electromagnéticos que controlan el flujo de corriente eléctrica a través de contactos activados por un electroimán. Al aplicar corriente, el campo magnético generado atrae al núcleo móvil, lo que provoca el cierre de los contactos, ya que algunos permanecen fijos mientras que otros se mueven junto con el núcleo móvil. (Schneider Electric, 2024).

Figura 15

Contactor



Nota: (Schneider Electric, 2024).

Al seleccionar un contactor, es importante considerar varias características clave. Una de ellas es la intensidad térmica (I_{th}), que representa la máxima corriente que los contactos pueden soportar durante un periodo de 8 horas. También se debe tener en cuenta la intensidad nominal (I_n), que es la corriente máxima que los contactos pueden soportar de manera continua. Otro aspecto importante es la tensión de servicio (U_n), que incluye tanto la tensión operativa como la de la bobina de accionamiento. Además, se debe considerar el número de maniobras o la resistencia mecánica del contactor, así como su categoría de servicio.

Las aplicaciones en corriente alternan (AC) se clasifican según la categoría de servicio, que define cómo se comportan los contactos eléctricos durante la conexión y desconexión de diversas cargas. La siguiente tabla muestra las categorías de servicio y las relaciones entre las tensiones máximas y nominales para cargas no inductivas y distintos tipos de motores:

Tabla 7

Aplicación en corriente alterna

APLICACIONES EN CORRIENTE ALTERNA	Categoría de servicio	Relación entre tensiones máximas y nominales			
		CONEXIÓN		DESCONEXIÓN	
		I	V	I	V
Cargas no inductivas	AC1	In	Vn	In	Vn
Motor de anillos					
Corte de motor lanzado	AC'2	2,5 In	Vn	In	0,4 Vn
Corte de motor calado	AC2	2,5 In	Vn	2,5 In	Vn
Motores Jaula de ardilla					
Corte de motor lanzado	AC3	6 In	Vn	In	0,17 Vn
Corte de motor parado	AC4	6 In	Vn	6 In	Vn

Nota: Al reemplazar un contactor, si no se encuentra uno de la misma categoría de servicio, es posible sustituirlo por uno de una categoría superior, pero nunca por uno de categoría inferior.

A continuación, se calcula la capacidad del contactor adecuado para el motor de la planta de agua de este estudio, utilizando los parámetros clave de un motor eléctrico, incluyendo su potencia, voltaje y corriente. Se requiere

dimensionar el arranque directo de un motor de 11KW que será utilizado para operar una bomba de agua, considerando los siguientes datos de la placa del motor.

Modelo *MG160Mb2-42FF300-H3*

P *11KW*

V *220-277/ 380-480*

I *36-30/ 20.8-17.2*

Cos Ø *0.89-0.83*

n *90.2%*

Resolución:

$$P_{mec} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \cdot \eta$$

$$I = \frac{P_{mec}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \cdot \eta}$$

$$I = \frac{11KW}{\sqrt{3} \cdot (380V) \cdot (0,89) \cdot (0,92)}$$

$$I = 20,4A$$

En ese sentido, la carga de intensidad mínima para un adecuado funcionamiento del contactor es 20,4 A,

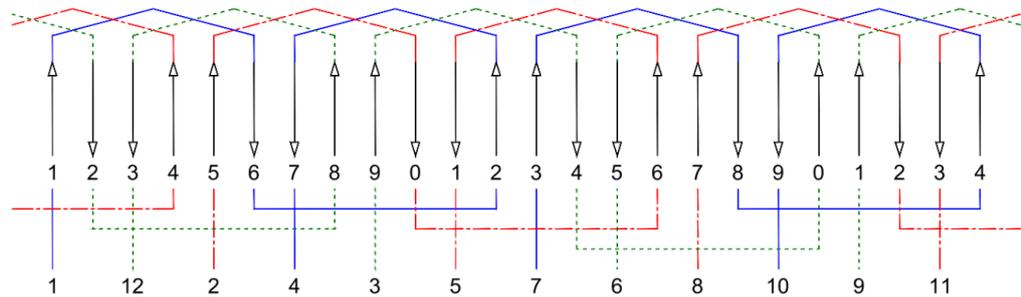
3.4.8. Ubicación de puesta del sensor de temperatura pt100

Para el inserto de los 02 sensores Pt100 para la medición de la temperatura de las 2 bobinas, hay que identificarlos y colocar un sensor por cada bobina. El diagrama muestra una secuencia de bobinas representadas por formas geométricas como triángulos y rectángulos. Cada bobina está conectada por líneas que probablemente representan conexiones eléctricas.

Numeración: Las bobinas están numeradas del 1 al 12. Además, hay números adicionales del 1 al 11 debajo de ellas, posiblemente indicando puntos de conexión o la secuencia en el proceso de arrollamiento.

Figura 16

Plan de arrollamiento con bobinado concéntrico por polos

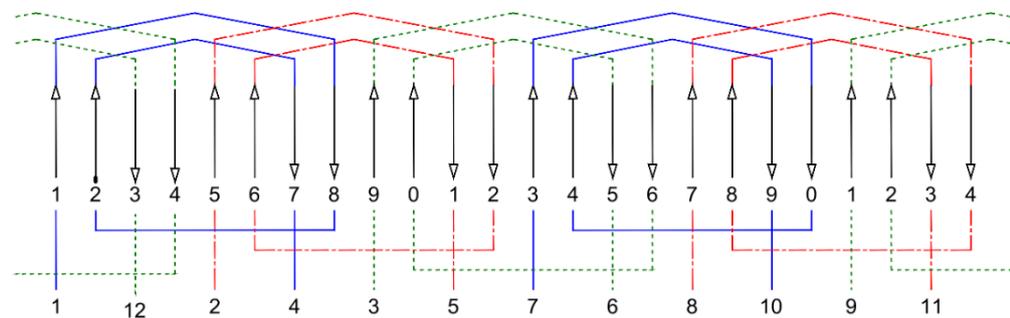


Nota: (Murillo, 2010).

En ese sentido en el plan de arrollamiento con bobinado concéntrico por polos consecuentes este tipo de bobinado, las bobinas se disponen de manera concéntrica alrededor de los polos magnéticos. El diagrama muestra una secuencia de bobinas representadas por líneas de diferentes colores y números que indican el orden de las conexiones. Este patrón se repite en tres conjuntos, cada uno con cuatro polos. La disposición sistemática sugiere cómo se interconectan las bobinas para crear los polos magnéticos en un motor o generador. Si necesitas más detalles o cálculos específicos, puedo proporcionarte información adicional

Figura 17

Plan de arrollamiento con bobinado concéntrico por polos consecuentes

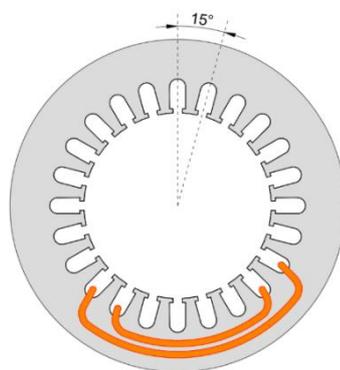


Nota: (Torres, 2013)

Una vez identificado el tipo de arrollamiento Concéntrico por polo o por polos consecuentes para no medir la temperatura de una misma bobina, se insertará el Pt100 en cada bobina. Se puede realizar su conexionado directamente al VFD, o a través de un Transmisor de temperatura para su monitoreo durante su ciclo de mantenimiento y vida útil del motor.

Figura 18

Bobinas



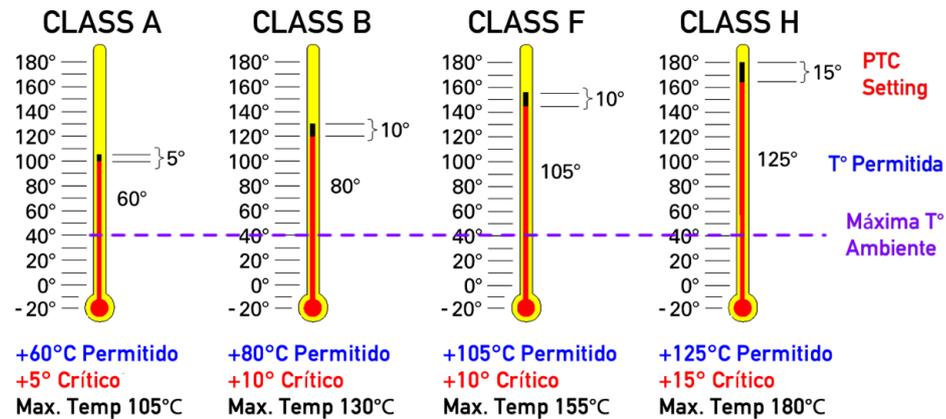
Nota: (Springer, 2024)

a) **Clasificaciones de Temperatura máxima**

Los barnices utilizados para el recubrimiento de conductor deben mantener sus características aislantes a la temperatura de trabajo, los barnices acrílicos son resistentes a la humedad, mientras que los barnices de silicona se utilizan en entornos de alta temperatura, la IEC los clasifica por clases y dependiendo de la clase soporta hasta cierto grados de temperatura (Drives and Automation , 2024)

Figura 19

Clase de aislamiento- IEC



Nota: (Norma IEC 60309, 2024)

b) Clasificaciones de temperatura de aislamiento del motor NEMA

La norma americana NEMA también los clasifica, depende de la norma de fabricación el uso de una clasificación u otra (Drives and Automation , 2024).

Tabla 8

Clasificación de temperatura de aislamiento del motor NEMA

Clase	1.0SF Motors		1.15SF Motors		
	Temp. Ambiente	Puntos Calientes	Subir@1.0	Aumento@1.15	
A	105	+40	+5	60	70
B	130	+40	+10	80	90
F	155	+40	+10	105	115
H	180	+40	+15	125	Not defined

Nota: (Drives and Automation , 2024)

c) Sobre temperatura

La temperatura de operación de un motor es fundamental para su eficiencia y vida útil, un aumento de 10°C en la temperatura de funcionamiento puede reducir la vida útil del aislamiento del motor hasta en un 50%. Si en una aplicación

de un proceso de un motor, salta periódicamente el relé de sobrecarga, éste presentará en su bobinado envejecimiento del barniz dieléctrico, reflejado en las bobinas

3.4.9. Costo de implementación

A continuación, se presenta los precios de los materiales eléctricos necesarios.

Tabla 9

Lista de precios del emisor y receptor de SMS.

Cantidad	Material	Precio unitario	Total
1	Arduino Uno	S/ 135.00	S/ 135.00
1	SIM GSM	S/ 29.90	S/ 29.90
1	Módulos de relés	S/ 56.00	S/ 56.00
1	Fuente de energía DC	S/ 49.00	S/ 49.00
35	Borneras	S/ 8.00	S/ 280.00
1	Circuito Breaker, 1 Polo 6A	S/ 185.00	S/ 185.00
1	Shield GSM	S/ 179.00	S/ 179.00
1	Gabinete metálico 700 x 500 x 130 mm	S/ 721.00	S/ 721.00
3	Lámpara piloto	S/ 10.00	S/ 10.00
1	Canaleta	S/ 61.00	S/ 61.00
1	Breaker 6A	S/ 120.00	S/ 120.00
2	Sensor de temperatura	S/ 50.00	S/ 100.00
3	Tomacorriente	S/ 25.00	S/ 75.00
TOTAL			S/ 2,000.90

Nota: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

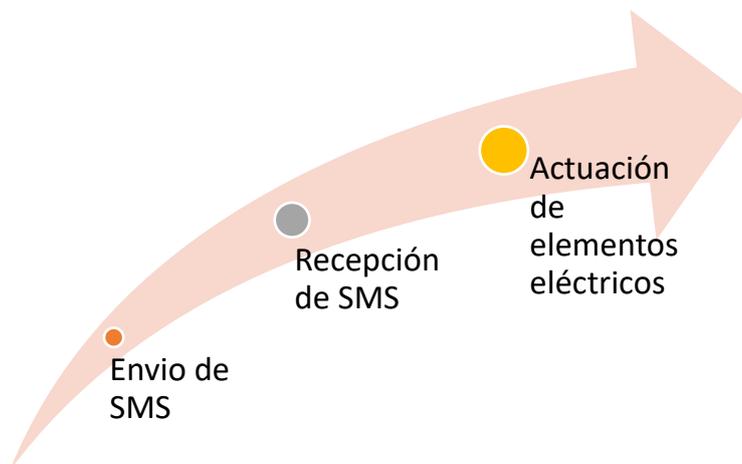
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

Una vez que se han construido los paneles eléctricos, se llevan a cabo pruebas y se obtienen los resultados correspondientes. El propósito de este análisis es demostrar la capacidad de enviar y recibir SMS. En esta sección, se llevarán a cabo mediante tres procesos para lograr el control automático, las cuales se muestran en la siguiente figura 20.

Figura 20

Proceso para pruebas y resultados.



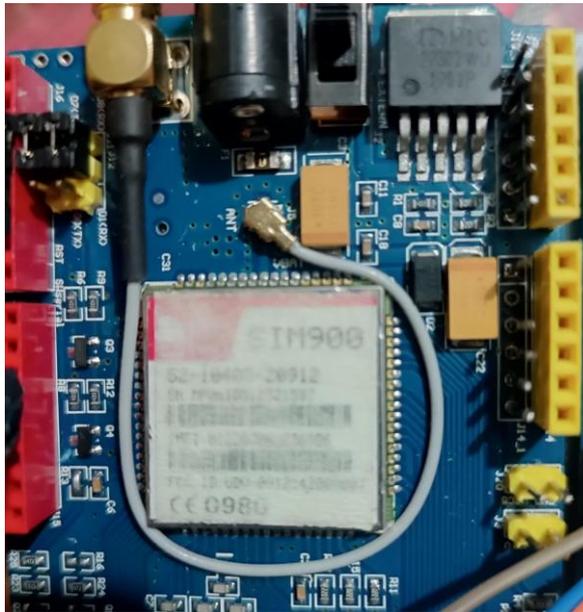
Nota: Elaboración propia

4.1.1. Recepción de mensajes de texto

El envío de los datos se realiza mediante el módulo SIM900, configurado con los pines D7 y D8 como RX y TX como se muestra en la figura N°22, en comunicación directa a la placa de Arduino Uno.

Figura 21

Prueba de funcionamiento del emisor de SMS.



Nota: Elaboración propia

Los mensajes a enviar desde el tablero de control hacia el teléfono móvil son los siguientes:

Tabla 10

Lista de SMS del tablero a teléfono móvil

Mensajes	Causa
Sistema ONLINE	Modulo listo y conectado para funcionar.
Bomba 01 encendida	La bomba 01 fue activada de forma local o remota.
Bomba 02 encendida	La bomba 02 fue activada de forma local o remota.
Bombas apagadas	Ambas bombas son desactivadas de forma local o remota.
Estado bomba 01: (estado)	
Temperatura: (temperatura)	Se mando un SMS con el mensaje “ESTADO” desde el teléfono móvil, por lo cual responde enviando los estados y temperatura de cada bomba.
Estado bomba 02: (estado)	
Temperatura: (temperatura)	

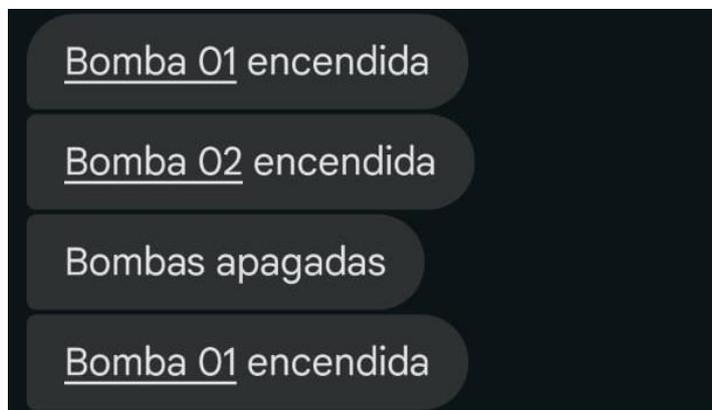
Mensajes	Causa
Temperatura B1: (temperatura) Alternando a B2.	La temperatura de la bomba 01 llega al límite de temperatura establecida, por lo cual alterna a la bomba 02.
Temperatura B2: (temperatura) Alternando a B1.	La temperatura de la bomba 02 llega al límite de temperatura establecida, por lo cual alterna a la bomba 01.
Parada de emergencia Temperatura límite excedida en ambas bombas.	La temperatura de ambas bombas llegó al límite máximo establecido, por lo cual se desactivan.

Nota. Elaboración propia.

En la Figura N°22 se observa los mensajes recibidos por el usuario en su teléfono celular del tablero de control sobre las acciones tomadas de forma local.

Figura 22

Mensajes SMS de las acciones tomadas localmente.



Nota: Elaboración propia.

4.1.2. Recepción de mensajes de texto

De manera similar, al enviar mensajes SMS desde el teléfono móvil hacia el tablero de control son los siguientes:

Tabla 11

Lista de SMS de teléfono móvil a tablero

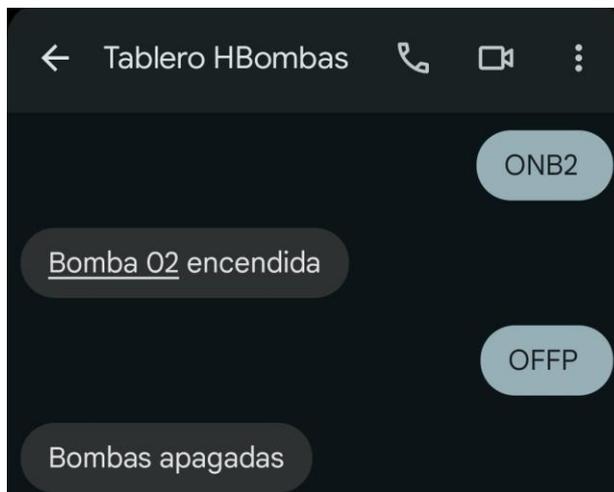
Nº	Mensajes	Descripción
01	ESTADO	Solicita el estado actual de las bombas y sus respectivos valores de temperatura.
02	ONB1	Manda a activar la bomba 01 de forma remota.
03	ONB2	Manda a activar la bomba 02 de forma remota.
04	OFFP	Manda a desactivar ambas bombas de forma remota.

Nota. Elaboración propia.

La Figura N° 23 presenta los mensajes enviados por el usuario desde el teléfono móvil con las respectivas respuestas del tablero de control.

Figura 23

SMS enviados y recibidos de las acciones tomadas de forma remota.

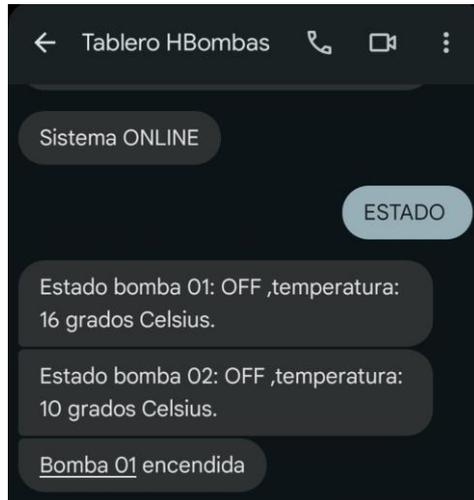


Nota. Elaboración propia.

En la figura N° 24 se muestra la respuesta del tablero de control con los estados de cada bomba y su respectiva temperatura, mediante el mensaje “ESTADO”.

Figura 24

Mensaje de repuesta con los estados de las bombas.



Nota: Elaboración propia

4.1.3. Prueba de actuación de elementos eléctricos

Una vez confirmada la recepción de los mensajes de texto con los códigos de encendido o apagado, se activa el sistema de relés, que controla los contactores, los cuales, gestionan el funcionamiento de las bombas de agua, tal como se ilustra en la Figura 25.

Figura 25

Tablero de control de las bombas de agua.



Nota: Elaboración propia

4.1.4. Validación técnica – económica de los resultados

La inversión inicial para construir el tablero es de S/ 2,000.90 Al automatizar el proyecto, se elimina el pago de un salario de S/ 2,700.00 al operario, quien ahora trabaja con un salario reducido de S/ 1,200.00, encargándose de la revisión periódica de posibles fallos en las bombas y tuberías. Además, se requieren un chip con plan móvil de S/ 29.90 para asegurar la continuidad en el envío y recepción de SMS. Con un ahorro de S/ 1,200.00 de salario y planes de celulares, el proyecto genera un flujo anual de S/ 16 441.20.

$$\text{Flujo generado} = [(2700 - 1200 - 29.90) * 12] - 1200$$

$$\text{Flujo generado} = 16\ 441.2$$

4.1.5. Diagrama de flujo

Es una manera apropiada de presentar los ingresos (ahorros) y los gastos asociados con una inversión.

Figura 26

Gastos variables a lo largo del ciclo de vida del proyecto



Nota: Elaboración propia

4.1.6. Depreciación

Turner y Doty (2007) destacan que la depreciación es fundamental en la evaluación financiera de proyectos, ya que, aunque representa un gasto del período, no implica un desembolso de efectivo, sino que se considera una forma de inversión en activos fijos. El cálculo de la depreciación se basa en un marco legal que afecta la liquidación de impuestos, aplicando un porcentaje sobre los beneficios antes de impuestos (UAI). Esto incluye todos los gastos reales y verificables en los que incurre la empresa durante un periodo determinado, lo que finalmente implica una transferencia efectiva hacia el beneficiarían (de Jesús, 2017).

Existen diferentes metodologías la para conocer la depreciación, dentro de ellos están, el método de la línea recta, método de depreciación acelerada, método de reducción de saldos y el sistema acelerado de recuperación de costos (MACRS).

Tabla 12

Tipos de categorías de propiedad para la depreciación acelerada de activos (MARCS).

Clase de propiedad	Activos de ejemplo
Propiedad de 3 años	Dispositivos especiales de manipulación de alimentos, herramientas especiales para la fabricación de vehículos de motor.
Propiedad de 5 años	Ordenadores y máquinas de oficina
Propiedad de 7 años	Muebles de oficina la mayoría de las máquinas herramientas de fabricación.
Propiedad de 10 años	Remolcadores y equipo de transporte de agua activos de refinación de petróleo.

Clase de propiedad	Activos de ejemplo
Propiedad de 15 años	Cercas y paisajismo activos de fabricación de cemento
Propiedad de 20 años	Postes y líneas de transmisión de servicios públicos de edificios agrícolas.
Propiedad de alquiler residencial de 27,5 años	Alquiler de casas y apartamentos.
Bienes inmuebles no residenciales de 31,5 años	Edificios comerciales.

Nota: Doty y Turner (2004, pág. 29), Energy management handbook.

Figura 27

Tasas de depreciación del MACRS.

Tasas de depreciación del MACRS						
Porcentaje por año de recuperación						
Año de Recuperación	3 años	5 años	7 años	10 años	15 años	20 años
1	33,33%	20,00%	14,29%	10,00%	5,00%	3,750%
2	44,45%	32,00%	24,49%	18,00%	9,50%	7,219%
3	14,81%	19,20%	17,49%	14,40%	8,55%	6,677%
4	7,41%	11,52%	12,49%	11,52%	7,70%	6,177%
5		11,52%	8,93%	9,22%	6,93%	5,713%
6		5,76%	8,92%	7,37%	6,23%	5,285%
7			8,93%	6,55%	5,90%	4,888%
8			4,46%	6,55%	5,90%	4,522%
9				6,56%	5,91%	4,462%
10				6,55%	5,90%	4,461%
11				3,28%	5,91%	4,462%
12					5,90%	4,461%
13					5,91%	4,462%
14					5,90%	4,461%
15					5,91%	4,462%
16					2,95%	4,461%
17						4,462%
18						4,461%
19						4,462%
20						4,461%
21						2,231%

Nota: Elaboración propia

Anteriormente se mencionó que para la construcción del proyecto se necesitaría un presupuesto de S/ 2 000.90, este será el valor de inicio para devaluar y dado que el objetivo del proyecto es la regulación automática de la temperatura de los motores de agua, entra a la clase de propiedad de 10 años, De acuerdo con esto, la depreciación del activo es el siguiente:

Tabla 13

Deducciones por año por monto de inversión.

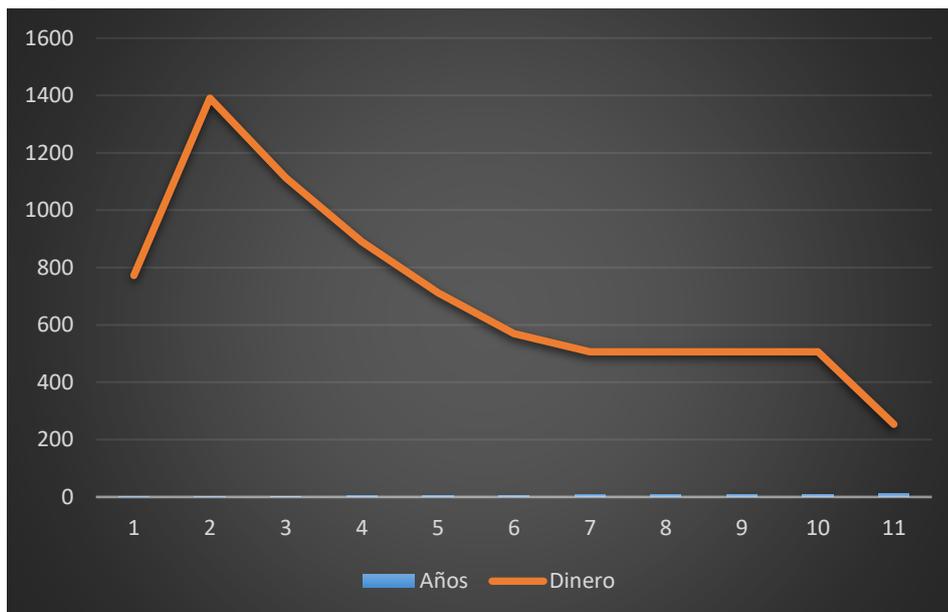
Año	Deducción	Monto (soles)
1	$2\,000.90 \times 10\%$	772.58
2	$2\,000.90 \times 18\%$	1,390.64
3	$2,000.90 \times 14.40\%$	1,112.52
4	$2,000.90 \times 11.52\%$	890.01
5	$2,000.90 \times 9.22\%$	712.32
6	$2,000.90 \times 7.37\%$	569.39
7	$2,000.90 \times 6.55\%$	506.04
8	$2,000.90 \times 6.55\%$	506.04
9	$2,000.90 \times 6.55\%$	506.04
10	$2,000.90 \times 6.55\%$	506.04
11	$2,000.90 \times 3.28\%$	253.41

Nota: Elaboración en base a las tasas de MACRS

Las deducciones que se pueden apreciar en la Tabla N°17, los S/ 2000.90 se depreciaron totalmente después de 11 años, se aprecia que en el año segundo el más alto índice de deducción con 1,390.64, por otro lado, el índice más bajo de deducción corresponde al décimo primer con S/ 253.41.

Figura 28

Depreciación del activo.



Nota: Elaboración propia



4.1.7. Evaluación de impactos o resultados

4.1.7.1. Tiempo de respuesta

El tiempo transcurrido desde el envío del SMS hasta la recepción y activación de las bombas de agua varía entre un máximo de cinco segundos y un mínimo de dos segundos.

4.1.7.2. Posibilidades de mejora

Se sugieren varias mejoras para el proyecto, como la incorporación de sensores para monitorear el nivel de agua y la presión, así como la integración de un sistema avanzado de monitoreo y control remoto, que permita una supervisión en tiempo real y optimice la eficiencia operativa.

4.7.8. Beneficios directos e indirectos

4.7.8.1. Beneficiarios directos

El proyecto proporciona un valor significativo para la provincia de Huancané, brindando beneficios directos a 23,474 habitantes activos. Considerando que en promedio cada familia de la provincia consta de 4 personas. Además, está previsto que en el futuro se beneficien más habitantes, quienes podrán aprovechar este proyecto.

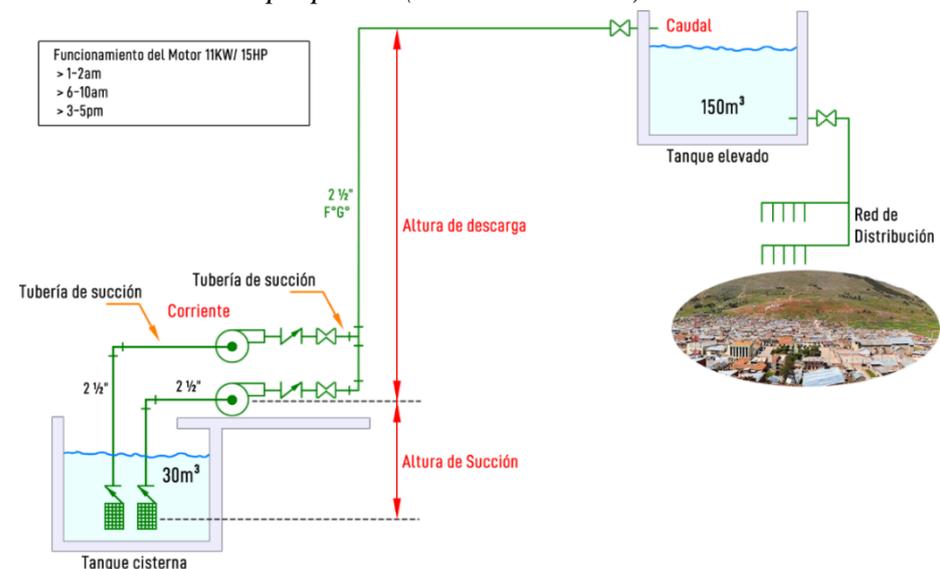
4.7.8.2. Beneficiarios indirectos

Las autoridades de las diversas provincias tendrán la capacidad de implementar el proyecto, lo que les permitirá ejercer un mayor control sobre el suministro de agua potable. El medio ambiente se beneficia con un uso más eficiente del agua, reduciendo el desperdicio y promoviendo

un cuidado más riguroso en su utilización. En ese sentido, para aumentar la confiabilidad del Sistema de Bombeo, se tendrá proyectado el uso de una segunda bomba centrífuga de Stand-by, que funcionarán de forma alternada de forma automática, consiguiendo más tiempo de funcionamiento. En ese sentido, en la figura 29 se muestra un sistema compuesto por dos tanques: uno elevado con una capacidad de 150 m^3 y otro inferior con una capacidad de 30 m^3 . La bomba, representada por un círculo con una flecha, se encuentra cerca del tanque cisterna y su función es trasladar agua desde el tanque inferior al elevado. Para lograrlo, se utilizan dos tuberías: la “Tubería de succión” y la “Tubería de descarga”. Además, se mencionan mediciones importantes, como el “Funcionamiento del Motor 11KW/15HP”, el “Caudal” y la “Altura de descarga”. La “Red de Distribución” se encarga de llevar el agua a su destino final. Por último, la “Altura dinámica” se calcula sumando la altura, la distancia y las pérdidas por accesorios.

Figura 29

Sistema de bombeo propuesto (Bombas alternas)



Nota: Elaboración propia



4.2. DISCUSIÓN

Las pruebas realizadas en la planta de bombeo de agua potable de la provincia de Huancané han sido satisfactorias. Al enviar un mensaje de texto al módulo GSM para consultar el estado de las bombas uno y dos, se recibe una respuesta que es correcta incluyendo la temperatura de los motores y el estado de encendido o apagado de estos. Además, los motores alternan correctamente cuando alcanzan la temperatura programada, lo que confirma que la implementación de un sistema de control remoto usando tecnología GSM ha optimizado la eficiencia en el control de la planta de bombeo de agua potable. Anteriormente, la alternancia de los motores se realizaba de manera manual y no era eficiente, ya que los motores tendían a sobrecalentarse y averiarse.

Así mismo, hemos encontrado que el impacto tecnológico en la provincia de Huancané es significativo, beneficiando directamente a una amplia población y mejorando la eficiencia en la gestión del agua. Estos hallazgos respaldan la noción de que la implementación de tecnología tiene el potencial de promover un desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida de la comunidad, un resultado consistente con las conclusiones de Milton (2023). Además, al evaluar los tiempos de respuesta del sistema de bombeo, hemos observado una eficiencia notable, lo que coincide con los resultados encontrados por Guaño (2017). Esta eficacia en la gestión del agua es fundamental para garantizar un suministro confiable y oportuno, aspecto que también fue destacado por Arévalo (2019) en su investigación sobre sistemas de control de agua similares. Asimismo, la precisión en la fabricación de tableros eléctricos y electrónicos, tal como se ha encontrado en nuestro estudio, es fundamental para el funcionamiento óptimo del sistema, un resultado que respalda las conclusiones de Cardet (2022) en su investigación sobre automatización de procesos de rebombeo de agua potable. Esta coherencia en los hallazgos sugiere que las tecnologías implementadas en nuestra investigación tienen un



impacto positivo y aplicable en el contexto de Huancané, fortaleciendo la evidencia de la efectividad de tales intervenciones para mejorar la gestión del agua y el bienestar comunitario.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: El impacto tecnológico representa un recurso invaluable para el avance y bienestar de la provincia de Huancané. En la actualidad, este proyecto está generando beneficios tangibles para un impresionante total de 23,474 habitantes, brindando y mejorando significativamente con la implementación del proyecto. Este impacto se materializa en diversos aspectos, desde el acceso mejorado a servicios básicos hasta la creación de oportunidades económicas sostenibles para la comunidad en su conjunto. En este sentido, el impacto tecnológico no solo es una herramienta para el cambio presente, sino también una semilla para el progreso sostenible y la prosperidad a largo plazo en la provincia de Huancané.

SEGUNDA: Los tiempos entre el envío de un SMS y la activación de las bombas de agua oscilan entre dos y cinco segundos. Estos lapsos se consideran altamente adecuados para el proyecto, especialmente al contar con una reserva de agua disponible en el momento de la activación. Esta eficiencia en el tiempo de respuesta garantiza una gestión óptima y oportuna de los recursos hídricos, lo que contribuye a la efectividad y fiabilidad del sistema en su conjunto.

TERCERA: La fabricación de los tableros eléctricos y electrónicos para el control de temperatura de motores a través de la red GSM se lleva a cabo conforme a los estándares y parámetros establecidos en la propuesta tecnológica. Como resultado de esta precisión en la ejecución, se observa un funcionamiento óptimo del sistema.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se sugiere continuar monitoreando y evaluando regularmente el impacto del proyecto en la comunidad de Huancané. Esto implica recopilar datos actualizados sobre la percepción de los habitantes, así como los indicadores de desarrollo socioeconómico. Además, se pueden realizar estudios de seguimiento para identificar áreas de mejora y posibles expansiones del proyecto que puedan maximizar aún más su impacto en la calidad de vida de los residentes.

SEGUNDA: Es importante mantener un mantenimiento preventivo regular del sistema de bombeo de agua para garantizar que los tiempos de respuesta sigan siendo óptimos a lo largo del tiempo. Esto incluye inspecciones periódicas, calibraciones de equipos y la implementación de mejoras tecnológicas según sea necesario. Asimismo, se recomienda establecer un plan de contingencia en caso de posibles fallos o interrupciones en el sistema para garantizar la continuidad del suministro de agua en todo momento.

TERCERA: Para mantener el funcionamiento óptimo del sistema, se aconseja precisar un programa de capacitación continua para los colaboradores encargados del mantenimiento y operación de los tableros eléctricos y electrónicos. Esto garantizará que el personal esté actualizado con las mejores prácticas y pueda identificar y resolver cualquier problema potencial de manera rápida y eficiente. Además, se recomienda establecer un protocolo de supervisión regular para monitorear el rendimiento del sistema y abordar cualquier irregularidad de manera proactiva.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Drives and Automation . (2024). *Clases de aislamiento NEMA para motores*.
<https://www.drivesandautomation.co.uk/useful-information/nema-insulation-classes/>
- Angeles, J. G., Bueno, J. D., & Diaz, C. G. (2021). *Modelo de sistema automatizado mediante control de programación lineal para mejorar el abastecimiento de agua potable en la urbanización de las Casuarinas, Carabayllo 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Callao].
https://doi.org/http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/6839/TESIS_PREGRADO_ANGELES_MELENDEZ_BUENO_FIEE_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Anjani, K. (2021). *Temperature measurement instruments*.
<https://es.slideshare.net/slideshow/temprature-measurement-instruments/250298630>
- Árevalo, W. (2019). *Prototipo de un sistema electrónico para el monitoreo de los niveles de agua potable en un tanque de reserva mediante tecnología GSM*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Cuenca] Repositorio de la UCC.
<https://dspace.ucacue.edu.ec/items/aacfb59f-cdd9-4101-a249-fbac9bb6a70e>
- Bejarano, M. Á., & Herrera, Y. A. (2016). *Diseño e implementación de un sistema de control automático y supervisión para mejorar el funcionamiento del sistema de bombeo de agua en sala de bombas de la Corte Superior de Justicia Trujillo – Natasha Alta*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego].



https://doi.org/https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/3518/1/RE_ING_ELEC_MIGUEL.BEJARANO_YEYBIR.HERRERA_SISTEMA.DE.CONTROL.AUTOMATICO_DATOS.PDF

BIT. (2002). *Estandares de Protección "IP" y "NEMA"*. https://www.tecmex.com.mx/promos/bit/bit0902_ip.htm

Cardet, A. d. (2022). *Diseño y simulación de la automatización del proceso de rebombeo de agua potable*. [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena].

<https://doi.org/https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/7072/UPSE-TEA-2022-0001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Catillon, C. (2020). *Influencia de la automatización por telemetría en el sistema de bombeo de agua potable en la minera IRL - Corihuarmi, Yauyos - Lima 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental] Repositorio de la UC. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8024?locale=es>

Chuqui, J. D. (2022). *Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable en el caserío de Yacupampa-de San Juan-Sihuas-Áncash – 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. https://doi.org/https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/107702/Chuqui_SJD-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cruz, S. (2011). *Instrumentación Industrial*. (8va edición) Alfaomega. https://www.academia.edu/31478892/Instrumentacion_Industrial_8_edicion_Antonio_Cruz_Sole



- Davila, E. (2017). Relación entre redes cerradas y el Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Localidad de Caja - Huancavelica. *Repositorio UPLA*, 154.
<https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/253/EMERSON%20DAVILA%20TITO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- de Jesús, M. O. (2017). *Evaluación financiera de proyectos*. ECOE ediciones.
- Doty, S., & Turner, W. C. (2004). *Energy management handbook*. Crc Press.
- Eberspacher, J., Jorg, H., & Bettstetter, C. (2009). *GSM Architecture, Protocols and Services*. (3ra Edición).
https://www.researchgate.net/publication/220692680_GSM_-_Architecture_Protocols_and_Services_3_ed
- Encyclopedia Britannica. (14 de Febrero de 2023). *farm machinery*.
<https://www.britannica.com/technology/farm-machinery>. Accessed 20 June 2024.
- Fitzgerald, A., Kingsley, C., & Umans, S. (2003). *Electric Machinery*. Mc Graw Hill.
https://feevuted.edu.vn/wp-content/uploads/2018/02/Fitzgerald-2002-Electric-Machinery_Cambrige.pdf
- Goilav, N., & Loi, G. (2016). *Arduino, aprende a desarrollar para objetos inteligentes*. Ediciones ENI.
https://books.google.com.ec/books?id=R6RCxQl_H6YC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false
- Grundfos standard motors. (2024). *MG STANDARD MOTORS: 3 Phase 0,25 -22 Kw*. Think innovate.
<https://suomenpikaliitin.fi/pages/esitteet/MG%20IE3%20ver1011%2010134.pdf>



- Guaño, W. (2017). Diseño e Implementación de un prototipo de monitoreo de flujo de Agua mediante GSM y Radio Frecuencia en un circuito local de Agua Potable. *Repositorio* *ESPC*.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8677/1/108T0213.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta edición ed.). México: Editorial Mc Graw Hill Education.
https://www.academia.edu/32697156/Hern%C3%A1ndez_R_2014_Metodologia_de_la_Investigacion
- Huidobro, J. (2022). *Comunicaciones Móviles Sistema GSM, UMTS y LTE*. Alfaomega.
<https://www.yumpu.com/es/document/view/66254005/comunicaciones-moviles>
- ITM INSTALACIONES ELECTROMECHANICAS. (2023). *TEMA 4 : PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN*.
<https://www.uco.es/~el1bumad/docencia/minas/ie06t4.pdf>
- Lizárraga, M., Gallina, S., & Zamboni, M. (2008). *Servicios en Internet para monitoreo y control a distancia utilizando EDGE/GPRS-GSM*. Departamento de Electrónica.
<https://studylib.es/doc/8226984/servicios-en-internet-para-monitoreo-y-control-a-distanci...>
- Medrano, C., & Trujillo, S. (2016). Un sistema de control remoto basado en una estrategia de control ON/OFF y tecnología GSM es la manera más adecuada para evitar el rebose del sistema de Bombeo de Agua en el reservorio de la Municipalidad de Adcope. *Repositorio* *UPAO*.
https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/3527/1/RE_ING_ELEC_CARLOS.HERRERA_SERGIO.TRUJILLO_SISTEMA.DE.CONTROL_DATOS.PDF



- Milton, S. (2023). Diseño y construcción de dos tableros eléctrico - electrónico para la comunicación a larga distancia utilizando Tecnología GSM para el control automático del nivel de un tanque de agua para una junta barrial de Agua Potable. *Repositorio UTC*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10443/1/MUTC-001513.pdf>
- Montesinos, F. E., & Waswaldo, J. A. (2022). *Diseño de una estación de bombeo automatizada para mejorar la disponibilidad de agua del Distrito de Caracoto – Puno*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. https://doi.org/https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/100776/Montesinos_PFE-Waswaldo_QJA-SD.pdf?sequence=1
- Murillo, J. (2010). *Manual para el rebobinado de motores electricos de inducción*. Repositorio UTP. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/81439203-c962-4667-a31c-7a6f2691962f/content>
- Nasuti3n, T., Muchtar, M., Siregar, U., Andayani, E., & Sinulingga, P. (2017). Electrical appliances control prototype by using GSM module. *International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 2(1), 355-358. <https://doi.org/10.1109/IEA.2017.7939237>.
- Naylamp Mechatronics. (2023). *M3dulo Relay 4CH 5VDC*. <https://naylampmechatronics.com/drivers/152-modulo-relay-4-canales-5vdc.html>
- Norma IEC 60309. (2024). *Caracteristicas esenciales para la correcta seleccion de tomacorrientes industriales*. <https://www.promelsa.com.pe/blog/post/4->



caracteristicas-esenciales-para-la-correcta-seleccion-de-tomacorrientes-
industriales.html

Pimienta, J., Orden, A., & Estrada, M. (2018). *Metología de la investigación*. (Primera Edición) Editorial Pearson.

Pramanik, A., Rishikesh, V., Nagar, S., & Choudhury, B. (2016). GSM. *International Conference on Computational Techniques in Information and Communication Technologies (ICCTICT)*, 2(2), 41-46.
<https://doi.org/10.1109/ICCTICT.2016.7514549>

RobotShop. (Mayo de 2024). *Arduino Mega 2560 Datasheet*. (L. r.-R. servicel, Ed.)
[https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2893/7/ArduinoMega2560
Datasheet.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2893/7/ArduinoMega2560Datasheet.pdf)

Schneider Electric. (2024). *¿Qué es un contactor? ¿Cómo seleccionar un contactor?*
[https://www.se.com/es/es/faqs/FAQ000263192/#:~:text=Un%20contactor%20es
%20un%20dispositivo,calefacci%C3%B3n%20y%20ventilaci%C3%B3n%20entre%20otros.](https://www.se.com/es/es/faqs/FAQ000263192/#:~:text=Un%20contactor%20es%20un%20dispositivo,calefacci%C3%B3n%20y%20ventilaci%C3%B3n%20entre%20otros.)

SIMCOM. (2010). *SIM900 AT Command Manual V1.03*. SIM900 AT Command Manual V1.03. https://www.espruino.com/datasheets/SIM900_AT.pdf

Springer. (2024). *Máquinas eléctricas rotativas*. Manual de sistema de potencia de Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-32-9938-2_6

Testo. (2018). *Academia online*. Sensores de resistencia de platino:
<https://www.academiatesto.com.ar/cms/sensores-de-resistencia-de-platino>



Torres, J. (2013). *Bobinado Concéntrico por polos consecuentes.*

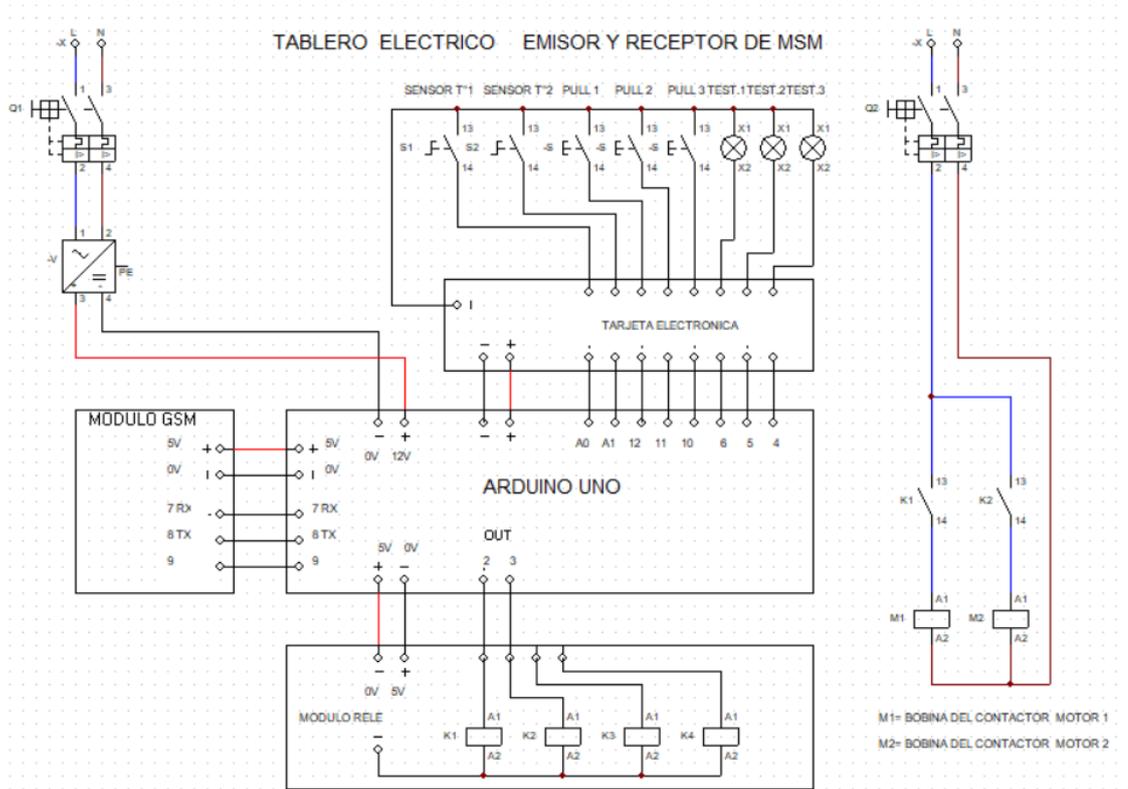
<https://es.scribd.com/doc/172645735/BOBINADO-CONCENTRICO-POR-POLOS-CONSECUENTES>

Zach, D. (2024). *Una visión general de la computadora de placa única más popular de*

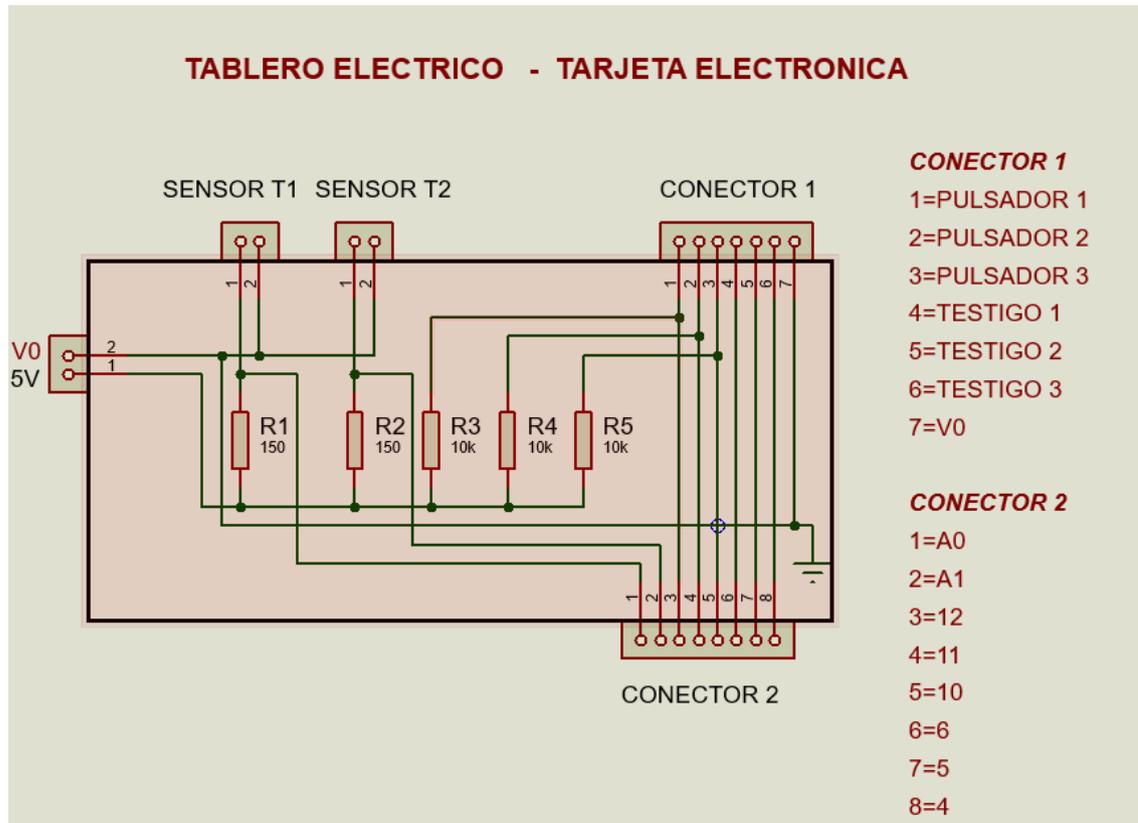
Arduino. <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/arduino-uno-product-overview>

ANEXOS

ANEXO 1: Tablero eléctrico



ANEXO 2: Tablero eléctrico -tarjeta electrónica





ANEXO 3: Programación del tablero emisor – receptor

```
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial GSMserial(7, 8); //RX-TX

int motor_1 = 3;

int motor_2 = 2;

int S_motor_1 = A0;

int S_motor_2 = A1;

int piloto_start_B1 = 4;

int piloto_start_B2 = 5;

int piloto_stop = 6;

int pulsador_start_B1 = 12;

int pulsador_start_B2 = 11;

int pulsador_stop = 10;

int arranque = 0;

//Configuracion de temperatura de limite de trabajo

int lim_temp_B1 = 80;

int lim_temp_B2 = 80;

bool AB1 = 0;

bool AB2 = 0;

unsigned long tiempoInicio = 0;

unsigned long tiempoInicio2 = 0;

const unsigned long t_temperatura_limite = 20000; //20segundos

String Dato_01 = "";

String Dato_02 = "";
```



```
String EM_01 = "";

String EM_02 = "";

String mensaje = "";

////////////////////////////////////

void setup() {

  GSMserial.begin(9600);

  pinMode(motor_1, OUTPUT);
  pinMode(motor_2, OUTPUT);
  pinMode(S_motor_1, INPUT);
  pinMode(S_motor_2, INPUT);
  pinMode(piloto_start_B1, OUTPUT);
  pinMode(piloto_start_B2, OUTPUT);
  pinMode(piloto_stop, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(pulsador_start_B1, INPUT);
  pinMode(pulsador_start_B2, INPUT);
  pinMode(pulsador_stop , INPUT);

  //Desactivando reles de logica inversa.
  digitalWrite(motor_1, HIGH);
  digitalWrite(motor_2, HIGH);

  //Configuraciones iniciales de pilotos
  digitalWrite(piloto_start_B1, HIGH);
  digitalWrite(piloto_start_B2, HIGH);
  digitalWrite(piloto_stop, LOW);

  //Activando modulo SIM900
  digitalWrite(13, HIGH);
```



```
delay(1000);

ONGSM();

delay(10000);

//Configuracion de modo de recepcion de SMS

GSMserial.print("AT+CMGF=1\r"); // Configurando modo texto

GSMserial.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r"); //Mostrar SMS puerto serial

delay(10000);

digitalWrite(13, LOW);

//Enviar mensaje de sistema online

ConfiguracionSMS_I();

GSMserial.println("Sistema ONLINE");

ConfiguracionSMS_F();

}

////////////////////////////////////

void loop() {

// Lectura y escalamiento de valores de temperatura.

int TEMP_1 = analogRead(S_motor_1);

int TEMP_2 = analogRead(S_motor_2);

TEMP_1= map(TEMP_1,0,1023, -422,601);

TEMP_2= map(TEMP_2,0,1023, -422,601);

//Recibir mensajes del modulo SIM900

if(GSMserial.available()>0){

    mensaje = GSMserial.readString();

}

//Enviar estado de bombas y temperatura al recibir mensaje = "ESTADO"

if(mensaje.indexOf("ESTADO")>= 0){
```



```
if(digitalRead(motor_1)== 1){EM_01 = "OFF";}else{EM_01 = "ON";}

if(digitalRead(motor_2)== 1){EM_02 = "OFF";}else{EM_02 = "ON";}

Dato_01 = "Estado bomba 01: " + EM_01 + " ,temperatura: " + String(TEMP_1) + " grados Celsius.";
Dato_02 = "Estado bomba 02: " + EM_02 + " ,temperatura: " + String(TEMP_2) + " grados Celsius.";

digitalWrite(13, HIGH);
ConfiguracionSMS_I();
GSMserial.println(Dato_01);
ConfiguracionSMS_F();
delay(6000);
digitalWrite(13, LOW);
ConfiguracionSMS_I();
GSMserial.println(Dato_02);
ConfiguracionSMS_F();
delay(6000);
mensaje = "";
}

//*****//

//Encendido de bomba 01 por mensaje o mediante el pulsador.
if((mensaje.indexOf("ONB1")>= 0) || digitalRead(pulsador_start_B1) == 0){
    arranque=1;
    ConfiguracionSMS_I();
    GSMserial.println("Bomba 01 encendida");
    ConfiguracionSMS_F();
    mensaje = "";
}

//Encendido de bomba 02 por mensaje o mediante el pulsador.
if((mensaje.indexOf("ONB2")>= 0) || digitalRead(pulsador_start_B2) == 0){
    arranque=2;
    ConfiguracionSMS_I();
    GSMserial.println("Bomba 02 encendida");
```



```
ConfiguracionSMS_F());  
  
mensaje = "";  
  
}  
  
//Apagado de las bombas por mensaje o mediante pulsador.  
  
if((mensaje.indexOf("OFFP")>= 0)|| digitalRead(pulsador_stop) == 0){  
  
    arranque=0;  
  
    digitalWrite(piloto_start_B1, HIGH);  
    digitalWrite(piloto_start_B2, HIGH);  
    digitalWrite(piloto_stop, LOW);  
  
    ConfiguracionSMS_I();  
    GSMserial.println("Bombas apagadas");  
  
    ConfiguracionSMS_F());  
    mensaje = "";  
  
}  
  
//*****//  
  
//Estados  
  
//Estado de arranque = 1 encender bomba 01.  
  
if(arranque== 1){  
  
    digitalWrite(motor_1, LOW);  
    digitalWrite(piloto_start_B1,LOW);  
    digitalWrite(piloto_stop, HIGH);  
  
    arranque=3;  
  
}  
  
//Estado de arranque = 2 encender bomba 02.  
  
if(arranque== 2){  
  
    digitalWrite(motor_2, LOW);  
    digitalWrite(piloto_start_B2, LOW);  
    digitalWrite(piloto_stop, HIGH);  
  
    arranque=3;  
  
}  
  
  
//Si la temperatura no supera el maximo establecido, no inicia el conteo  
  
if(TEMP_1 <= lim_temp_B1){tiempoInicio = millis();}
```



```
if(TEMP_2 <= lim_temp_B2){tiempoInicio2 = millis();}

//Temporizador de inicio de temperatura maxima.
//Contador bomba 01

if (millis() - tiempoInicio >= t_temperatura_limite) {
  if(arranque==3){
    digitalWrite(motor_1, HIGH);
    digitalWrite(motor_2, LOW);
    digitalWrite(piloto_start_B1, HIGH);
    digitalWrite(piloto_start_B2, LOW);
    if(AB1==0){
      ConfiguracionSMS_I();
      GSMserial.print("Temperatura B1: ");
      GSMserial.println(TEMP_1);
      GSMserial.print("Alternando a B2.");
      ConfiguracionSMS_F();
      AB1=1;
      AB2=0;
    }
  }
}

//Temporizador bomba 02

if (millis() - tiempoInicio2 >= t_temperatura_limite) {
  if(arranque==3){
    digitalWrite(motor_1, LOW);
    digitalWrite(motor_2, HIGH);
    digitalWrite(piloto_start_B1, LOW);
    digitalWrite(piloto_start_B2, HIGH);
    if(AB2==0){
      ConfiguracionSMS_I();
      GSMserial.print("Temperatura B2: ");
      GSMserial.println(TEMP_2);
      GSMserial.print("Alternando a B1.");
      ConfiguracionSMS_F();
    }
  }
}
```



```
        AB1=0;

        AB2=1;

    }

}

}

//Si la temperatura de ambas bombas supera el limite maximo establecido

//manda estado arranque =0, manda un mensaje

if(TEMP_1 > lim_temp_B1 && TEMP_2 > lim_temp_B2 && arranque != 0){

    ConfiguracionSMS_I();

    GSMserial.println("Parada de emergencia");

    GSMserial.println("Temperatura limite excedida en ambas bombas.");

    ConfiguracionSMS_F();

    delay(1000);

    arranque = 0;

}

//Estado de arranque = 0 apagado de las bombas.

if(arranque == 0){

    digitalWrite(piloto_start_B1, HIGH);

    digitalWrite(piloto_start_B2, HIGH);

    digitalWrite(piloto_stop, LOW);

    digitalWrite(motor_1, HIGH);

    digitalWrite(motor_2, HIGH);

    AB1 = 0;

    AB2 = 0;

}

}

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

void ONGSM(){

    digitalWrite(9,LOW);

    delay(2000);

    digitalWrite(9,HIGH);
```



```
        delay(2000);  
    }  
  
    void ConfiguracionSMS_I(){  
        GSMserial.print("AT+CMGF=1\r"); // comando AT para configurar el SIM900 en modo texto  
        delay(200);  
        GSMserial.println("AT + CMGS = \"+51981843088\"); // número a enviar el mensaje  
        delay(200);  
    }  
  
    void ConfiguracionSMS_F(){  
        delay(200);  
        GSMserial.println((char)26);  
        delay(200);  
        GSMserial.println();  
    }  
}
```

ANEXO 4: Evidencias fotográficas - instalación existente

Fotografía 1. Arranque de la Bomba por Arrancador Suave Existente



Fotografía 2. Analizador de Redes



Fotografía 3. Pozo de captación



Fotografía 4. Tubería de Succión 2-1/2" (vista frontal)



Fotografía 5. Manifold de salida manual de bombas alternas



Fotografía 6. Bomba vertical de 15HP



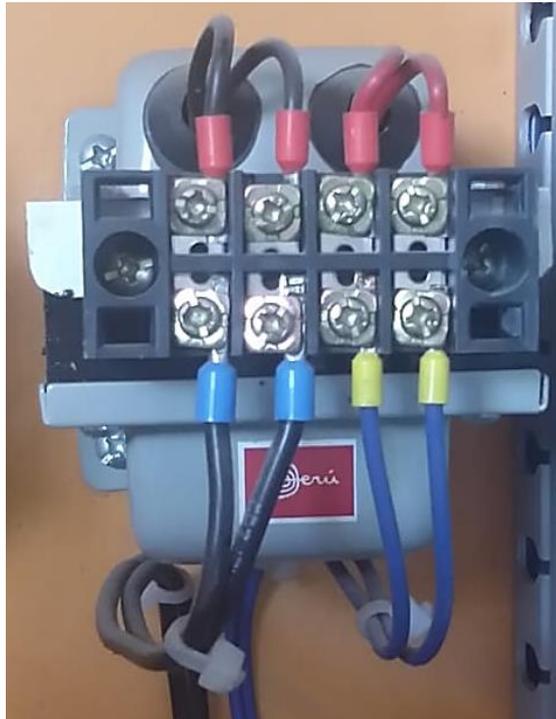
Fotografía 7. Presencia de fugas en la bomba horizontal



Fotografía 8. Arrancadores suaves de bombas alternas



Fotografía 9. Transformador de control 380/220VAC



Fotografía 10. Interruptor de control e interruptor temporizador



Fotografía 11. Interruptor general- conexionado deficiente



Fotografía 12. Manómetro – presión del sistema 130 pst





ANEXO 5: Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo WALTER NAPOLEÓN SERRANO GATARRA
identificado con DNI 23882181 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CONTROL DE LA PLANTA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DE LA PROVINCIA DE HUANCANE MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL REMOTO USANDO TECNOLOGÍA GSM."

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 16 de diciembre del 2024

Walter Serrano

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 6: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo WALTER NAPOLEÓN SEPANO GATARRA
identificado con DNI 23882181 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL CONTROL DE LA PLANTA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DE LA PROVINCIA DE HUACANE" MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL REMOTO USANDO TECNOLOGÍA GSM.

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determine, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 16 de Diciembre del 2024

Walter Sepano

FIRMA (obligatoria)



Huella