

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ALARMA DE NIVEL PARA EL TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA RED DE ACUEDUCTO EN EL
CERRO DE MONSERRATE

JOHN NÉSTOR RAMÍREZ C.

YOHAN SEBASTIAN PEÑA T.

ESCUELA TECNOLOGICA INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL

FACULTAD ESPECIALIZACIONES

ESPECIALIZACION INSTRUMENTACION INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C.

2019

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ALARMA DE NIVEL PARA EL TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA RED DE ACUEDUCTO EN EL
CERRO DE MONSERRATE

JOHN NÉSTOR RAMÍREZ C.

YOHAN SEBASTIAN PEÑA T.

Trabajo de grado para optar al título de:
Especialista en Instrumentación Industrial

Director:

CARLOS PRIETO.

Ingeniero Electrónico

ESCUELA TECNOLÓGICA INSTITUTO TÉCNICO CENTRAL

FACULTAD ESPECIALIZACIONES

BOGOTÁ D.C.

2019

DEDICATORIA

A:

Dios por darme la oportunidad, la vida, la salud y comprensión para lograr este objetivo profesional y de vida logrado ser nuestro creador, de infinita bondad.

Dedico este proyecto a mi madre, María Cecilia Calderón, a mis hijos Hannover, Marcela, Felipe y Jeremy, a mis hermanas Lida y Mary Sol y todas esas personas más allegadas quienes me han brindado su apoyo incondicional en cada aspecto de mi vida motivándome para alcanzar mis metas de formación y superación.

John N. Ramírez Calderón.

A:

Dios por permitirnos darnos la vida y salud para permitirnos este objetivo de vida con gran gracia y bondad.

Dedico este proyecto a mis padres Luz Gilma Tafur y Humberto Peña Padilla, a mis hermanos por haberme apoyado, y siempre motivado para seguir adelante y jamás decaer.

Yohan Sebastian Peña Tafur

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento y reconocimiento a: Ingeniero Carlos E Prieto, Miguel A. Ingeniero Morales, Ingeniero Holman Piñeros, quienes nos orientaron y aconsejaron con su gran experiencia y su conocimiento para el desarrollo de este proyecto; adicionalmente agradecemos a nuestros mentores que aportaron en este proceso formación de este programa “Especialización en Instrumentación Industrial” como: la Física Myriam herrera, Ingeniero Wilmar Martínez, Ingeniero Francisco Lugo, quienes nos compartieron sus conocimientos en este proceso con alta calidad.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	8
1. CAPITULO 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	10
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo General.	11
1.2.2 Objetivos Específicos.	11
1.3 JUSTIFICACIÓN	12
1.4 ANTECEDENTES.....	13
2. CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO	16
2.1 TIPOS DE SISTEMAS	16
2.2.1 Los sistemas de control distribuido – SCD.	16
2.2.2 Los sistemas de enclavamiento.	16
2.2.3 Los sistemas de control basados en PLC's y Scada.	17
2.2.4 Sistema de tipo secundario.....	17
2.3 SISTEMAS INSTRUMENTADOS DE SEGURIDAD - SIS	17
2.4 CICLO DE VIDA DE UN SISTEMA INSTRUMENTADO DE SEGURIDAD - SIS ..	19
2.5 RELACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE CONTROL Y LOS SIS	20
2.6 ELEMENTOS DE UN SISTEMA PARA CONTROL DE PROCESOS.....	21
2.7 SEÑALES	21
2.7.1 Señal Analógica.	22
2.7.2 Señales digitales.	23
2.8 INSTRUMENTOS DE ENTRADA - TRANSMISORES DE SEÑAL/SENSORES	24
2.8.1 Sensores.	24
2.9 CONTROLADORES INDUSTRIALES	27
2.9.1 Arduino.	28
2.10 PLATAFORMAS DE LÓGICAS.....	30
2.11 ELEMENTOS FINALES DE CONTROL	32
2.11.1 Módulo de Relés	32
2.11.2 Indicador luminoso.....	33
2.11.3 Indicadores sonoros.....	34
2.12 CABLEADO	35
3. CAPITULO 3. METODODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO.....	37
3.1 ETAPAS DEL PROYECTO.....	37
3.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	42
3.2.1 Elementos de Entrada – Sensores.	43
3.2.2 Controlador.	44
3.2.3 Elementos de Salida	44

3 Fuentes de poder.....	46
3.2.5 Accesorios.....	46
3.2.6 Conductores/cableado.....	47
3.3 DISEÑO Y MONTAJE DE LA PROPUESTA SISTEMA DE ALARMA DE NIVEL PARA TANQUE DE AGUA POTABLE PARA EL CERRO DE MONSERRATE	47
3.4 PRESUPUESTO	51
3.5 PLAN DE TRABAJO.....	52
4. CAPITULO 4. CONCLUSIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA	56
ANEXOS.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Función de seguridad Industrial	18
Figura 2. Ciclo de vida de la Seguridad.....	20
Figura 3. Visualización de una señal analógica en LabView.....	22
Figura 4. Señal Digital	23
Figura 5. Evolución de las señales de transmisión.....	25
Figura 6. Ejemplo de sensores de presión.....	26
Figura 7. Transmisores electrónicos	27
Figura 8. Tarjeta controladora Arduino	29
Figura 9. Software para programación Arduino	29
Figura 10. Estructura para la Programación Lógica.....	31
Figura 11. Módulo de relés electromecánico para Arduino 5V	33
Figura 12. Indicadores luminosos	33
Figura 13. Alarma luminosa y sonora.....	34
Figura 14. Cable de Datos.....	36
Figure 15. Etapas de desarrollo del proyecto	37
Figura 16. Tanque de almacenamiento de agua, sin sistema alarma.	39
Figura 17. montaje inicial del Sistema de Alarma de Nivel en Protoboard.....	40
Figura 18. Sistema en condición de pruebas inicial al montaje.....	41
Figura 19. Montaje en sitio antes y después del sistema de alarma para nivel.....	41
Figura 20. Sistema de alarma en funcionamiento	42
Figura 21. Sensor Ultrasonido HC-SR04.....	43
Figura 22. Indicación por los testigos del sistema de Alarma de Nivel.....	45
Figura 23. Esquema gráfico en P&ID de funcionalidad del dispositivo.....	48

Figura 24. Circuito eléctrico del Sistema de Alarma de nivel	49
Figura 25. Diagrama de Bloques de diseño de alarma de nivel	49
Figure 26. Diagrama de flujo funcionamiento Propuesta Sistema de Alarma para Nivel ...	50

ÍNDICE DE TABLAS

	pag.
Tabla 1. Presupuesto de inversión.....	52
Tabla 2. Plan de trabajo - Cronograma	53

ÍNDICE DE ANEXOS

	pag.
Anexo A. CARTA DE SOLICITUD	60
Anexo B. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EN ARDUINO	61

RESUMEN

Este documento presenta el diseño, implementación y montaje de un Sistema de alarma de nivel para el tanque de almacenamiento y suministro de agua potable en la red de acueducto ubicado en el cerro de Monserrate de la ciudad de Bogotá – Colombia. Siguiendo las recomendaciones por la norma IEC 61508 Función de seguridad que tiene por objeto principal “El desafío es diseñar sistemas de seguridad de manera que se eviten fallas peligrosas o se controlen cuando surjan”. Este ejemplar demuestra que con la implementación de este sistema se mejora el tiempo de respuesta del operario para controlar oportunamente el sistema de las bombas para que estas no sufran algún daño. La estructura de desarrollo este documento se realiza así: en el primer capítulo se identifica y se describe la necesidad y requerimiento presentado por la empresa Monserrate S.A.S. los objetivos el desarrollo propuesto, y por qué y para que realizar la implementación del sistema. En el capítulo dos nos introducimos con la conceptualización teórica y funcional de cada uno de los componentes que componen dentro de la propuesta al diseño y construcción del sistema de alarma de nivel. Y finalizando con el capítulo tercero explicando la metodología de trabajo utilizada, el desarrollo e implementación de proyecto, montaje ajustes, conclusiones y finalizando, obteniendo mejorar la rápida reacción de respuesta por parte del operario a la función de supervisión del nivel del tanque y disminuyendo el riesgo de daño en las bombas conectadas a este tanque.

Palabras Clave: Sistema Instrumentado de Seguridad –SIS, Alarma de Nivel, Función de Seguridad.

ABSTRACT

This document presents the design, implementation and assembly of a level alarm system for the storage tank and supply of drinking water in the aqueduct network located on the Monserrate hill in the city of Bogotá - Colombia. Following the recommendations by the IEC 61508 standard Security function whose main purpose is "The challenge is to design security systems in such a way that dangerous failures are avoided or controlled when they arise". This example shows that the implementation of this system improves the response time of the operator to timely control the system of the pumps so that they do not suffer any damage. The development structure of this document is as follows: in the first chapter, the need and requirement presented by the company Monserrate S.A.S. is identified and described. The objectives of the proposed development, and why and for the implementation of the system. In chapter two we introduce ourselves with the theoretical and functional conceptualization of each one of the component parts that make up the design and construction of the level alarm system. And ending with the third chapter explaining the methodology of work used, the development and implementation of the project, assembly adjustments, conclusions and finalizing, obtaining to improve the quick response reaction by the operator to the function of monitoring the level of the tank and decreasing the risk of damage to the pumps connected to this tank.

Keywords: Instrumented Security System -SIS, Level Alarm, Security Function.

INTRODUCCIÓN

La tecnología fue incursionando en el mercado dando solución a las necesidades básicas del hombre, con presencia en los hogares y la industria; al transcurrir el tiempo esta tecnología fue evolucionando e implementando sistemas y dispositivos robustos y compactos adquiriendo dentro de sus características técnicas: comodidad, acceso a la información y facilidad de análisis de la información, mejoramiento en la producción industrial, aprovechamiento de los recursos, colaboración entre comunidades, inmediatez en aumento de la eficacia en la respuesta, se automatizan y apresuran los procesos industriales, prestación con buena calidad en los productos, facilita la comunicación e intercambio de información, cada vez con más y mejores prestaciones y para la aplicación en este trabajo la de seguridad. Dentro de este trabajo se implementa un sistema de alarma siguiendo las recomendaciones especificadas por la norma IEC-61508 norma que orienta al desarrollo de un sistema de alarma de nivel para respuesta temprana y tomar acción de control; cuyo objetivo principal este estándar es la seguridad funcional, como parte de la seguridad general de un sistema enfocado en la electrónica, inspeccionando los aspectos de seguridad que afectan los de seguridad y que se dependen con la función de un dispositivo o sistema y garantiza que funcione correctamente a las instrucciones, para aquellos que están compuestos por circuitos electrónicos y un software asociado para tal objeto, a fin de disminuir el riesgo a un nivel tolerable y reduciendo su impacto, con ejecución de la función de seguridad de un sistema. La seguridad funcional identifica condiciones que puedan afectar condiciones potencialmente peligrosas e identificar que puedan ser consecuencia de accidentes o dañar a

alguien o arruinar algo. Permite acciones en función de mitigar y reducir el impacto de un accidente.

Este trabajo expone el diseño, implementa un dispositivo electrónico de alarma de nivel para un tanque que proporcionará asistencia a una persona como encargado a la vigilancia del nivel de agua en el tanque de almacenamiento y suministro para la red de acueducto en el cerro de Monserrate, realizada con instrumentación y automatización; sin embargo algunos componentes de este trabajo se limitan a características propias de funcionamiento y de estructura en relación de los requisitos industriales o de instrumentación de alta exigencia y potencia sin embargo a la baja fluctuación de la tasa de llenado o vaciado por elevación de nivel no es una variable crítica que afecte el funcionamiento o la implementación y así proponiéndose a poco presupuesto financiado, y corto plazo mejorando el tiempo de respuesta al operario en reacción para el control del sistema de acueducto.

.

1. CAPITULO 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Identificándose la necesidad al mejoramiento del control y protección de las bombas de la red de acueducto ubicadas en el tanque principal que distribuye agua potable a la comunidad del cerro de Monserrate, uno de los más importantes de los cerros orientales cuya altitud tiene 3152 m de altura sobre el nivel del mar en la ciudad de Bogotá, capital de Colombia; allí ubicada la basílica de Monserrate lugar turístico y de peregrinación al señor caído de Monserrate de conocimiento nacional e internacional desde la época colonial, de atractivo natural, religioso y gastronómico de la ciudad.

Actualmente su administración está empoderada por la empresa Administradora Monserrate S.A.S cuyas funciones principales allí son: expendio de comidas preparadas, prestar el servicio de transporte hacia o desde la cima por dos medios transporte no comunes como son el teleférico y funicular, además de las dos anteriores funciones es la de suministrar y distribuir el agua potable a la comunidad, turistas, empleados y habitantes de la zona.

Para la distribución del agua potable se cuenta con un tanque ubicado en la parte superior del cerro, cuya función es la de almacenar agua potable, se depende de dos bombas que son las que distribuyen el agua a cada punto de necesidad a la comunidad.

¿Cómo implementar un sistema que apoye la función del operario para disminuir el riesgo de daño de las bombas para la red de acueducto de Monserrate en el tanque de almacenamiento principal de agua y cumpla con la norma IEC 61508?

Al implementar el sistema de alarma de nivel para el tanque de almacenamiento de agua potable aumentaría el tiempo de respuesta por parte del operario para controlar el funcionamiento de las bombas sin que estas se vean afectadas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General.

Diseñar e implementar un sistema de alarma de nivel cumpliendo con los requisitos mínimos en la norma IEC61508 “Seguridad Funcional” para el tanque de almacenamiento y suministro de agua potable del acueducto en el cerro de Monserrate en Bogotá, Colombia en un periodo menor a seis meses.

1.2.2 Objetivos Específicos.

Implementar instrumentación a proceso industrial de beneficio comunitario.

- Definir y controlar las variables que intervienen en el sistema.
- Asegurar el seguimiento por el estado del proyecto reemplazar y actualizar las mejoras e implementar los cambios realizados en la propuesta con base a las actividades planificadas en el cronograma.
- Determinar los costos del proyecto con el fin de no exceder el presupuesto propuesto.
- Instrumentar y ajustar sensores e indicadores (testigos luminosos) para efectuar manipulación de fluido (agua).

- Diseñar e implementar un sistema de alarma que permita indicar el nivel mínimo en 20 cm del tanque es estado de alerta.
- Establecer una metodología para el desarrollo del proyecto.
- Establecer el modelo matemático para el funcionamiento del sistema de alarma en condiciones reales a las dimensiones del tanque.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La empresa Monserrate S.A.S. de Bogotá con una necesidad en la mejora de su proceso de almacenamiento de agua potable hace solicitud abierta a la academia, de esta forma hace un acercamiento entre la industria y conocimiento provisto por la escuela tecnológica desde su especialización en instrumentación industrial. Este proyecto tiene un impacto en la comunidad ya que provee de una capa de seguridad en la operación del acueducto de Monserrate, mitigando el riesgo por daño en las bombas que distribuyen al agua a la red si trabajaran en vacío (sin agua en la succión). En el anexo 1 se presenta la solicitud por parte de la compañía.

Acorde a la solicitud se establece como punto de partida el desarrollo de un sistema de bajo costo y de alta confiabilidad que cumpla con los aspectos como los requisitos de función de seguridad especificados por el estándar IEC 61508 como: funcionamiento correctamente en su propósito en respuesta a sus comandos, el sistema de seguridad identifique las condiciones eventos o situaciones potencialmente en riesgo que puedan afectar la operación del sistema

para este caso la suspensión o para del proceso distribución de agua potable a la comunidad, tener redundancia por lo que es implementado doble sensor, y sistema de reacción o advertencia oportuna hacia el operario.

1.4 ANTECEDENTES

Se realizó investigación relacionada por los equipos o sistema implementados a nivel industrial que tuvieran relación con la propuesta presentada a la empresa Monserrate y que cumpliera con los requisitos especificados por esta, y pudiese desarrollar obtenido alta eficacia para el diseño e implementación.

Durán C., Iturriango A en 2012 en su artículo de la revista RCTA titulado “Automatización de un sistema de suministro de agua potable a través de la tecnología Zigbee” consiste de una aplicación industrial, para el control y automatización de procesos a través de una tecnología inalámbrica. El sistema utilizado para el desarrollo del sistema inalámbrico fue basado en el protocolo ZigBee, y consiste en una potente herramienta para la optimización de aplicaciones industriales. Para la prueba y el funcionamiento del sistema se realizó un prototipo para un proceso de suministro de agua potable, donde se llevan a cabo acciones como: Suministrar y llenar el tanque de abastecimiento de agua en forma manual y automática, adquirir datos, realizar mediciones de nivel, mediciones de volúmenes de agua y generar históricos. La herramienta computacional Lab View fue utilizada para el control y monitoreo del proceso. [1], relacionando con esta propuesta conceptos y alternativas de implementación de

aplicación industrial y monitoreo a un sistema de suministro a agua potable de forma manual o automática y la de las mediciones del nivel.

Guerra J. en 2001 en su trabajo titulado “Sistema de supervisión y monitorización de una planta de tratamiento de agua” En este trabajo se describe el diseño e implementación de un sistema computarizado para la Supervisión, Monitorización y operación de una Planta de Tratamiento de Agua. Se realiza una descripción básica del diseño que es el marco de referencia dentro del cual, se ha desarrollado todo el proyecto. Luego se presenta el planteamiento de la base funcional del sistema, el mismo que, constituirá la norma de diseño y descripción del software como herramienta básica de desarrollo del presente proyecto. [2], de este documento se agrega terminología conceptual y metodología en un planta de tratamiento de agua que alimento a la construcción de esta propuesta.

W.R. Dunn en la publicación realizada en 2003 “Designing safety-critical computer systems” La computadora es el componente electrónico de elección para los desarrolladores de sistemas, quienes explotan cada vez más la potencia de la computadora en aplicaciones críticas para la seguridad, como los sistemas automotrices de dirección directa y las prótesis eléctricas. Sin embargo, estos sistemas informáticos plantean la preocupación constante de que podrían fallar y causar daños. Explorar el diseño sistemático de los sistemas informáticos críticos para la seguridad ayuda a mostrar cómo los ingenieros pueden verificar que estos diseños sean seguros. Lograr la reducción de riesgos requiere tratar todos los componentes del sistema: hardware y software, sensores, efectores, el operador y la fuente principal de

energía dañina o toxicidad: la aplicación. [3] Ampliamente correlacionados los conceptos y la función de seguridad y los objetos de este proyecto y la norma IEC 61508

Smith D, Simpson K en su obra literaria “Functional Safety”. Como Seguridad funcional, el estándar es aplicable a muchas industrias, Seguridad funcional, el libro, en su edición anterior, ha demostrado ser una referencia inestimable para profesionales de diversas industrias, como ingenieros de proyectos /instrumentación/diseño/control. como profesionales de la seguridad en las industrias de petróleo y gas, química, ferroviaria, generación de energía, nuclear, aeronáutica y automotriz. [4] De esa forma especificando el nivel de alcance a desarrollar la propuesta con los requisitos mínimos con el fin de protección de las bombas como equipos críticos en este propuesta y proceso de la red de acueducto del cerro de Monserrate

2. CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 TIPOS DE SISTEMAS

A continuación, se describirá algunos tipos de sistemas presentes en control industrial en los que podemos ubicar los algoritmos de control. Se mencionará los más utilizados en plantas y especifica por las petroquímicas pue de mayor implementación. [5]

2.2.1 Los sistemas de control distribuido – SCD.

Son empleados para el control regulatorio de planta, utilizados habitualmente en control en refinerías y plantas químicas.

Incluyen las funciones de sistema de alarma y sistema de indicación múltiple de temperaturas que, eran realizadas por sistemas específicos. [5]

2.2.2 Los sistemas de enclavamiento.

Se encargados de vigilar las variables críticas de las UP - unidades de proceso cuya finalidad puede ser la de parar automáticamente de forma parcial o total en caso que se detecte una emergencia. Actualmente se relacionan con los PLC's, en las plantas petroquímicas es normal que estos sistemas sean independientes al sistema de control de proceso para asegurar su respuesta en ocasión a una repuesta. [5]

2.2.3 Los sistemas de control basados en PLC's y Scada.

Como principio es la utilización de los PLC – Programmable Logic Controller, para controlar una unidad, estaciones remotas, y de operación por intermedio de un PC y un software llamado Scada para la visualización y el control por un operador. [5]

2.2.4 Sistema de tipo secundario.

Presentes en los sistemas de monitorización en equipos críticos como compresores, además presentes en redes de sistemas analizadores por los que pueden suministrar gran cantidad de información para el mantenimiento de los equipos de forma detallada al operador. [5]

2.3 SISTEMAS INSTRUMENTADOS DE SEGURIDAD - SIS

Un sistema instrumentado de seguridad (SIS) también es conocido por la mayoría como:

- sistemas de parada de emergencia
- sistema de parada de seguridad
- sistemas de enclavamientos
- sistema de disparos de emergencia
- sistemas de seguridad. etc.

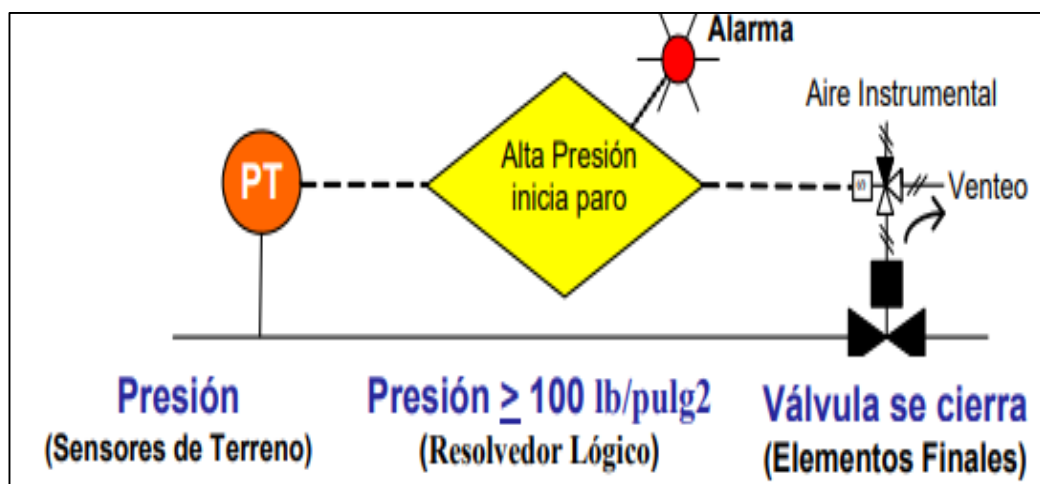
Una buena forma de definir (SIS) es la última capa de seguridad preventiva para que si el sistema de control y la actuación del operador son insuficientes donde en dado caso entren

datos muy erróneos tenga la capacidad de hacer paradas parciales o totales de equipos y plantas para enviar el peligro o falla inmediata.

Según revista Dyna “Estos sistemas instrumentados de seguridad están normalmente separados e independizados de los sistemas de control, incluyendo la lógica, los sensores y válvulas de campo y a diferencia de los sistemas de control, que son activos y dinámicos, los SIS son básicamente pasivos y dormidos por lo que normalmente requieren un alto grado de seguridad y de diagnósticos de fallos, así como prevenir cambios inadvertidos y manipulaciones y un buen mantenimiento”. En la figura 1 se presenta un ejemplo de sistema instrumentado de seguridad o también llamado sistema funcional de seguridad en aplicación.

[6]

Figura 1. Función de seguridad Industrial



Fuente: Process Safety Beacon.

2.4 CICLO DE VIDA DE UN SISTEMA INSTRUMENTADO DE SEGURIDAD - SIS

Alguna de las funcionalidades del ciclo de vida es como llevar un control o un orden para llegar a un óptimo montaje del sistema instrumentado de control claro está que hay que tener en cuentas las posibles causas de fallas más comunes.

La principal función es reducción de riesgos durante la operación, asegurar confiabilidad y disponibilidad.

Para saber el ciclo de vida de un SIS tenemos que tener estos siguientes pasos proceso en el que vamos a manejar o implementar un SIS.

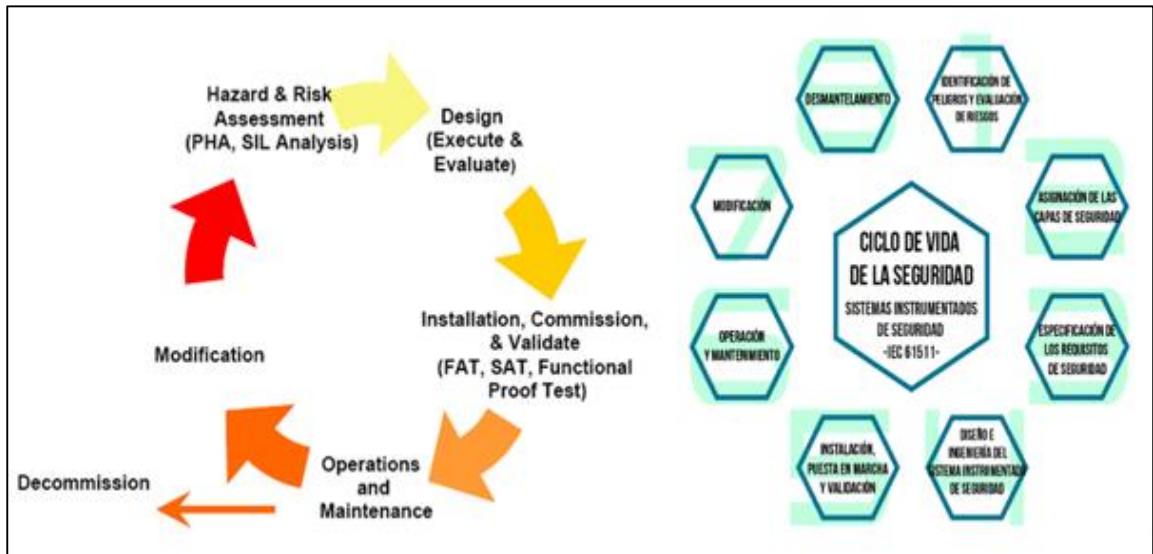
Control y monitoreo que básicamente son los sistemas básicos de control (alarmas de proceso) supervisión del operador.

Prevención: Sistemas de protección mecánicos, alarmas de proceso con acciones correctivas del operador.

Mitigación: Sistemas de mitigación mecánicos, Sistemas instrumentado de mitigación de riesgos de seguridad, Supervisión del operador.

Un ciclo de vida de un SIS funciona para identificar metódicamente y para cada fase los siguientes elementos y actividades a llevar a cabo, competencias requeridas para llevar a cabo las actividades, distribución de responsabilidades entre el equipo de trabajo para una documentación requerida incluyendo entradas, procedimientos y entregables que se pasaran a la siguiente fase. Un esquema gráfico de ciclo de vida de seguridad se puede ver en la figura 2. [7]

Figura 2. Ciclo de vida de la Seguridad.



Fuente: Smart Technology Co.

2.5 RELACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE CONTROL Y LOS SIS

Unas de las cosas que debemos tener en cuenta son la separación total y la independencia de las funciones del Sistema de Control Distribuido - SCD para la integridad de la seguridad en general son:

- Reducir los efectos del SCD sobre los equipos compartidos.
- Facilitar las operaciones del SCD (flexibilidad en los cambios, mantenimiento, pruebas, documentación, etc.) para no tener que seguir los procedimientos rígidos.
- Disminuir la complejidad del SIS para facilitar la validación de la seguridad funcional.
- Fallos en el SCD
- Operaciones (mantenimiento, configuración, operación, etc., realizadas en el SCD.

Unas de las áreas donde deben ser totalmente independientes los SCD y los SIS

- Sensores de campo
- Plataformas de lógica
- Elementos finales de control
- Cableado [6]

2.6 ELEMENTOS DE UN SISTEMA PARA CONTROL DE PROCESOS

Un sistema de control para procesos presenta los siguientes componentes básicos, un proceso que tiene al menos alguna variable a controlar, también llamada variable controlada, un controlador que va a regular la señal, un elemento final que control que manipulará la variable ajustando la variable controlada, y al menos un sensor que produce una señal (neumática, eléctrica, hidráulica u otra) proporcional a la variable controlada.

“Dependiendo la naturaleza del proceso y la implementación del tipo de control se implementará el tipo de controlador. Un controlador de acción directa genera una señal de salida que aumenta cuando la variable controlada aumenta. Un controlador de acción inversa genera una disminución en la señal de salida cuando la variable controlada aumenta”. [8]

2.7 SEÑALES

Las señales en principio se originaron a través de la necesidad de comunicación y su primera aparición fue desarrollada a través de la invención del telégrafo creado por Samuel Morse, cuyo código morse de la telegrafía constaba de puntos y líneas que en combinación fueron

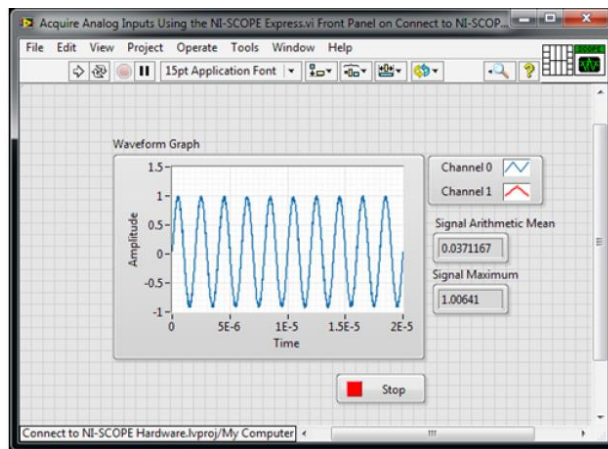
asignándoseles los respectivos símbolos alfabéticos. La transmisión se realizaba a través de conductores sobre postes de un extremo a otro siendo este último el receptor. Posteriormente y a la evolución de esta tecnología ya en la teoría moderna de comunicación se dio estudio e identificación de distintos tipos de señales así relacionadas al tipo de fuente generadora por la corriente eléctrica como fenómeno electromagnético y en la naturaleza podemos encontrar básicamente dos tipos: analógicas y digitales. [9]

2.7.1 Señal Analógica.

Es un voltaje o corriente que varía suave y continuamente. Una onda sinusoidal de una sola frecuencia es una señal analógica.

Por lo general toda onda percibida por nuestros sentidos por luz y sonido son del orden señales analógicas. Ver figura 3.

Figura 3. Visualización de una señal analógica en LabView

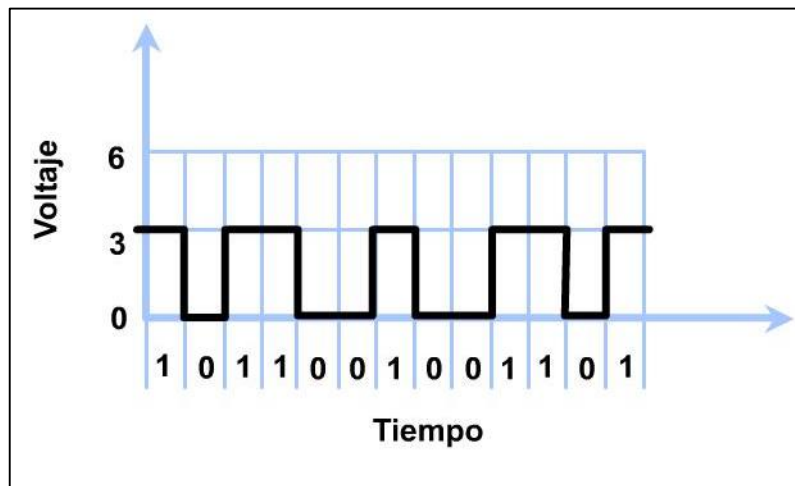


Fuente: Tutorial de National Instrument

2.7.2 Señales digitales.

En comparación con las señales analógicas no varían en forma continua, sino que cambian en pasos o incrementos discretos. Ver figura 4.

Figura 4. Señal Digital



Fuente: Blog Rivas Margarita

Las señales digitales utilizadas en códigos binarios o de dos estados.

Los sistemas digitales, como por ejemplo el ordenador, usan la lógica de dos estados representados por dos niveles de tensión eléctrica, uno alto, H y otro bajo, L (de High y Low, respectivamente, en inglés). Por abstracción, dichos estados se sustituyen por ceros y unos,

lo que facilita la aplicación de la lógica y la aritmética binaria. Si el nivel alto se representa por 1 y el bajo por 0, se habla de lógica positiva y en caso contrario de lógica negativa.

2.8 INSTRUMENTOS DE ENTRADA - TRANSMISORES DE SEÑAL/SENSORES

2.8.1 Sensores.

También nombrados transmisores son dispositivos de entradas o input en un Sistema de instrumentación industrial que tiene propiedad sensible que perciben o detectan magnitud externa o físicas, que al variar esta magnitud también variará una propiedad a consecuencia, es decir permite captar información del medio que lo rodea para luego transformarla en señales.

Existen infinidad de sensores a nivel industrial de los cuales se indicará por sus características físicas de funcionamiento así:

Tipos de sensores o transmisores:

- Variable de detección

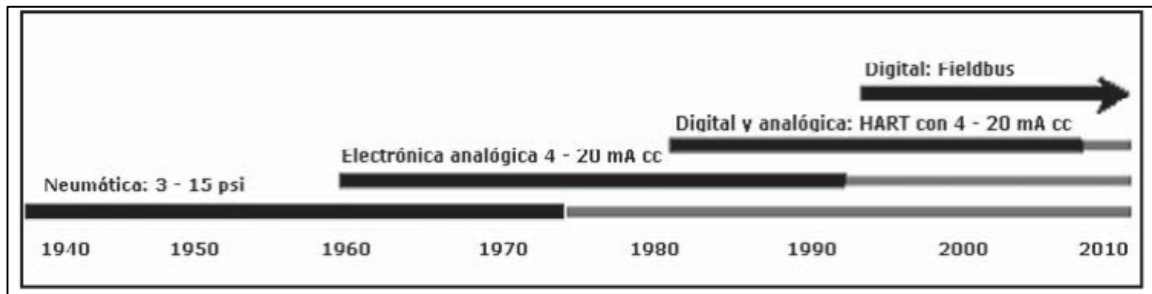
Señal de alimentación y transmisión

- Neumática,
- Electrónica,
- Digital,
- Óptica,
- Hidráulica,

- Ondas de frecuencia
 - Combinadas
- Rango o distancia de detección y efectividad
- Distancia máxima de conmutación,
 - Distancia de detección efectiva,
 - Distancia nominal de detección.
- Tipo de señal de salida
- Análoga
 - Digital.
- Precisión de detección
- Repetible,
 - Presencia de histéresis
 - Frecuencia de conmutación
- [10]
- [8]

A continuación, presentamos en la figura 5 la evolución a través del tiempo de los sensores o transmisores.

Figura 5. Evolución de las señales de transmisión



Fuente: Instrumentación industrial. Creus A.

En la siguiente figura 6 se presenta algunos sensores para aplicación en variable de presión a nivel industrial.

Figura 6. Ejemplo de sensores de presión

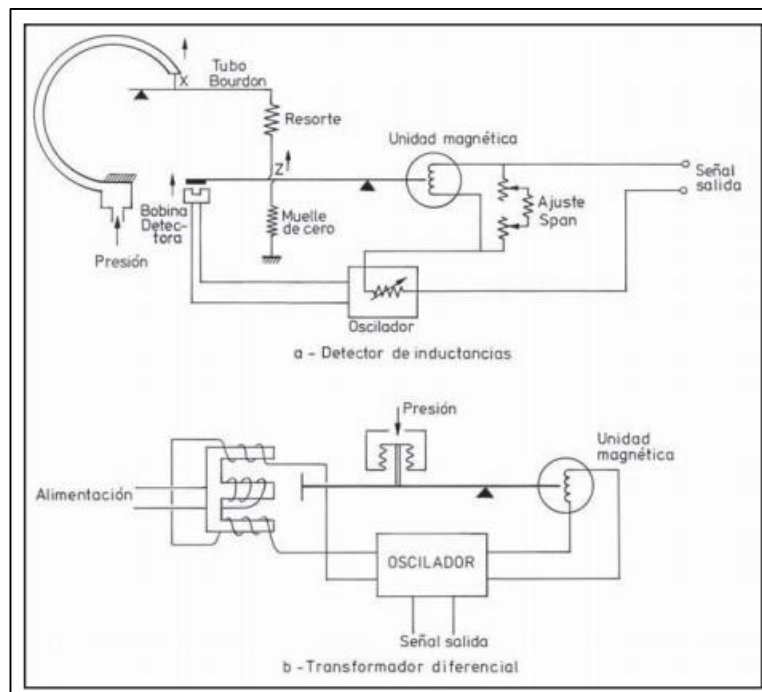
Instrumentos para Medida de Presión

- **MPS series:** Para medir cómodamente niveles en base a la presión hidrostática
- **Z series:** Transmisor monorango para presión relativa y absoluta
- **MK II series:** Para la medida de presiones relativas
- **MS series:** Solución digital con comunicación HART
- **DS III series:** Transmisor digital con función de diagnóstico integrada, comunicación por HART o PROFIBUD PA y fácil manejo por teclas
- **Series Compáctas:** Para exigencias específicas de la industria de alimentación / farmacéutica / biotecnología

Fuente: Siemens – Modelos SITRANS

En la figura 7 se puede observar el circuito mecánico y electrónico utilizado en un transmisor de presión (manómetro digital).

Figura 7. Transmisores electrónicos



Fuente: Instrumentación Industrial, Creus A. pag. 65

2.9 CONTROLADORES INDUSTRIALES

Los controladores industriales es un regulador que establece la conducta del bucle para hacer acción sobre la variable controlada, siendo el cerebro para mantener un valor previsto, si la

variable a controlar se aleja del valor previamente fijado el regulador debe tener la capacidad de modificar su señal orientando al actuador para que actúe sobre el proceso o planta. El controlador no actuara sobre el elemento accionador si la variable está dentro del parámetro previamente fijados. Los controladores deben ser diseñados para actuar con gran precisión. [11]

2.9.1 Arduino.

Es una herramienta para hacer que los ordenadores puedan sentir y controlar el mundo físico a través de tu ordenador personal.

Es una plataforma de desarrollo de computación física de código abierto, basada en una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software (programas) para la placa. [12]

La tarjeta Arduino figura 8, permite crear objetos interactivos, leyendo datos de una gran variedad de interruptores y sensores y controlar multitud de tipos de luces, motores y otros actuadores físicos. Los proyectos con Arduino pueden ser autónomos o comunicarse con un programa (software) que se ejecute en tu ordenador.

Arduino es una herramienta para hacer que los ordenadores puedan sentir y controlar el mundo físico a través de tu ordenador personal.

Es una plataforma de desarrollo de computación física de código abierto, basada en una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software (programas) para la placa. [8]

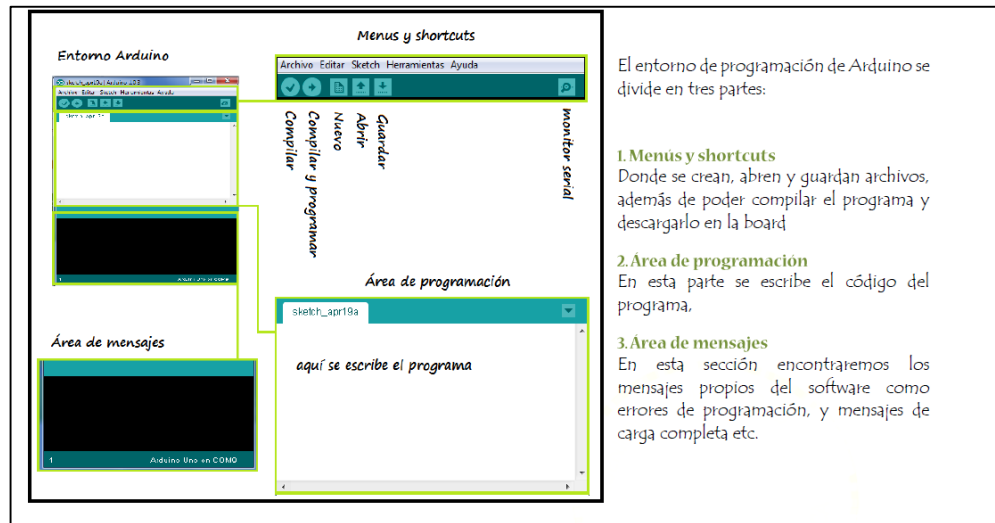
Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software fáciles de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas (luz en un sensor, un dedo en un botón o un mensaje de Twitter) y convertirla en una salida: activar un motor, encender un LED y publicar algo en línea. Puede decirle a su tarjeta qué debe hacer enviando un conjunto de instrucciones al microcontrolador de la tarjeta. Para hacerlo, utiliza el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el software Arduino (IDE), basado en el procesamiento. Ver figura 9. [12]

Figura 8. Tarjeta controladora Arduino



Fuente: Arduino IDE

Figura 9. Software para programación Arduino



Fuente: Dynamo Electricins S.A.S

2.10 PLATAFORMAS DE LÓGICAS

Las plataformas lógicas personales también llamadas CPU por su nombre en inglés Central Processing Unit o unidades procesadoras en vocablo común con el nombre computador personal, este dispositivo recibe instrucciones desde un Hardware mediante un software, donde se manipula y procesa la información y entrega una respuesta o acción requerida por el usuario.

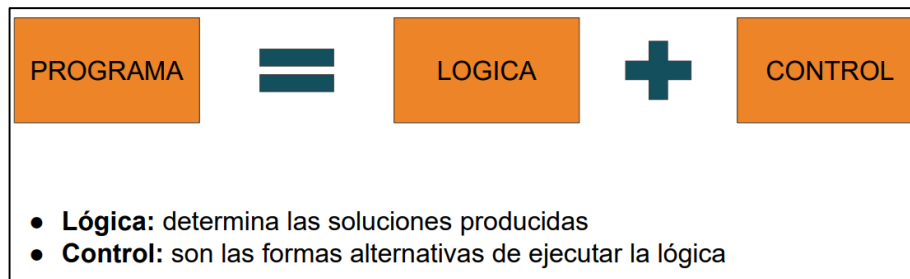
En sistemas de control industrial se recomienda el uso de plataformas de lógica independiente tanto en CPU como en tarjetas de E/S. [13]

Una de las actividades importantes para que un proceso de control industrial a realiza por una máquina o equipo es fundamental darle instrucciones también llamado algoritmo de programación.

La programación por lo general es de aspecto lógico y se diversifica de dos formas: programación imperativa esta describe la programación en términos del estado del programa y sentencias que cambian dicho estado, y programación declarativa: donde se utilizan sentencias para escribir el problema que se quiere solucionar. [13]

Un ejemplo de la estructura más común para el desarrollo de programación lógica se puede observar en la figura 10.

Figura 10. Estructura para la Programación Lógica



Fuente: Presentación de la Universidad Nacional “Programación Lógica” David Rico y Gabriel Bejarano

2.11 ELEMENTOS FINALES DE CONTROL

Son elementos finales de control son muy importantes ya que modifican el valor de una variable que ha sido manipulada como respuesta a una señal de salida desde un dispositivo de control automático y existe gran variedad entre ellos podemos encontrar: válvulas de control, actuadores hidráulicos, neumáticos o eléctricos de movimiento para generar una fuerza, luminosos y/o sonoras entre otros.

Dentro del uso de actuadores pueden presentarse independientes, sin embargo, se pueden utilizar los actuadores comunes. [14]

2.11.1 Módulo de Relés

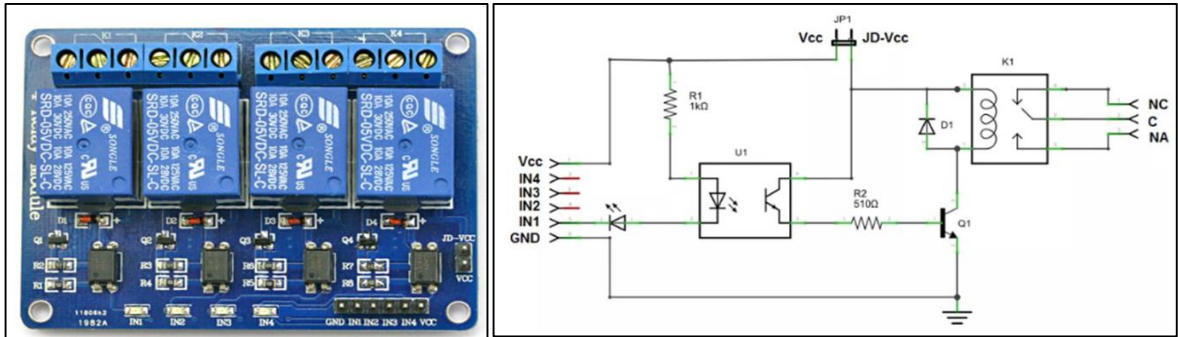
conocidos como interruptor de procesos discontinuos, o conmutador automático manual en respuesta final a una variable de entrada a respuesta a otra variable física o de las mismas características.

De estos podemos encontrar varios tipos según su funcionalidad y propósitos como: mecánicos, electromecánicos, electrónicos o de estado sólido, temporizadores, contadores, etc.

Una manera de manipular cargas más exigentes en cuanto a corriente y tensión, por ejemplo, con Arduino se puede utilizar un módulo de relés para relacionar el controlador con su algoritmo y la señal de salida es transmitida a este módulo.

A continuación, en la figura 11 se muestra las figuras por un módulo o conjunto de relés electromecánicos utilizados con Arduino en su aspecto físico y en representación electrónica

Figura 11. Módulo de relés electromecánico para Arduino 5V



Fuente: TD Robótica.

2.11.2 Indicador luminoso

Es una luz que indica la existencia de una serie de condiciones normales de un sistema o dispositivo. [15]

Son nombrados como testigos luminosos a los indicadores de percepción óptica donde proporcionan señal óptica en relación al funcionamiento de un sistema o equipo. Ver figuras 12 y 13.

Figura 12. Indicadores luminosos



Fuente: DX Dealxtreme

Figura 13. Alarma luminosa y sonora



Fuente: Steren

2.11.3 Indicadores sonoros

Dispositivo para función que señala la existencia de una condición anormal por medio de un discreto cambio audible o visible, o ambos para atraer la atención. Ver figuras 13 [16]

2.12 CABLEADO

Una carga eléctrica generada por un sistema produce corriente eléctrica que circula a través de un conductor por lo general metálico debido a sus propiedades de conductividad eléctrica teniéndose en cuenta su selección por las siguientes condiciones como: área/diámetro, material, longitud y otras de importancia según su aplicación. La corriente según el dispositivo de genera pulsos que puede ser conducida transportada o suspendida por conductor generándose señales, llamados pulsos en forma de bits, cada Bit consiste en dos estados o signos 1/0 (código binario) siendo 1 para este ejemplo serán digitales por la presencia o transporte de la corriente eléctrica por el conductor y 0 la ausencia de esta corriente. [10]

Para la transmisión o transporte de datos o señales se puede seleccionar varios medios según la estructuración de la información a transmitir como conductores eléctricos, de fluidos, u otros de los cuales también es importante tener en cuenta medios de conducción y alojamiento como las cajas, canaletas se recomienda el uso de cajas y múltiples elementos independientes para las señales de SCD y del SIS esta recomendación se ha seguido según la normatividad aplicable para instalaciones eléctricas.

“Los cables de datos son una parte importante de una computadora, ya que proporcionan una conexión entre varios componentes de hardware. Esto permite a la computadora comunicarse con sus diversas partes propias. Un cable de datos también permite a una computadora comunicarse con otras”. [17]. Figura 14 cableado para datos

Figura 14. Cable de Datos



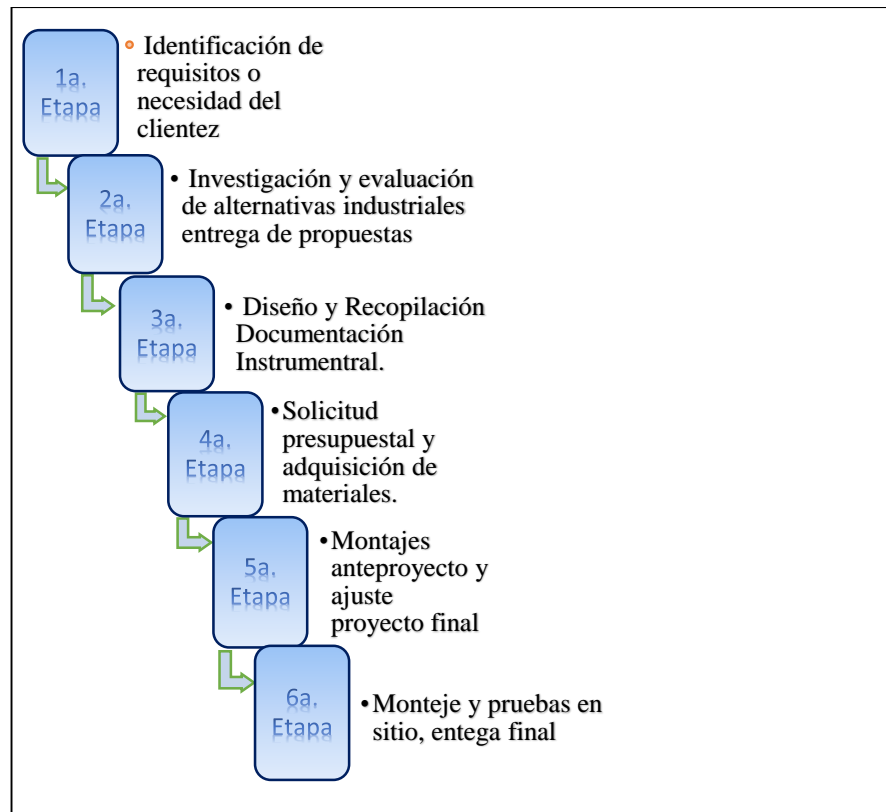
Fuente: Flickr.com

3. CAPITULO 3. METODODOLOGÍA Y DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 ETAPAS DEL PROYECTO

El presente proyecto Alarma de Nivel para tanque de almacenamiento de agua potable en el cerro de Monserrate Bogotá fue desarrollado en seis (6) etapas metodológicamente como se describen a continuación.

Figure 15. Etapas de desarrollo del proyecto



Fuente: Autores

- La primera etapa del proyecto, se establece identificación de la necesidad donde se hace expresa la necesidad por parte de un funcionario y representante de la empresa Monserrate presentando el requerimiento de la implementación de un sistema de alarma para apoyar al proceso de control del sistema del tanque ubicado en la parte superior del cerro, que almacena y suministra agua potable a la red de acueducto en área para la comunidad; se genera un oficio de solicitud de la compañía Monserrate S.A.S dirigida a la Escuela Tecnológica de asesoría e implementación ajunta al presente documento en el Anexo A, y reconocimiento físico al lugar donde se implementaría el sistema identificando condiciones como: fuente de alimentación eléctrica disponible, dimensionamiento y ubicación de la caja de control, posición del sensor de ultrasonido, y posición del indicador de alerta al operario condiciones ambientales adversas. Ver figura 15

Figura 16. Tanque de almacenamiento de agua, sin sistema alarma.

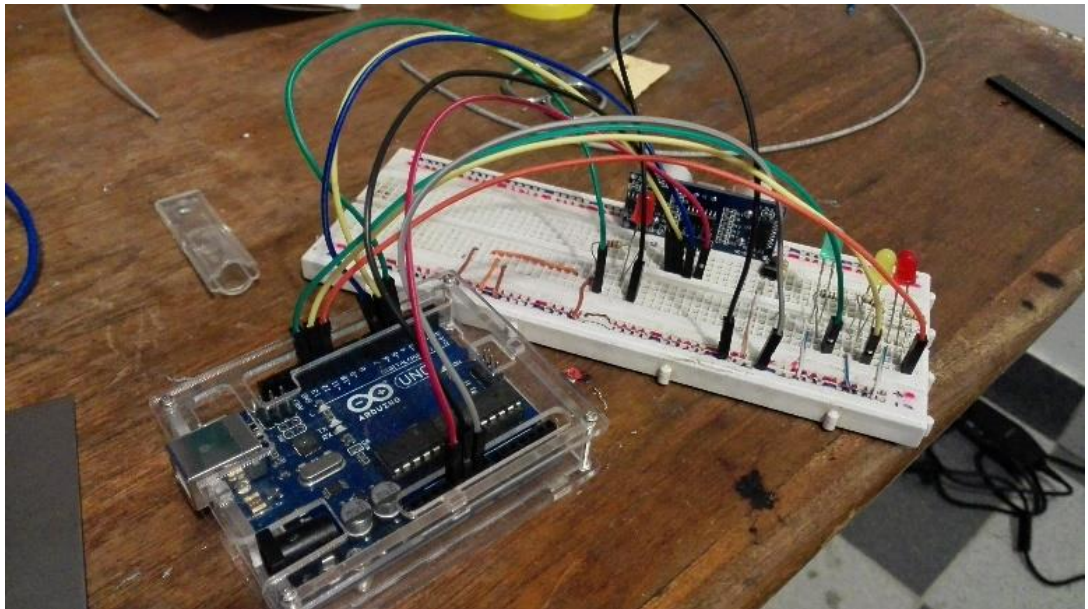


Fuente: Autores

- Continuamente en la segunda etapa en fase de planificación es realizada la investigación y análisis de alternativas existente en el mercado de la industria, entrega de propuestas, selección de materiales, presupuesto y cronograma de actividades presentado al Ingeniero Holman Piñeros – Asesor y Tutor de proyectos en representación de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico, obteniendo su aprobación por la ejecución. Ver tablas 1 Cronograma de actividades y Tabla 2. Presupuesto, soportes de la etapa.

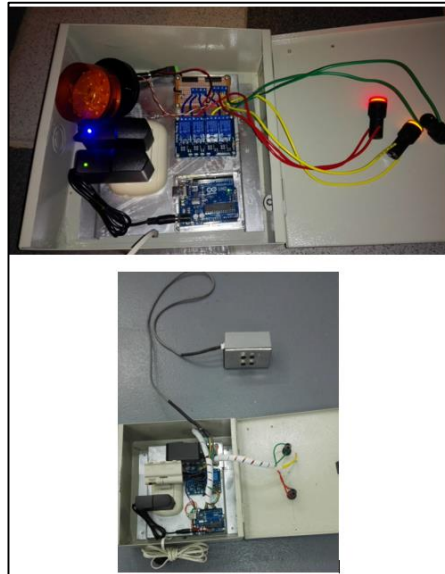
- Tercera etapa es la fase de diseño donde es recopilada información técnica por la instrumentación (datta Sheets) a adquirir, implementación del código en Arduino en su software, implementación de diagramas,
- Etapa cuarta solicitud de recursos y adquisición de instrumentación, materiales o suministros seleccionados.
- Quinta etapa luego de adquirir los materiales, se realiza el montaje y pruebas iniciales o de escritorio en protoboard y leds para verificar, validar y ajustar el código y al funcionamiento del sistema de alarma para nivel observándose en la figura 16
Posteriormente implementándose en la caja de control en estado industrial previo al montaje en sitio. Ver figuras 16 y 17

Figura 17. montaje inicial del Sistema de Alarma de Nivel en Protoboard



Fuente: Autores

Figura 18. Sistema en condición de pruebas inicial al montaje.



Fuente: Autores

La sexta y última etapa se realiza el ensamble general y montaje del sistema y se sitúa en el lugar a operar como se puede observar en la figura 18.

Figura 19. Montaje en sitio antes y después del sistema de alarma para nivel



Fuente: Autores

Figura 20. Sistema de alarma en funcionamiento



Fuente: Autores.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

En el marco del proyecto en esta etapa se describe el proceso, desarrollo y justificación de la selección de los siguientes componentes: Sensores HC-SR04, tarjeta controladora Arduino,

modulo cuatro canales de 5V para Arduino, tres indicadores luminosos de 12 V, baliza tipo Strober con buzzer para 12 V, fuentes de corriente y accesorios.

3.2.1 Elementos de Entrada – Sensores.

Como dispositivo de entrada y por el cual se va a percibir la señal de entrada de la magnitud a controlar que para el caso es la distancia del nivel de agua del tanque para pasarla a la magnitud eléctrica, fueron seleccionados dos sensores de ultrasonido HC-SR04 (Ver figura 15), dentro del proceso de investigación se identificó que este sensor ampliamente utilizado para tal fin dentro del campo industrial.

Fueron implementados dos sensores de las mismas características debido a su confiabilidad en respuesta de señal de captación y la de asegurar en el sistema redundancia como lo especifica la norma IEC6158 para sistemas de alarma en su función de seguridad al caso de la presencia de falla por alguno de estos.

Figura 21. Sensor Ultrasonido HC-SR04.



Fuente: Autores

3.2.2 Controlador.

El dispositivo que regulará y controlará la señal a los actuadores de salida por el cual fue implementado en este diseño se seleccionó la tarjeta Arduino, teniendo este dispositivo gran versatilidad al uso en aplicaciones autómatas y de control a nivel general. Dentro de las mismas propiedades se puede indicar que es un controlador de fácil consecución, económico. Esta tarjeta controladora contiene un microcontrolador que por su interfaz de hardware tiene facilidad a la programación con la conexión con cualquier CPU, es importante mencionar que se debe adquirir conocimiento básico en lenguajes de programación para desarrollar cualquier tipo de algoritmo y haberse instalado previamente el previamente el software correspondiente a esta tarjeta de la misma propiedad – Arduino.

Para la implementación del lenguaje y las instrucciones de control de los elementos de salida se desarrolló e implementó al control o instrucciones de la alarma el lenguaje correspondiente del cual se puede observar en el Anexo B

3.2.3 Elementos de Salida

3.2.3.1 Módulo de relés. En el presente proyecto fue seleccionado un módulo de relés electromecánico de cuatro canales (conjunto de cuatro relés) de 5 V apto para interfaz con Arduino, siendo este el primer actuador de salida y amplificador de la corriente a 12 V por lo que son alimentados los indicadores y la baliza.

3.2.3.2 Indicadores luminosos y sonoros. Los otros componentes actuadores de salida para este proyecto son indicadores luminosos de 12v y una baliza en función de la indicación al estado y condición del nivel del agua.

El testigo rojo junto con la baliza en acción intermitencia y el buzzer sonando, indican condición por el nivel igual o por debajo de los 20 cm de altura del nivel de agua en el tanque, condición crítica de riesgo a daño para las bombas de suministro a la red de acueducto. En esta condición el operario debe actuar para controlar el sistema de acueducto en respuesta a proteger estas bombas del sistema de acueducto (procedimientos internos).

El testigo verde accionado indicará que la condición es normal de operación por llenando del tanque de almacenamiento de agua potable de la red de acueducto.

El estado de iluminación del testigo amarillo indica que el tanque se encuentra lleno, no se genera ninguna condición de riesgo o alerta debido a que este estado ha sido controlado por una válvula con flotador para que el nivel de agua no exceda la capacidad del tanque y pueda derramarse. El indicador amarillo se accionará a partir de los 180 cm (1,8 m) de altura del nivel agua dentro del tanque. Ver figura 20.

Figura 22. Indicación por los testigos del sistema de Alarma de Nivel



Fuente: Autores

3.2.4 Fuentes de poder.

Fueron seleccionadas para el montaje tres fuentes de corriente, dos (2) de 5V 1A y una (1) 12 V 1,5 A. las fuentes de 5V son asignadas para la alimentación del Arduino y el módulo de relés para mitigar la caída de corriente y asegurar el funcionamiento de cada componente. La fuente de 12V está dispuesta para alimentar de corriente a los indicadores y la baliza esto a sus características propias técnicas y de funcionamiento.

3.2.5 Accesorios

Como elemento de estructura que cumpliera con algún grado de especificación relacionada con la norma ANSI/IEC 60529 “Grado de Protección Contra Ingreso - IP” que alojara todos los componentes y ensamble se seleccionó caja metálica cuya finalidad principal es la de proteger de golpes o ingreso de objetos externos adicionalmente disminuyendo las acciones por manipulación no autorizada.

La característica de que fuera caja metálica aporta al montaje disipación de corrientes parásitas que pudiesen ocasionar fallas en relación a señales o campos electromagnéticas no observados.

A la caja se le realizó aislamiento en los bordes de la tapa con empaques planos de caucho para tal fin con objeto de desarrollar protección en su interior mitigando el exceso de la humedad ambiental presente cumpliendo hasta máximo de 1 mm/min de precipitación.

Las dimensiones con dimensiones de 35 X 35 X 15 cm son aptas para alojar los componentes seleccionados al circuito electrónico.

3.2.6 Conductores/cableado.

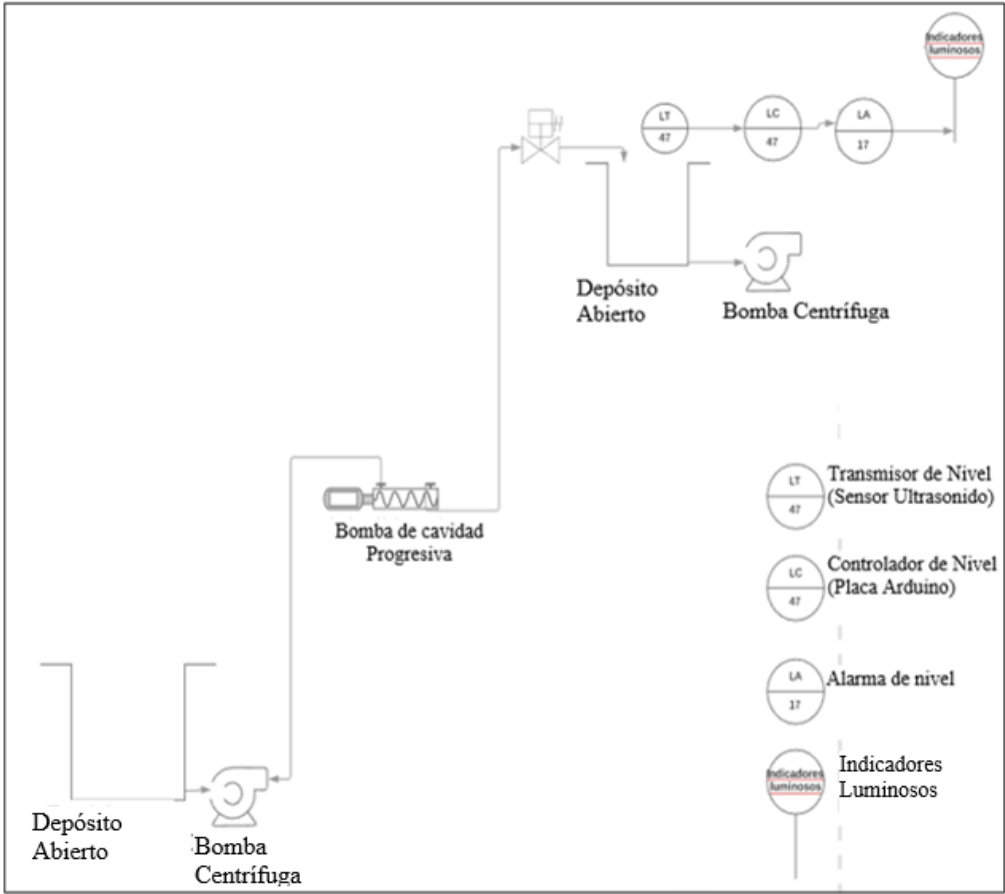
Se seleccionaron dos tipos: cables de tipo Jumpers distintas longitudes y terminales macho - macho para transportar señales desde Arduino hasta el módulo de relés, cable de red UTP para trasladar señales emitidas por los sensores HC-SR04 hasta el Arduino, cable No. 12 110 v 15 A encauchetado unifilar utilizado para transmitir las señales de accionamiento desde la fuente de 12V a los relés cuando sean accionados por señal de Arduino.

3.3 DISEÑO Y MONTAJE DE LA PROPUESTA SISTEMA DE ALARMA DE NIVEL PARA TANQUE DE AGUA POTABLE PARA EL CERRO DE MONSERRATE

Se presenta a continuación expone el desarrollo al diseño del sistema de alarma de nivel para tanque de agua potable del cerro de Monserrate.

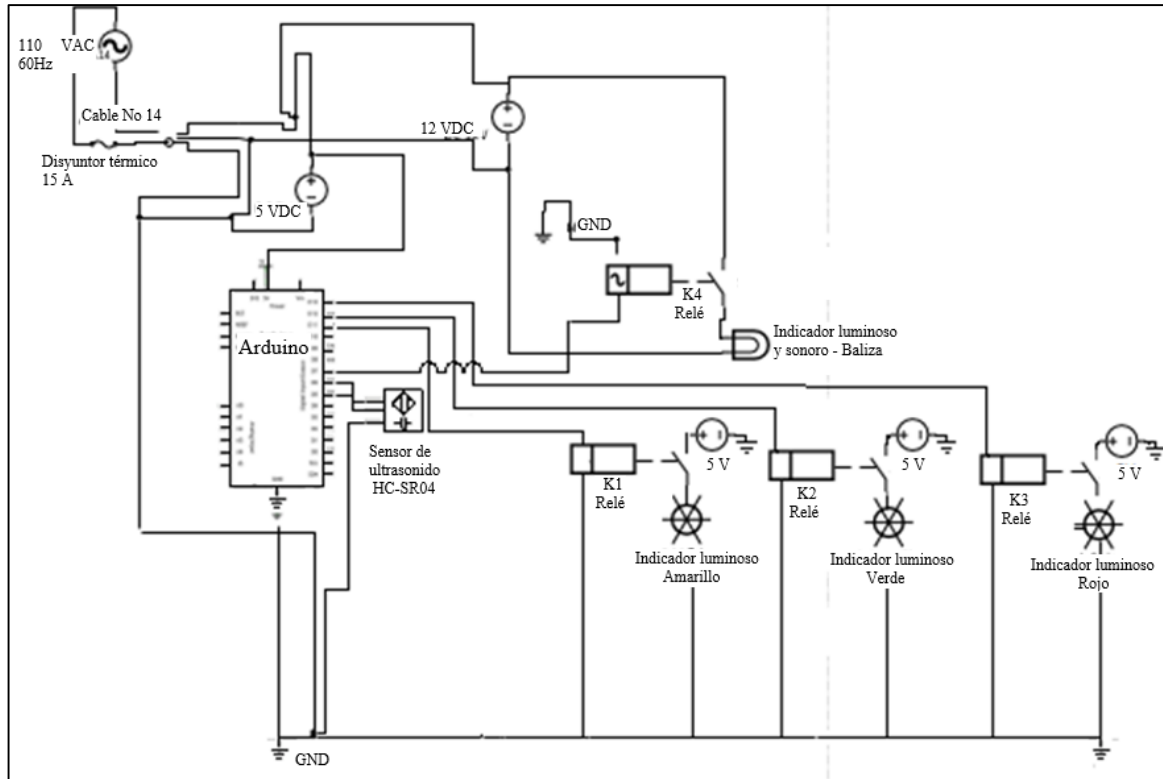
En la figura 21 se representa el gráfico en P&ID la propuesta al diseño del sistema de alarma para nivel del tanque de almacenamiento de agua en el cerro de Monserrate, continuamente en la figura 22 se hace representación del circuito eléctrico del sistema de alarma de nivel

Figura 23. Esquema gráfico en P&ID de funcionalidad del dispositivo



Fuente: Autores

Figura 24. Circuito eléctrico del Sistema de Alarma de nivel



Fuente: Autores

En el desarrollo del diseño del sistema de alarma para el nivel a la etapa de funcionamiento básico del circuito se representará a continuación el diagrama de bloques como se puede observar en la figura 23.

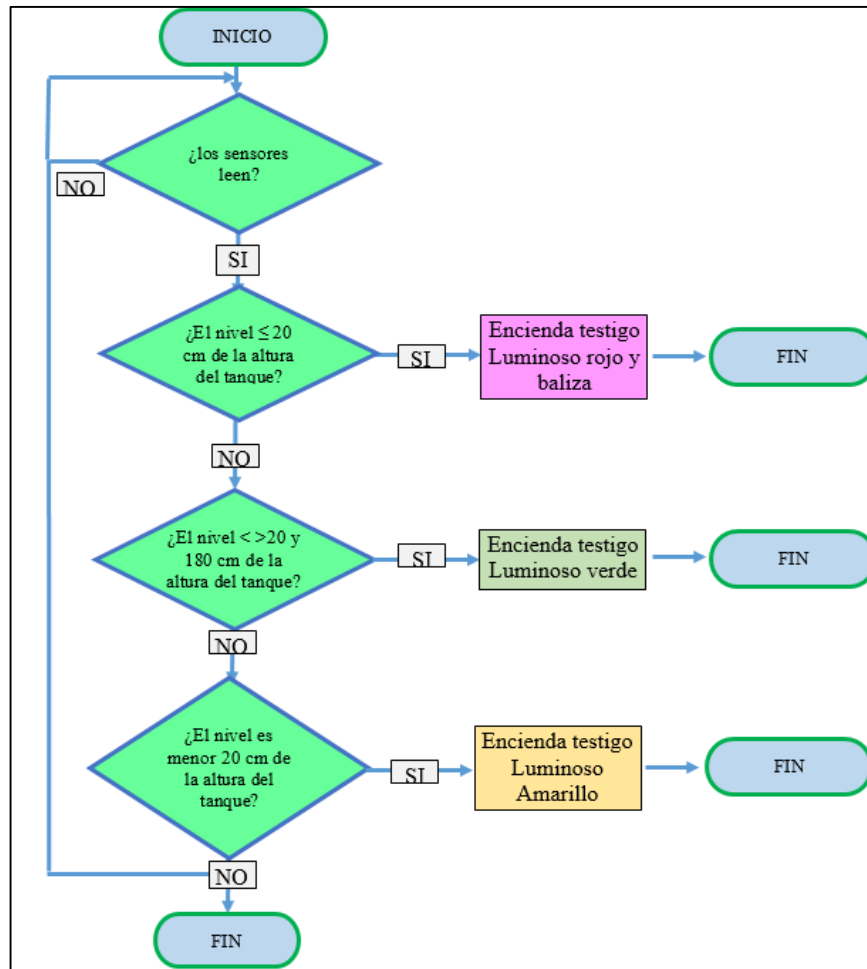
Figura 25. Diagrama de Bloques de diseño de alarma de nivel



Fuente: Autores

En la figura 26 se representa el macro algoritmo general de la función.

Figure 26. Diagrama de flujo funcionamiento Propuesta Sistema de Alarma para Nivel



Fuente: Autores

3.3.1 Modelo Matemático.

A continuación, se expresa el modelo matemático por el cual se desarrolló el sistema de alarma de nivel para el tanque de almacenamiento de agua potable en el cerro de Monserrate teniéndose en cuenta que se utilizaron sensores de ultrasonido cuyo principio de funcionamiento es la generación de una onda mecánica tipo ultrasonido inaudible por el transmisor; el tiempo que dura en viajar la onda hasta el objeto y reflejarse por la superficie del agua hasta que sea captado por el receptor como pulso de entrada, así formulado dentro de las instrucciones de programación al Arduino al tiempo de desplazamiento presentándose Se sabe que:

$$d=v*t, \text{ donde}$$

v es la velocidad del sonido a la señal de ultrasonido emitida por el sensor (340m/s)

t es el tiempo que tarda la onda o señal por lectura entregada de 1,47 ms,

d es la distancia recorrida teniéndose en cuenta que tiempo transcurrido a la distancia captada es el de ida y vuelta el valor de la distancia se divide por 2 para obtener el valor real de la distancia en las instrucciones de lenguaje.

$$\text{Distancia}=\text{int}(0.017*\text{tiempo})$$

3.4 PRESUPUESTO

Seguidamente dentro del diseño al sistema de alarma de nivel se sugirió y solicitó el recurso financiero proponiéndose inicialmente al Ingeniero Holman como asesor de la institución y luego entregar propuesta a la empresa Monserrate S.A. siendo aprobada y aquí mostrándose el costo real del equipo ver la tabla 1.

Tabla 1. Presupuesto de inversión

Ítem	Cant	Descripción	Costo Unitario COP	Subtotal/unid COP
1	2	Sensor Ultra Sonido HC-SR04	\$ 12.000	\$ 24.000
2	1	Módulo de Relés de cuatro canales para 5V	\$ 17.000	\$ 17.000
3	1	Fuente de alimentación de 5 V, 1 A	\$ 10.000	\$ 10.000
4	1	Fuente de alimentación de 12 V, 1 A	\$ 15.000	\$ 15.000
5	1	Arduino Uno	\$ 27.000	\$ 27.000
6	1	Caja de paso de 25 X 25 cm metálica con cierre	\$ 34.000	\$ 34.000
7	3	Metro de cable UTP G5	\$ 2.600	\$ 7.800
8	1	Clavija para 110 V	\$ 2.000	\$ 2.000
9	1	Caja Rectangular en aluminio sellada	\$ 9.000	\$ 9.000
10	1	Tapa lisa en aluminio para caja rectangular	\$ 2.400	\$ 2.400
11	1	Tapón roscado de 1/2"	\$ 1.100	\$ 1.100
12	1	Metro de termo encogible de 10 mm	\$ 500	\$ 500
13	1	Metro de termo encogible de 3 mm	\$ 500	\$ 500
14	2	Juego de jumper po 10 cables X 10 cm	\$ 3.000	\$ 6.000
15	1	Lámina doblada según plano (soporte eléctrico)	\$ 20.000	\$ 20.000
16	3	Metro de cable bifilar #12 para 110V	\$ 1.500	\$ 4.500
17	3	testigos luminosos	\$ 15.000	\$ 45.000
18	4	Metro de cable unifilar #12 para 110V (amarillo, rojo, azul, verde)	\$ 2.000	\$ 8.000
19	1	Baliza tipo strover en led de 12 V	\$ 27.000	\$ 27.000
20	1	Conector hembra a fuente X salidas duplex	\$ 2.500	\$ 2.500
21	1	Toma eléctrica 100 V	\$ 7.500	\$ 7.500
22	1	Tee eléctrica	\$ 15.000	\$ 15.000
23	1	Metro de recubrimiento para cable electrico en plástico	\$ 1.200	\$ 1.200
			Subtotal (COP)	\$ 287.000
			IVA	\$ 54.530
			Total (COP)	\$ 341.530

Fuente: Autores

3.5 PLAN DE TRABAJO.

Luego de ser aprobada la propuesta y el anteproyecto se establece un plan de actividades por el que se desarrollará el proyecto para un periodo de dos trimestres relacionado a la capacidad de transcurso a las asignaturas de proyecto Integrador I y II, de la especialización industrial, también proponiéndose la estructura e implementación bajo ciclo PHVA creado por Edwards

Deming (Planear, Hacer Verificar y Actuar) para obtener mayor eficacia al desarrollo de proyectos en muchos sistemas de gestión como se observa a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 2. Plan de trabajo - Cronograma

ETAPA	MES	SEMANA #	ACTIVIDAD
PLANIFICACIÓN	FEBERO	2	- Propuestas Diseños Proyecto
		3	- Problema, Justificación, cronograma de actividades, evaluación del estado actual de la infraestructura, Selección de materiales o suministros y Presupuesto
		4	- Diseño del sistema de control
			- Reevaluación de los materiales o suministros a requerir según diagnóstico. - Planos o diagramas del sistema P&ID.
HACER	MARZO	1	- Gestión de recursos y compra de suministros
		2, 3, 4	- Implementación, creación del software, montaje, pruebas sobre escritorio, prototipo.
	ABRIL	1, 2, 3	- Implementación y montaje.
			- Aplicación real en campo
	MAYO	1, 2, 4	- Asesoría documental e investigación
			- Documentación trabajo escrito
	JUNIO	1	- Sustentación técnica por funcionamiento del sistema
		VERIFICAR	2
	3		- Ajustes documental
	4		- Mejoras, Entrega Final Documental Monografía
ACTUAR			

Fuente: Autores

4. CAPITULO 4. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos de este trabajo de grado, se puede concluir:

- Se Diseñó y se implementó el Sistema de Alarma de Nivel para el tanque de almacenamiento de agua potable de la red de acueducto en el cerro de Monserrate en la ciudad de Bogotá, Colombia siguiendo las recomendaciones de la IEC 61508 “Seguridad Funcional”.
- El sistema de Alarma de nivel para el tanque de almacenamiento de agua potable, cumple las especificaciones y función solicitadas por la empresa Monserrate S.A.S.
- Se cumplió la meta propuesta al tiempo de seis meses por el desarrollo del sistema de alarma de nivel para el tanque de almacenamiento de agua potable de la red de acueducto del cerro de Monserrate.
- Se cumplió la meta al presupuesto propuesto, demostrando que el Sistema de Alarma de Nivel es un equipo de bajo costo de implementación industrial en relación a otros equipos existentes en el mercado.
- El equipo tiene la posibilidad por el ajuste de los parámetros de distancia para que el sistema de nivel sea implementado en otras aplicaciones industriales debido a su amplia aplicación y portabilidad.

- Se ha observado que al implementar el sistema de alarma la eficiencia en el proceso de supervisión ha incrementado al menos en un 30% con precisión de ± 1 cm de distancia ajustada.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. C. & I. A., «AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA POTABLE A TRAVÉS DE LA TECNOLOGÍA ZIGBEE,» vol. 2, nº 20, 2012.
- [2] J. Guerra, «BibDigital,» 12 2001. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11503>. [Último acceso: 01 07 2019].
- [3] W. Dunn, «Designing safety-critical computer systems,» *IEEE*, vol. 36, nº 11, pp. 40-46, 11 2003.
- [4] S. K. Smith D., *Functional Safety*, London: Routledge, 2004.
- [5] H. Diego, «Módulo de Procesos de Fabricación y Sistemas Integrados,» de *Sistemas de Control*, 2007-2008.
- [6] J. R. Escudero y P. M. R. Sobrado, «SISTEMAS INSTRUMENTADOS DE SEGURIDAD (SIS):CICLO DE VIDA,» *Dyna*, pp. 261-268, 2007.
- [7] I. J. A. Neri, «Weapon Instruments,» 2019. [En línea]. Available: <https://winstruments.com.mx/que-es-el-ciclo-de-vida-seguridad/>.
- [8] I. S. Gutierrez Marllelis, «Fundamentos Basicos de Instrumentación y Control,» de *Fundamentos Basicos de Instrumentación y Control*, Avenida La libertad - Santa Helena Ecuador, UPSE, 2017, pp. 1-2.

- [9] B. J. E., «Principios de la comunicación,» de *Principios de la comunicación*, Mérida, Venezuela, Publicaciones de la Facultad de Ingeniería Eléctrica Universidad de los Andes, 2012, p. 2.
- [10] A. Creus Solé, «Instrumentación Industrial,» de *Instrumentación Industrial*, Barcelona, España, Alfaomega, 2011, pp. 63-88.
- [11] A. Creus Solé, «Control de Procesos Industriales,» de *Control de Procesos Industriales*, España, Marcombo S.A., 1988, p. 75.
- [12] Arduino, «Arduino,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>.
- [13] R. D. y. B. Gabriel, «Programación Lógica,» 2017. [En línea]. Available: http://ferestrepoca.github.io/paradigmas-de-programacion/proglogica/logica_teoría/docs/2017-2.pdf.
- [14] E. J. A. Rodríguez, «Docencia Escuela de Química UTP,» 14 05 2011. [En línea]. Available: <http://blog.utp.edu.co/docenciaedwin/?s=2011>.
- [15] Alarmas acústicas y Visuales, «Alarmas Acústicas y Visuales, S.A. de C.V,» 18 06 2016. [En línea]. Available: http://alarmasacusticas.blogspot.com/2014/01/la-importancia-de-las-luces-indicadoras_30.html.
- [16] M. Camara, «Mouser Electronics,» 3 10 2017. [En línea]. Available: <https://www.diarioelectronico hoy.com/indicadores-luminicos-sonoros/>.
- [17] Techlandia, «Techlandia.com,» 2019. [En línea]. Available: https://techlandia.com/definicion-cables-datos-hechos_88761.

- [18] Nova Smar , «smar,» 2019. [En línea]. Available:
<http://www.smar.com/espanol/articulos-tecnicos/sis-sistemas-instrumentados-de-seguridad>.
- [19] I. Queirolo, «Gestión de Alarmas: Un punto clave en la planificación de la seguridad,» 1er. Congreso Latinoamericano.
- [20] J. C. Villajulca, «Instrumentacion y Control,» 13 09 2009. [En línea]. Available:
<https://instrumentacionycontrol.net/3-3-transmisores/>.
- [21] Profe Tolocka, 09 05 2015. [En línea]. Available:
<http://www.profetolocka.com.ar/2015/05/09/modulo-de-4-reles-para-arduino/#comment-46>.
- [22] R. A. Alvarez, «Automatización Industrial,» 22 02 2012. [En línea]. Available:
<http://automatizacionindustrialiue.blogspot.com/2012/02/sensores-mecanicos.html>.
- [23] Omega Engineering, «Spectris Company,» 2019. [En línea]. Available:
<https://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>.
- [24] H. A. G. R. M. P. Sierra Enrique, «Sistema experto para control inteligente de las variables ambientales de un edificio energéticamente Inteligente,» de *XI Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control*, Buenos Aires - Argentina , 2005.
- [25] H. A. G. R. Sierra Enrique, «Sistema experto para control inteligente de las variables ambientales de un edificio energéticamente eficiente,» de *XI Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Contro*, Buenos Aires - Argentina , 2005.

- [26] A. C. G. G. Oyola J.S., «Desarrollo de Prototipo de Sistema de Monitoreo en Tiempo Real del Nivel de Agua en Ríos Usando Instrumentación Virtual,» *Revista Colombiana de Física*, pp. 371 - 374, 2008.
- [27] L. D. Barrera Laura, «bibdigital,» 10 2007. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11676/1/T10811.pdf>.
- [28] P. Esteban, «Los sistemas de SCADA en la automatización Industrial,» *Tecnología en marcha*, Vol. 28, No. 4., pp. 3- 14, 2015.

ANEXOS.

Anexo A. CARTA DE SOLICITUD

Carta de la empresa Monserrate S.A.S por solicitud a asistencia técnica por diseño e implementación de sistema de Alarma de Nivel para tanque de almacenamiento de agua potable.

	Comunicado	Código: DT-MT-00
		Versión: 00
		Fecha: 11/05/2017

Señores

Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central
Coordinador de Instrumentación industrial.

Referencia: Solicitud Asesoría

Respetados señores,

Con el fin de fomentar el desarrollo técnico de la empresa y el personal que se encuentra realizando etapas académicas en diferentes centros de educación y entrenamiento, vemos viable la ejecución del proyecto alarma de nivel instrumentada en instalaciones de la empresa, ya que este traería un beneficio social y empresarial de gran valor para nuestra compañía, por tal motivo Teleférico a Monserrate contribuirá con recursos técnicos, asesoría y espacios para la elaboración y desarrollo de este proyecto, agradecemos el interés puesto en las etapas iniciales del mismo y socializaremos los resultados obtenidos.


Oscar Mauricio Sierra Ibarra
Coordinador departamento técnico.

Anexo B. CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN EN ARDUINO

C

A continuación, se presenta el código algoritmo para el funcionamiento del sistema Instrumentado de seguridad para el nivel del tanque de almacenamiento y suministro, del cual tiene el propósito indicado arriba en el diagrama de bloques del numeral 3.2.3.2.

```
/**
 * En el presente código se mide la distancia con dos sensores ultrasonicos HC-SR004 para hacer el sistema redundante
 * y minimizar fallas por alguno de estos y minimizar falas por comunicacion de alguno de estos, adicionalmente accionara
 * cuatro testigos luminosos que realizaran la funcion de alarma, de indicacion visual.
 * Este código puede ser utilizado o modificado para cualquier fin de aplicacion tecnologica, pero se exime de responsabilidad
 * por el mal uso que de este pueda aplicarse
 */
*por Yohan Sebastian Pena y John Ramirez
*/

//declaración de variables para los pines
const int EchoPin = 3; //Pin digital 5 para el Echo del sensor 1
const int TriggerPin = 2; //Pin digital 6 para el Trigger del sensor 1
const int EchoPin1 = 5; //Pin digital 5 para el Echo del sensor 2
const int TriggerPin1 = 4; //Pin digital 5 para el Trigger del sensor 2
const int LedPinVerde = 11; //Pin digital 13 para el testigo luminoso verde o indicador de nivel alto.
const int LedPinAmarillo = 10; //Pin digital 12 para el testigo luminoso amarillo o indicador de nivel medio de operación.
const int LedPinRojo = 8; //Pin digital 11 para el testigo luminoso rojo o indicador de nivel bajo alertando seguridad.
const int ALARMA = 9; //Pin digital 4 para indicador luminoso verde o indicado tipo baliza LED Strober.

// variables asignadas para la medición y los cálculos
float distancia;
long tiempo;

void setup() { //Prepara la comunicación serial
  Serial.begin(9600); // se inicia la comunicación

  // se configura los pines de entrada y salida

  pinMode(LedPinVerde, OUTPUT); // Pin de salida para el testigo verde de nivel alto.
  pinMode(LedPinAmarillo, OUTPUT); // Pin de salida para el testigo amarillo de nivel medio u operación.
  pinMode(LedPinRojo, OUTPUT); // Pin de salida para el testigo rojo de nivel bajo de seguridad 20 cm.
  pinMode(ALARMA, OUTPUT); // pin de salida para el testigo luminoso de la baliza.
  pinMode(TriggerPin, OUTPUT); // Pin de salida generador de pulso.
  pinMode(EchoPin, INPUT); // pin de entrada recibe la señal de pulso.
}

void loop() {

  digitalWrite(TriggerPin, HIGH); // se envia un pulso para activar el sensor.
  delayMicroseconds(10); // Pulso generado de 10 us por el trigger.
  digitalWrite(TriggerPin, LOW); // SE HIDE EL PULSO DE RESPUESTA.

  tiempo = (pulseIn(EchoPin, HIGH)/2); // mide el tiempo del estado alto del pin Echo. El tiempo es proporcional a la distancia medida.

  // dividido por 2 porque es el
  // tiempo que el sonido tarda
  // en ir y en volver
  // ahora calcularemos la distancia en cm
  // sabiendo que el espacio es igual a la velocidad por el tiempo
  // y que la velocidad del sonido es de 343m/s y que el tiempo lo
  // tenemos en millonésimas de segundo

  distancia = float(tiempo * 0.0343); // tiempo en que tarda en ida y vuelta por centimetro a la onda.
  Serial.print("Distancia: "); // imprime o envia el resultado de la distancia al Monitor Serial.
  Serial.println(distancia); // enciende los testigos luminosos y la baliza cuando se cumple la distancia asignada.

  if (distancia > 80)
  {
    digitalWrite(LedPinAmarillo, LOW);
    digitalWrite(LedPinVerde, LOW);
    digitalWrite(LedPinRojo, HIGH);
    digitalWrite(ALARMA, HIGH);
  }
  else if ((distancia <= 80) && (distancia >= 20)){
    digitalWrite(LedPinAmarillo, LOW);
    digitalWrite(LedPinVerde, HIGH);
    digitalWrite(LedPinRojo, LOW);
    digitalWrite(ALARMA, LOW);
  }
}
```

```
else if (distancia <20) {  
    digitalWrite(LedPinAmarillo , HIGH);  
    digitalWrite(LedPinVerde , LOW);  
    digitalWrite(LedPinRojo , LOW);  
    digitalWrite(ALARMA , LOW);  
}  
  
delay(1000);  
}
```