



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
CON MENCIÓN EN TELECOMUNICACIONES**

TESIS

Diseño e implementación de un sistema automático de monitoreo en tiempo real de nivel de tanques de suministro para estaciones de combustible

PRESENTADO POR

Bernales Goicochea, Luis Arturo

ASESOR

Tirado Mendoza, Gabriel Augusto

Los Olivos, 2019



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA CON
MENCIÓN EN TELECOMUNICACIONES**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
AUTOMÁTICO DE MONITOREO EN TIEMPO REAL
DE NIVEL DE TANQUES DE SUMINISTRO PARA
ESTACIONES DE COMBUSTIBLE**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRONICO CON MENCION EN TELECOMUNICACIONES**

PRESENTADO POR:

BERNALES GOICOCHEA, LUIS ARTURO

ASESOR:

TIRADO MENDOZA, GABRIEL AUGUSTO

LIMA PERÚ

2019

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado
a mi familia que siempre me apoyó
y no dejó de confiar en mí.

RESUMEN

El proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema de monitoreo que permite medir de manera eficiente el combustible en una estación de servicio en el distrito de Puente Piedra. El sistema de monitoreo funciona utilizando la placa Arduino, a la cual se adiciona un sensor ultrasónico, que mide el nivel de combustible en el reservorio de dicha estación. El sensor ultrasónico envía una señal de respuesta al cambio de nivel de combustible que se encuentra en el reservorio, por medio de un módulo de convergencia industrial; procesándose la variación del nivel en el Arduino, mostrando el nivel de combustible en forma de texto en una pantalla digital de cristal líquido (LCD). Obteniendo como resultado la medida en tiempo real del nivel de combustible en el reservorio, como información directa al personal encargado.

Palabras claves: Sistema automático, estación de combustible, sensor ultrasónico.

ABSTRACT

The project involves the design and implementation of a monitoring system that allows fuel to be efficiently measured at a service station in the Puente Piedra district. The monitoring system works using the Arduino board, which is added to an ultrasonic sensor, which measures the level of fuel in the reservoir of that station. The ultrasonic sensor sends a response signal to the change in fuel level in the reservoir, by means of an industrial convergence module; processing the level variation in the Arduino, showing the fuel level in the form of text on a digital liquid crystal display (LCD). Obtaining as a result the real-time measurement of the fuel level in the reservoir, as direct information to the personal manager.

Keywords: Automatic system, fuel station, ultrasonic sensor.

CONTENIDO

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1.1. Planteamiento y descripción del problema	12
1.1.2. Formulación del problema general.....	13
1.1.3. Formulación de los problemas específicos.....	13
1.2. DEFINICION DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	14
1.2.1. Objetivo general	14
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	15
1.3.1. Justificación técnica.....	15
1.3.2. Justificación económica	15
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION	16
1.4.1. Alcances	16
1.4.2. Limitaciones	16
CAPITULO II: FUNDAMENTO TEORICO	17
2.1 ANTECEDENTES	18
2.1.1 Nacionales	18
2.1.2 Internacionales.....	19
2.2 MARCO TEÓRICO	20
2.2.1 Tanques de suministro para estaciones de combustible	20
2.3.1. Diseño del tanque y sus instalaciones	20
2.3.2. Diseño del tanque.....	20
2.3.3. Dimensiones Mecánico	20
2.3.4. Capacidad.....	21
2.3.5. Presión.....	21
2.2.2 Automatización industrial	28
2.2.3 ARDUINO	29
2.2.4 ARDUINO UNO	30

2.2.5 SENSOR INDUSTRIAL.....	31
2.2.6 SENSOR ULTRASÓNICO IRU9400	31
2.2.8 FUNCIONAMIENTO DEL IRU-9400	34
2.2.9 LCD 16x2A.....	35
2.3 MARCO METODOLOGICO	36
2.4 MARCO LEGAL.....	37
CAPITULO III: DESARROLLO	37
3.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS CENTROS DE COMBUSTIBLES DEL....	39
DISTRITO DE PUENTE PIEDRA.....	39
3.2.1 SELECCIONAR EL MODELO O LA ESTRATEGIA DE CONTROL A UTILIZAR	42
3.2.2 ARDUINO.....	42
3.2.3 SENSOR DE ULTRASONICO (IRU9400).....	43
3.2.4 MEDICIONES DEL SENSOR ULTRASONICO	44
3.2.5 DIMENSIONES DE LOS TANQUES.....	45
3.3.1. Etapa de alimentación.....	49
3.3.2. Etapa de procesamiento de la señal.....	52
3.3.3. Etapa de visualización	53
3.4.1 CONFIGURACION DE LOS SENSORES A TRAVES DE ARDUINO UNO	56
CAPITULO IV: ANALISIS DE COSTO BENEFICIO.....	62
4.1 ANÁLISIS DE COSTOS.....	63
4.1.1 MATERIALES E INSUMOS.....	64
4.1.2 EQUIPOS.....	64
4.1.3 MANO DE OBRA	65
4.1.5 COSTO TOTAL.....	66
4.2 BENEFICIOS.....	66
4.3 FLUJO DE CAJA	67
4.4.1 VAN (Valor Actual Neto).....	69
4.4.2 TIR (Tasa Interna de Retorno)	70
CONCLUSIONES	71
Referencias.....	72

Lista de Tablas

Tabla 1: Dimensiones del tanque	20
Tabla 2. Valores de Presión en el diseño de tanques de combustible	22
Tabla 3:Diseño de un tanque de Combustible.....	27
Tabla 4:Capacidad de un tanque de combustible	27
Tabla 5: Relación de grifos autorizados en el distrito de Puente Piedra.....	39
Tabla 6: Distancias Obtenidas.....	45
Tabla 7: Materiales e Insumos	63
Tabla 8: Equipos	64
Tabla 9: Costos de los equipos	64
Tabla 10: Mano de obra	65
Tabla 11: Recopilación de Información	65
Tabla 12: Costo Total	66
Tabla 13: Flujo de caja	67

Lista de figuras

Figura 1: Volumen de un tanque	24
Figura 2: Determinación de un tanque	24
Figura 3: Arduino	29
Figura 4: Placa electrónica Arduino Uno	30
Figura 5: Sensor industrial IRU-9400	32
Figura 6: Cables de conexión	33
Figura 7: Funcionamiento del IRU-9400	34
Figura 8: LCD 16x2	35
Figura 9: Medición de los pozos	40
Figura 10: Regla para la medición	40
Figura 11: ARDUINO UNO	42
Figura 12: Dimensiones de los tanques	45
Figura 13: Diagrama de Bloques	47
Figura 14: Diadrama del proyecto	47
Figura 15: Diseño del circuito	48
Figura 16: Modulo de acondicionamiento	50
Figura 17: Etapa de acondicionamiento del modulo	50
Figura 18: Diadrama de Flujo	55
Figura 19: programación del Arduino	56
Figura 20: Programación del Arduino continua	57
Figura 21: Ubicación del sensor	60
Figura 22: Imagen despejada del tanque soterrado	60
Figura 23: LCD16x2A	61
Figura 24: LCD16x2A	61

INTRODUCCIÓN

Desde la revolución industrial hasta la actualidad, la automatización ha sido la mejor herramienta de trabajo, convirtiéndose en una oportunidad para las empresas de ser competitivas en el mercado. En estos tiempos ninguna empresa puede omitir la automatización de sus procesos industriales para aumentar la calidad de sus productos, aumentar la producción, reducir los tiempos de producción, disminuir los riesgos de daños o desastres, realizar tareas complejas, reducir los desperdicios o las piezas mal fabricado y especialmente aumentar la rentabilidad.

Durante muchos años no se cuentan con procesos automatizados en este rubro, razón por la cual se efectúan los registros de medición de los reservorios de forma manual; sin embargo, es posible utilizar la tecnología para proteger a los operadores y consumidores, así como obtener datos confiables en tiempo real.

En la actualidad a nivel nacional existen 3,850 estaciones de servicio de combustible en el país de las cuales 979 se ubican en Lima y Callao, 62% es decir 2,044 de ellas son independientes, no formando parte de las cuatro grandes cadenas proveedoras de combustible tales como: Repsol, Pecsá, Primax y la estatal compañía Petroperú.

En esta investigación se elabora un proyecto orientado a la automatización industrial y la comunicación en tiempo real, para el control de nivel de combustible

almacenado en tanques o reservorios soterrados de una empresa de servicio de venta de combustible, conocidos aquí en Perú como grifos.

El sistema funciona con una placa electrónica Arduino Uno que recibe la información de los niveles de combustibles de los reservorios, a través de un sensor ultrasónico. El sistema realiza una conversión de voltaje que emite el sensor ultrasónico interpretando esa señal (voltaje) y transformándola en una unidad de medida en metros, este resultado se verá en la pantalla para facilitar el proceso de medición de combustible en los tanques al personal encargado de dicha actividad, quien obtendrá información en tiempo real del nivel de combustibles de los reservorios; sin embargo la facilidad que permite el sistema no es lo principal, dado que esta automatización del proceso; brindará protección a todas las personas que se encuentran en dicha estación y zonas aledañas.

El sistema de automatización pretende modernizar el proceso que actualmente se realiza de forma manual, para así contar con un sistema que opere durante las 24 horas del día, adicionando la posibilidad de conseguir precisión de las medidas y protección de la calidad del producto.

Este trabajo de investigación se encuentra estructurado de la siguiente manera, en el capítulo I se elabora el planteamiento y formulación del problema, en el capítulo II, se precisa el fundamento teórico donde aclara las funciones de los dispositivos, en el capítulo III se realiza el desarrollo del sistema y finalmente en el capítulo IV, se realiza el análisis de costo y beneficios donde se detalla el costo por equipamiento y servicio profesional del recurso humano.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1. Planteamiento y descripción del problema

En la actualidad existe un gran problema en las empresas que se encargan de distribuir los hidrocarburos en el país. El problema radica en la medición de combustible en los reservorios soterrados, por cuanto esta medición se realiza de forma manual; aperturando las tapas que se encuentran en la parte superior de los tanques e introduciendo una varilla de hierro para medir el nivel de combustible; dado que dichas estaciones de servicio no tienen un sistema de medición automático que realice la medición en tiempo real. Esta situación genera grandes dificultades al personal responsable al momento de medir el nivel de combustible de los reservorios, por cuanto se expone a un alto riesgo a todas las personas ubicadas en la estación de servicio y lugares aledaños; dado que podría desencadenarse una explosión de dicho reservorio. En ese sentido, la tecnología electrónica debe permitirnos automatizar esta actividad y obtener datos en tiempo real.

1.1.2. Formulación del problema general

¿De qué manera podemos optimizar el proceso de medición de combustible en una estación de servicio de distribución de combustible para tanques soterrados en tiempo real?

1.1.3. Formulación de los problemas específicos

- **P.E. 1:**

¿Cómo se realiza la medición del nivel de tanques de suministro de combustible en el distrito de Puente Piedra?

- **P.E. 2:**

¿Cuáles son los parámetros que debemos considerar para la etapa de adquisición del sistema automático de medición de combustible?

- **P.E.3:**

¿Cuál es la arquitectura del sistema de medición a ser utilizado en los tanques soterrados?

- **P.E.4:**

¿Cuál es la lógica de funcionamiento del sistema de medición?

- **P.E.5:**

¿Cuál será la ubicación más adecuada del sensor?

1.2. DEFINICION DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.2.1. Objetivo general

Diseñar un sistema automático de monitoreo de nivel de tanques de suministro para estaciones de combustible en tiempo real.

1.2.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos del presente trabajos son:

- **O.E. 1:**

Describir la situación actual de los centros de combustibles en el distrito de Puente Piedra.

- **O.E. 2:**

Determinar los parámetros del sistema automático de medición de combustible en tiempo real.

- **O.E.3:**

Diseñar el sistema automático de medición de combustible en tiempo real.

- **O.E.4:**

Programar sistema automático de medición de combustible en tiempo real.

- **O.E.5:**

Definir la ubicación adecuada del sensor.

1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

1.3.1. Justificación técnica

Se justifica la investigación; debido a que un sistema tan importante y delicado como el abastecimiento de combustible, debe ser autónomo y eficiente, más aún al trabajar con sustancias altamente inflamables que pueden producir accidentes y desastres.

El sistema automatizado brindará al operador facilidad de monitoreo dado que tendrá la medida del nivel del reservorio.

1.3.2. Justificación económica

Se justifica el siguiente trabajo de investigación, al ser un sistema automatizado; por aumenta la efectividad y confiabilidad del proceso.

La presente investigación busca reducir los costos en respecto a otros sistemas de mayor costos que brindan funcionalidad similar.

Para ello, se utilizará software y hardware libre, tal como la placa electrónica Arduino uno, y dispositivos complementarios como sensores de nivel, conversor de señales análogo-digital y módulo de conversión de tensión a corriente.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

1.4.1. Alcances

El alcance del proyecto se basa puntualmente en que el sistema brindará de manera exacta la medida en la que se encuentra el combustible mediante una pantalla LCD. Siendo la medición constante y considerando una comunicación industrial 4 a 20mA para el sensor.

Limitaciones

- No existe mucha información sobre la investigación.
- El acceso al centro de distribución es limitado.
- Existieron dificultades con el idioma en la revisión de algunos videos.

CAPITULO II:
FUNDAMENTO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Nacionales

Carlos Nolberto Macines Romero (2008) opto el título de ingeniero mecánico con el proyecto titulado, “Estudio de ampliación de un servicentro con gasocentro de GLP de uso automotriz de 5000 galones de capacidad”

En este proyecto se puede apreciar la forma como las dimensiones de la cisterna, logra optimizar el uso de GLP como combustible, obteniendo mejores beneficios para los usuarios, con menores costos y logrando impactos positivos al medio ambiente debido a la No contaminación. Lográndose de esta manera una eficiencia y reducción de costos pudiéndose implementar a mediano y largo plazo en lugares donde casi se hacía imposible su implementación debido a sus elevados costos.

Paulo Cesar Salazar García (2014) para optar el título de ingeniero electrónico con el proyecto “Sistema remoto de monitoreo y medición de combustible en vehículos semipesados mediante energía solar”

En este proyecto se logró el monitoreo y supervisión de combustible, utilizando los siguientes equipos: un procesador de combustible y un equipo Satelital de Posicionamiento Global (GPS), accionado por un panel solar aprovechando energía limpia. Logrando obtener la muestra de los datos de medición de combustible mediante el uso de energía solar.

Jaime Abel Huby Vela (2005) para optar el título de ingeniero petroquímico “Estudio de riesgos de un gasocentro de GLP en el cercado de lima”

Este resultado de una sistematización a los aspectos fundamentales a tomarse en cuenta en el desarrollo del análisis de riesgos de un gasocentro de GLP en cercado de Lima. En ese sentido, el cumplimiento de las normas legales y técnicas vigentes, así como de informes y experiencias previas de profesionales y empresas del ramo dan el sustento necesario para hacer de ella un elemento de referencia de profesionales, estudiantes y público usuario

Muslim Jorge Abusada Sumar (2016) para optar el título de magister “Sistema integral de abastecimiento de combustible en la estación de servicio Yauli-Junin”

Reconociendo la importancia vital del abastecimiento de combustible se da la necesidad de implementación de un sistema integral de abastecimiento de combustible la cual permita tener un mayor control y mejores estándares de calidad para las operaciones de transporte, recepción, almacenamiento y despacho del combustible, logrando minimizar los riesgos inherentes al traslado y manipuleo de combustible además de ayudarnos a corregir los 3 errores y mermas de la empresa y tener una estación totalmente entrelazada y con un material humano de primera en las operaciones mineras

2.1.2 Internacionales

Juan Sebastián Chávez (P.S.F) en la obtención del título de ingeniero electrónico. “Diseño e implementación de un prototipo electrónico de medición de nivel de combustible líquido para un depósito utilizando tecnología inalámbrica”

Se determinó y se pudo observar el correcto funcionamiento del sensor ultrasónico seleccionado ya que dentro de sus factores que podían afectar su funcionamiento, estaba en el ancho del agujero donde el sensor envía y recibe el pulso ultrasónico ya que era un poco tedioso y poco estrecho para hacerse la medición, esto no afectó al sistema y otro factor importante a tener en cuenta era el rebote del haz ultrasónico causado por la forma cilíndrica del tanque, pero los datos captados no se ven afectados por dicho fenómeno y al final de todo esto los algoritmos propuestos al principio del proyecto fueron diseñados con el objetivo de que el sistema fuera totalmente automático, las pruebas corroboraron esa característica satisfactoriamente. El orden en el cual se realizan las funciones es el indicado para que al final del proceso para que el usuario obtenga los datos.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Tanques de suministro para estaciones de combustible

2.3.1. Diseño del tanque y sus instalaciones

El tanque soterrado es uno de los principales elementos mecánicos del grifo, su función es almacenar combustible, durante el periodo de tiempo entre el aprovisionamiento de las cisternas y la agencia a los vehículos de los clientes.

Las instalaciones del tanque cuentan con:

- Mano de obra que son una caja de concreto de protección, su cerco de seguridad del tanque.
- La instalación de protección catódica.

2.3.2. Diseño del tanque

La cisterna es un recipiente sometido a presión interior, cuyo diseño se realiza según el estándar de diseño de la ASME, sección VIII, división 1 o división 2 y en concordancia las normas API, API 12B, API 120 API F; y las normas UL142, UL 58; UL1316 y otras que sean equivalentes.

2.3.3. Dimensiones Mecánico

Tabla 1: Dimensiones del tanque:

Capacidad de operación	11,38 m^3 (3000 gal)
Presión de operación máxima	0.689 megapascales (MPa)
Material	Acero Carbonado. Ánodo galvánico.

2.3.4. Capacidad

Este tanque se diseñó teniendo en consideración un margen de seguridad del 10% de su volumen, lográndose obtener las siguientes medidas:

Capacidad del tanque: 11,36 m³.

Volumen por medida de Seguridad: 10 % equivalente a 1.136 m³

Volumen real del tanque: 12,496 m³

2.3.5. Presión

Estos tanques en su interior se encuentran permanentemente sometidos a una Presión constante, por lo que se debe de tener en cuenta al momento de su diseño, Presión de diseño (Pd), teniéndose en cuenta la presión de trabajo que va a soportar (Pt).

La presión de trabajo de acuerdo a la norma ASME, se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\text{Presión de diseño (Pd)} = \text{Presión de trabajo (Pt)} + 30 \quad (1)$$

$$\text{Presión de diseño (Pd)} = \text{Presión de trabajo (Pt)} + 0.2068 \quad (2)$$

$$\text{Presión de diseño (Pd)} = 2.5 \text{ Presión de trabajo (Pt)}. \quad (3)$$

Pd es el de mayor resultado con (2) y (3).

3. Prueba de Presión hidrostática (Ph):

Esta prueba se obtiene teniendo en cuenta la presión de diseño del tanque, multiplicada por la constante de 1.5 obteniéndose la siguiente ecuación:

$$\text{Presión hidrostática} = 1,5 \times \text{Presión de diseño (Pd)}.$$

Tabla 2. Valores de presión en el diseño de tanques de combustible

TIPOS DE PRESION	VALOR EN MPa
P. Trabajo	0.6895
P. Diseño	1.7237
P. Prueba Hidrostática	3.1026

- **Esfuerzo Máximo Permitido:**

Para hallar el valor de esfuerzo máximo, se efectuará ensayos con diferentes calidades de este material que cumpla con la resistencia que se requiere para el diseño designado.

- **Eficiencia en el Proceso de Soldadura:**

Se considera una eficiencia al 100%, con una inspección total de soldadura.

- **Margen de Corrosión**

Se considera un margen de corrosión igual a cero (0), utilizándose protecciones antioxidantes, anticorrosivas y protección catódica.

Consideraciones y dimensiones principales:

Se debe tener las siguientes consideraciones:

- Forma geométrica de la cisterna (Cilíndrico con semiesferas laterales).
- Posicionamiento de la cisterna (Horizontal).
- Almacenamiento con combustible (No se deberá llenar al 100%).

Se deberá llenar el 80 % de su capacidad máxima.

La superficie máxima en el llenado es considerada la cota máxima.

La cisterna no queda vacía al 100%, queda un combustible residual.

La cota mínima de llenado es 0,15 m. considerada entre el fondo del tanque y la superficie libre.

Volúmenes interiores a considerar:

V. Total (Vt).- Volumen líquido.

V. Máximo llenado.

V. Residual. - El combustible que queda en la parte inferior del tanque.

V. Neto. - Es la diferencia entre el Volumen residual y el Volumen máximo de llenado.

a) Volumen total de un tanque:

$V_t = V_c$ (Volumen del cilindro) + V_e (Volumen de las semiesferas).

Donde:

- V_t = volumen total del tanque (volumen líquido).

En un determinado diseño de tanque, el volumen del cuerpo cilíndrico estaría determinado por:

$$V_C = \frac{\pi D^2}{4} \cdot (L - D)$$

Donde: Diámetro: D y Longitud: L

Las partes geométricas laterales, constituyen una esfera, el volumen del cual se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Volumen de las semiesferas } (V_e) = 0.52236 D^3$$

$$V_t = \frac{\pi D^2}{4} (L - D) + 0.52236 D^3$$

Máximo Volumen de Llenado (VM): estaría regulada por la siguiente ecuación:

$$VM = K_v \cdot V_r$$

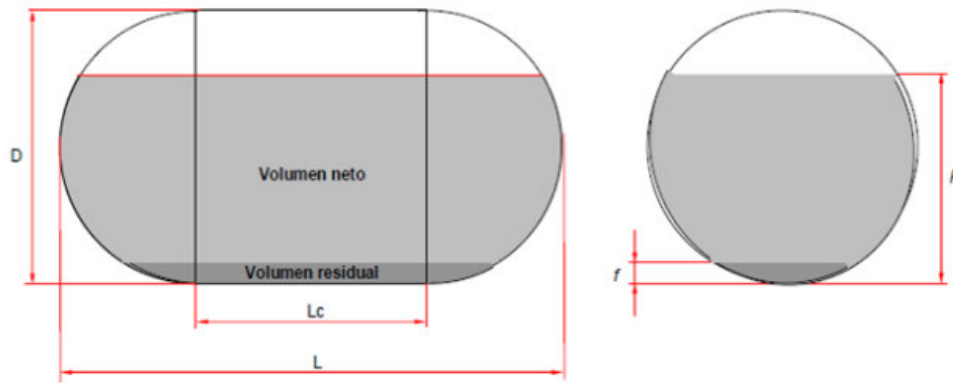


Figura 1: Volumen de un tanque

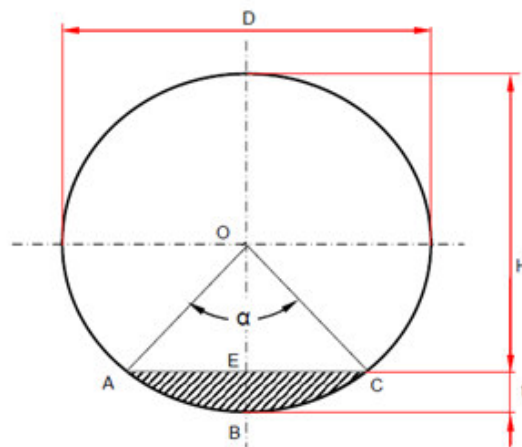


Figura 2: Determinación de un tanque

El Área de segmento circular, está definida por la siguiente ecuación:

$$A_{sc} = 2R \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

Este segmento circular, es determinado por el área enmarcado entre los puntos ABC, cuya altura es determinada por "f" enmarcados por los puntos BE, que es lo equivalente a la altura residual.

Para hallar el área y la dimensión de esta zona emplearíamos la siguiente ecuación trigonométrica:

$$\overline{OE}^2 + \overline{EC}^2 = \overline{CO}^2$$

$$\overline{OE} = \overline{OB} = f$$

$$\overline{OB}=R$$

$$\Rightarrow \overline{OE} = R - f$$

De acuerdo a estos resultados y teniendo en consideración la ecuación anterior:

$$\overline{EC} = \sqrt{R^2 - (R - f)^2}$$

$$\overline{EC} = \sqrt{R^2 - R^2 + 2Rf - f^2}$$

$$\overline{EC} = \sqrt{2Rf - f^2}$$

En la figura se observa que:

$$\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{\overline{EC}}{OC} = \frac{\sqrt{2Rf - f^2}}{R}$$

Reemplazando este valor en la siguiente ecuación:

$$Asc = 2R \operatorname{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Tenemos:

$$ASC = 2R \left(\frac{\sqrt{2Rf - f^2}}{R} \right)$$

Como: $2R=D$

$$ASC = 2\sqrt{2RF - f^2}$$

$$ASC = 2\sqrt{Df - f^2}$$

Encontrando el valor de ASC y teniendo la longitud del tanque, obtenemos el **volumen del segmento cilíndrico (vsc)**, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$vsc = 2(L - D)\sqrt{Df - f^2}$$

Volumen de las partes laterales, la encontramos con la siguiente ecuación:

$$v_{sc} = \pi f^2 \left(\frac{D}{2} - \frac{f}{3} \right)$$

Obteniendo este valor lo reemplazamos en la siguiente ecuación:

$$V_r = V_{sc} + V_{se}$$

Dando como resultado:

$$V_r = 2(L - D)\sqrt{Df - f^2} + \pi f^2 \left(\frac{D}{2} - \frac{f}{3} \right)$$

Teniendo en consideración el volumen neto:

$$\text{Volumen neto (vn)} = v_M - v_R$$

$$vn = kv \left(\frac{\alpha D^2}{4} (L - D) + 0.5236D^2 \right) - 2(L - D)\sqrt{Df - f^2} - \pi f^2 \left(\frac{D}{2} - \frac{f}{3} \right)$$

Teniendo los datos de las dimensiones del cilindro, longitud, diámetro, el coeficiente de llenado ($K_v=8$) y la cota del volumen residual ($f=0,15$ m) y la relacionamos con el volumen neto del combustible, obtenemos lo siguiente:

$$vn = 0.7854D^2(L - D) + 0.5236D^3 - 2(L - D)\sqrt{0.15D - 0.0225} - 0.0707 \left(\frac{D}{2} - 0,05 \right)$$

El Volumen Neto.- Es una ecuación indeterminada y está relacionada a la Longitud máxima (L) y Diámetro máximo (D), resolviéndose esta solo por aproximaciones sucesivas.

Las condiciones de diseño del tanque son:

Tabla 3: Diseño de un Tanque de combustible

Volumen neto	v_n	12.5 (3300 gal)
Longitud máxima	L	5 m
Diámetro máximo	D	3 m
Rango de volumen total (Líquido)	V_T	$5 < v_t < 40 m^3$

Este se calcula teniendo en consideración las medidas externas, como son longitud total (L) y diámetro (D) con una adición de 0,25 m. para ambos casos.

Los valores a considerar en “L” deben ser entre 4 a 5 m. y los valores en “D” entre 2 a 3 m.

Tabla 4: Capacidad de un tanque de combustible

Factor de llenado cota residual	K_v	%	80				
factor de conversión	f	m	0.15				
		L/gal	3.78854				
Longitud total	L	m	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00
diámetro	D	m	3.00	2.75	2.50	2.25	2.00
Volumen total(líquido)	v_t	m^3 gal	21.205 5602	19.797 5230	17.998 4754	15.903 4201	13.612 3.228
Volumen de llenado máximo	v_M	m^3	16.964	15.838	14.398	12.722	10.890
Volumen residual	v_N	m^3	1.410	1.967	2.460	2.882	3.228
Volumen neto de trabajo	v_N	m^3 gal	15.554 4109	13.871 3664	11.938 3154	9.840 2600	7.662 2024

2.2.2 Automatización industrial

La palabra automatización es usado para controlar procesos industriales y proviene del vocablo griego auto: que significa guiado por uno, y maquinarias, motores, sensores, a cargo de un operador. Son plataformas tecnológicas que se utilizan para la supervisión y control de los procesos industriales en tiempo real, y se soporta sobre redes y buses industriales para mantener comunicación a nivel de controladores de campo. (GAMOR, 2014).

La automatización, completa todo el equipamiento de sensores, actuadores y buses o redes de comunicación que se encuentran en campo en contacto directo con el proceso automatizado (Automatización Industrial, 2014).

La automatización Industrial es un conjunto de técnicas basadas en sistemas capaces de realizar acciones de análisis, organizarlas y controlarlas apropiadamente con el fin de agilizar los procesos de producción.

En las empresas industriales, la automatización es muy importante porque nos permite:

- Mayor demanda comercial.
- Productos de mejor calidad.
- Menorar costos en energía.

En los procesos de automatización logra incrementar la producción racionalizar las materias primas e insumos, reducir costos, reducir mano de obra, incrementando la seguridad de los procesos.

2.2.3 ARDUINO

Es una plataforma de código abierto. Su desarrollo se basa en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables dupont). El proyecto nació en 2003, cuando varios estudiantes del Instituto de Diseño Interactivo de Ivrea, Italia, con el fin de facilitar el acceso y uso de la electrónica y programación para que los estudiantes tuviesen una alternativa más económica a las populares.

Hay muchos otros microcontroladores y plataformas de desarrollo, pero **Arduino** además de simplificar el trabajo de programación, ofrece: Software Multiplataforma: Puede trabajar en todas las plataformas (Mac, Windows, Linux).



Figura 3: Arduino

Fuente: Arduino.com

Este sistema, está basado en un lenguaje de Programación Processing, este dispositivo que conecta lo analógico con lo digital y es el encargado de procesar y el medio de programación de los sensores a usar en nuestro proyecto.

El Arduino, es una plataforma electrónica muy usada para la programación y elaboración de proyectos.

2.2.4 ARDUINO UNO

Una de las plataformas mas usadas en los sistemas de programación en la actualidad es el Arduino UNO, por su reducido tamaño y bajo costo, actualmente se encuentra en su versión R3. Funciona a una velocidad de 16 MHz con un cristal externo y esta basada en el microcontrolador de 8 bits de Atmel ATmega3288, con 14 pines de entrada-salida y 6 entradas analógicas disponibles (ARDUINO, 2016).

(ARDUINO, 2016), Cuenta con un microcontrolador ATmega16U2, programado como un convertidor de USB a Serial. Posee memoria de 32 kB (kilobytes), de los cuales 500 bytes están destinado para el gestor de arranque



Figura 4: Placa electrónica Arduino Uno

2.2.5 SENSOR INDUSTRIAL

El sensor permite convertir la información, en una señal eléctrica estandarizada mediante la detección de parámetros físico – químico, para ser recibida hacia a los controladores (arduino).

Independientemente de la marca del fabricante se clasifican también según su tecnología (Arduino, 2014). Teniendo también sensores hidráulicos, electromecánicos, eléctrico, electrónico. Ejemplos: Presión, Temperatura, Nivel/volumen, PH y velocidad (Arduino, 2014).

2.2.6 SENSOR ULTRASÓNICO IRU9400

Capaces de medir la distancia de los objetos del entorno, utilizados para la actividad de mapeo.

Los "sensores de ultrasonidos" o "sensores ultrasónicos" detectan la proximidad y movimiento de los objetos, su rango varían: Rango mínimo: 0,15 m (como distancia mínima) y Rango máximo: 10.67 m (como distancia máxima).

Estos elementos utilizan señales sonoras de alta frecuencia, las cuales rebotan en los objetos cercanos y son captados de vuelta en la fuente. El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar, estos reflejan en un objeto, en la cual se puede realizar un estimado de la distancia al objeto conociendo la velocidad promedio del sonido en el ambiente.

El sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas, las cuales son elaboradas en el aparato de valoración; este método hace que las mediciones no sean afectadas por variaciones de luz o la opacidad de los objetos como con sensores infrarrojos.

En ambientes con excesiva acústica o sobre materiales en los que el sonido es absorbido (algodón o plumas), se pueden producir errores de medición. (Ultrasónico IRU-9400, 2015).

El sensor ultrasónico IRU-9400 utiliza el sonar para determinar la distancia a un objeto, similar a lo realizado por los murciélagos o delfines.

Ofrece una excelente detección con una alta precisión y lecturas estables, a partir de 0.15 m a 10.67 m o 0.50 - 35 pies. el funcionamiento no se ve afectado por la luz solar o material negro como telémetros (aunque acústicamente materiales blandos como el paño o telas puede ser difícil de detectar). Se completa con emisor de ultrasonidos y el módulo receptor, (Ultrasónico IRU-9400, 2015).

Estos sensores trabajan con materiales deflectores del sonido.

Características:

- Temperatura de funcionamiento: -40° - 140° F (-40° - 60° C)
- Voltaje de alimentación: 12-28 VDC
- Corriente en reposo: <2 mA
- Corriente de trabajo: 4-20 mA
- Frecuencia de trabajo: 50 KHz
- Ángulo eficaz: $\pm 0.25\%$ del rango
- Rango máximo: 10.7 m
- Rango mínimo: 0.15 m
- Resolución: 0.1 in. (2.5 mm)
- Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL): 20 mS.
- Duración del pulso eco de salida (nivel TTL): 100-25000 μ S.
- Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otro 20 mS.



Figura 5: Sensor industrial IRU-9400

2.2.7 sensores ultrasonico

Se considero los IRU-9400 debido a su bajo costo y facilidad para conseguir en el mercado. Utilizado para detectar superficies difíciles como son las no reflexivas y las llamadas suaves (soft surfaces). El sensor trasmisor de este modelo cuenta con las mismas características de aquellos de la familia IRU solo que fue diseñado para responder a superficies difíciles de medición de nivel, detección de presencia u obstáculos. Es aplicable tanto a sólidos como a líquidos. **Rango: 0.15 a 10.67 mts.**

Cables de conexión:

- Rojo: +24 VDC (1)
- Negro: Tierra DC (3)
- Blanco 4-20 mA Salida (4)



Figura 6: Cables de conexión

2.2.8 FUNCIONAMIENTO DEL IRU-9400

(APG), Este dispositivo cuenta con 2 elementos como son un emisor de alta frecuencia y un receptor. Se inicia el proceso de medición enviando un pulso de 5V por espacio de 20 mseg. Iniciándose la transmisión de 8 pulsos de sonido a 50 KHz utilizando el parlante. Al ser detectado el sonido respondido por objetos cercanos el pin ECHO se coloca en 5 V y se mantiene así por un tiempo proporcional a la distancia.

$$Distancia [m] = \frac{(tiempo ECHO[S]) \times Velocidad\ sonido [m/s]}{2}$$

Teniendo en consideración la velocidad del sonido, y asumiendo el tiempo del pin ECHO en microsegundos y la distancia en centímetros, la fórmula puede simplificarse a:

$$Distancia [cm] = \frac{(tiempo ECHO[us]) \times 0.034 [cm/us]}{2}$$

$$Distancia [cm] = \frac{(tiempo ECHO[us]) \times [cm/us]}{58}$$

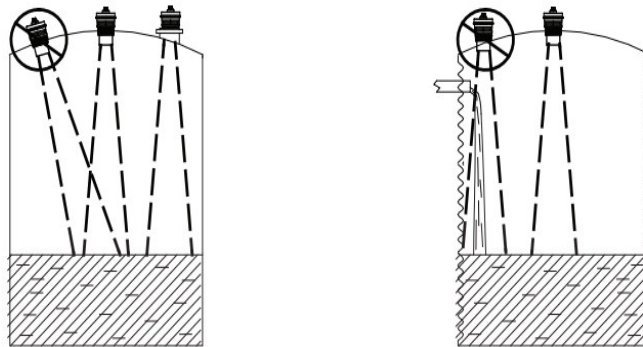


Figura 7: Funcionamiento del IRU-9400

2.2.9 LCD 1602A

Display LCD alfanumérico de 16x2. Backlight tipo LED color azul. Interface paralela. 5V. Las pantallas LCD tienen una interfaz paralela, lo que significa que el microcontrolador tiene que manipular varios pines de interfaz a la vez para controlar la visualización.

Características:

- 16 caracteres x 2 líneas
- Caracteres de 5x8 puntos
- Tamaño de caracter: 5.23 x 3 mm
- Puede mostrar letras, números, caracteres especiales, y hasta 8 caracteres creados por el usuario
- Backlight de LED color azul
- Caracteres color blanco
- Interface paralela. Puede operar en modo de 8 bits, o de 4 bits para ahorrar pines del microcontrolador
- Posee controlador KS0066U o equivalente on-board (compatible Hitachi HD44780)
- Voltaje de alimentación: 5 V

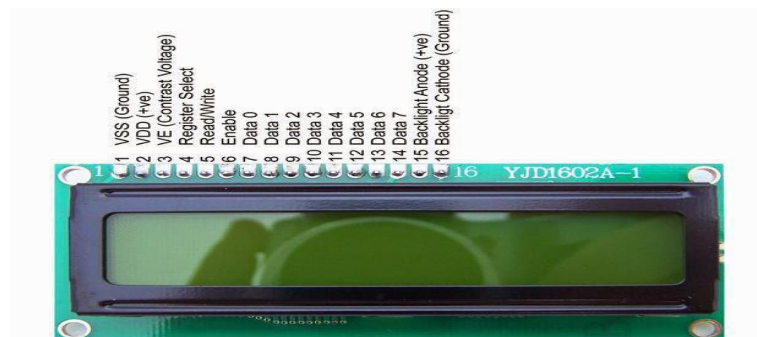


Figura 8: LCD 1602^a

2.3 MARCO METODOLOGICO

El sistema funciona con una placa electrónica Arduino Uno que recibe la información de los niveles de los tanques de combustible , atreves del sensor ultrasónico; el arduino selecciona el cambio de voltaje que emite el sensor ultrasónico interpretando esa señal voltaje y transformándola en una unidad de medida que es en metros, este resultado se verá en la pantalla del arduino para el uso del encargado o supervisor que tendrá a la mano información en tiempo real del nivel de combustibles de los reservorios.

Para el desarrollo de este trabajo de investigación será necesario conocer:

- Métodos de control automático.
- Equipos utilizados para la automatización de abastecimiento y control de nivel del suministro de hidrocarburos.
- Principios hidráulicos.
- Principios de hidrocarburos.
- Sensores y actuadores.
- Almacenaje y traslado de sustancias peligrosas.
- Estudio de hidrodinámica.
- Uso y programación del Arduino.
- Averiguar el área de la arquitectura para hacer el prototipo.
- Desarrollar el sistema de monitoreo a controlar.
- Averiguar el sistema electrónico de los dispositivos controlados.

El tipo de estudio a realizar es del tipo transversal, su ejecución y su posible término, es alrededor de 1 meses.

2.4 MARCO LEGAL

- Un grifo no puede estar cerca de un colegio, iglesia, centro comercial u otro punto de gran afluencia de público. Debe guardar al menos una distancia de 50 metros respecto a estos lugares.
- Las conexiones de los tanques deben hacerse por su parte superior. Todas las conexiones incluidas aquellas para hacer mediciones deberán contar con tapas herméticas. El tanque deberá llevar una placa que identifique al fabricante, muestre la fecha de construcción y la presión de prueba a que fue sometido.
- Los tanques deben cumplir aspectos básicos de diseño. Estos serán construidos con plancha de fierro o de fibra de vidrio de los espesores indicados por los cálculos. En ningún caso el espesor de la plancha será menor de (3/16 de pulgada).
- Las islas de surtidores y/o dispensadores deben tener defensas de fierro o concreto, o cualquier otro diseño efectivo contra choques, las que se destacarán con pintura de fácil visibilidad.
- Para las islas de despacho el retiro mínimo será de tres metros (3 m) a partir del borde interior de la vereda o acera.
- Toda Estación de Servicio y Puesto de Venta (Grifos) estará provisto de un mínimo de dos (2) extintores contra incendio, portátiles de once kilogramos (11 Kg.) a quince kilogramos (15 Kg.) impulsado por cartucho externo, cuyo agente extintor sea de múltiple propósito ABC (polvo Químico seco a base de Monofosfato de amonio al 75% de fuerza y con una certificación UL. no menor a 20A:80BC), los que serán colocados en lugares visibles y de fácil acceso, y contarán con una cartilla que tenga las instrucciones para su uso.
- Ley Orgánica que norma las actividades de Hidrocarburos en el territorio nacional LEY N° 26221

CAPITULO III: DESARROLLO

3.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS CENTROS DE COMBUSTIBLES DEL

DISTRITO DE PUENTE PIEDRA

Como se puede observar en la tabla 5 existen 22 centros de servicio de expedición de combustible, los cuales realizan la medición de combustible de forma manual. A continuación, se listan cada uno de ellos:

Tabla 5: Relación de grifos autorizados en el distrito de Puente Piedra

RUC	EMPRESA	DIRECCION	DISTRITO
20536547976	INVERSIONES BJI S.A.C.	AV. SAN JUAN MZ. E LT. C-5 LOS GRAMADALES	PUENTE PIEDRA
20429459436	GRIFO SAN BARTOLOME E.I.R.L.	CALLE TACNA ESQUINA CON CALLE ABANCAY MZ 77 LT 1 AA.HH. SANTA ROSA	PUENTE PIEDRA
20503840121	REPSOL COMERCIAL S.A.C.	CARRETERA PANAMERICANA NORTE KM. 28.3	PUENTE PIEDRA
20506431311	ENERGY OIL COMPANY S.A.C.	AV. NESTOR GAMBETTA S/N LOTIZACION LEONCIO PRADO, MZ. F, LOTE 83	PUENTE PIEDRA
20109841812	EMPRESA DE TRANSPORTES PERU S.A.	ESQ. LAS PALMERAS Y ACASIAS MZ. H, LT-12 LOTIZACION ENSENADA	PUENTE PIEDRA
20508778849	INVERSIONES SANTISIMA TRINIDAD S.A.C.	AUTOPISTA VENTANILLA MZA. G LT. 100 LEONCIO PRADO	PUENTE PIEDRA
20506431311	ENERGY OIL COMPANY S.A.C.	CARRETERA PANAMERICANA NORTE KM. 33.5	PUENTE PIEDRA
20520467344	TRANSERVIS PACIFICO S.A.C	CALLE SAN MARTIN MZ. E3, LOTE 2 - EL DORADO	PUENTE PIEDRA
20555484047	INVERSIONES GENERALES SAN AGUSTIN PERU S.A.C.	AV. EL TRIUNFO S/N MZ.Q-2, LOTE 5. PARCELACION ZAPALLAL	PUENTE PIEDRA
20546240852	EMPRESA SUVAR S.A.C.	PANAMERICANA NORTE KM. 26.5 MZ. C LOTE 5-RESIDENCIAL SAN PEDRO	PUENTE PIEDRA
20523473949	CORPORACION PETROLERA SAN ANTONIO S.A.C.	AV. 4 N 510, ALTURA KM. 37.5 DE LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE, MARGEN IZQUIERDA LIMA-ANCON	PUENTE PIEDRA
10084701730	ANTONIA CRUZ DOMINGUEZ	AV. LEONCIO PRADO N° 344 - ZAPALLAL	PUENTE PIEDRA
20510422121	SERVICENTRO PASAMAYO S.A.C.	CARRETERA PANAMERICANA NORTE KM. 34 Y CALLE SANTA ROSA MZ. K-1. LT. 12, CENTRO POBLADO ZAPALLAL AV SANTA ROSA MZ D LTE 1 ASOC.	PUENTE PIEDRA
20537883601	INVERSIONES ELCHER S.A.C.	DE PROP. LOS PARRALES DE PUENTE PIEDRA	PUENTE PIEDRA

20555484047	INVERSIONES GENERALES SAN AGUSTIN PERU S.A.C.	AV. EL TRIUNFO S/N MZ.Q-2, LOTE 5. PARCELACION ZAPALLAL	PUENTE PIEDRA
20523706803	PETRO EXPLORIUM S.A.C.	KM. 25 DE LA CARRETERA PANAMERICANA NORTE	PUENTE PIEDRA
20503840121	REPSOL COMERCIAL S.A.C.	CARRETERA PANAMERICANA NORTE KM. 28.3	PUENTE PIEDRA
20330033313	PERUANA DE ESTACIONES DE SERVICIOS S.A.C.	AV. LEONCIO PRADO N° 780 (PANAMERICANA NORTE KM. 34.5)	PUENTE PIEDRA

FUENTE: OSINERGMIN



Figura 9: Medición de los pozos



Figura 10: Regla para la medición

3.2 DETERMINAR LOS PARÁMETROS DEL SISTEMA DE MONITOREO DEL NIVEL DE COMBUSTIBLE EN TIEMPO REAL

El proceso de medición de combustible que se usará consta de una placa Arduino Uno que está conectado al sensor ultrasónico IRU-9400 que percibe el nivel de combustible en el que se encuentra el reservorio en tiempo real y esos datos se verá reflejado en una pantalla LCD 1602A que usará el encargado o supervisor.

Se muestra el diagrama de tiempos del sensor ultrasónico IRU-9400, la operación de medición se inicia recibiendo un impulso de (5V) al menos 10us, este iniciará el sensor transmitirá a cabo 8 ciclo del ruido del ultrasónico a una frecuencia de 50kHz y esperar la ráfaga ultrasónica reflejada. Cuando detecta el sensor ultrasónico desde el receptor, se establecerá el pasador Echo a alto (5V) y el retardo de un período (ancho) que proporción a la distancia. Para obtener la distancia, se mide en metros y el $\text{Tiempo} = \text{Ancho de pulso de eco}$, en (microsegundos). Se trata de un sensor medidor de distancia que tiene un alcance entre 0.15 m y 10.7 m, es decir mide la longitud a la que se encuentra un objeto que se interpuso con el envío de la señal ultrasónica.

3.2.1 SELECCIONAR EL MODELO O LA ESTRATEGIA DE CONTROL A UTILIZAR

El modelo o estrategia a usar en la tesis es la automatización es lo más recomendable para estos procesos, que se busca la eficiencia y que sea de bajo costo.

Para automatizar este sistema se usará una Placa Arduino Uno conectado al sensor ultrasónico que percibirá todo lo que se encuentra dentro de los reservorios, que en nuestro caso será el nivel de combustible que se encuentra en el reservorio

3.2.2 ARDUINO

Es una plataforma de código abierto. Su desarrollo se basa en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables dupont).

Figura 11: ARDUINO UNO



3.2.3 SENSOR DE ULTRASONICO (IRU9400)

El sensor ultrasónico IRU-9400 a usar en este sistema debe estar en el rango de medida de la altitud de los reservorios, midiendo solo el nivel de combustible. Este rango es de 1,2 cm como mínimo y 1,5 metros a 2 metros como máximo, como se muestra en lo siguiente:

- Voltaje de funcionamiento: 12-28 VDC
- Corriente estática: <2 mA
- Trabajo actual: 20mA
- Frecuencia de trabajo: 50KHz
- Temperatura de funcionamiento: -40° - 140°F (-40° - 60°C)
- Ángulo Eficaz: $\pm 0.25\%$ del rango
- Distancia de detección: 0.15 m – 10.7 m
- Resolución: 0,3 cm
- Medición de ángulo: 30 °

3.2.4 MEDICIONES DEL SENSOR ULTRASONICO

Con la fórmula antes expuesta en el punto 2.2.6 vamos demostrar el funcionamiento y la obtención de las distancias, obtenidas por el sensor ultrasónico.

$$Distancia [m] = \frac{(tiempo ECHO[S]) \times Velocidad sonido [m/s]}{2}$$

Velocidad del sonido = 340 m/s,

Reduciendo la fórmula:

$$Distancia [cm] = \frac{(tiempo ECHO[us]) \times 0.034 [cm/us]}{2}$$

$$Distancia [cm] = \frac{(tiempo ECHO[us]) \times [cm/us]}{58}$$

A 1 metro (ó 100 cm) el sensor ultra sónico mide el tiempo en que el sonido emitido por el emisor demora en regresar al receptor, con el tiempo obtenido solo agrega a la formula y con ello obtiene la distancia.

$$T = 5800us$$

$$Distancia [cm] = \frac{(5800us) \times [cm/us]}{58}$$

$$Distancia [cm] = \frac{(5800) \times [cm]}{58}$$

$$Distancia [cm] = 100 cm$$

A 1.5 metro (ó 150 cm)

$$T = 8700us$$

$$Distancia [cm] = \frac{(8700us) \times [cm/us]}{58}$$

$$Distancia [cm] = \frac{(8700) X [cm]}{58}$$

$$Distancia [cm] = 150 \text{ cm}$$

Tabla 6: Distancias Obtenidas

Tiempo	Distancia
5800 us	100 cm
8700 us	150 cm
11600 us	200 cm

3.2.5 DIMENSIONES DE LOS TANQUES

La dimensión de los reservorios de los grifos va a depender proporcionalmente del tamaño del terreno y de los requerimientos de la empresa porque no hay una normal estándar que ordene osinergin, pero si de la profundidad de los tanques serán enterrados con una cubierta mínima de 0.45 metros de material compactado hacia la superficie del suelo o Pavimento.

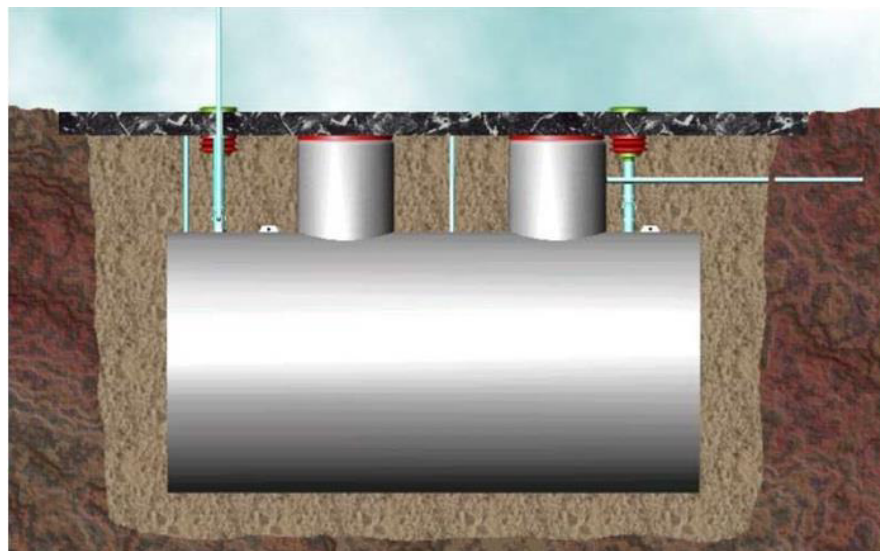


Figura 12: Dimensiones de los tanques

3.3 DISEÑAR EL SISTEMA AUTOMÁTICO DE MEDICIÓN DE COMBUSTIBLE EN TIEMPO REAL

Como se puede observar en la Figura 14, se muestra el circuito completo del sistema de medición de combustible, el cual consta de una fuente de alimentación en DC a 12V -1A, la cual alimentará todo el sistema.

Como se puede apreciar se cuenta con 2 canales de censado, siendo el canal del módulo de estandarización industrial el canal diseñado para el funcionamiento del sistema de monitoreo, sin embargo, también se ha considerado un sensor de menor jerarquía para propósitos de construcción de prototipo y demostración de la programación y operatividad del sistema.

Respecto al primer canal de censado el sensor realizará la adquisición del nivel de combustible en el tanque y convierte las señales ultrasónicas recibidas a señales eléctricas, las cuales son ingresadas al módulo de conversión de tensión a corriente de 4 a 20mA, las cuales posteriormente son convertidas con el conversor análogo digital para ser procesadas en el módulo central Arduino Uno y mostradas en texto en el LCD.

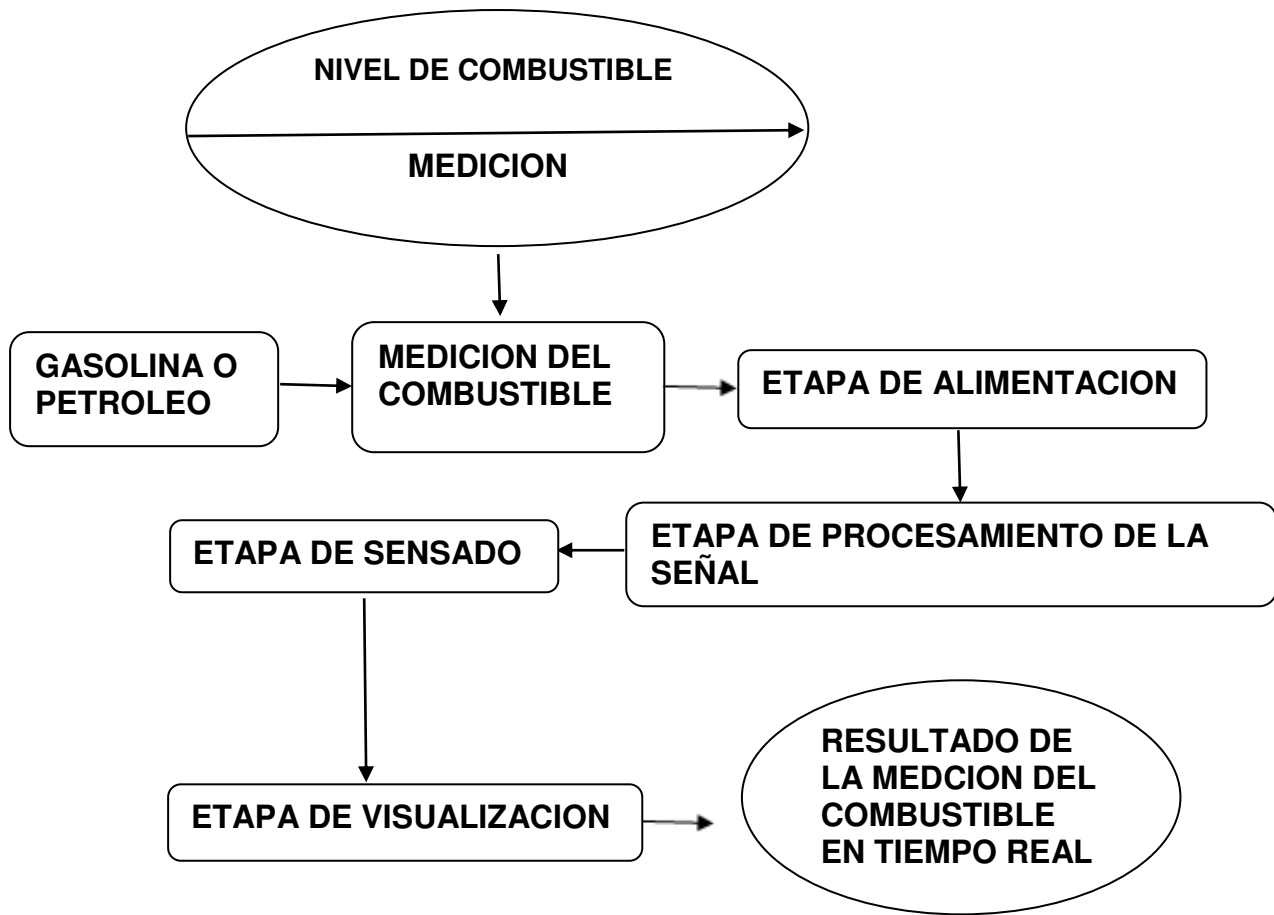


Figura 13: Diagrama de Bloques

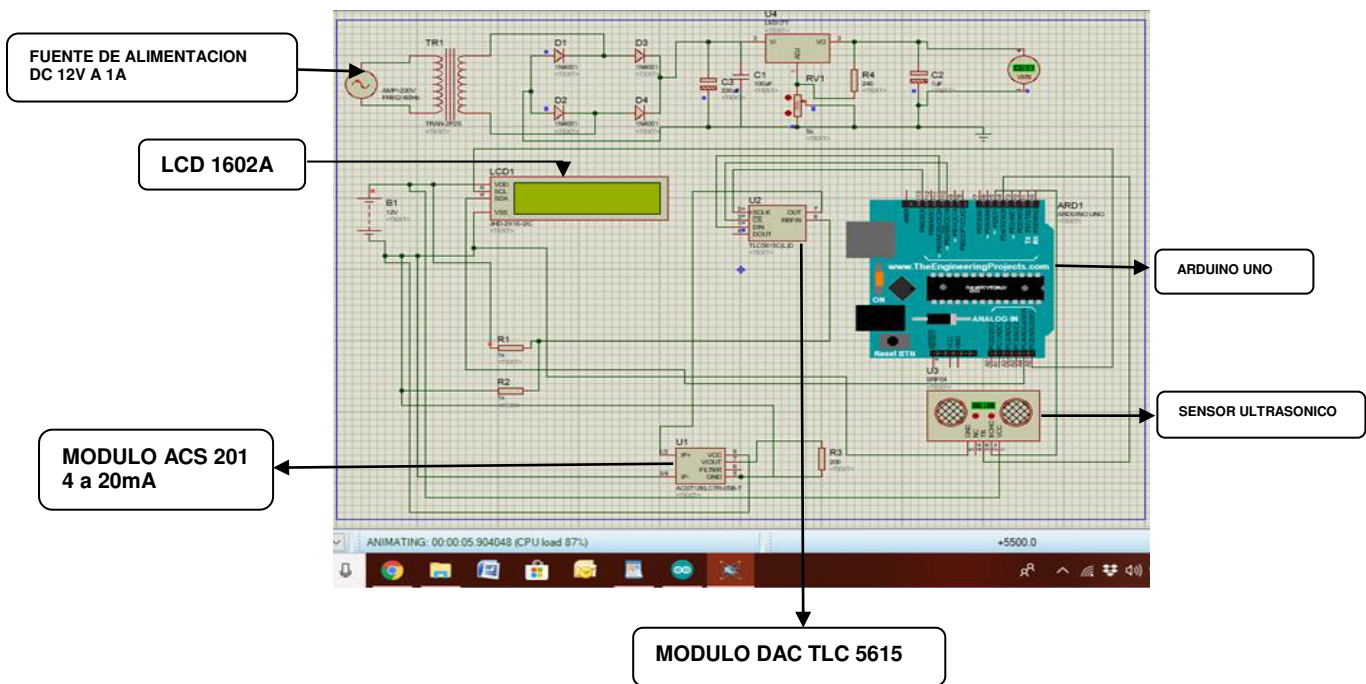


Figura 14: Diagrama del proyecto

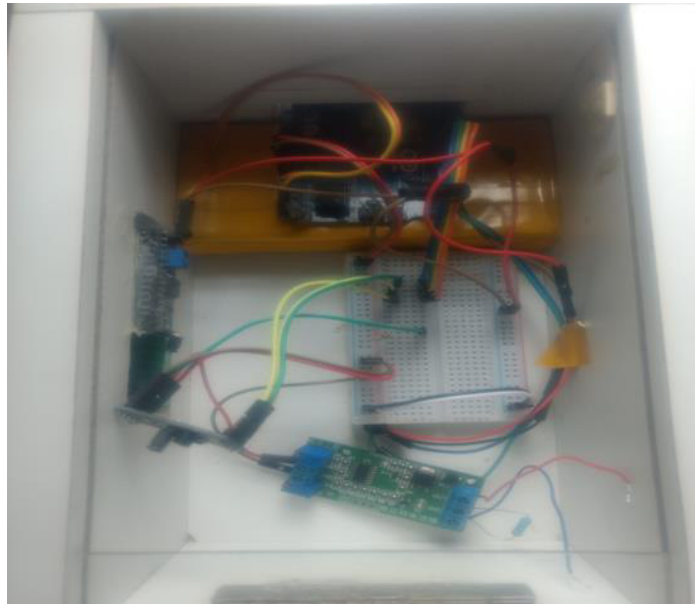


Figura 15: Diseño del proyecto

El circuito está compuesto por diversas etapas las cuales detallamos a continuación:

Para el calculo de los valores se ha utilizado la hoja técnica del fabricante, para el caso de la alimentación todos los valores han sido considerados con base a la configuración del LM317T para una salida de voltaje de 12v para ello se cuenta con la siguiente formula:

$$V_o = V_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) I_{adj} R_2$$

$I_{adj} = 100\mu A$

$V_{ref} = 1.25$

$R_1 = 5\text{ K}\Omega$

$R_2 = 240\Omega$

3.3.1. Etapa de alimentación

Respecto a la etapa de alimentación como se puede observar se requiere un voltaje de 12 voltios para alimentar la etapa de acondicionamiento de las señales del sistema. Para ello se tiene un transformador que convertirá la señal alterna de 220vac a 30vac, luego se ha utilizado un puente de diodos rectificadores a 1A que es un componente electrónico que rectificará en onda completa la señal recibida del transformador, ha sido necesario utilizar algunos condensadores que ayudan a filtrar y estabilizar la señal continua que se desea obtener; en ese sentido utilizaremos el regulador de voltaje LM317T el cual permite regular la tensión en DC, por medio de un potenciómetro que regulará al nivel de voltaje deseado.

Etapa de sensado

El sensor IRU 9400 será el que se encargará de detectar objetos a una distancia de 11mt; este dispositivo cuenta con 3 cables de conexión que se distinguen en 3 colores.

Cable Negro: Es el cable de tierra del sensor IRU 9400; el cual estará conectado a la bornera de tierra del modulador ACS201

Cable Rojo: Es el cable del sensor que es alimentado con un voltaje de 24v. Dicho cable está directamente conectado a la bornera del modulador ACS201 (VCC)

Cable Morado: Es el cable del sensor que trabaja de 4-20mA, dicho cable está directamente conectado a la bornera (OUT) del modulador ACS201.



Figura 16. Módulo de acondicionamiento

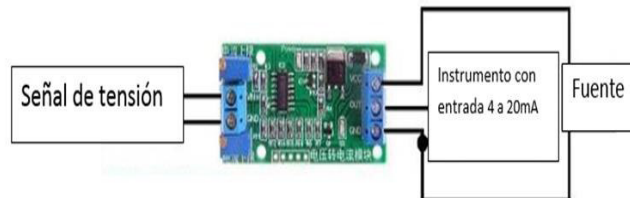


Figura 17. Etapas de acondicionamiento del modulo

El modulo ACS201, es un dispositivo electrónico que permite controlar equipos industriales, dado la que está configurado para trabajar bajo la estandarización industrial de señales conocida como 4 a 20mA, siendo capaz de trabajar con diversos procesadores, microprocesadores y tarjetas electrónicas de propósito general; que en nuestro caso es Arduino Uno.

En los bucles de control de 4-20 mA de dos cables, utilizamos transmisores de 2 cables para convertir las señales de proceso

El ACS201 realiza conversion de 0 -10v a 4 a 20 mA

A nivel industrial se utilizan señales de campo ya sea de control o supervision

Una de la señales mas comunes es 0 – 20 mA

Es tipo no aislado

Es voltaje a corriente , no es bidireccional

El modulo cuenta con un led en la parte superior que indica que esta encendido

Tambien cuenta con otro led que solo se activa añ conectar a la salida de la corriente

El modulo cuenta con 2 potenciómetros ZERO y SPAN para la calibracion

en relación con los transmisores de dos hilos y el bucle de corriente asociado de 4-20 mA.

El bucle de corriente del modulo de 4-20 mA también permite que dispositivos adicionales del "Receptor" se conecten en serie en el bucle sin una pérdida de señal. Es decir, siempre que la fuente de alimentación del lazo tenga la capacidad suficiente para controlar la tensión IR adicional. Siempre que las caídas de voltaje de los dispositivos agregados, y su voltaje no excede la tensión nominal máxima del transmisor.

El estándar del transmisión de 4-20 mA también tiene poca energía inherente, lo que minimiza su capacidad para acoplar el ruido a otros sistemas y también reducir sus emisiones radiadas.

Respecto a la conexión utilizaremos 2 cables que salen del módulo ACS201 los cuales detallo a continuación:

Cable Negro: El cable de la bornera (GNB) del modulador ACS201 estará conectado al pin de tierra o GND del Arduino Uno y también generará un nodo con el cable de tierra del potenciómetro de 10 k.

Cable Rosado: El cable de la bornera (VNS) del modulador ACS201 lo conectaremos al pin digital (11) del Arduino

3.3.2. Etapa de procesamiento de la señal

El Arduino Uno tiene pines analógicos y digitales y cumple la tarea de visualizar señales en tiempo real mediante la programación; en ese sentido la conexión que a continuación se señala permitirá obtener el registro de los datos obtenidos por el sensor, los cuales atraviesan el módulo de acondicionamiento para que el dato a voltajes digitales se procese por el Arduino Uno y luego dichos datos, se muestren en una pantalla LCD. A continuación, detallaremos la conexión:

Cable Negro: Utilizaremos el pin (GND) del Arduino Uno que está conectado a tierra del potenciómetro de 10k y a la vez el cable (GND) del modulador ACS201.

Cable Rosado: El pin digital 11 del Arduino se conecta a la bornera (VNS) del modulador ACS201 de 4-20mA

Cable Amarillo: El pin digital (A0) del Arduino se conecta al terminal medio del potenciómetro de 10k.

Cable Rojo: El cable de voltaje de 5 voltios del potenciómetro de 10 k que está conectado al nodo de poder del Arduino 5 VDC y a las terminales del LCD2A en (VCC) también se conecta con la terminal (LED+)

Cable Morado: De la salida del pin digital 2 del Arduino se conecta la entrada del pin (7) al LCD1602A.

Cable Azul: De la salida del pin digital 3 del Arduino se conecta la entrada del pin 6 del LCD1602A.

Cable Verde claro: Del pin digital 4 del Arduino se conecta la terminal del LCD1602A al pin (5)

Cable Amarillo: Del pin digital 5 de Arduino se conecta al pin 4 del LCD1602A.

Cable Dorado: Del pin digital 8 del Arduino se conecta la terminal E del LCD1602A.

Cable Marrón. Del pin digital 8 del Arduino se conecta a la terminal RS del LCD1602A.

3.3.3. Etapa de visualización

El LCD1602A nos permitirá observar el valor del nivel de combustible en el tanque de la estación de servicio, para ello ha sido necesario configurar previamente en el Arduino, el algoritmo que permita convertir la información digital recibida del sensor a datos de nivel en metros.

Respecto a las conexiones realizadas, a continuación, se detalla cada ping de conexiona entre el Arduino y el LCD:

Cable Negro: Del pin LCD1602A (VSS) se conecta la tercera terminal del potenciómetro 3362M viene ser tierra y también unas de sus terminales estará directamente conectada al pin de poder del Arduino (GND) y después se conectará al potenciómetro de 10 kohm a su tercera terminal que viene ser tierra, culminando conectando a las borneras del módulo ACS201(GND).

Cable Rojo: Del terminal del LCD1602A se conecta al potenciómetro 3362M que a la vez, se alimenta con 5V. Luego es alimentada unos de sus pines del Arduino (5V) y al final la conexión es concluida ya que es alimenta por el primer terminal del potenciómetro de 10k con (5v).

Cable Verde Oscuro: de la terminal del LCD 1602A (VEE) ES conectado al potenciómetro 3362M en la terminal del medio.

Cable Marrón: del terminal del LCD 1602A (RS) se conecta al pin digital del Arduino (-9).

Cable Dorado: del terminal LCD 1602A (E) se conecta al pin digital del Arduino (8).

Cable Amarillo: del terminal LCD 1602A (D4) se conecta al pin digital del Arduino (-5).

Cable Verde claro: del pin digital del Arduino que es (4) se conecta a la terminal del LCD1602A al pin (5).

Cable Azul: de la salida del pin digital 3 del Arduino se conecta a la entrada del pin (6) del LED1602A.

Cable Morado: de la salida del pin digital 2 del Arduino se conecta a la entrada del pin (7) al LCD 1602

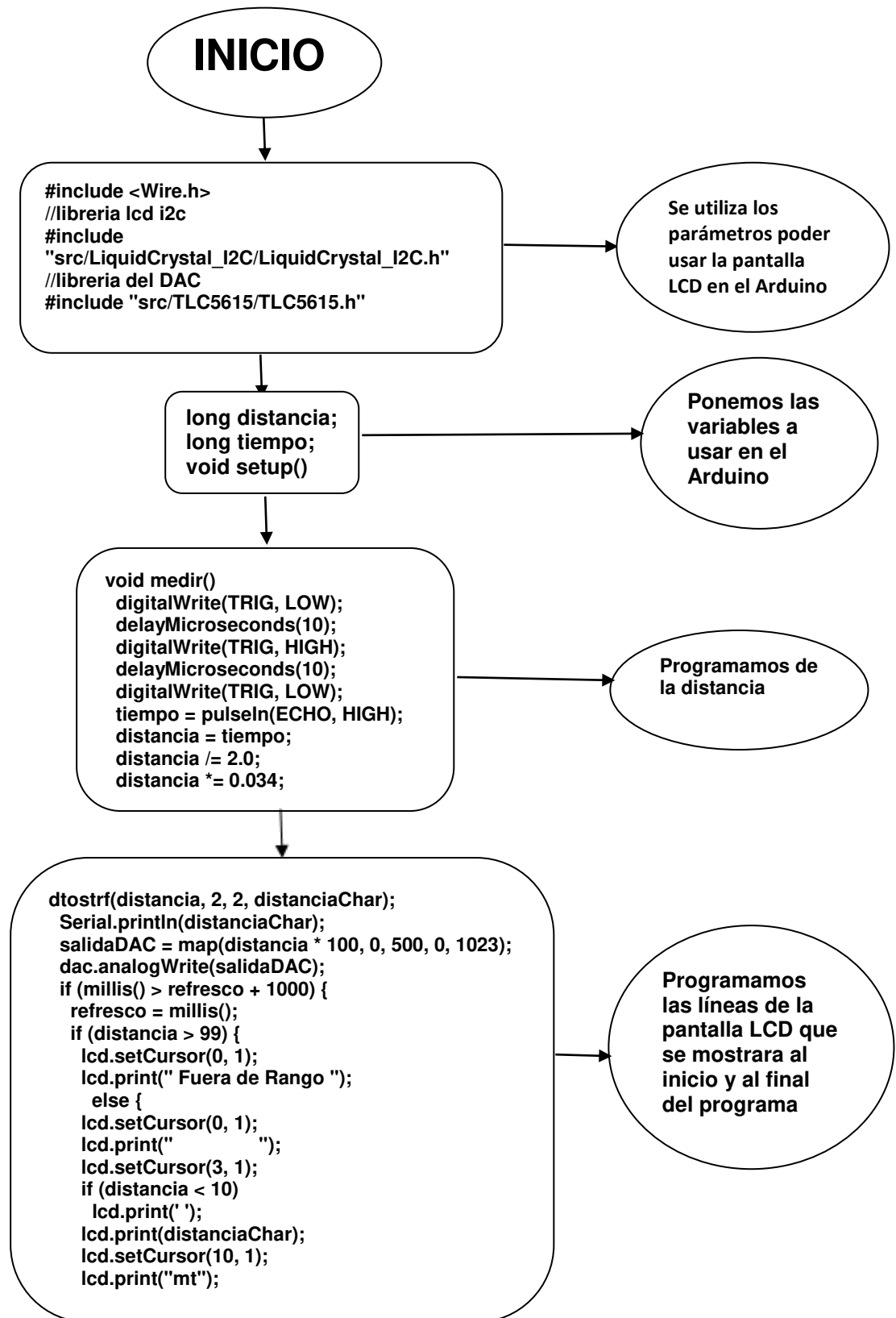


Figura 18: Diagrama de Flujo

3.4 PROGRAMAR SISTEMA AUTOMÁTICO DE MEDICIÓN DE COMBUSTIBLE EN TIEMPO REAL.

Para el desarrollo de la programación del Arduino, se debe considerar el comportamiento de las diferentes variables, tales como: sensor ultrasónico y pantalla LCD. Se desea mostrar de forma gráfica y sencilla algunos diagramas de flujo que permitan entender el funcionamiento real del sistema, teniendo en cuenta que lo único que varía de acuerdo al tiempo son las lecturas que nos da el sensor.

3.4.1 CONFIGURACION DE LOS SENSORES A TRAVES DE ARDUINO UNO

Los sensores que trabajan con Arduino, se caracterizan por tener una programación, el cual determinara su correcto funcionamiento.



```
nivel_de_tanque_DAC_4-20ma Arduino 1.8.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
nivel_de_tanque_DAC_4-20ma
//libreria i2c
#include <Wire.h>
//libreria lcd i2c
#include "src/LiquidCrystal_I2C/LiquidCrystal_I2C.h"
//libreria del DAC
#include "src/TLC5615/TLC5615.h"

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // set the LCD address to
TLC5615 dac(10);

//definimos pines del ultrasonido
#define ECHO 5
#define TRIG 4

// variables de trabajo
float distancia;
unsigned long tiempo;
char distanciaChar[6];
char distanciaTmp[6];

void setup() {
  //inicia el dac
  dac.begin();
  //inicia el puerto serie
  Serial.begin(38400);
  //configuracion de entradas salidas
  pinMode(TRIG, OUTPUT);
}
```

```
nivel_de_tanque_DAC_4-20ma Arduino 1.8.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
nivel_de_tanque_DAC_4-20ma
// variables de trabajo
float distancia;
unsigned long tiempo;
char distanciaChar[6];
char distanciaTmp[6];

unsigned long refresco;

volatile static unsigned long salidaDAC;

void setup() {
  //inicia el dac
  dac.begin();
  //inicia el puerto serie
  Serial.begin(38400);
  //configuracion de entradas salidas
  pinMode(TRIG, OUTPUT);
}
```

Figura 19: Programación del Arduino

```
nivel_de_tanque_DAC_4-20ma
#include <Arduino.h>
// iniciamos el lcd
lcd.init();
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(" Universidad ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" UCH ");

delay(3000);

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(" N. Combustible ");
}

//rutina para medir distancia
```

```
nivel_de_tanque_DAC_4-20ma
//rutina para medir distancia
void medir() {
  digitalWrite(TRIG, LOW);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG, LOW);

  tiempo = pulseIn(ECHO, HIGH);
  distancia = tiempo;
  distancia /= 2.0;
  distancia *= 0.034;
}

void loop() {
```

```
nivel_de_tanque_DAC_4-20ma
void loop() {
  medir();

  dtostrf(distancia, 2, 2, distanciaChar);
  Serial.println(distanciaChar);

  salidaDAC = map(distancia * 100, 0, 500, 0, 1023);
  dac.analogWrite(salidaDAC);

  if (millis() > refresco + 1000) {
    refresco = millis();

    if (distancia > 99) {

      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print(" Fuera de Rango ");
    }
    else {
      lcd.setCursor(0, 1);
```

```
nivel_de_tanque_DAC_4-20ma
if (distancia > 99) {

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" Fuera de Rango ");
}
else {
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(3, 1);
  if (distancia < 10)
    lcd.print(' ');
  lcd.print(distanciaChar);
  lcd.setCursor(10, 1);
  lcd.print("cm");
}
}
delay(100);

/*
```

Figura 20: Programación del Arduino (continua)

Programa:

```
include <Wire.h>
```

```
#include <Wire.h>
//libreria lcd i2c
#include
"src/LiquidCrystal_I2C/LiquidCrystal_I2C.h"
//libreria del DAC
#include "src/TLC5615/TLC5615.h"
```

Se utiliza los parámetros poder usar la pantalla LCD en el arduino

```
long distancia;
long tiempo;
void setup()
```

Ponemos las variables a usar en el Arduino.

```
#define ECHO 5
#define TRIG 4
```

Programamos los pines del sensor ultrasónico para que valla en las entradas 4 y 5 en el arduino

```
/
//inicia el dac
dac.begin();
//inicia el puerto serie
Serial.begin(38400);
//configuracion de entradas salidas
pinMode(TRIG, OUTPUT);
pinMode(ECHO, INPUT);
```

Modulo DAT

Convierte la señal digital a analógica

```
}lcd.init();
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(" Universidad ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" UCH ");
```

Programamos las líneas de la pantalla LCD que se mostrara al inicio del programa

```
delay(3000);
```

```
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(" N. Combustible ");
}
```

```

void loop(){
  digitalWrite(TRIG, LOW);; /* Por cuestión de estabilización del sensor*/
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG, HIGH);; /* emisión del pulso ultrasónico*/
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG, LOW);/* mide la longitud del pulso entrante y el tiempo entre el envío
del pulso ultrasónico y la recepción del rebote.
  tiempo = pulseIn(ECHO, HIGH);
  distancia = tiempo;
  distancia /= 2.0;
  distancia *= 0.034;

```

```

if(distancia <= 10.7){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Nivel Combustible ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Distancia ")

  } lcd.print(distanciaChar);
  lcd.setCursor(10, 1);
  lcd.print("cm");
  delay(100)

```

Limitamos la distancia del sensor ultrasónico y programamos el mensaje que saldrá en la pantalla LCD cuando la distancia sea menor 11m

Definimos al valor de la distancia en mt

```

dtostrf(distancia, 2, 2, distanciaChar);
Serial.println(distanciaChar);
salidaDAC = map(distancia * 100, 0, 500, 0, 1023);
dac.analogWrite(salidaDAC);
if (millis() > refresco + 1000) {
  refresco = millis();
  if (distancia > 99) {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(" Fuera de Rango "); }
  }

```

Limitamos la distancia del sensor ultrasónico y programamos el mensaje que saldrá en la pantalla LCD cuando la distancia sea mayor a 11 m, el mensaje será Fuera de Rango.

3.5 DEFINIR LA UBICACIÓN ADECUADA DEL SENSOR INDUSTRIAL

A fin de lograr una eficiencia en el sistema, se deberá ubicar el sensor ultrasónico en la parte central del reservorio con el fin que la señal no sea interrumpida por las paredes del reservorio, como se muestra en la siguiente imagen.

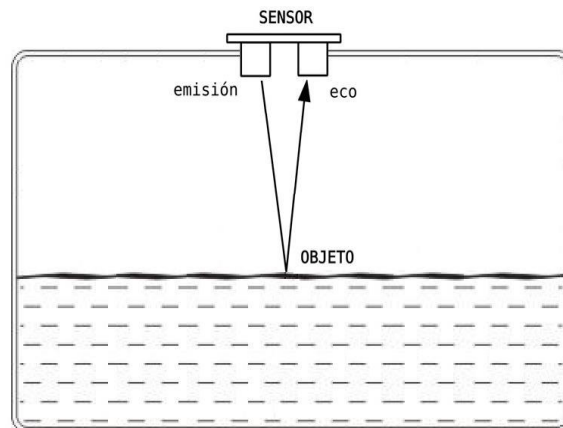


Figura 21: Ubicación del sensor



Figura 22: Imagen despejada del tanque soterrado

RESULTADOS

Como se puede observar a continuación en el display LCD alfanumérico de 16x2.

Backlight tipo LED color azul, obtenemos el dato del nivel sensado:



Figura 23: LCD 1602A



Figura 24: LCD 1602A

CAPITULO IV:
ANALISIS DE COSTO BENEFICIO

4.1 ANÁLISIS DE COSTOS

Para cuantificar y verificar los valores necesarios para llevar el proyecto al funcionamiento y que este sea viable se realiza el análisis de costos; se tomará en cuenta la mano de obra directa e indirecta y materiales directos e indirectos.

En el análisis de costo, veremos 5 puntos de los cual hablaremos de los materiales, equipos, manos de obras, recopilación de información y el costo total. Veremos los gastos necesarios punto a punto mediante tablas con costos trimestrales y anuales.

4.1.1 MATERIALES E INSUMOS

En el cuadro mostramos los materiales e insumos que se usarán en el momento que se realiza la instalación en cada grifo:

Tabla 7: Materiales e Insumos

N°	Materiales e insumos	Costo Anual	Costo Anual Total
1	Terminales	S/40.00.	S/. 240.00
2	Cable USB	S/.40.00	S/. 240.00
3	Kids Herramientas	S/. 150.00	S/.900.00
			S/.1380.00

4.1.2 EQUIPOS

N°	Actividades	EQUIPOS	Costos S/.
		Arduino UNO	S/. 100.00
		Sensor Ultrasónico	S/. 40.00
	Adquisición	Pantalla LCD	S/. 20.00
	de equipos	Controlador LCD	S/. 20.00
	electrónicos	I2C	S/. 20.00
	necesarios	Fuente de Poder (5v)	S/.15.00

Tabla 8: Equipos

4.1.3 En el cuadro mostrado vemos los costos de los equipos como, (los sensores, el Arduino, herramientas, etc.).

Cada grifo tiene como mínimo 6 reservorios se requerirán 6 equipos multiplicaremos el costo total por 6

Tabla 9: Costos de los equipos

Costo de los equipos	Costo total de los equipos
S/. 350.00	S/. 2100.00

4.1.4 MANO DE OBRA

En el siguiente cuadro vemos la mano de obra que se gastará o se pagará al personal, hará el manteniendo semanal mente. Es gasto es necesario ya que solamente uno o dos personales podrán manejar la situación de cualquier problema que suceda en el momento.

Tabla 10: Mano de obra

N°	Mano de obra	Pago al personal
1	Ingeniero	S/. 1,200.00
2	Técnico	S/.800
		S/. 2,000.00

4.1.4 RECOPIACION DE INFORMACIÓN

En el siguiente cuadro mostramos los gastos, de la parte de investigación y recopilación de información.

Tabla 11: Recopilación de Información

N°	Actividades	Materiales y otros.	Honorarios	Costos S/.
1	Recopilación de Información	Paper's, libros, fotocopias		500.00
2	Información de la tecnología a usar, cursos y capacitaciones relacionadas.	Consultas, asesorías, cursos y talleres.	1,000.00	1,000.00
				1,500.00

4.1.5 COSTO TOTAL

En el siguiente cuadro veremos los puntos que hemos mencionados y especificando sobre los gastos y costos, ahora realizaremos la suma del gasto total para realizar las etapas de diseño e implementación del proyecto.

Tabla 12: Costo Total

N°	Análisis de Costos	Costos	Costo Total
1	Materiales e Insumos	S/. 100.00	S/.600.00
2	Equipos	S/. 200.00	S/. 1,200.00
3	Mano de Obra	S/. 3,000.00	S/.18,000.00
4	Recopilación de Información	S/.1000.00	S/.6,000.00
			S/.25,800.00

4.2 BENEFICIOS

Los beneficios de implementar el sistema automático de monitoreo de nivel de tanques de suministro para estaciones de combustible, es que comparando con otros métodos resulta ser más económico y preciso; dado que se obtienen resultados en tiempo real.

BENEFICIO – COSTO

El análisis de costo-beneficio es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría y de la decisión, por lo tanto, evaluaremos el costo - beneficio del sistema automático de monitoreo de nivel de tanques de suministro para estaciones de combustible.

BENEFICIO/COSTO

$$\frac{\text{S/. } 25,000}{\text{S/. } 4,430.00} = 5.64$$

El resultado obtenido es 5.64 eso implica que los ingresos son mayores que los egresos, entonces el proyecto es aconsejable y viable.

4.3 FLUJO DE CAJA**TABLA 13: Flujo de caja**

AÑOS	0	1	2	3	4	5
INFLACION	3%	3.4%	3.8%	4.04%	4.5%	4.9%
AÑOS	0	1	2	3	4	5
Costo	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
histórico	4,430.00	4,430.00	4,430.00	4,430.00	4,430.00	4,430.00
A x inflación	132.9	150.62	168.34	178.972	199.35	217.07
TOTAL	4,562.90	4,580.62	4,598.34	4,608.97	4,629.35	4,647.07
Total Ingresos	0	6720	6720	6720	6720	6720
Total Egresos	4,562.90	240.00	249.12	249.696	250.8	251.76
Flujo total	-4,562.90	S/. 6,480	S/.6,470.88	S/.6,470.30	S/.6,469.20	S/.6,468.24

Se calculó el valor de inflación por año, tomando en cuenta la posible subida de los salarios que perciben los ingenieros y el valor de los materiales necesarios para implementar el proyecto.

El ingreso se obtendrá cuando el proyecto esté en funcionamiento, reducirá el número de veces que el encargado revise el reservorio de combustible evitando exponerlo a los gases de los hidrocarburos, el tiempo que demoran en hacer las mediciones es de un tiempo de 10 minutos por reservorio teniendo en cuenta que cada grifo tiene como mínimo 6 reservorios el tiempo que se demora en tomar las mediciones es una hora, y de la encuesta obtenemos que cada grifo realiza sus mediciones 2 veces como mínimo al día, eso indica que se pierde 2 horas de trabajo del encargado pudiendo realizar otras, esto implica un ahorro diario de s/. 20.00 nuevos soles que nos da un resultado semanal de s/. 140.00 y mensual nos da un promedio de s/.560.00 soles mensuales.

Si el ingreso mensual es de s/.560.00 soles mensuales, nos da como resultado que toda la inversión se recupera en 8 meses siendo viable la inversión del proyecto que nos beneficia en datos en tiempo real y exacto y un ahorro de tiempo importante.

4.4.1 VAN (Valor Actual Neto)

Tenemos un proyecto que requiere una inversión y nos generará flujos de caja positivos a lo largo de 5 años, habrá un punto en el que recuperemos la inversión por eso realizamos el Valor Actual Neto del proyecto.

VAN: el cálculo del VAN a un interés del 10% para este proyecto es el siguiente:

$$VAN = -4,562.90 + \frac{6,480}{1,1} + \frac{6,470.88}{(1.1)^2} + \frac{6,470.30}{(1.1)^3} + \frac{6,469.20}{(1.1)^4} + \frac{6,468.24}{(1.1)^5}$$

$$VAN = 19,971.90$$

El cálculo del VAN a un interés del 15% para este proyecto, es el siguiente:

$$VAN = -4,562.90 + \frac{6,480}{1,15} + \frac{6,470.88}{(1.15)^2} + \frac{6,470.30}{(1.15)^3} + \frac{6,469.20}{(1.15)^4} + \frac{6,468.24}{(1.15)^5}$$

$$VAN = 17,133.77$$

Debido a que el valor actual neto del proyecto es positivo, la inversión en el mismo genera ganancias por encima de la rentabilidad exigida, es así como el proyecto es viable y rentable.

4.4.2 TIR (Tasa Interna de Retorno)

Otra forma de calcular si un proyecto es viable y rentable es elaborando la Tasa Interna de Retorno (TIR).

El cálculo del TIR del proyecto se desarrolló de la siguiente manera:

$$17,133.77 - \frac{0.1 * 17,133.77}{0.15} = (19,971.90 + 17,133.77) X$$

$$17,133.77 - \frac{1713.377}{0.15} = (37105.67) X$$

$$17,133.77 - 11422.51333 = (37105.67) X$$

$$5711.256667 = (37105.67) X$$

$$X = \frac{5711.256667}{37105.67}$$

$$X = 0.153918705$$

$$TIR = 15\%$$

Debido a que la tasa interna de retorno del proyecto es del 15%, la inversión es rentable, para realizar el prototipo en cualquier centro de combustible.

CONCLUSIONES

- Gracias a la encuesta realizada se pudo comprobar que los grifos de Puente Piedra no cuentan con sistema de automatización para la medición de nivel de combustible, si no que lo realizan de forma manual con una varilla metálica de medición, requiriendo el aporte de la tecnología en sus procesos.
- El reconocimiento y análisis de los parámetros involucrados en el proceso ha sido clave para poder diseñar el sistema de medición respecto al tipo de sensor a utilizar y la velocidad de respuesta que se puede requerir.
- Dentro del diseño del sistema automático de medición de combustible en tiempo real fue necesario considera un módulo de conversión a estandarización industrial y la conversión de un módulo de conversión análogo digital para obtener convergencia con Arduino. Adicionalmente la velocidad de respuesta de los sensores permite la medición en tiempo real.
- La programación del sistema y la tarjeta de desarrollo utilizada permiten incorporar mayor cantidad de dispositivos y funciones las cuales pueden ser mostradas en el LCD.
- El análisis de la parte estructural de este tipo de reservorios es importante; por cuanto ello permite utilizar la tecnología adecuada a ser adicionada a dicha estructura, lo cual permitió una medición adecuada y facilidades para el mantenimiento respectivo.

Referencias

- Abusada, M. J. (2016). *Sistema integral de abastecimiento de combustible en la Estación de Servicio Yauli – Junín* (Tesis de grado).
Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2820>
- Huby, J. A. y Luján, C. A. (2005). *Estudio de riesgos de un Gasocentro de GLP en el mercado de Lima* (Tesis de grado). Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/10658>
- Salazar, P. C. (2014). *Sistema remoto de monitoreo y medición de combustible en vehículos semipesados, mediante energía solar* (Tesis de grado).
Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3145>
- Macines, C. N. y Alva, F. (2009). *Estudio de ampliación de un servicentro con un gasocentro de GLP de uso automotriz de 5000 galones de capacidad* (Tesis de grado).
Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/728>
- Quirola Morocho, G. F. (2006). *Diseño del sistema de información de gestión para la estación de servicios de combustible* (Tesis de grado)
Recuperado de <http://Repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/2405/1/T0428>
- Vargas Cusi, Vladimir (2017). *Diseño e implementación de un prototipo para la medición de flujo vehicular utilizando sensores inductivos* (Tesis de grado)
Recuperado de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/1959>