

**IMPLEMENTACIÓN E INTEGRACIÓN DE LOS SENSORES DE NIVEL
ULTRASÓNICO Y FLOTADOR EN EL MÓDULO MECCI**

**ANDREY LEONARDO LARA MARTÍNEZ
CARLOS ANDRÉS POBLADOR CÁRDENAS
GENNY TATIANA DELGADO ZÚÑIGA
JONATHAN FABIÁN PINZÓN ALFONSO
MONICA LIZETH ARGÜELLO TIMÓN
YEISON ANDRÉS PEÑA CHAPARRO
YESID DARÍO PARRA BUITRAGO**

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ
2015**

**IMPLEMENTACIÓN E INTEGRACIÓN DE LOS SENSORES DE NIVEL
ULTRASÓNICO Y FLOTADOR EN EL MÓDULO MECCI**

**ANDREY LEONARDO LARA MARTÍNEZ
CARLOS ANDRÉS POBLADOR CÁRDENAS
GENNY TATIANA DELGADO ZÚÑIGA
JONATHAN FABIÁN PINZÓN ALFONSO
MONICA LIZETH ARGÜELLO TIMÓN
YEISON ANDRÉS PEÑA CHAPARRO
YESID DARÍO PARRA BUITRAGO**

Proyecto de grado para optar por el título de Ingenieros en Electrónica

**ASESOR
Alexander Cortes
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ
2015**

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C. Febrero de 2015

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por la fortaleza, las bendiciones y por permitirnos llegar al final de esta etapa de nuestra vida, a nuestros padres por su apoyo incondicional, por la confianza y el apoyo moral, a nuestros asesores Alexander Cortes y Jhon Fredy Bayona por orientarnos, ayudarnos y apoyarnos a desarrollar este proyecto.

Expresamos nuestros más profundo agradecimientos a todos nuestros profesores, compañeros y amigos quienes nos apoyaron durante este largo proceso de aprendizaje.

CONTENIDO

CAPITULO I.....	12
INTRODUCCIÓN.....	12
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	14
1.4 OBJETIVOS.....	15
1.4.1 GENERAL.....	15
1.4.2 ESPECÍFICOS.....	15
CAPITULO II.....	16
2.1 MARCO HISTÓRICO.....	16
2.1.1 FECHAS RELEVANTES.....	16
2.3 MARCO TEÓRICO.....	17
2.3.1 NIVEL.....	17
2.3.1.1 Medición directa.....	17
2.3.1.2 Medición de presión hidrostática o fuerza.....	18
2.3.1.3 Medición de características eléctricas del líquido.....	19
CAPITULO III.....	20
3.1 SENSOR DE FLOTADOR.....	20
3.1.1 Conexión del Flotador.....	21
3.1.1.1 Flotador Conectado Directamente.....	21
3.1.1.2 Flotador Acoplado Magnéticamente.....	21
3.1.1.3 Flotador de tipo desplazamiento.....	22
3.2 SENSOR DE ULTRASONIDO.....	23
3.2.1 Modos de operación.....	24
3.2.1.1 Rango de detección.....	24
3.2.1.2 Zona ciega.....	25
CAPITULO IV.....	26
4.1 NI LABVIEW™.....	26
4.1.1 Ventajas.....	27
4.1.1.1 Desventajas.....	27
4.1.2 Visualización.....	27
4.2 TARJETA NI DAQ 6008.....	28
CAPITULO V.....	29

5.1 FLOTADOR DE BOYAS (REED SWITCH)	29
5.1.1 Características	30
5.1.2 Aplicaciones	30
5.2 SENSOR ULTRASÓNICO (DL 34).....	33
5.2.1 Características	33
5.2.2 Aplicaciones.....	34
CAPITULO VI.....	41
6. SENSOR DE FLOTADOR (REED SWITCH) Y ULTRASONIDO.....	41
6.1 SENSOR DE FLOTADOR (REED SWITCH)	42
6.1.1 RESULTADO FINAL SENSOR DE BOYAS	45
6.2 SENSOR DE ULTRASONIDO	45
6.2.1 RESULTADO FINAL SENSOR DE ULTRASONIDO	49
CAPITULO VII.....	50
7.1 RECURSOS	50
CAPITULO VIII.....	51
8. CONCLUSIONES	51
9. RECOMENDACIONES	52
CAPITULO IX.....	53
10. TRABAJO A FUTURO	53
11. BIBLIOGRAFIA	54
12. ANEXOS	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Medida en Cm de boya a boya	30
Tabla 2: Medida distancia vs litros	31
Tabla 3: Tiempo Vs Velocidad del sonido	36
Tabla 4: llenado del tanque.....	42
Tabla 5: Vacío del tanque	43
Tabla 6: Error	44
Tabla 7: Llenado del tanque	46
Tabla 8: Vacío del tanque	47
Tabla 9: Margen de Error de Aguas arriba y Aguas Abajo.....	48
Tabla 10: Tabla de Recursos	50
Tabla 11: Tabla de Recursos	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Flotador conectado directamente	21
Figura 2: Flotador acoplado magnéticamente.....	22
Figura 3: Flotador tipo desplazamiento	23
Figura 4: Modo Opuesto	24
Figura 5: Modo Difuso.....	24
Figura 6: Rango de detección	25
Figura 7: Tarjeta National Instruments USB-6008	28
Figura 8: Flotador de Boyas (Reed Switch)	29
Figura 9: Flotador de Boyas (Reed Switch)	29
Figura 10: Verificación del sensor.....	30
Figura 11: Montaje del sensor de flotador.....	31
Figura 12: Conexión a los puntos de salida del sensor.....	31
Figura 13: Adquisición de datos del sensor flotador	32
Figura 14: Presentación de datos	32
Figura 15: Sensor de ultrasonido.....	33
Figura 16: Detección de nivel.....	37
Figura 17: Software para la calibración del sensor DL-34	37
Figura 18: Conexión para la programación del DL34.....	38
Figura 19: Verificación del estado vacío	38
Figura 20: Montaje del tubo guía	39
Figura 21: Conexión para medidas en corriente (A) y Conexión para medidas en voltaje (B).....	39
Figura 22: Presentación de datos	40
Figura 23: Adquisición y análisis del sensor de ultrasonido	40
Figura 24: Aguas Arriba	43
Figura 25: Aguas Abajo	44
Figura 26: Error obtenido mediante la diferencia entre llenado y desagüe del tanque.....	44
Figura 27: Aguas arriba	46
Figura 28: Aguas Abajo	47
Figura 29: Gráfica de error o variación de medida.....	48

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Manual DL-34

57

GLOSARIO

DIFUSO: Aquello que no presenta contornos definidos. Se presenta con poca claridad, certeza, muy dilatado y con rasgos de imprecisión. [1]

FLOTADOR: El flotador es un transductor de nivel de líquidos a movimiento mecánico, por lo tanto se necesita de un segundo transductor para obtener una salida eléctrica que va a ser proporcional al nivel. [2]

FRECUENCIA: Es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico. [3]

HISTÉRESIS: El término histéresis se emplea genéricamente para describir ciertos comportamientos de materiales o aparatos de muy variada índole, pero que en todo caso responden a un retraso entre una causa externa y un efecto en sus propiedades. [4]

LABVIEW™ 1: Es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. [5]

LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN: Es un lenguaje diseñado para describir el conjunto de acciones consecutivas que un equipo debe ejecutar. Por lo tanto, un lenguaje de programación es un modo práctico para que los seres humanos puedan dar instrucciones a un equipo. [6]

MAGNETISMO: Se define como el fenómeno físico por medio del cual ciertos materiales tienen la capacidad de atraer o repeler a otros materiales, basándose su origen en el movimiento de partículas cargadas el magnetismo forma parte de la fuerza electromagnética siendo una de las fuerzas fundamentales de la naturaleza. [7]

NIVEL: En su sentido más general nivel hace referencia a una "altura" relativa a otra altura; generalmente se toma como punto de referencia una base. [8]

PRESIÓN: Es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea. [9]

REED SWITCH: Es un interruptor de lengüeta eléctrico activado por un campo magnético. Cuando los contactos están normalmente abiertos se cierran en la

presencia de un campo magnético; cuando están normalmente cerrados se abren en presencia de un campo magnético. [\[10\]](#)

SENSOR: Es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, entre otras. [\[11\]](#)

TARJETA DE ADQUISICIÓN: Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora. [\[12\]](#)

TRANSDUCTOR: Un transductor es un dispositivo que convierte una señal de un tipo de energía en otra. [\[13\]](#)

ULTRASONIDO: Es una onda acústica o sonora cuya frecuencia está por encima del umbral de audición del oído humano aproximadamente 20.000 Hz. Los ultrasonidos son utilizados habitualmente en aplicaciones industriales para medición de distancias, caracterización interna de materiales, ensayos no destructivos. Los equipos de ultrasonidos se utilizan también en ingeniería civil, para detectar posibles anomalías y en medicina. [\[14\]](#)

ZONA MUERTA: Es el máximo campo de variación de la variable en el proceso real, para el cual el instrumento no registra ninguna variación en su indicación registro o control. [\[15\]](#)

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

INTRODUCCIÓN

La instrumentación virtual la conforma el conjunto de software y hardware. Las mediciones y accionamientos se realizan sobre el campo real, pero los sistemas de control, mecanismos y otros dispositivos serán conectados en el campo virtual.

LabVIEW™ es un sistema de programación gráfica que sirve para aplicaciones que contengan adquisición, control y presentación de datos. Este software se utiliza para aplicaciones de medición y procesamiento de datos, el cual se adquiere al conectarse con diferentes piezas de hardware y presentarlos por medio de interfaces gráficas.

Este proyecto consiste en la medición de nivel por medio de dos sensores conocidos en la industria, el de ultrasonido y flotador por boyas, adaptados a un módulo de instrumentación. Para lograr esto, es importante que los dispositivos que actúan como elementos integradores del módulo ofrezcan un nivel de seguridad, que garantice el desarrollo completo del proceso en la ejecución.

El nivel es una de las variables de proceso más utilizada para optimizar el funcionamiento de las plantas industriales, especialmente en el control de almacenamiento de materias primas y productos acabados.

Este módulo se realizó con el fin de entregar una herramienta didáctica, que permita identificar y conocer el funcionamiento de los sensores de nivel mencionados, que se utilizan en la industria.

1. IMPLEMENTACIÓN E INTEGRACIÓN DE LOS SENSORES DE NIVEL ULTRASÓNICO Y FLOTADOR EN EL MÓDULO MECCI

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El paso acelerado de la tecnología, indica que es necesaria la capacitación para estar a la vanguardia de los avances que día a día son más complejos; para esto se requieren herramientas que faciliten obtener los conocimientos necesarios para desenvolverse exitosamente en el ámbito tecnológico de la medición.

Se deben entregar herramientas pedagógicas, que permitan recrear cualquier problema que se pueda presentar en la vida real; es decir que sea posible obtener la capacidad de afrontar sin ningún inconveniente los diferentes obstáculos en el ámbito laboral.

Por lo tanto es primordial desarrollar un instrumento en el que se pueda hallar y manipular diferentes dispositivos para la medición de presión, nivel, temperatura etc. que como se mencionaba anteriormente será común encontrarlos a nivel industrial.

Esto se convierte en una necesidad, porque día a día la competencia laboral es más compleja y estar bien capacitado genera un valor agregado a la hora de buscar opciones de trabajo.

1.2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Para qué se hace necesario implementar instrumentos de nivel, enfocados en la medición de fluidos?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto tiene como finalidad mejorar procesos, donde se requiere actuar en forma rápida. Para esto, es necesario el desarrollo e implementación de un módulo que permite simular un proceso industrial, el cual incluye un sistema de instrumentación virtual con el que se obtiene la adquisición de datos de la variable nivel, puesto que los laboratorios del departamento de Ingeniería no poseen módulos de ese tipo que representen procesos con la interacción de fluidos.

La finalidad de este proyecto, es proveer una herramienta a los estudiantes con la que puedan adquirir conocimientos en sensores de nivel, presión y temperatura; aplicando lo aprendido en las cátedras de instrumentación, automatización, control entre otras.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General

Implementar dispositivos en el módulo que permita la medición de líquidos en tanques, utilizando sensores de nivel como el ultrasonido y flotador *reed switch*; con una interfaz gráfica para la interacción con el usuario, con la capacidad de comunicarse a través de software.

1.4.2 Específicos

- Caracterizar y realizar la adecuación de cada uno de los sensores.
- Identificar las diferentes condiciones ambientales que conllevan a que exista un grado de error.
- Diseñar e implementar la interfaz de comunicación entre el hardware y el software que permita controlar las variables y obtener los resultados.
- Identificar como se debe implementar cada sensor para su correcto funcionamiento.

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEORICO

2.1 MARCO HISTÓRICO

En la naturaleza se encuentran desde tiempos inmemoriales animales que utilizan el Ultrasonido como medio de orientación, comunicación, localización de alimentos, defensa, entre otros. Algunos de esos animales son; las polillas, pájaros, perros, murciélagos y delfines. El Ultrasonido abarca el espectro de frecuencias sonoras que superan los 20.000 ciclos, el cual es el límite máximo de frecuencia percibida por el oído humano. [\[16\]](#)

En 1936 W. B. Elwood cuando trabajaba para los laboratorios Bell invento el sensor de flotador reed switch, el cual es un interruptor eléctrico que se activa por un campo magnético. Es decir, cuando los contactos están normalmente abiertos se cierran en la presencia de un campo magnético y cuando están normalmente cerrados se abren en presencia de un campo magnético. [\[17\]](#)

2.1.1 Fechas relevantes

- En 1881, Jacques y Pierre Curie publican los resultados obtenidos al experimentar la aplicación de un campo eléctrico alternante sobre cristales de cuarzo y turmalina, los cuales produjeron ondas sonoras de muy altas frecuencias. [\[16\]](#)
- En 1883 aparece el llamado silbato de Galton, usado para controlar perros por medio de sonido inaudible a los humanos. [\[16\]](#)
- En 1912, abril, poco después del hundimiento del Titanic, L. F. Richardson, sugiere la utilización de ecos ultrasónicos para detectar objetos sumergidos. [\[16\]](#)
- Entre 1914 y 1918, durante la Primera Guerra Mundial, se trabaja intensamente en ésta idea, intentando detectar submarinos enemigos. [\[16\]](#)
- En 1917, Paul Langevin y Chilowsky producen el primer generador piezoeléctrico de Ultrasonido, cuyo cristal sirve también como receptor, y genera cambios eléctricos al recibir vibraciones mecánicas. El aparato se utilizó para estudiar el fondo marino, como una sonda ultrasónica para medir profundidad. [\[16\]](#)
- En 1936 W. B. Elwood cuando trabajaba para Laboratorios Bell invento el reed switch. [\[17\]](#)

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 NIVEL

A nivel industrial existen diversos dispositivos y métodos para la medición de nivel en tanques, siendo una de las variables de proceso más utilizada en las plantas industriales.

Para la selección del tipo de medidor es necesario identificar el tipo de sustancia o fluido se desea medir, entre los más utilizados son, productos químicos, petróleo, agua, arena entre otros, se debe tener en cuenta esto, debido a que la viscosidad de cada sustancia o fluido es diferente.

Este proyecto se realizó para la medición de nivel de líquidos, a continuación se muestran los diferentes tipos de medidores de nivel.

Medición directa.

Medición de presión hidrostática o fuerza.

Medición de características eléctricas del líquido.

Cada una de estas mediciones está conformada por los siguientes medidores:

2.3.1.1 Medición directa

Son aquellos que se basan en la medición directa de la altura de líquido.

- A. Varilla de medición: Consiste en una varilla que se introduce en el tanque a medir. Al retirar la varilla del depósito, el nivel alcanzado quedará marcado en la varilla.
El operario que realiza la medición está en la parte alta del depósito por lo que este método está contraindicado para la medición de productos cuyas propiedades puedan ser perjudiciales para el operario o sea complejo situarse en la parte alta del depósito.
- B. Cristal de medición: A dos llaves situadas en los extremos inferior y superior del depósito se coloca un tubo de vidrio o plástico transparente que permite ver visualmente la altura del líquido.
Tiene la ventaja de ser rápido y cómodo y la desventaja principal de que el elemento transparente suele ser menos resistente que el material con el que está fabricado el depósito y puede romperse ocasionando un vertido de producto. [\[18\]](#)

- C. Flotador: Un flotador en el interior del depósito marca permanentemente el nivel del líquido. Hay múltiples maneras de transmitir el nivel del flotador al operario.
- Mecánicamente: Mediante una cuerda, se ata el flotador a un contrapeso y una escala calibrada que marcan el volumen del líquido. Rápido, económico y directo pero voluminoso y que puede enredarse.
 - Magnéticamente. El flotador lleva incorporado un imán que transmite la señal, bien a una pieza metálica en el exterior, la cual se mueve en función del flotador o bien a un circuito eléctrico que se abre o cierra en función de la presencia o no del flotador.

2.3.1.2 Medición de presión hidrostática o fuerza

Se basan en la presión que ejerce la columna de líquido. Esta presión dependerá del nivel de producto, de su densidad y de la presión atmosférica.

- A. Medidores de nivel por presión: La manera más sencilla de medir el nivel es colocar un sensor de presión relativa en la parte baja del depósito. La presión del líquido será recogida por el sensor y ajustando por la densidad se conocerá el nivel.
- B. Medidores de nivel por burbujeo: Cuando no es posible o conveniente colocar un sensor de presión en el fondo del depósito, se puede colocar una varilla hueca que llegue hasta el fondo y desplazar el líquido que hay dentro de la varilla por aire. Sobre el punto más bajo de la varilla se ejercerá una presión equivalente a la altura del líquido que se transmitirá hasta un punto alejado del depósito donde se coloca un sensor de presión.

Son equipos muy robustos que no tienen partes móviles en contacto con el líquido y seguros por no llevar electricidad a la zona del depósito. El burbujeo, además, limpia la zona y evita que se queden residuos que impidan la medición del nivel. Está desaconsejado su uso en líquidos muy viscosos en los que la burbuja no pudiera quedar atrapada y no se transmita la presión de manera correcta.

- C. Medidores de nivel por presión diferencial: El principal inconveniente de medir la presión para encontrar el nivel, es que la altura del líquido depende de la densidad del mismo. Muchas veces la densidad es desconocida o variable, bajo efectos como la temperatura. Midiendo en dos puntos a una distancia conocida, se puede calcular la densidad y una vez conocida, calcular con precisión la altura del líquido. [\[18\]](#)

2.3.1.3 Medición de características eléctricas del líquido

- A. Medidores de nivel capacitivos: Funcionan midiendo las variaciones de la capacitancia de una sonda introducida en el líquido del cual se quiere medir el nivel. La constante dieléctrica del líquido es diferente de la del aire; midiendo la cantidad de carga eléctrica en la sonda se establece la altura del líquido. Los medidores de nivel capacitivos ofrecen la ventaja de no tener partes móviles.
- B. Medidores de nivel por ultrasonidos: Los niveles de ultrasonidos emiten una onda que llega hasta la superficie del líquido y rebota hasta volver a llegar al sensor de nivel. El tiempo que tarda la onda en ir y venir determinará la distancia entre sensor y altura, que restando de la altura total, ofrecerá la altura del líquido. Generalmente trabajan a 20 o 40 kHz.

Ofrecen la ventaja de que no hay partes inmersas en el líquido y su colocación es muy sencilla. Pueden presentar problemas cuando los líquidos forman espumas o la geometría del depósito genera ecos que perturban la señal de la lámina de líquido.

- C. Medidores de nivel conductivos: Funciona en líquidos conductores de la electricidad y detectan el cierre de un circuito eléctrico. Se suelen emplear como medidores discretos por puntos. Se colocan dos electrodos a la altura que se desea controlar. Un electrodo está conectado al negativo de una pila y otro al positivo.

Cuando el líquido baña ambos electrodos, se cierra el circuito eléctrico, detectándose, de esta manera, que el líquido ha alcanzado este nivel.

Son muy sencillos y económicos. El principal inconveniente es que no todos los líquidos conducen la electricidad, lo que restringe el ámbito de aplicación de esta tecnología. [\[18\]](#)

En este proyecto se trabajara los medidores de nivel directo y los de medición de características eléctricas del líquido, con el primer medidor se trabajara el de flotador y con el segundo el de ultrasonido.

CAPITULO III

ESTUDIO TÉCNICO, SENSOR DE FLOTADOR Y ULTRASONIDO

3.1 SENSOR DE FLOTADOR

Los instrumentos de medición de nivel constituidos por flotadores, operan el movimiento del flotador.

El principio básico de flotación establece que “un cuerpo sumergido en un líquido es empujado hacia arriba por una fuerza que es igual al peso del líquido desplazado”, la ecuación utilizada para determinar la fuerza de flotación disponible es:

$$F_b = V_f * g * \rho \quad (3-1)$$

Donde

F_b = Fuerza de flotación.

V_f = Volumen del flotador.

g = Gravedad del medio.

ρ = Densidad del liquido

Siendo V el volumen del cilindro:

$$V = \pi * r * h^2 \quad (3-2)$$

Donde

$\pi = 3,141592$

r = Radio

h = Altura

El flotador se mueve hacia arriba y hacia abajo con los cambios de nivel del líquido. Este movimiento del flotador puede ser transformado por diversos medios en una acción de indicación, registro o control. Generalmente son utilizados para medir interfaces liquido-gas y liquido-liquido. [\[19\]](#)

3.1.1 Conexión del Flotador

La conexión del flotador puede ser directa, magnética o hidráulica. Cabe que en depósitos cerrados, al vacío o bajo presión que se deben tener sellados, se acostumbra usar flotadores con brazos de torsión, flotadores magnéticamente acoplados y dispositivos hidráulicos operados con flotador. [2]

Es importante mencionar que el flotador puede tener cualquier forma ya sea redonda, cilíndrica o una combinación de ambas. Sus tamaños también pueden variar según las dimensiones del depósito en el que se van a utilizar. El material con que se construya también debe escogerse de manera que resista la corrosión. [2]

3.1.1.1 Flotador Conectado Directamente

Es un mecanismo típico de flotador y cinta o cadena que se desliza en un juego de poleas que sirve de conexión entre el flotador y el mecanismo indicador o de registro, como se muestra en la figura 1.

Si se requiere controlar el material en forma remota lo que se utiliza es un transductor para convertir el movimiento angular del eje giratorio (polea) en una señal eléctrica para su transmisión.

Tiene el inconveniente de que las partes móviles están expuestas al fluido y pueden romperse y de que el tanque no puede estar sometido a presión. [2]

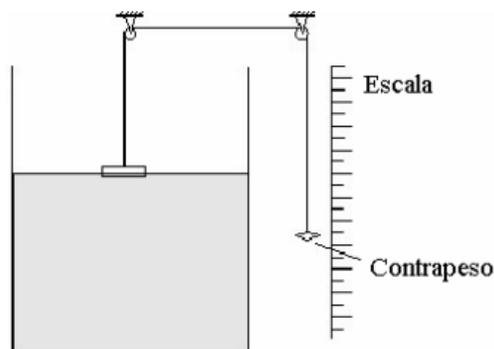


Figura 1: Flotador conectado directamente
(Sensores de nivel utilizados en la automatización industrial)

3.1.1.2 Flotador Acoplado Magnéticamente

Se utiliza un tubo sumergible no magnético que pueda soportar la temperatura y la presión, entre otras condiciones de operación. Se deben colocar verticalmente en el interior del tanque. Este sistema consta también de dos magnetos, que tienen polos magnéticos opuestos, que se atraen entre sí, como se indica en la figura 2. Una variable importante en la conexión magnética es que el tubo contiene un flotador, dotado de un imán que orienta una serie de

cintas magnéticas dispuestas en el exterior y a lo largo del tubo. Conforme el imán exterior asciende o desciende por fuera del tubo de inmersión, el imán interno se desplaza en la misma dirección debido a la atracción del imán externo. [2]

La precisión de la medición depende de la fuerza de acoplamiento del flujo inductivo y de la fricción del sistema, por ejemplo cuando se tiene poca fricción y un fuerte acoplamiento magnético se puede obtener una precisión de unos 3 mm. El flotador se mueve libremente en los sistemas magnéticos de medición de niveles, y cualquier cosa que restrinja esta acción o haga que el flotador cambie de peso origina un error en la medición. [2]

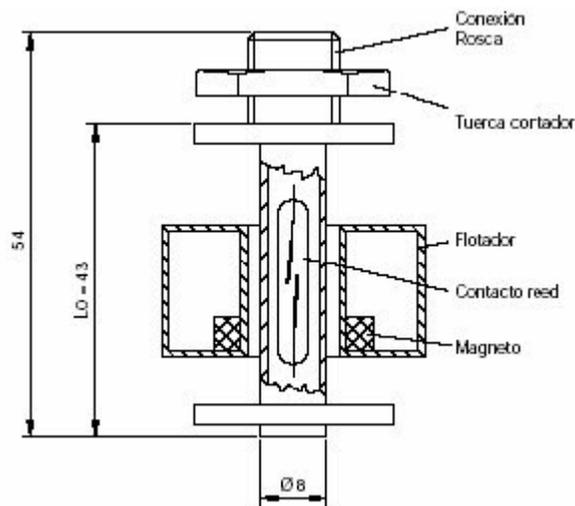


Figura 2: Flotador acoplado magnéticamente
(Sensores de nivel utilizados en la automatización industrial)

3.1.1.3 Flotador de tipo desplazamiento

El medidor de nivel por desplazamiento está basado en el principio de Arquímedes. Consiste en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un brazo a un tubo de torsión, unido al tanque. Dentro del tubo y unido a su extremo libre hay una varilla que transmite el movimiento de giro a un transmisor exterior al tanque, como se indica en la figura 3. El ángulo de rotación del extremo libre del tubo de torsión es función directa de la fuerza aplicada. Al subir el nivel, el líquido ejerce un empuje sobre el flotador igual al volumen de la parte sumergida multiplicada por la densidad del líquido, tendiendo a neutralizar su peso propio, así que el esfuerzo medido por el tubo de torsión será muy pequeño. [2]

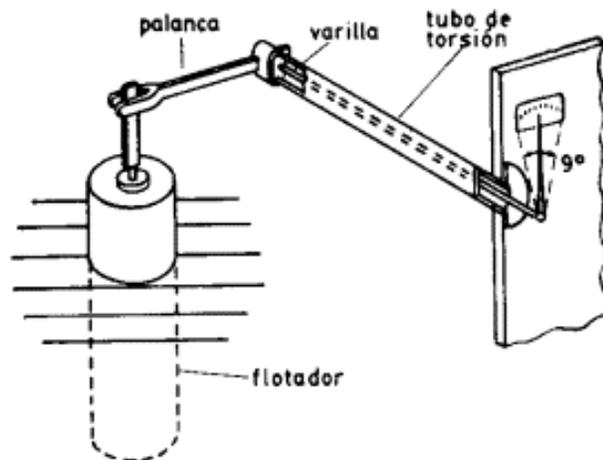


Figura 3: Flotador tipo desplazamiento
(Sensores de nivel utilizados en la automatización industrial)

3.2 SENSOR DE ULTRASONIDO

El sonido es una onda mecánica que necesita un medio para propagarse, se puede clasificar en tres categorías dependiendo su frecuencia de propagación. Para frecuencias menores a los 20 Hz se considera infrasonido, para las frecuencias que están en el rango de 20 Hz a 20 kHz se consideran sónicos y las frecuencias mayores a los 20 kHz se llaman ultrasónicas. La velocidad de las ondas ultrasónicas depende del medio en el que se propaga, mientras el medio sea más denso las ondas viajarán más rápido. En los metales, dependiendo de sus características, la velocidad de propagación puede alcanzar los 6000 m/s, en el agua puede alcanzar velocidades de 1500 m/s mientras que en el aire su velocidad es de 340 m/s. Esta velocidad también varía en función de la temperatura. [31]

Los ultrasonidos son ondas sonoras cuya frecuencia está por encima del umbral de audición del oído humano es decir por encima de los 20.000 Hz. Existen animales, como los delfines y los murciélagos, que utilizan estas ondas de forma parecida para lograr su orientación, esto se debe a un primer conocido como eco localización, debido a que las ondas que emiten estos animales son tan alta, se rebotan por todos los sitios lo cual hace que se cree una imagen y se orienten estos mismos en el sitio donde se encuentran. [14]

Los sensores ultrasónicos son dispositivos de estado sólido que fueron realizados para la detección sin contacto de objetos sólidos y líquidos. Estos sensores funcionan emitiendo y recibiendo ondas de sonido de alta frecuencia, la cual está por el orden de los 200 kHz, por lo que es demasiado alta para que el oído humano la perciba. [14]

Al instalar el sensor de ultrasonido, se debe tener en cuenta la distancia típica de zona muerta, las superficies líquidas agitadas, el cambio de ángulo durante el llenado y vaciado afectan a la reflexión de los pulsos ultrasónicos y por lo tanto afecta los resultados de medición.

3.2.1 Modos de operación

Hay dos modos básicos de operación:

Modo opuesto, hay dos sensores uno que es el sensor que emite la onda de sonido y el otro sensor es el que está montado al lado opuesto del emisor, el cual recibe la onda del sonido, como se indica en la figura 4. [\[20\]](#)

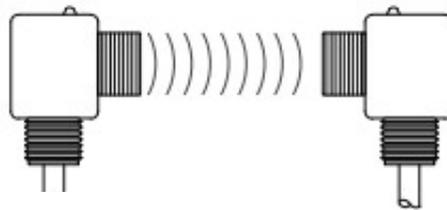


Figura 4: Modo Opuesto
(Sensores de proximidad ultrasónicos)

Modo difuso, el mismo sensor emite la onda de sonido y luego busca el eco que un objeto refleja, como se muestra en la figura 5. [\[20\]](#)

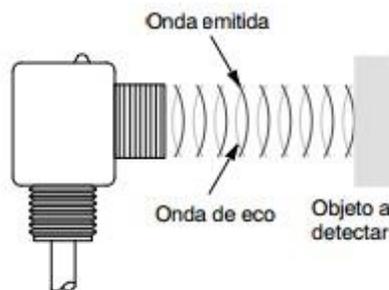


Figura 5: Modo Difuso
(Sensores de proximidad ultrasónicos)

3.2.1.1 Rango de detección

El rango de detección es la distancia dentro de la cual el sensor ultrasónico detectará un objeto sometido a fluctuaciones de temperatura y voltaje, como se explica en la figura 6. [\[20\]](#)

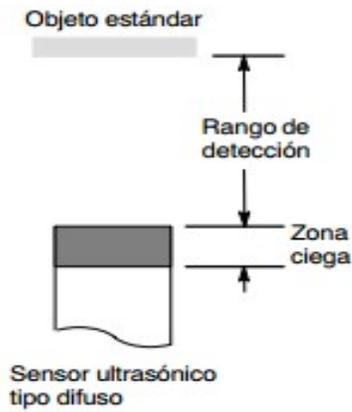


Figura 6: Rango de detección
(Sensores de proximidad ultrasónicos)

3.2.1.2 Zona ciega

Los sensores ultrasónicos tienen una zona ciega inherente que se localiza en la cara de detección. El tamaño de la zona ciega depende de la frecuencia del transductor. Los objetos que se sitúen dentro del punto ciego no se podrán detectar de manera confiable. [\[20\]](#)

CAPITULO IV

LABVIEW™ Y TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

4.1 NI LabVIEW™

LabVIEW™ es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el lenguaje C o BASIC. Sin embargo, LabVIEW™ se diferencia de dichos programas porque emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques, por lo cual resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales. [\[22\]](#)

LabVIEW™ es un lenguaje de programación de alto nivel de tipo gráfico, enfocado al uso en instrumentación. Este trabaja mediante instrumentos virtuales, el cual tienen dos paneles uno frontal y el otro de programación, las paletas que se encuentran allí se emplean para crear o modificar los VI. [\[22\]](#)

En el panel frontal se recoge las entradas procedentes del usuario y se obtienen las salidas que fueron realizadas por el programador. Este panel está conformado por indicadores (graficas) y controladores (potenciómetros, botones, pulsadores). En el panel de programación se tiene el código fuente del instrumento virtual, aquí es donde se realiza el proceso de las entradas y salidas que fueron creadas en el panel frontal. Este panel está conformado por funciones (aritméticas, comparaciones, análisis, conversiones) y estructuras integradas en las librerías. Las paletas de LabVIEW™ suministran las herramientas necesarias que para crear y modificar el panel frontal o de programación; hay diversos tipos de paletas como lo son: [\[22\]](#)

- Paletas de herramientas: Se utilizan para desplazar, cambiar o editar los objetos; esta se utiliza en los dos paneles.
- Paleta de controles: Aquí se encuentran todos los controles es indicadores que se utilizaran para crear la interfaz con el usuario; solamente se utiliza en el panel frontal.
- Paleta de funciones: Contiene cada uno de los objetos que se utilizan en la implementación del programa del instrumento virtual.

Para la programación en LabVIEW™ se debe comenzar en el panel frontal, en la cual se utiliza la paleta para definir cada uno de los controles e indicadores a utilizar, estos se utilizaran para introducir los datos que el usuario disponga y para así presentar los resultados obtenidos. [\[22\]](#)

Cuando ya sea colocado cada uno de los objetos se procede a realizar la programación en el diagrama de bloques. Cuando se abre esta ventana se encuentran los terminales correspondientes a los objetos ya antes colocados en el panel frontal, en este momento se procede a situar las funciones, estructuras y demás para el desarrollo del programa, uniendo cada terminal por medio de cables. [\[22\]](#)

Al culminar el proceso de programación del VI se procede a su ejecución. Para llevar acabo esto se debe situar en el panel frontal y pulsar el botón Run, para detenerla se debe pulsar el botón Stop; esto se encuentra situado en la barra de herramientas.

4.1.1 Ventajas

- Facilidad en la creación de ayudas para los usuarios y programadores.
- Permite el manejo automático de unidades de medición.
- Brinda flexibilidad de un potente lenguaje de programación.
- Admite cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Está dotado de un compilador gráfico, el cual logra la máxima velocidad de ejecución posible.

4.1.1.1 Desventajas

- No permite programación orientada a objetos.
- No presenta polimorfismo sobre VIs creados, es decir no podría tenerse un módulo que por una misma entrada permita algunas veces entrar un número y otras un arreglo.

4.1.2 Visualización

La visualización es una disciplina que utiliza el inmenso poder de comunicación de las imágenes para explicar de manera comprensible las relaciones de significado, causa y dependencia que se pueden encontrar. [\[23\]](#)

La visualización puede de ser de dos formas, en tiempo real y tiempo no real.

Tiempo real: Se refiere a graficar la información en el mismo instante que se obtiene de las fuentes.

Tiempo no real: Se refiere al hecho de graficar en la información, pero esta ha sido almacenada durante un periodo de tiempo en un medio magnético.

En el momento de procesar el programa de aplicación con la tarjeta NI DAQ se utiliza una visualización en tiempo real debido a que se logra observar en la pantalla del computador el proceso de lo que se está sucediendo en la planta física.

Para visualizar en LabVIEW™ se hace el uso del puerto USB, el cual permite establecer un canal de recepción o transmisión de datos.

4.2 TARJETA NI DAQ 6008

Para realizar la adquisición de datos de los sensores, se utilizara una tarjeta USB-6008, como se indica en la figura 7, la cual proporciona la adquisición de datos de forma confiable; las entradas a la tarjeta USB-6008 tienen terminales ajustables con tornillos lo cual permite que se realice una conexión flexible y simple para manejar configuraciones múltiples de cableado.

La tarjeta USB-6008, posee 8 canales de AI² simple o 4 diferenciales, resolución de 14 bits, rangos de entrada de 14 bits, rangos de entrada simple $\pm 10v$ y diferencial de ± 20 , ± 10 , ± 5 , posee dos AO³ con una resolución de 12 bits y un rango de 0 a 5v. En cuanto a las entradas y salidas digitales, posee 4 entradas digitales y 8 salidas digitales con un máximo rango de - 0.5v a 5,89v con respecto a tierra. También involucra un contador con una resolución de 32 bits y una máxima frecuencia de entrada de 5 MHz. [24]



Figura 7: Tarjeta National Instruments USB-6008
(National Instruments)

AI² (Entrada analógica)
AO³ (Salida analógica)

CAPITULO V

DISEÑO METODOLOGICO

5.1 FLOTADOR DE BOYAS (*REED SWITCH*)

El sensor *reed switch*, que se visualiza en la Figura 8. Es de instalación y puesta en funcionamiento simples, ya que posee puntos fijos, los cuales son: bajo, medio bajo, medio, medio alto y alto, estas mediciones se obtienen por la activación a través de *reed switch*, los cuales permiten tener una salida digital y facilita la implementación con PLC'S ⁴. La calibración de este sensor se realiza con una regleta de medida, ajustando las boyas a los niveles requeridos por el usuario. [2]



Figura 8: Flotador de Boyas (Reed Switch)

Los flotadores magnéticos son utilizados para detectar los niveles de dinámicas de fluido, ya sea como flotadores individuales (Figura 9), en medios homogéneos o como detectores de nivel de interfaz en fluidos con diferentes densidades. Estos flotadores magnéticos tienen un imán dentro y se colocan sobre una varilla de guía, como se observa en la Figura 8. Para la detección de nivel de interfaz, varios flotadores se pueden colocar en una sola barra de guía. [30]

El flotador se puede fabricar cuando se necesita para especificaciones particulares como lo son: el número de flotadores, diámetro de flotador, la distancia total de trabajo del flotador, entre otros. [2]



Figura 9: Flotador de Boyas (Reed Switch)

PLC'S ⁴ (Programmable Logic Controller - Controlador lógico programable)

5.1.1 Características

- Temperaturas de hasta 200°C
- Montaje vertical
- Resistencia de presión alta de hasta 12bar
- Diámetro de tallo 40mm
- Cinco flotadores
- Cable UTP ⁵
- Rosca de fijación M10

5.1.2 Aplicaciones

- Control del nivel de líquido en los tanques.
- Detección del nivel bajo o alto.
- Control de nivel líquido continuo.
- Agua potable, líquido de frenos, aceite, gasolina.

Como se observa en la Figura 10, se mide la distancia que existe entre boya y boya, cuyos resultados se muestran en la Tabla 1. Luego con un multímetro digital, se verifican los estados del *reed switch*, normalmente abierto y cerrado. El estado inicial de las boyas es normalmente abierto; estas se activan cuando sube el nivel del líquido, pasando a un estado normalmente cerrado. Se tomó como referencia una alimentación de 5 voltios, para que las señales de salida fueran tomadas por el PLC como estados digitales.

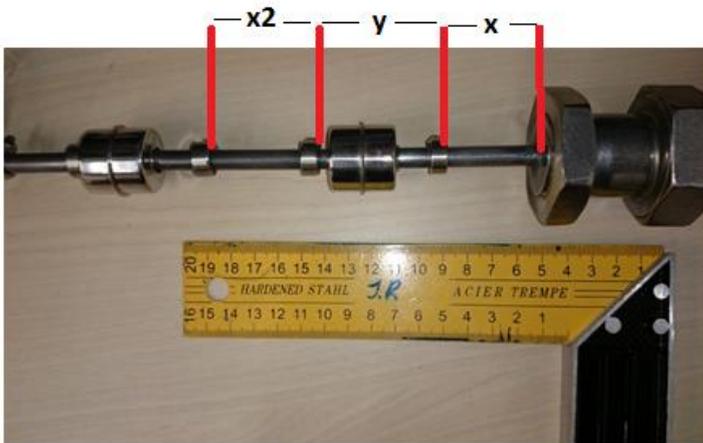


Figura 10: Verificación del sensor

Distancia	Cm
X	3,1
Y	4,6
X2	3,6
Y2	4,4
X3	2,9
Y3	4,8
X4	3,9
Y4	3,6
X5	3,8
Y5	5,1
X6	0,8

Tabla 1: Medida en Cm de boya a boya

UTP ⁵ (Unshielded Twisted Pair - par trenzado sin blindaje)

Se procede a realizar el montaje en el tanque número dos, como se observa en la Figura 11.

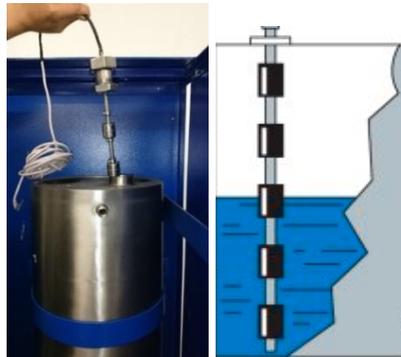


Figura 11: Montaje del sensor de flotador

Conecte cada uno de los cables del sensor al tablero, teniendo en cuenta que la conexión se realiza directamente a los puntos de la bornera, el común del sensor se debe conectar a Vcc ⁶, como se indica en la Figura 12.

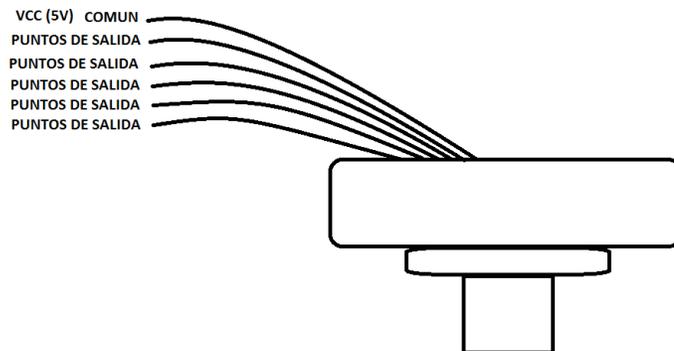


Figura 12: Conexión a los puntos de salida del sensor

Teniendo en cuenta lo anterior se tomaron los tiempos y la distancia medida para determinar el nivel, altura y la cantidad de litros en cada etapa, según la capacidad del tanque. Valores que se muestran en la Tabla 2.

Estas mediciones fueron tomadas con un flexómetro.

Nivel	Cm	Litros
Bajo	6	5
Bajo – Alto	14,7	11
Medio	24	18
Medio – Alto	32,8	25
Alto	42,5	32

Tabla 2: Medida distancia vs litros

Vcc ⁶ (Voltaje en corriente continua)

Para la detección de nivel en el tanque 2, se utiliza el sensor flotador magnético. Este sensor envía una señal a la entrada del PLC, sin importar su nivel (bajo o alto).

Este tipo de sensores no son adecuados para aplicaciones con líquidos viscosos, sus contactos son muy pequeños y delicados por lo cual no puede manejar grandes valores de tensión o corriente, debido a que provoca cortos en su interior afectando su vida útil.

Para construcción de un instrumento virtual, como se indica en la Figura 13 y Figura 14, se deben realizar dos funciones básicas como lo son: la adquisición y la presentación de datos.

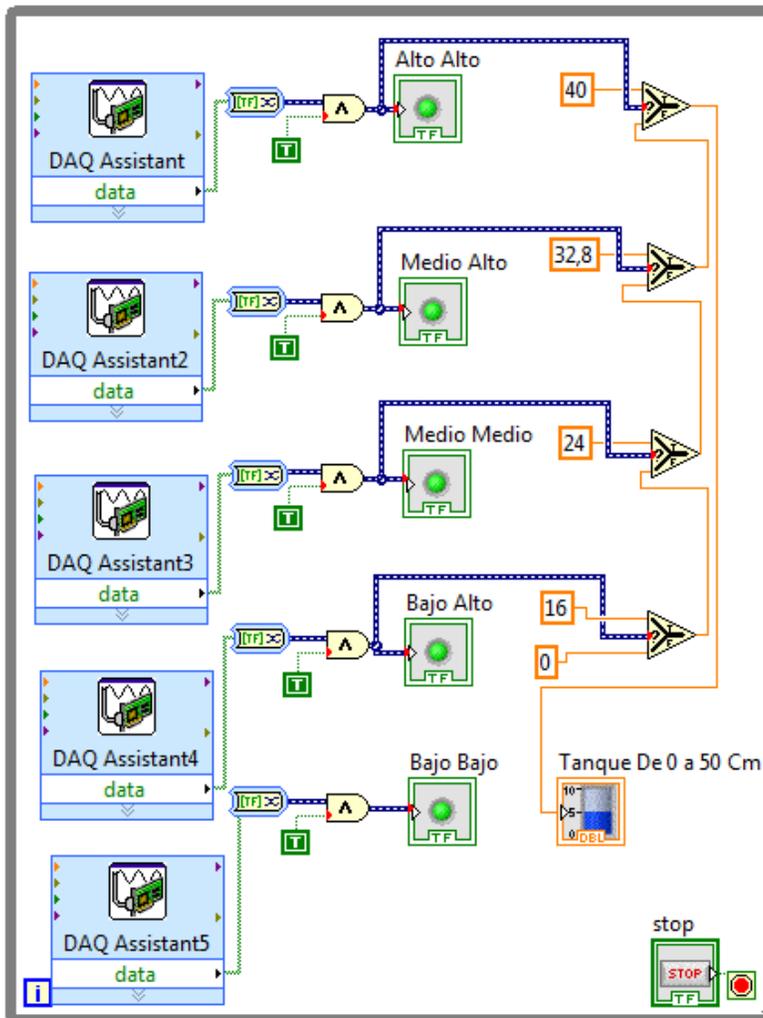


Figura 13: Adquisición de datos del sensor flotador

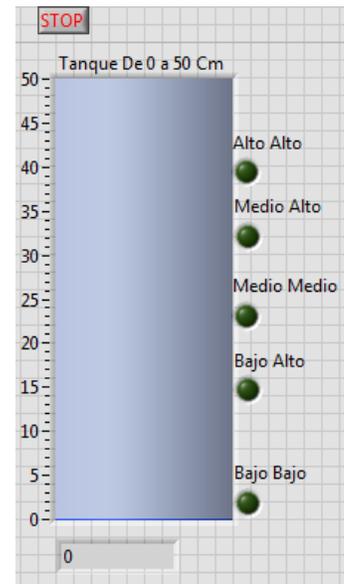


Figura 14: Presentación de datos

5.2 SENSOR ULTRASÓNICO (DL 34)

El transmisor de nivel ultrasónico de uso general proporciona una medición continua de nivel de hasta 5,5 metros con una salida de señal de 4-20 mA, y se configura a través de Webcal (Software entregado por el proveedor del sensor). El sensor de nivel tiene 4 relés cuya histéresis y lógica a prueba de fallos son programables. El controlador de nivel incorporado puede reducir el costo mediante la sustitución de hardware de control externo. Como se observa en la Figura 15, el sensor de nivel de líquido sin contacto es ideal para líquidos corrosivos, pegajosos o sucios, es ampliamente seleccionado para aplicaciones de tanques. [21]



Figura 15: Sensor de ultrasonido
(<http://www.flowline.com>)

5.2.1 Características

- Detección de nivel, interruptor y control de funciones de hasta 5.5 metros
- La configuración es rápida y fácil a través del software WebCal y adaptador USB.
- Precisión: $\pm 0,2\%$ del rango.
- Resolución: 0.079 "(2 mm).
- Zona muerta: 8 "(20 cm).
- Anchura de haz: 3 "(7,62 cm).
- Configuración: WebCal
- Memoria: No volátil.
- Tensión de alimentación: 24 VDC.
- Consumo: 0.5W.
- Señal de salida: 4-20 mA.
- Señal: 4-20 mA o 20-4 mA
- Tipo de contacto: (4) relés SPST.
- Capacidad de los contactos: 60 VA, 1A máximo.
- Histéresis: Seleccionable.

- Temperatura de Proceso: F = 20 ° a 140 °
C = -7 ° a 60 °
- Presión: 30 PSI (2 bar).
- Grado de protección: Tipo 6P, encapsulado, resistente a la corrosión y sumergible
- Cable estera: Poliuretano.
- Tipo de cable: 9 conductores, aislados.
- Longitud del cable: 48 "(1,2 m).
- Proceso de montaje: 2 "NPT (2" G).

5.2.2 Aplicaciones

- Reconocimiento de personas
- Medición de nivel de llenado
- Para posicionamiento de brazos de robot
- Control de cajas (llena o vacía)
- Control de calidad

El sistema cuenta con interruptores de alarma para nivel bajo y alto (relés), que son activados mediante una señal de tensión de 24 Voltios. Tanto el nivel del tanque como las señales de alarma se pueden visualizar en la interfaz gráfica (Figuras 22 y 23). [\[26\]](#)

La onda emitida por el sensor ultrasónico indica la distancia que existe entre este y el objeto siendo la mitad del espacio que ha recorrido la señal y se calcula: [\[27\]](#)

$$d = \frac{1}{2} * c * t \quad (5-3)$$

Donde

d = Distancia al objeto

c = velocidad del sonido en el aire

t = tiempo que tarda la señal desde que se emite hasta que se recibe

La velocidad del sonido depende de la temperatura y se calcula aproximadamente:

$$c = c_o + 0.6 * T \quad (5-4)$$

Donde

T = viene dado en °C

$$c_o = 331 \frac{m}{s} \quad (5-5)$$

La distancia se divide entre dos, dado que el tiempo registrado es el doble de la distancia recorrida

$$d = \frac{[331 \frac{m}{s} + 0,6] * t}{2} \quad (5-6)$$

La frecuencia espacial está relacionada con la longitud de onda:

$$k = 2 * \frac{\pi}{\lambda} \quad (5-7)$$

Donde

k = frecuencia espacial

λ = longitud de onda

Es necesario realizar los cálculos de tiempo de reflexión de la onda que es emitida por el sensor ultrasónico para entender el correcto funcionamiento en función del tiempo del eco, que es producido cuando una onda sonora viaja por un medio, se encuentra con una superficie y como resultado de ello parte de ella retorna al medio, este efecto es el que se experimenta en habitaciones cerradas en donde podemos oír un sonido de nuestra voz retardada. En nuestro caso para medir el nivel, es enviado un pulso de ultrasonido de tal manera que al incidir en la superficie del agua, esta es reflejada y recibida por el transductor para obtener un resultado al usuario, teniendo en cuenta este retardo, la forma en que podemos determinar este tiempo y poder traducirlo se determina a través de la siguiente expresión

$$D = \frac{t \cdot V_s}{2} \quad (5-8)$$

Donde

D = Espacio vacío del tanque

t = Tiempo en que se demora un pulso de ultrasonido en ser reflejado y recibido por el transductor

Vs = Velocidad del sonido dependiendo de la temperatura del medio en el que se emita

Como ejemplo se tomara en cuenta que en un medio aire a 20°C es de 343 m/s y también se realizara los cálculos a 0°C que es de 331m/s, para poder comparar los efectos de la temperatura. Esto se realiza en base a la ecuación (5-8). [32]

D(distancia) m	t(tiempo (s))0°C	t(tiempo(s))20°C	Vs(velocidad del sonido m/s	Vs(velocidad del sonido m/s	constante (2)
			en este caso a 20°C	en este caso a 0°C	
0,06	0,000362538	0,000349854	343	331	2
0,08	0,000483384	0,000466472	343	331	2
0,1	0,00060423	0,00058309	343	331	2
0,12	0,000725076	0,000699708	343	331	2
0,14	0,000845921	0,000816327	343	331	2
0,16	0,000966767	0,000932945	343	331	2
0,18	0,001087613	0,001049563	343	331	2
0,2	0,001208459	0,001166181	343	331	2
0,22	0,001329305	0,001282799	343	331	2
0,24	0,001450151	0,001399417	343	331	2
0,26	0,001570997	0,001516035	343	331	2
0,28	0,001691843	0,001632653	343	331	2
0,3	0,001812689	0,001749271	343	331	2
0,32	0,001933535	0,001865889	343	331	2
0,34	0,002054381	0,001982507	343	331	2
0,36	0,002175227	0,002099125	343	331	2
0,38	0,002296073	0,002215743	343	331	2
0,4	0,002416918	0,002332362	343	331	2
0,42	0,002537764	0,00244898	343	331	2
0,44	0,00265861	0,002565598	343	331	2
0,46	0,002779456	0,002682216	343	331	2

Tabla 3: Tiempo Vs Velocidad del sonido

Se tomaron valores entre los 6 cm hasta los 46 cm que es el rango que se maneja debido a la altura del tanque. De la Tabla 3 se deduce, que en realidad lo que se determina es el espacio vacío del tanque, sin embargo se puede realizar ajustes desde el software para evitar posibles errores, como la histéresis y el medio en el que está trabajando. Sabiendo esto, es posible hallar la distancia con la siguiente expresión, la cual se ilustra en la Figura 16. [32]

$$L = E - D \quad (5-9)$$

Donde

L = Distancia de la base del sensor hasta la superficie del nivel del líquido en el tanque

E = Distancia de la base del tanque a la base del sensor.

D = Espacio vacío del tanque

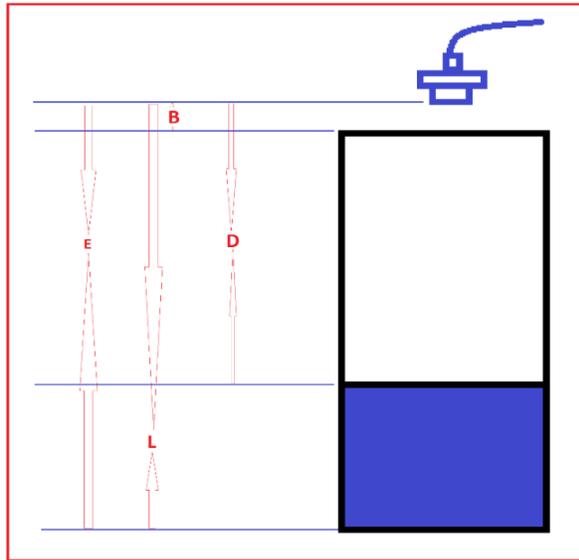


Figura 16: Detección de nivel

Para la calibración inicial del sensor, se realiza con el accesorio de monitoreo por USB y el software (WebCal), como se observa en la Figura 17.

Se debe descargar el software WebCal de la siguiente página <http://www.flowline.com>, permitirá configurar los rangos de medida, como lo son el nivel mínimo y máximo que el sensor a de medir. [28]

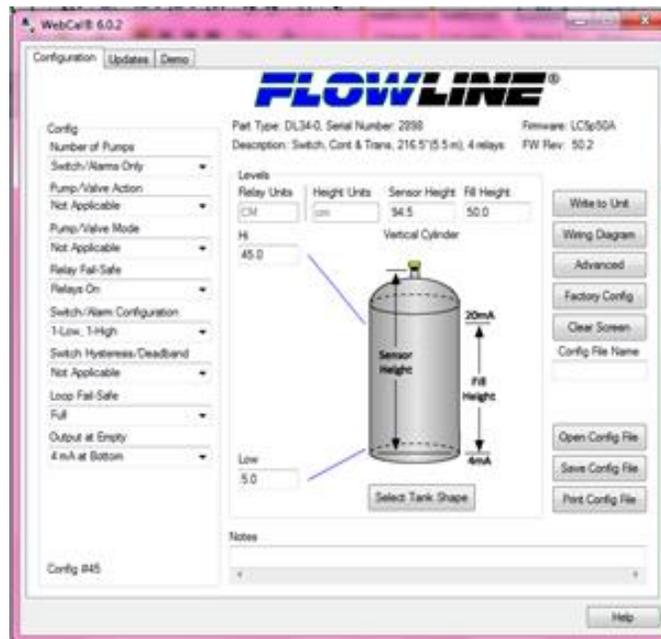


Figura 17: Software para la calibración del sensor DL-34 (<http://www.flowline.com>)

Se debe conectar el sensor a las terminales del Fob por medio de los cables verde, blanco, negro y rojo, como lo indica la figura 18. [26]

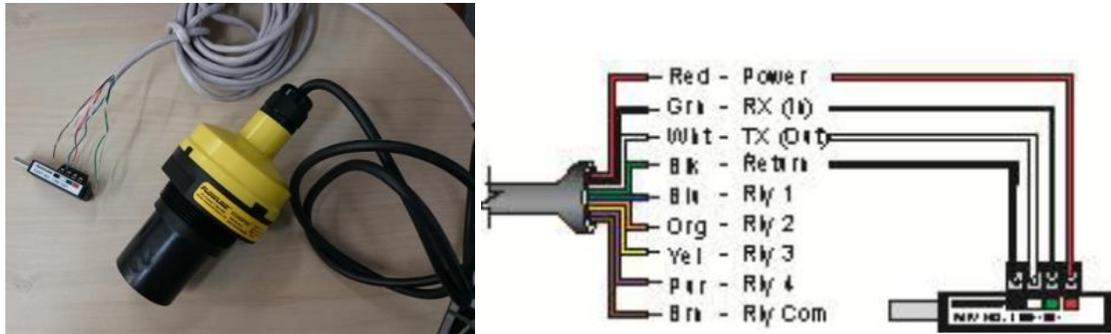


Figura 18: Conexión para la programación del DL34
(<http://www.flowline.com>)

Luego de la conexión, se realizan pruebas con el sensor y el programa para observar que las medidas que se van a tomar sean las correctas. En primera instancia en el demo del programa debe aparecer la Figura 19.



Figura 19: Verificación del estado vacío
(<http://www.flowline.com>)

Cuando ya se ha programado y verificado el sensor, se procede a realizar el montaje en el tanque número uno, con un tubo guía de dos pulgadas de diámetro y un metro de largo, el cual tiene un corte en sesgo de 45° en la parte inferior y un orificio en la parte superior; como se observa en la Figura 20. En el montaje del tanque no debe haber desnivel porque esto ocasionaría variaciones en la medida.

Después se debe realizar la conexión de los relés, que indicarán el nivel mínimo y máximo del fluido.

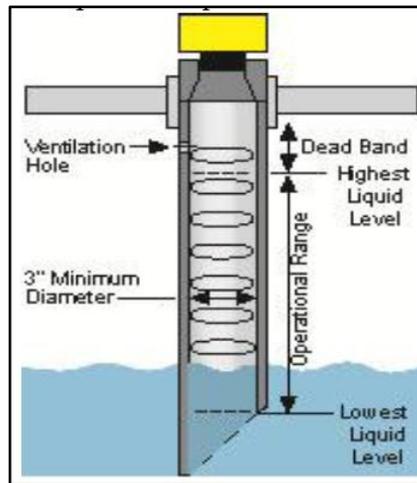


Figura 20: Montaje del tubo guía
(<http://www.flowline.com>)

Para tomar las medidas de corriente tanto para el llenado como el vacío del tanque, se debe realizar la conexión, como se ilustra en la Figura 21. Según el fabricante, si desea que la salida sea en corriente de (4-20mA), se debe realizar el montaje que se indica en la Figura 21 (A); si desea que la salida sea en voltaje de (2-10V), se deberá colocar una resistencia de 500 Ω o para obtener una salida de (0.8-5V) se deberá colocar una resistencia de 250 Ω , como se indica en la Figura 21 (B). [28]

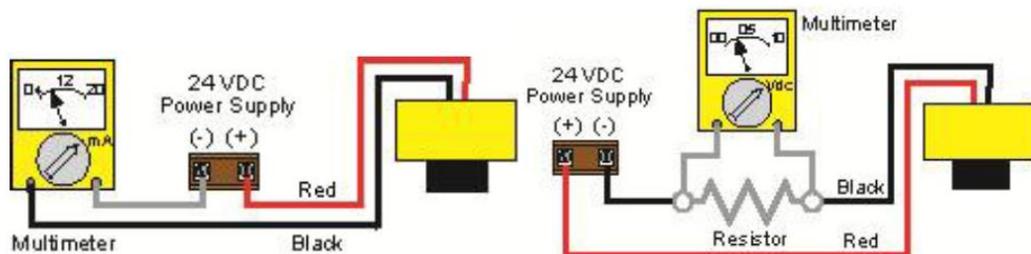


Figura 21: Conexión para medidas en corriente (A) y Conexión para medidas en voltaje (B)
(<http://www.flowline.com>)

Se procede a realizar la corrección de posibles errores de medición que se puedan presentar, al poner en funcionamiento el sensor. Con estas observaciones se comparan los resultados dados por el sensor versus las medidas tomadas con un flexómetro.

Una vez realizada la parte de hardware, se empezó a trabajar en la parte de programación, esta fue realizada en LabView™.

Para construcción de un instrumento virtual, como se indica en la Figura 23 y 22, se debe realizar dos funciones básicas como lo son: la adquisición y la presentación de datos.

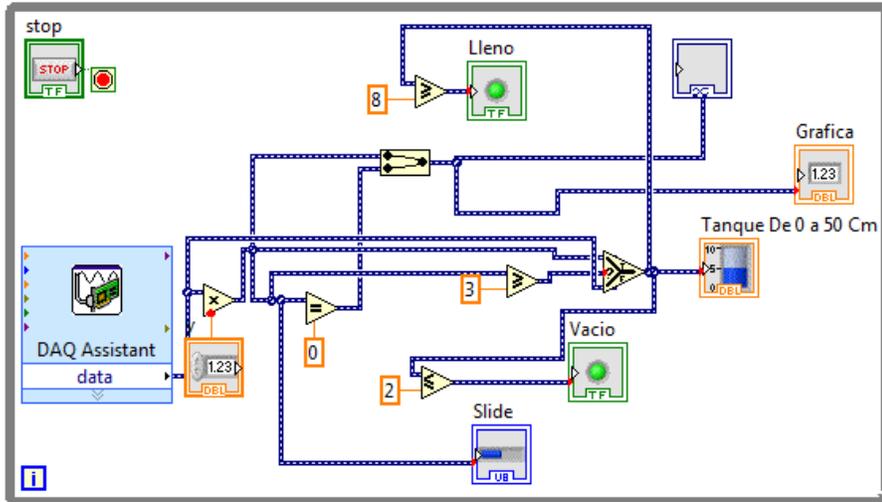


Figura 23: Adquisición y análisis del sensor de ultrasonido

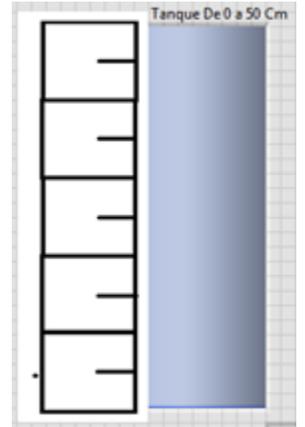


Figura 22: Presentación de datos

CAPITULO VI

ANÁLISIS DE RESULTADOS

6. SENSOR DE FLOTADOR (*REED SWITCH*) Y ULTRASONIDO

Para los sensores de *reed switch* y ultrasonido se tomaron puntos de referencia, volumen y altura del fluido; esta última verificada con una vara de medición cuyas dimensiones están dadas en centímetros y un recipiente con medida volumétrica dadas en litros para el llenado y desagüe del tanque.

Antes de realizar las pruebas de medición, para el sensor de boyas se halla la fuerza de flotación empleando la ecuación (3-1) y (3-2). Donde: el radio es 0.012m con una altura de 0.027m, la gravedad es 9.8m/s^2 y una densidad de 1000Kg/m^3

Solucionando la ecuación se obtiene

$$F_b = 9.97 \text{ N} \quad (6-10)$$

La fuerza de empuje, actúa en dirección vertical y hacia arriba; si la boya que está en flotación no se mueve, es porque la fuerza de flotación estará equilibrando el peso de la misma. [33]

Para el sensor ultrasónico, se halla la distancia que existe entre el sensor y el objeto, empleando la ecuación (5-3). Donde, la velocidad del sonido en el aire se toma como 331m/s.

Solucionando la ecuación se obtiene

$$d = 0.04\text{m} \quad (6-11)$$

La onda emitida por el sensor ultrasónico con un tiempo de 0.0003s indica que la distancia que existe entre este y el objeto es de 0.04m. [27]

Método para pruebas de medición

Para el sensor de flotador se realizaron varias pruebas buscando puntos en los cuales se obtuviera la mejor respuesta en cuanto a su activación y linealidad de medición en llenado y desagüe del tanque.

Al sensor de ultrasonido, se le programaron dos puntos de nivel críticos, máximo y mínimo, luego se realizaron pruebas con el software de verificación proporcionado

por el fabricante Flowline®. Teniendo como base las medidas obtenidas en el demo, se procede a realizar el montaje en el tanque con el tubo guía.

Al realizar estas pruebas se genera un certificado de calibración.

Para el cálculo de desviación estándar, linealidad y confiabilidad se dispone de las siguientes ecuaciones: [\[31\]](#)

- Desviación

$$Desviación = \frac{Medida\ Error}{Medida\ total\ del\ tanque} * 100 \quad (6-12)$$

- Linealidad

$$y = mx + b \quad (6-13)$$

- Confiabilidad

$$Confiabilidad = Efectividad\ total - Desviación_{(porcentual)} \quad (6-14)$$

6.1 SENSOR DE FLOTADOR (REED SWITCH)

El sensor es sometido a pruebas de laboratorio para verificar su buen funcionamiento y posterior calibración, a continuación son presentadas las tablas y graficas generadas por las pruebas realizadas, utilizando las fórmulas [\(6-12\)](#), [\(6-13\)](#) y [\(6-14\)](#) para este sensor. En las Tablas 4 se muestran las mediciones para el llenado del tanque y en la Tabla 5 se muestran las mediciones para el desagüe del tanque.

Nivel	Cm	Litros
Bajo	6	5
Bajo – Alto	14,7	11
Medio	24	18
Medio – Alto	32,8	25
Alto	42,5	32

Tabla 4: Llenado del tanque

Se observa que la calibración de las boyas sea la adecuada, para que el sensor tenga un comportamiento lineal en su proceso de llenado, como se muestra en la Figura 24.

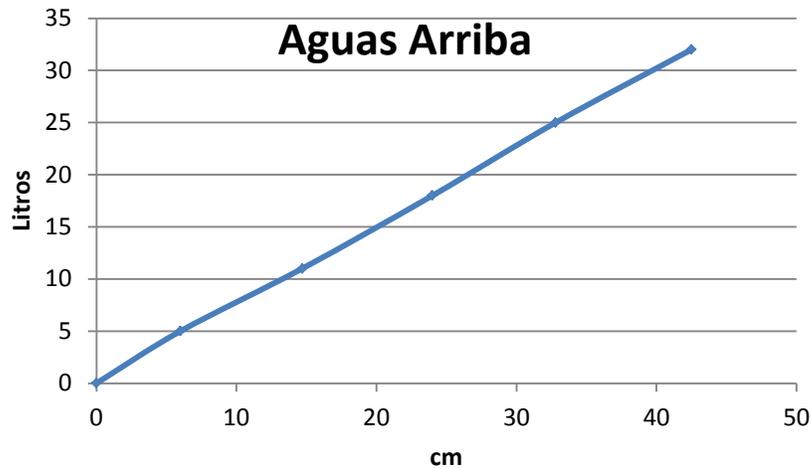


Figura 24: Aguas Arriba

Para observar la linealidad del sensor aguas arriba se requiere tomar dos puntos de la medición y aplicar la ecuación (6-13). Los puntos tomados fueron (6, 5) y $b=+-0.02$

$$m = 1.18 \text{ (6-15)}$$

El resultado indica que se cumple para todos los valores de grafica antes mostrada.

Nivel	Cm	Litros
Alto	42,5	32
Medio – Alto	31,8	25
Medio	23,1	18
Bajo – Alto	13,8	11
Bajo	5,3	5

Tabla 5: Vacío del tanque

Para observar la linealidad del sensor aguas abajo se requiere tomar dos puntos de la medición y aplicar la ecuación (6-13). Observamos el resultado en la Figura 25 Los puntos tomados fueron (5.3, 5) y $b=+-0.02$

$$m = 1.08 \text{ (6-16)}$$

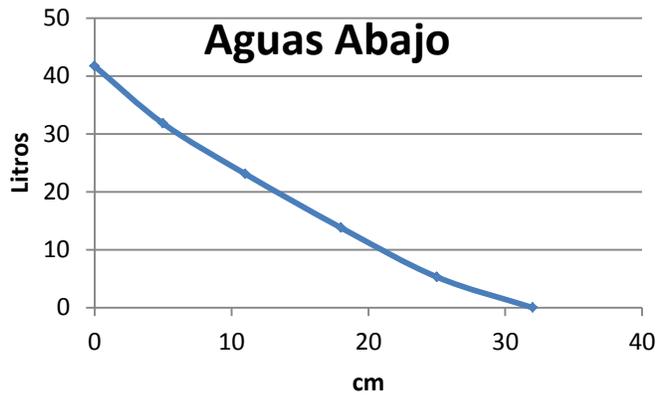


Figura 25: Aguas Abajo

La respuesta presenta variación debido a las piezas mecánicas del sensor, sin embargo se comprueba que el sensor es lineal en el llenado y desagüe del tanque. A continuación, en la Tabla 6 se presenta la cuantificación del error, teniendo en cuenta los puntos donde se generó la respuesta en aguas arriba y aguas abajo del tanque. Como se muestra en la Figura 26.

Litros	Cm Aguas Arriba	Cm Aguas Abajo	Error
0	0	0	0
5	6	5,3	0,7
11	14,7	13,8	0,9
18	24	23,1	0,9
25	32,8	31,8	1
32	42,5	41,7	0

Tabla 6: Error

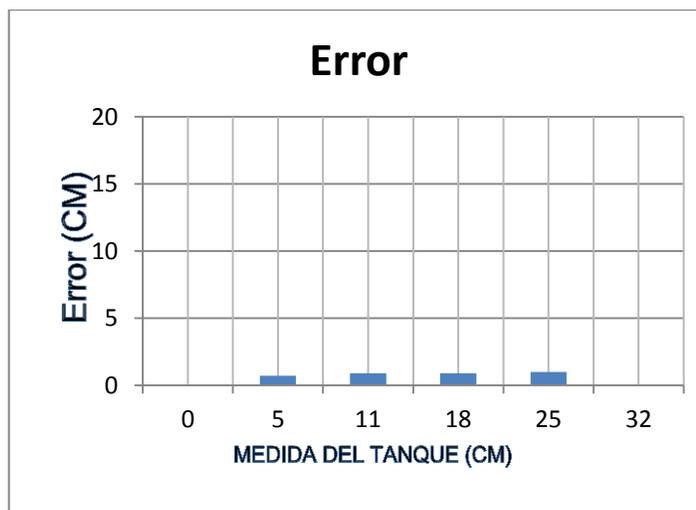


Figura 26: Error obtenido mediante la diferencia entre llenado y desagüe del tanque

6.1.1 RESULTADO FINAL SENSOR DE BOYAS

Como resultado final se observa que el sensor cumple con las expectativas, de funcionamiento en llenado y desagüe del tanque, demostrado en la cuantificación del error promedio, el cuál no supera el valor máximo permitido; aunque el error presentado corresponde al generado por las partes móviles del sensor, también se realiza el cálculo de desviación estándar y la confiabilidad del dispositivo.

Empleando la ecuación (6-12), se procede a calcular la desviación del sensor y se obtiene como resultado:

$$\text{Desviación} = 2\% \text{ (6-17)}$$

A continuación, se emplea la ecuación (6-14) y se procede a calcular la confiabilidad del sensor, se obtiene como resultado:

$$\text{Confiabilidad} = 98\% \text{ (6-18)}$$

La desviación equivale a un 2% y da un 98% de confiabilidad para efectividad de la medida, lo cual se hace recomendable para el tipo de implementación, debido a que cumple con las expectativas según los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio.

6.2 SENSOR DE ULTRASONIDO

Se realizan pruebas de laboratorio en llenado (aguas arriba) y desagüe (aguas abajo), a continuación se presentan los resultados obtenidos utilizando Las fórmulas (6-12), (6-13) y (6-14) para este sensor. Las variables empleadas para dicha práctica de medición son altura y volumen del fluido obteniendo como respuesta una salida expresada en corriente (mA) y en voltaje (V).

En la Tabla 7 se muestran los datos obtenidos en la prueba del sensor ultrasonido, junto con sus respectivas Figuras de aguas arriba y aguas abajo.

Cm	Litros	Corriente	Voltaje
0	0	4.0mA	2
3,8	3	4.8mA	2,4
7.4	6	5.5mA	2,75
11.3	9	6.6mA	3,3
15.1	12	8.4mA	4,2
18.4	15	9.9mA	4,95

21.8	18	11.1mA	5,55
25.5	21	12.6mA	6,3
29	24	13.8mA	6,9
33.4	27	15.0mA	7,5
36.6	30	15.8mA	7,9
41	33	16.8mA	8,4
43.8	36	17.8mA	8,9
47.7	39	18.2mA	9,1

Tabla 7: Llenado del tanque

Se observa que la calibración del sensor ultrasónico sea la adecuada, para que el sensor tenga un comportamiento lineal en su proceso de llenado, como se muestra en la Figura 27.

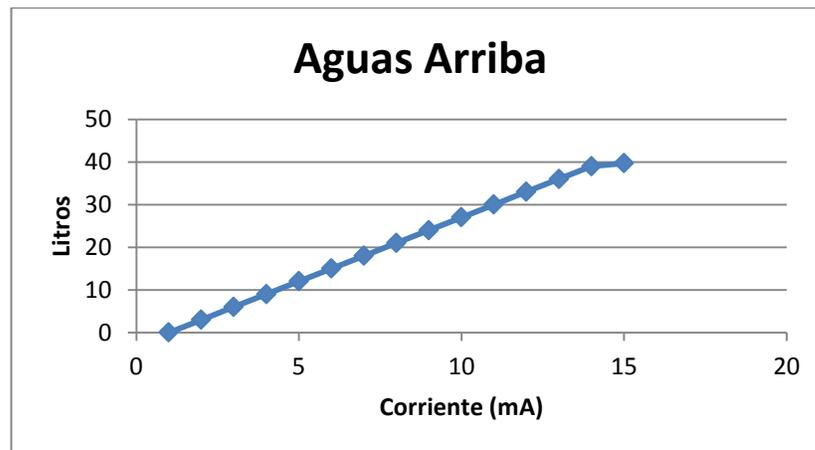


Figura 27: Aguas arriba

Para observar la linealidad del sensor aguas arriba se requiere tomar dos puntos de la medición y aplicar la ecuación (6-13). Los puntos tomados fueron (30, 15.8) y $b=+-0.05$

$$m = 1.94 \text{ (6-19)}$$

El sensor tiene una respuesta rápida y lineal mostrando un buen comportamiento en las pruebas de laboratorio.

En la Tabla 8 se observan las mediciones tomadas en las pruebas de desagüe del tanque.

Cm	Litros	Corriente	Voltaje
47.7	39	17.6mA	8,8
43.8	36	16.6mA	8,3
41	33	15.3mA	7,65
36.6	30	14.8mA	7,4
33.4	27	13.2mA	6,6
29	24	12.3mA	6,15
25.5	21	11mA	5,5
21.8	18	9.3mA	4,65
18.4	15	7.8mA	3,9
15.1	12	6.8mA	3,4
11.3	9	5.4mA	2,7
7.4	6	4.1mA	2,05
3.8	3	4.0mA	2
0	0	4.0mA	2

Tabla 8: Vacío del tanque

En la Figura 28, se observa que el sensor es lineal tanto en llenado como en el desagüe para la prueba y puesta en funcionamiento en laboratorio.

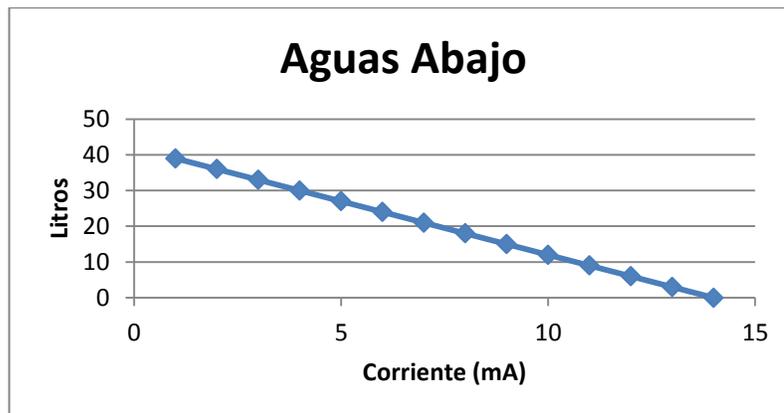


Figura 28: Aguas Abajo

Para observar la linealidad del sensor aguas abajo se requiere tomar dos puntos de la medición y aplicar la ecuación (6-13). Los puntos tomados fueron (30, 14.8) $b=+-0.05$

$$m = 1.97 (6-20)$$

La Tabla 9 y la Figura 29 muestran la medición del error teniendo en cuenta el llenado y el desagüe del tanque, como unidades de medida el volumen (lt) respecto a la salida en corriente (mA) y obteniendo como respuesta el error o variación de la medición.

Litros	mA - Aguas Arriba	mA - Aguas Abajo	Error
0	4	4	0
3	4,8	4	0,8
6	5,5	4,6	0,9
9	6,6	5,7	0,9
12	8,4	7,4	1
15	9,9	9	0,9
18	11,1	10,1	1
21	12,6	11,6	1
24	13,8	12,9	0,9
27	15	14	1
30	15,8	14,8	1
33	16,8	16	0,8
36	17,8	16,8	1
39	18,2	17,6	0,6

Tabla 9: Margen de Error de Aguas arriba y Aguas Abajo

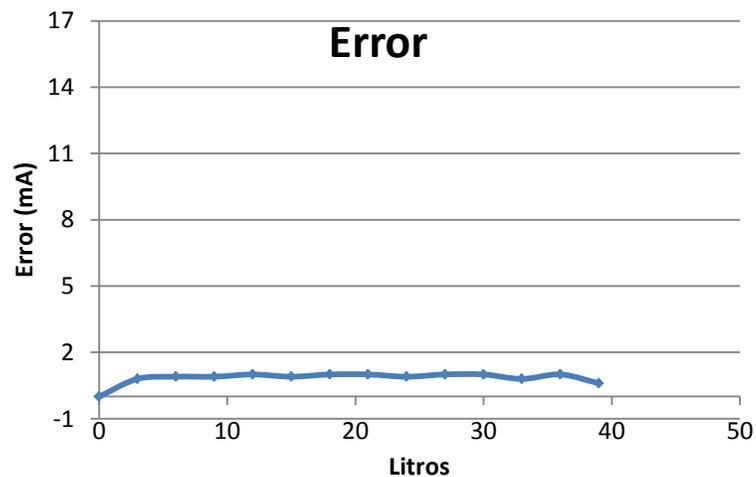


Figura 29: Gráfica de error o variación de medida

6.2.1 RESULTADO FINAL SENSOR DE ULTRASONIDO

Como resultado final, se obtiene que el sensor cumple con las expectativas de funcionamiento en llenado y desagüe del tanque, el cual es demostrado en la cuantificación del error ya que tiende a ser el mínimo; se identifica que este mínimo error es generado por variaciones en el ambiente y temperatura tanto del medio como del fluido, aun realizando las respectivas adecuaciones para su óptimo funcionamiento. Se realiza el cálculo de desviación estándar empleando la ecuación [\(6-12\)](#)

$$Desviación = 5,6\% \text{ (6-21)}$$

La confiabilidad del dispositivo se halla utilizando la ecuación [\(6-14\)](#)

$$Confiabilidad = 94,3\% \text{ (6-22)}$$

La desviación equivale a un 5,6% y da un 94.3% de confiabilidad en efectividad de la medida, el sensor es aprobado para su funcionamiento en el módulo.

CAPITULO VII
ESTADO ECONOMICO

7.1 RECURSOS

N°	Apellido	Nombre	Profesión Básica	Función dentro del grupo	Dedicación humana	Duración meses	Gastos Adicionales
1	Arguello	Mónica	Estudiante	Integrante	8 Horas	12 Meses	\$30.000
2	Buitrago	Yesid	Estudiante	Integrante	8 Horas	12 Meses	\$30.000
3	Delgado	Tatiana	Estudiante	Integrante	8 Horas	12 Meses	\$30.000
4	Lara	Andrey	Estudiante	Integrante	8 Horas	12 Meses	\$30.000
5	Peña	Yeisson	Estudiante	Integrante	8 Horas	12 Meses	\$30.000
6	Pinzón	Jonathan	Estudiante	Integrante	8 Horas	12 Meses	\$30.000
7	Poblador	Carlos	Estudiante	Integrante	8 Horas	12 Meses	\$30.000

Tabla 10: Tabla de Recursos

Los recursos para la implementación del proyecto fueron dados en una parte por la institución y por otra parte de los estudiantes en la etapa investigativa.

Estos fueron dados según las necesidades que se veían con respecto a las características del proyecto, aunque siempre se vieron afectados por la demora en la entrega y adquisición de los mismos.

Descripción del Equipo	Propósito Fundamental del Equipo	Actividades primordiales	Costo. Local –Arriendo - Propio	Total
Osciloscopio - Fluke	Medidas	Mediciones de los valores de los componentes del sensor	Arriendo -Local	\$ 0
Fuente	Alimentar	Alimentar sensores	Arriendo -Local	\$ 0
3 ordenadores	Programar	Programación , consultas, realización de tesis	Propios	\$ 0

Tabla 11: Tabla de Recursos

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8. CONCLUSIONES

- Como ayuda didáctica, en LabVIEW™ se caracterizó la interfaz para cada uno de los sensores, tomando como patrones de medida los resultados obtenidos en pruebas realizadas en el módulo. Con la caracterización fue posible determinar con mayor exactitud los puntos máximo y mínimo para el llenado de los tanques.
- Con los resultados obtenidos en las prácticas, se halló el error, es decir la cuantificación de la imperfección de los sensores utilizados para la medición de nivel. También fue posible identificar los factores ambientales que los generaban; tales como la temperatura del líquido, su viscosidad etc.
- Una vez implementada la interfaz de comunicación entre el hardware y el software, se realizaron las mediciones, adquiriendo a través de esta, resultados aproximados a los obtenidos en las pruebas realizadas directamente en los tanques 1 y 2.
- Mediante las pruebas realizadas se determinó los factores que afectaban el buen funcionamiento de los sensores. En ambos casos las vibraciones o movimientos bruscos. Para el caso del sensor ultrasónico fue necesario ubicarlo a 1 metro entre la base del tanque y el dispositivo, ya que si se colocaba a menor distancia los resultados eran imprecisos.

9. RECOMENDACIONES

- Tener precaución con los voltajes de salida y alimentación que se encuentran dentro del rango, entrada (0-12-24V) y para salida (0-12V) y no superar una corriente máxima de 20mA, para evitar sobrecargas, daños y con ello el mal funcionamiento de los sensores.
- Conocer los puntos de medición teniendo en cuenta el tipo de sensor, para realizar su correcta medición y no generar interferencia y cortos con los otros elementos del módulo, teniendo en cuenta que el sensor de boyas es de puntos fijos y genera una salida digital de 5 bits a 12V, en cuanto al sensor de ultrasonido se tiene una medición en dos puntos fijos para indicar el punto de nivel mínimo y máximo del tanque y de medición continua ya sea por corriente de 0mA a 20mA o como en el caso de su implementación de (0-24V) para ser ejecutada por el PLC.
- Las condiciones adecuadas para el correcto funcionamiento de los sensores de nivel son las siguientes:
 - Alimentación correcta y regulada a 12VDC.
 - Cableado en buen estado y correctamente conectado.
 - Sensor instalado en la posición adecuada dentro del módulo o respetando las condiciones del fabricante.
 - Revisar funcionamiento de los mismos siguiendo las indicaciones de montaje y prueba.

CAPITULO IX

10. TRABAJO A FUTURO

- Implementación del sensor capacitivo para tener otro tipo de medición y mayor eficacia a la hora de comparar los datos.
- Mejorar los acoples del sensor ultrasónico, ya que el realizado fue una adaptación de parte del grupo para obtener una medida requerida sin daños de agentes externos, ya que al identificar las especificaciones del fabricante nos encontramos que necesitaba ciertas condiciones para que funcione óptimamente.
- Acoplamiento a MATLAB para los sensores y ampliar la gama de aplicaciones a los estudiantes, debido a que se quiere un módulo muy didáctico para los estudiantes que vienen en semestres anteriores.

11. BIBLIOGRAFIA

- [1] Conceptos. Difuso [en línea]
<<http://deconceptos.com/general/difuso>> [citado en 27 de Junio de 2014]
- [2] Abellán C., Luis F. Sensores de nivel utilizados en la automatización industrial. [Proyecto de grado]
Costa Rica: Universidad de Costa Rica. Facultad de Ingeniería Eléctrica; 2008
- [3] Gran atlas de la ciencia. [Enciclopedia Británica]
Barcelona - Buenos Aires; 2012.
- [4] Glosario. Histéresis [en línea]
<<http://www.km77.com/glosario/h/histeresis.asp>> [citado en 28 de Junio de 2014]
- [5] Arpi., Diego, Romeo., Edgar, Ochoa., Edgar. Diseño de una red de comunicación de datos por radio para localización y control inteligente de unidades de transporte público en la ciudad de cuenca [Informe].
Azuay – Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- [6] Kioskea Lenguaje de programación [en línea]
<<http://es.kioskea.net/contents/304-lenguajes-de-programacion>> [citado en 28 de Junio de 2014]
- [7] Quees Magnetismo [en línea]
< <http://www.quees.info/que-es-el-magnetismo.html>> [citado en 30 de Junio de 2014]
- [8] Prezi Nivel [en línea]
<<http://prezi.com/alazwfdwzplc/nivel-freatico/>> [citado en 30 de Junio de 2014]
- [9] Academia.edu Presión [en línea]
<http://www.academia.edu/8436716/RES%C3%9AMEN_DE_LOS_APARATOS_METEOROL%C3%93GICOS_PRESI%C3%93N/> [citado en 30 de Junio de 2014]
- [10] Academia.edu Reed switch [en línea]
< <http://www.academia.edu/8617342/Introducci%C3%B3n>> [citado en 4 de Agosto de 2014]
- [11] Robótica Sensor [en línea]
< <http://tienda.tdrobotica.co/categoria/31>> [citado en 4 de Agosto de 2014]

- [12] Dinamo Tarjeta de adquisición [en línea]
< <http://www.portaldinamo.com/areas/14>> [citado en 4 de Agosto de 2014]
- [13] Pallás A., Ramón. Sensores acondicionadores de señal [libro cuarta edición].
Barcelona – España; 2003.
- [14] Peñuela., Cesar A. Ensayo de infrasonido y ultrasonido. [Ensayo]
Pereira: Universidad Libre de Pereira. Facultad de ingeniería comercial; 2014.
- [15] Sapiensman Zona muerta [en línea]
<http://www.sapiensman.com/control_automatico/control_automatico7.htm>[citado
en 7 de Agosto de 2014]
- [16] Moreno M., Erick R. Sensor de movimiento por ultrasonido. [Informe]
Guadalajara: Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Facultad de
Ingeniería electrónica.
- [17] Pozo D., Liliana A. Construcción de un prototipo del molinete universal para la
medición de la velocidad del agua en ríos. [Tesis de pregrado]
Quito: Escuela Politécnica de nacional. Facultad de electromecánica; 2011.
- [18] Coltech Flotador [en línea]
< [http://www.coltech.es/informacion/45-medidores-de-nivel/65-medidores-de-nivel-
tipos-y-caracteristicas.html](http://www.coltech.es/informacion/45-medidores-de-nivel/65-medidores-de-nivel-tipos-y-caracteristicas.html)> [citado en 14 de Agosto de 2014]
- [19] Tecnoficio Flotador [en línea]
<http://www.tecnoficio.com/docs/doc60.php?psps_page=6> [citado en 20 de
Agosto de 2014]
- [20] Bradley., Allen. Sensores de proximidad ultrasónicos. [Revista]
- [21] Flowline® Ultrasonido [en línea]
<http://www.flowline.com/echopod_dl34.php#sthash.N2Mq37Wf.dpbs>
[citado en 28 de Agosto de 2014]
- [22] Cnx.org Labview™[en línea]
<<http://cnx.org/content/m41078/latest/?collection=col11361/latest>> [citado en 4 de
Septiembre de 2014]
- [23] Torres P., Javier A. Diseño e implementación de sistemas de adquisición de
datos con visualización en tiempo real. [Tesis de posgrado]
Bogotá: Escuela Colombiana de Carreras Industriales. Facultad de ingeniería
electrónica; 2007.

[24] National Instruments DAQ [en línea]
<<http://sine.ni.com/nips/cds/print/p/lang/es/nid/201986>> [citado en 28 de Agosto de 2014]

[26] Olimpia Ultrasonido [en línea]
<http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/PRUEBA%20DE%20ULTRASONIDO.pdf> [citado en 22 de Octubre de 2014]

[27] Actuadores Sensores [en línea]
<<http://www.iit.upcomillas.es/~alvaro/teaching/Clases/Robots/teoria/Sensores%20y%20actuadores.pdf>> [citado en 22 de Octubre de 2014]

[28] Flowline[®] Sensores [en línea]
< <http://www.flowline.com>> [citado en 22 de Octubre de 2014]

[30] Mosquera H., Milton G, Siza B., Mayra A. Diseño e implementación de un módulo didáctico para simulación de control de nivel, dosificación y mezclado de líquidos de baja densidad con plc siemens s7-1200. [Tesis de pregrado] Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Informática y Electrónica; 2012.

[31] González R., Hely. Diseño de un medidor de nivel por Ultrasonido, aplicado a las lagunas de aguas residuales del municipio Coatepec. [Tesis] Coatepec, Veracruz: Universidad Veracruzana. Facultad de Instrumentación Electrónica y Ciencias Atmosféricas; 2014

[32] Avilés E., Josey. Medición de Nivel y Caudal por Ultrasonido [Informe] Universidad Técnica Federico Santa María. Facultad de Ingeniería civil y Electrónica.

[33] Fluidos Fuerza de flotación [en línea]
<<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/arquimedes/arquimedes.htm>> [citado en 8 de Enero de 2015]

12. ANEXOS

12.1 Anexo

Manual DL-34

Technical Support

For complete product documentation, video training, and technical support, go to www.flowline.com.

For phone support, call 562-598-3015 from 8am to 5pm PST, Mon - Fri. (Please make sure you have the Part and Serial number available.)

Flowline Inc. 10500 Humbolt St. Los Alamitos, CA 90720

Warranty

Flowline warrants to the original purchaser of its products that such products will be free from defects in material and workmanship under normal use and service in accordance with instructions furnished by Flowline for a period, which is equal to the shorter of one year from the date of purchase of such products or two years from the date of manufacture of such products. Flowline's obligation under this warranty is solely and exclusively limited to the repair or replacement, at Flowline's option, of the products or components, which Flowline's examination determines to its satisfaction to be defective in material or workmanship within the warranty period. Flowline must be notified pursuant to the instructions below of any claim under this warranty within thirty (30) days of any claimed lack of conformity of the product. Any product repaired or replaced under this warranty will be warranted only for the remainder of the original warranty period.

Returns

Products cannot be returned to Flowline without Flowline's prior authorization. To return a product that is thought to be defective, go to www.flowline.com, and submit a customer return (MRA) request form and follow the instructions therein. All warranty and non-warranty product returns to Flowline must be shipped prepaid and insured. Flowline will not be responsible for any products lost or damaged in shipment.

Limitations

This warranty does not apply to products which: 1) are beyond the warranty period or are products for which the original purchaser does not follow the warranty procedures outlined above; 2) have been subjected to electrical, mechanical or chemical damage due to improper, accidental or negligent use; 3) have been modified or altered; 4) anyone other than service personnel authorized by Flowline have attempted to repair; 5) have been involved in accidents or natural disasters; or 6) are damaged during return shipment to Flowline. Flowline reserves the right to unilaterally waive this warranty and dispose of any product returned to Flowline where: 1) there is evidence of a potentially hazardous material present with the product; or 2) the product has remained undamaged at Flowline for more than 30 days after Flowline has dutifully requested disposition. This warranty contains the sole express warranty made by Flowline in connection with its products. ALL IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE EXPRESSLY DISCLAIMED. The remedies of repair or replacement as stated above are the exclusive remedies for the breach of this warranty. IN NO EVENT SHALL FLOWLINE BE LIABLE FOR ANY INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OF ANY KIND INCLUDING PERSONAL OR REAL PROPERTY OR FOR INJURY TO ANY PERSON. THIS WARRANTY CONSTITUTES THE FINAL, COMPLETE AND EXCLUSIVE STATEMENT OF WARRANTY TERMS AND NO PERSON IS AUTHORIZED TO MAKE ANY OTHER WARRANTIES OR REPRESENTATIONS ON BEHALF OF FLOWLINE. This warranty will be interpreted pursuant to the laws of the State of California. If any portion of this warranty is held to be invalid or unenforceable for any reason, such finding will not invalidate any other provision of this warranty.

FLOWLINE We do Your Level Best!

FLOWLINE®



Model: DL34-XX)

EchoPod®

Quick Start

03300215 Rev/A
©2010 Flowline, Inc.
All Rights Reserved
Made in USA



10500 Humbolt Street, Los Alamitos, CA 90720 USA
Tel: 562.598.3015 Fax: 562.431.8507 www.flowline.com

Welcome to the DL34 Quick Start

The DL34 Quick Start is meant to show some of the more common setup solutions to getting the DL34 up and running quickly. If you run into an issue that is not addressed here or wish to install or set up with a non-standard configuration, please address the DL34 Manual or refer to the Flowline website at www.flowline.com.

We Do Your Level Best

Thank you for purchasing the EchoPod® (DL34). This general purpose ultrasonic sensor provides non-contact detection with 4 SPST 60 VA 1A relays powered by the 4-20 mA loop. This Quick Start includes everything you'll need to get the sensor up and running. For complete information, please refer to EchoPod® documentation located at www.flowline.com.

Components

Depending on how the EchoPod® was shipped to you, you may or may not have the components shown below. All three components, including the EchoPod®, USB Fob, and Viton® gasket are required to configure and install the sensor. If you need any additional components, you can order them directly from your local Flowline distributor.



EchoPod®
DL34-0
DL34-1

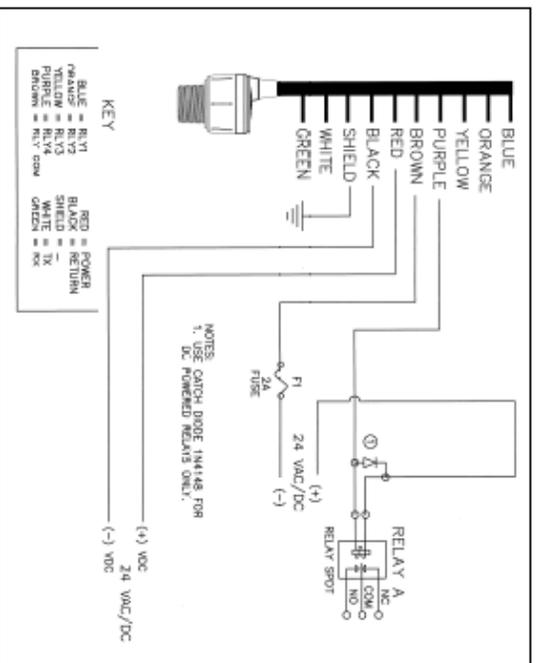


USB Fob
LI89-1001



Viton® gasket
200129

FLOWLINE We do Your Level Best



Typical Wiring Diagram
Your WebCal Wiring Diagram may vary.

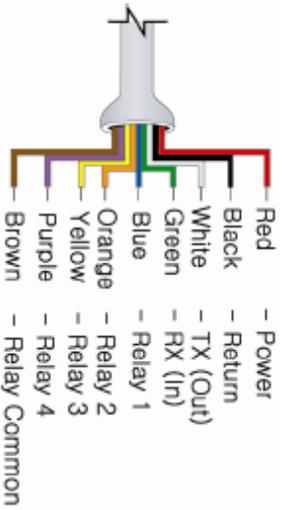
General notes for electrical connections, usage and safety:

- Where personal safety or significant property damage can occur due to a spill, the installation must have a redundant backup safety system installed
- Wiring should always be completed by a licensed electrician
- Supply voltage should never exceed 28 VDC
- Always use stepper relays between the sensor and external loads. For DC circuits use a catch diode such as 1N4148, as shown above.
- Protect the sensor from excessive electrical spikes by isolating the power, whenever possible
- The sensor materials must be chemically compatible with the liquids to be measured
- Design a fail-safe system for possible sensor and/or power failure
- Never use the sensor in environments classified as Hazardous

FLOWLINE We do Your Level Best

Wiring the EchoPod®

After mounting the sensor, make the necessary electrical connections. A wiring diagram with specific recommendations for the sensor's configuration can be printed from the WebCal program. A typical wiring diagram is shown on the next page.



Red and Black leads are for connection to a 24 VDC power supply or to a 4-20 mA loop power source. The red and black wires can be extended more than 1000 feet using 22 gauge or larger wire, however do not extend the green and white wires.

White and Green leads are reserved for use with WebCal and should not be connected during usage in the application. These wires should not be connected to WebCal while power is supplied from any source other than the LI99 FOB.

Never allow the white or green wires to touch any power supply.

Blue, Orange, Yellow and Purple wires are the relay contacts (normally open) from each of the relays respectively.

The **Brown** wire is the common for all of the relays.

FLOWLINE We do Your Level Best

Configuring the EchoPod®

Configuration of your sensor should be performed prior to mounting, since it requires connection to your PC.

Step 1: Install the WebCal Software

Download WebCal from www.flowline.com onto a PC with the following minimum specifications:

Windows® 2000/XP/Vista/7, 10 MB storage space, 256 MB RAM, 1 USB 2.0 port

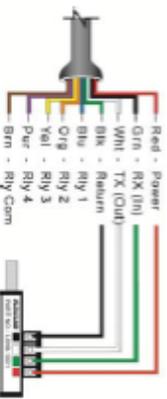
Double-click the WebCal icon to install before proceeding to Step 2. You must have an active Internet connection to install WebCal, as it will automatically verify driver updates.

Step 2: Connect the USB Fob

NOTE: Do not connect the Fob until after you've installed WebCal.

The sensor communicates to its configuration software through the USB Fob. Prior to connecting the Fob, ensure that all external power is disconnected from the EchoPod® as power is provided through the PC's USB 2.0 port. Do not use a cable connecting the sensor to the Fob any longer than 15 feet.

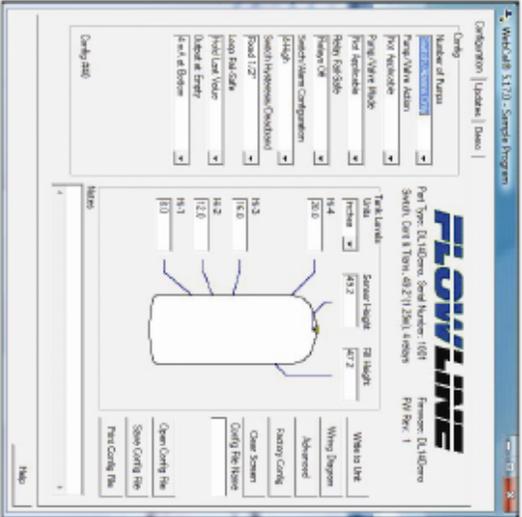
- 1) Connect the red, green, white, and black wires from the EchoPod® to the corresponding colored terminals on the Fob (as shown in the diagram).
- 2) Tighten the terminal screws with a slotted screwdriver.
- 3) Plug the Fob into your PC's USB port.



FLOWLINE We do Your Level Best

Step 3: Configure through WebCal

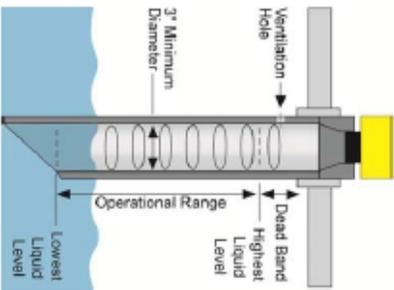
These instructions will walk you through configuration of the sensor through WebCal. For more information, click the WebCal HELP button in the lower right corner or anywhere on the WebCal screen or refer to the EchoPod® manual found at www.flowline.com.



WebCal Configuration Screen

Using a Standpipe

A standpipe may be used to dampen turbulence, separate surface foam from the point of measurement or increase performance in heavy vapor. Select a 3" pipe (a 2" pipe is usable, but the minimum) and attach the sensor with a coupling and reducer bushing. The pipe length should run the measurement span and the bottom of the pipe should remain submerged at all times to prevent foam from entering the pipe. Cut the bottom end of the pipe at 45° and drill a 1/4" pressure equalization hole high in the dead band. The pumps should not drive liquid past the open end of the standpipe which causes the liquid in the pipe to become turbulent.



Mounting with a Standpipe

The options on the right of the WebCal screen to finalize the configuration.

- **Write to Unit.** Send your configuration into EchoPod®.
- **Wiring Diagram.** Open PDF wiring schematic of your configuration.
- **Advanced.** Configure advanced settings. Read the section below on advanced setting options
- **Factory Config.** Return EchoPod® to the original factory configuration.
- **Clear Screen.** Clears the screen of configuration settings.
- **Config File.** Name, save, open or print your configuration for later use.



Finalize Settings

The **Advanced** button is used for options available when setting up the sensor with special, non-standard features. Many of these features are available for specific applications that may change from time to time. Consult WebCal's **HELP** file for the latest information on the use of any of these features.

The more commonly used Advanced features are the **Invert Relay** and **Increase Output Filtering** described below.

- **Increase Output Filtering.** Select this radio button to add additional filtering to the 4-20 mA output.
- **Decrease Output Filtering.** Select this radio button to remove all output filtering on the 4-20 mA output.
- **Invert Relays.** To invert the relay settings from normally open to normally closed, select this radio button.
- **Do not Invert Failsafe.** If you invert the relays but do NOT wish to invert the failsafe setting, select this radio button.



Advanced Settings

Before configuration can be completed:

You must click the **Write to Unit** button to save the settings to the unit. Then, click **Wiring Diagram** for a hard copy of the sensor's settings.

Finally, enter the file name under which you wish to save the configuration file and click **Save Config File**.

Configuration is now complete.

Disconnect the USB Fob before continuing to the next step: **Mounting the EchoPod®**.

For updates to WebCal, or to make sure you're using the most up-to-date version available, click the **Update** tab on the top of the WebCal screen.