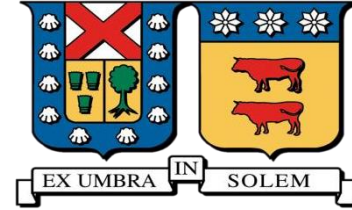


**Universidad Técnica
Federico Santa María.
Departamento de
Electricidad.
T.U. en Automatización y Control.**



DISEÑO DE SISTEMA INDICADOR DE NIVEL ESTANQUES COSAL S.A.

**Integrante: Andrés Gutiérrez
Profesor Guía: Helmut Contreras
Profesional Correferente: Dr. Carlos Sepúlveda
Año 2019**

Dedicatoria

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General	1
Objetivos específicos	1
Alcance	2
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 Cosal S.A.	3
1.1.1 <i>Organigrama de la empresa.</i>	4
1.1.2 <i>Productos y servicios.</i>	5
1.2 Almacenamiento.	5
1.3 Instrumentación.	6
1.3.1 <i>Radar microondas.</i>	7
1.3.2 <i>Microonda guiada.</i>	8
1.3.3 <i>Ultrasonido.</i>	8
2. DISEÑO	9
2.1 Mediciones de los estanques.	9
2.1.1 <i>Estanque T-101</i>	9
2.1.2 <i>Estanque T-102.</i>	10
2.1.3 <i>Estanque T-103.</i>	11
2.1.4 <i>Estanque T-104</i>	13
2.1.5 <i>Estanque T-105</i>	14
2.2 Capacidad de Cosal S.A.	15
2.3 Factibilidad de los radares.	15
2.3.1 <i>Sensor.</i>	16
2.3.2 <i>Ubicación.</i>	17
2.3.3 <i>Posición radares.</i>	18
2.3.4 <i>Cálculos de posición del instrumento.</i>	19
2.3.5 <i>Transmisores de nivel.</i>	23
2.4 Tablero de instrumentación.	24
2.4.1 <i>Componentes</i>	25
3. VALORIZACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN	27
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
5. BIBLIOGRAFÍA	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Temperatura v/s Densidad	6
Tabla 5-1 Productos y servicios de Cosal S.A.	5
Tabla 7-1 Capacidad en toneladas: TK-8, TK-9, TK-10, TK11 y TK12.	15
Tabla 7-2 Antenas de radares.	19
Tabla 7-3 Alturas de estanques COSAL.	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5-1 Esquema de la empresa	4
Figura 5-2 Organigrama del Holding Setop S.A	4
Figura 6-1 Parámetro en estanques	5
Figura 6-2 Sensores de nivel	7
Figura 7-1 Valores y Planos Estanque T-101, TK-8.	9
Figura 7-2 Valores y Planos Estanque T-102, TK-9.	10
Figura 7-3 Valores y Planos Estanque T-103, TK-10.	11
Figura 7-4 Valores y Planos Estanque T-104, TK-11.	13
Figura 7-5 Valores y Planos Estanque T-105, TK-12.	14
Figura 7-6 Parámetros utilizados en instrumentación.....	17
Figura 7-7 Plano ubicación instrumentación.	18
Figura 7-11 Posición de radares en estanques.	19
Figura 7-12 Triángulo de proyección de onda.....	19
Figura 7-13 Radar onda no guiada con trompeta.	19
Figura 7-14 Radar posicionado en estanque T-101.....	21
Figura 7-15 Radar posicionado en estanque T-102.....	21
Figura 7-16 Radar posicionado en estanque T-103.....	22
Figura 7-17 Radar posicionado en estanque T-104.....	22
Figura 7-18 Radar posicionado en estanque T-105.....	23
Figura 7-10 Conexión en el transmisor de nivel.	23
Figura 7-8 Tablero de instrumentación.....	24
Figura 7-9 Circuito tablero de instrumentación.	25

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Determinación de densidad aceite de pescado.....	31
---	----

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

Sigla

SETOP : Sepúlveda Toepfer

TK : Tank

COSAL S.A. : Comercializadora San Luis

I+D : Investigación y desarrollo

ISEP : Inversiones Sepúlveda

INNOCON : Investigación, Desarrollo, Innovación y Consultoría en Biotecnología, Tecnología e Ingeniería

Simbología

V : Volumen

A : Área

h : Altura

π : Pi

r : Radio

M : Masa

ρ : Densidad

D : Diámetro

P : Perímetro

% : Porcentaje

°C : Grados Celsius

Cm : Centímetro

g/ml : Unidad densidad gramos/ mililitros

t : Tiempo

c : Velocidad

d : Distancia

ton : Toneladas
m : Metro
kg : Kilogramo
ml : Mililitro
g : Gramo
m³ : Metros cúbicos
m² : Metros cuadrados.
mm : Milímetros
mA : Miliamperes
PLC : Controlador Lógico Programable
Tan : Tangente
HMI : Interfaz Humano Maquina
Θ : Ángulo

Introducción



COSAL S.A, es una empresa de comercialización, exportación e importación de aceite de pescado para consumo animal y humano, almacena sus productos en 5 estanques cilíndricos con una capacidad total de 5100 [Ton].

Actualmente se calcula la cantidad de producto haciendo una estimación de la masa en cada cilindro según el peso indicado en la guía de despacho, la cual es verificada posteriormente con un instrumento de pesaje.

El stock de la planta, es variable. Éste se mide de forma manual, a través de un operador quien por inspección visual estima la cantidad de producto disponible.

Objetivo General

- Generar información de forma continua sobre la cantidad de aceite de pescado disponible en cada uno de los estanques de la empresa COSAL S.A.

Objetivos específicos

- Medir en terreno la dimensión de los estanques, perímetro y altura para obtener el volumen de cada uno de ellos.
- Definir y seleccionar la mejor solución técnico-económica para la empresa Cosal S.A. en relación a la determinación de cantidad de producto en los estanques.
- Diseñar sensorización, de acorde a lo más óptimo, eficiente y operacional.
- Obtener la distancia óptima de la pared del estanque hasta el instrumento de nivel.

Alcance

El alcance de este trabajo de título es del tipo correlacional, ya que se relacionarán las variables nivel de producto, superficie de cada estanque para obtener de manera continua la cantidad real de masa de aceite de pescado.

La presente investigación se ha de centrar, en la obtención de volumen real de los estanques y con la determinación de la densidad del aceite de pescado con análisis de laboratorio realizados en la empresa Innocon S.A., se obtendrá la masa del producto para identificar el instrumento de sensor de nivel óptimo según las necesidades de la empresa para obtener de manera continua el nivel de producto.

Las limitaciones presentes en el proyecto son principalmente, la dificultad de dimensionar correctamente la altura de los estanques y la elección del instrumento de sensor de nivel que requiera de la menor intervención de trabajo en el interior de los estanques, producto de la cantidad de masa contenida en ellos.

1. Marco Teórico

El presente proyecto se ha de centra principalmente en medir la masa de producto contenida en unos estanques de la empresa Cosa S.A, sin embargo, esto no es factible conseguir de manera directa debido a la inexactitud del método de medición utilizado actualmente, por método visual, por lo que se calculará indirectamente con una medición de nivel en los estanques, el cual se detalla a continuación.

No es posible ejecutar una inspección continua, de la forma descrita anteriormente, ya que los recursos se encuentran limitados, por lo cual se plantea como solución implementar un sistema de medición a través de sensores de nivel.

Actualmente en la empresa Cosal S.A. se calcula la cantidad de producto dentro de los estanques a través de una estimación de la masa contenida en cada cilindro según el peso indicado en la guía de despacho, la cual es verificada posteriormente con un instrumento de pesaje de proporciones adecuadas para los camiones que transportan el producto.

El stock de productos de la planta, es variable. Éste se mide de forma manual, a través de un operador quien por inspección visual estima la cantidad de producto disponible.

1.1 Cosal S.A.

Es una empresa comercializadora enfocada en el trading de aceites de pescado, harinas y otros productos de origen marino tanto en Chile como en el extranjero, además presta servicio de manejo de residuo de la industria pesquera, específicamente limpieza de estanque, disposición, manejo y reaprovechamiento de borras de aceite de pescado.

Cosal cuenta con la capacidad analítica de los laboratorios del grupo Setop y con más de 5.000 toneladas de almacenamiento propio.

Cosal pertenece al holding SETOP y, ésta a su vez, integra distintas empresas, tal como se señala en el siguiente esquema:

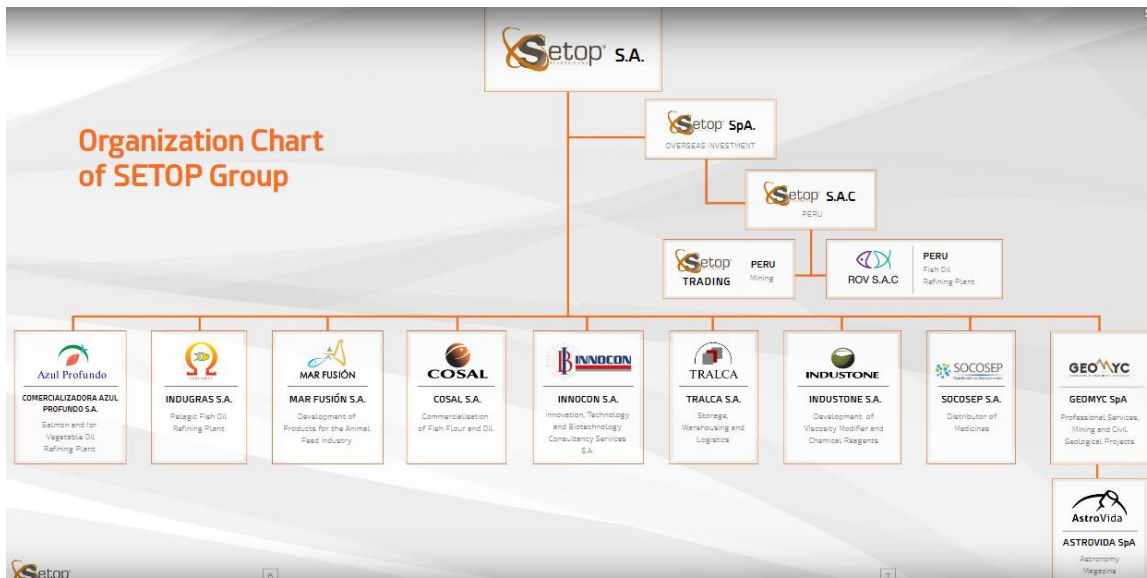


Figura 1-1 Esquema de la empresa

SETOP S.A., es un holding de empresas creado en el año 2010, que principalmente concentra sus actividades en el rubro de alimentación animal, insumos químicos industriales, consultoría e investigación y bodegaje.

SETOP S.A. es una evolución de la Sociedad Comercial SEP Ltda., empresa que el año 2000 comienza con dos líneas de negocios: una de ellas ligada a la venta y distribución de medicamentos y la otra asociada a la comercialización de alimentación animal. El éxito de esta empresa lleva a crear nuevas empresas y explorar nuevos negocios, lo cual genera la separación final del negocio en dos holdings: SETOP Ltda., encargada del rubro industrial e I+D+i e ISEP Ltda., especializada en el sector farmacéutico.

1.1.1 Organigrama de la empresa.

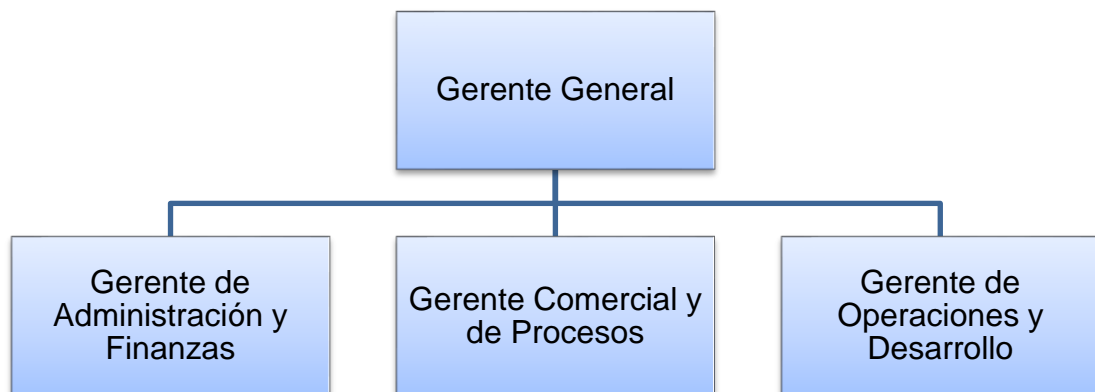


Figura 1-2 Organigrama del Holding Setop S.A

1.1.2 Productos y servicios.

Cosal cuenta con planes de trabajo enfocados en aprovechar los residuos de producción, tales como el aceite de oliva.

Tabla 1-1 Productos y servicios de Cosal S.A.

Nombre del Producto/Servicio	Descripción Producto/servicio
Comercialización de harina y aceite de pescado	Gracias a la experiencia de más de 10 años, comercializa harina y aceite de pescado, tanto en el mercado nacional como internacional.
Servicio de almacenamiento de aceite	Posee estanques de almacenamiento con una capacidad total de 5000 toneladas, emplazados en el Parque Industrial Escuadrón I, operando principalmente con clientes del rubro pesquero y relacionados.
Servicio de limpieza, manejo disposición de residuos oleosos.	Cuenta con un equipo experimentado y especializado en limpieza de estanques de aceite. También transporta y dispone los residuos según los requerimientos de los clientes.
Servicio de descarga de buques de aceite	A pedido del cliente, descarga aceites tanto marinos como vegetales directamente de buque en puerto a camión para su transporte.

1.2 Almacenamiento.

El volumen de un cilindro viene dado por la siguiente fórmula y como los estanques son de esta forma geométrica se utilizará para calcular su volumen interno y por tanto la cantidad de producto contenido dentro de cada uno de los estanques.

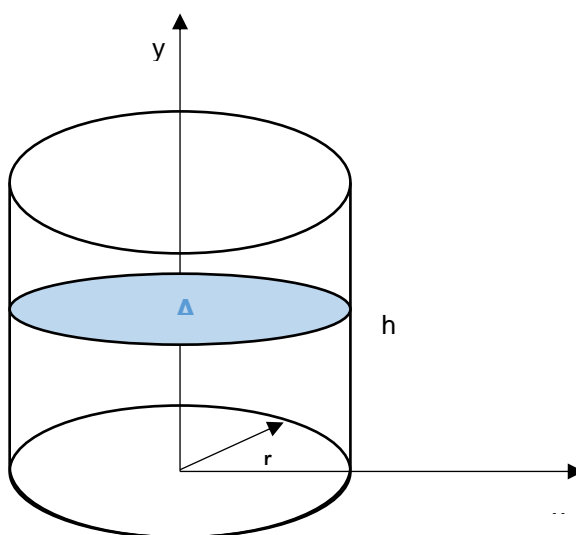


Figura 1-3 Parámetro en estanques

El volumen del cilindro viene dado por:

$$V = A * h$$

El área de la superficie de un cilindro es:

$$A = \pi * r^2$$

Por otro lado:

$$V = m * \rho$$

Por lo que igualando el volumen tenemos:

$$m = \frac{A * h}{\rho}$$

Además, se sabe que la densidad del producto, en particular aceite de pescado, es variable según la temperatura a la que se encuentre.

Los valores característicos se presentan a continuación:

Tabla 1-2 Temperatura v/s Densidad

Temperatura	Densidad
10°C	0.92 g/MI
25°C	0.94 g/MI
60°C	0.98 g/MI

1.3 Instrumentación.

Los sensores de medición de nivel son parte integral del control de proceso en muchas industrias y clasifican en dos tipos principales.

Los sensores de medición de nivel con señal digital que se usan para marcar una sola altura de líquido separada: una condición de nivel preestablecida. En general, este tipo de sensor funciona con una alarma alta, y señala una condición de desbordamiento, o un marcador para una condición de alarma baja.

Los sensores de nivel con señal analógica son más sofisticados y pueden proporcionar monitoreo de nivel para todo un sistema. Miden el nivel de fluido dentro de un rango, en lugar de un punto, y producen por tanto la salida analógica que se

correlaciona directamente con el nivel en el recipiente. Para crear un sistema de administración de nivel, la señal de salida se vincula con un ciclo de control de proceso y un indicador visual.

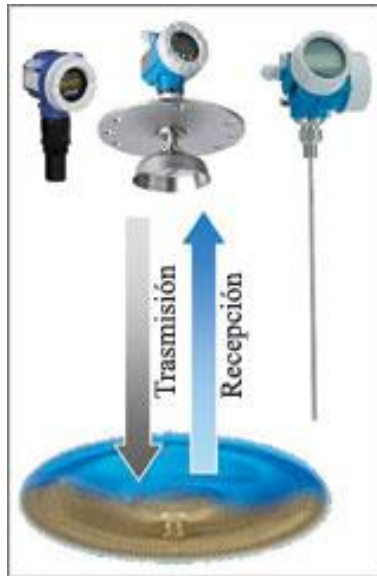


Figura 1-4 Sensores de nivel

Existen 3 tipos de sensores con este principio de funcionamiento:

- Radar Microonda
- Microonda guiada
- Ultrasonido

A continuación, se detalla el funcionamiento de cada sensor:

1.3.1 Radar microondas.

Envía una onda de alta frecuencia a la superficie del producto, la cual rebota, devolviéndose al sensor. Esto es detectado, y el tiempo desde que se envía la onda hasta que regresa es medido, estableciendo una relación con la altura como se presenta en la siguiente ecuación:

$$d = c \frac{t}{2}$$

Donde, d: distancia

t: tiempo de retorno

c: velocidad de la luz

De esta forma la altura del producto dentro del estanque:

$$h_p = h - d$$

Donde, h_p : altura del producto

h : altura estanque

El cálculo de la masa es obtenido como se explica en el Capítulo 7.

1.3.2 Microonda guiada.

Este sensor envía impulsos de microondas de alta frecuencia a través de una sonda que atraviesa el producto hasta la base. La onda enviada alcanza la superficie, cambiando la impedancia característica de modo que los impulsos transmitidos son reflejados. El tiempo transcurrido entre la transmisión y la recepción de la onda es medido, y la distancia entre el sensor y la superficie del producto es calculada a través de la proporción mencionada en el ítem anterior 1.3.1.

1.3.3 Ultrasonido.

Este sensor trabaja enviando impulsos de ultrasonidos, los que se reflejan en la superficie del producto debido a su densidad. El instrumento, al igual que los anteriores, mide el tiempo transcurrido entre la transmisión y recepción de la onda reflejada. Este dato es analizado, y a través de la ecuación de proporción se obtiene el valor de distancia entre la superficie del producto y el instrumento.

2. Diseño

2.1 Mediciones de los estanques.

Como se ha indicado anteriormente, es necesario realizar un levantamiento de las medidas de los estanques a intervenir, estos datos serán ingresados al sistema, para que acorde se registre la medición de nivel finalmente podamos tener la información del stock.

El estanque tendrá una capacidad volumétrica en m^3 , el producto en la empresa se comercializa en masa, por ende, se realizará también el cálculo de la capacidad de aceite de cada estanque.

2.1.1 Estanque T-101

Estanque	T-101		TK-8
Medidas	Valores		Plano frontal
Altura	12,26	m	
Perímetro	48,4	m	
Radio	7,703	m	
Diámetro	15,406	m	
Área	186,41	m ²	
Volumen	2.285,447	m ³	
Masa	2.125.466,567	Kg	
	2.125,466	Ton	

Figura 2-1 Valores y Planos Estanque T-101, TK-8.

Cálculos:

Datos Medidos: Perímetro: 48.4 m Altura: 12,26 m

Datos calculados:

$$P = 2\pi * r$$

$$r = \frac{P}{2\pi}$$

$$r = \frac{48,4}{2\pi} = 7,703 \text{ m}$$

$$D = 2 * r$$

$$D = 2 * 7,703 = 15,406 \text{ m}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 7,703^2 = 186,41 \text{ m}^2$$

$$V = \pi r^2 * h$$

$$V = \pi * 7,703^2 * 12,26 = 2.285,447 \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = \rho * v$$

ρ aceite de pescado = 0,93 g/ml

$$\rho = \frac{g}{ml} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{1000000 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3}$$

$$\frac{kg}{m^3} = 1000 * \frac{g}{ml}$$

ρ aceite de pescado = 930 kg/m³

$$m = 930 * 2.285,447 = 2.125.466,567 \text{ kg}$$

$$1 \text{ Ton} = 1000 \text{ kg}$$

$$2.125.466,567 \text{ kg} = 2.125,466 \text{ ton}$$

2.1.2 Estanque T-102.

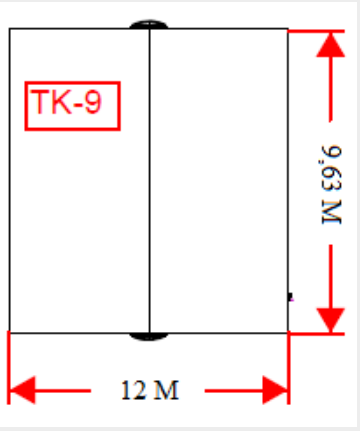
Estanque	T-102		TK-9
Medidas	Valores		Plano frontal
Altura	9,63	m	
Perímetro	37,7	m	
Radio	6	m	
Díametro	12	m	
Área	113,102	m ²	
Volumen	1.089,178	m ³	
Masa	1.012.936,153	Kg	
	1.012,936	Ton	

Figura 2-2 Valores y Planos Estanque T-102, TK-9.

Cálculos:

Datos Medidos: Perímetro: 37,7 m Altura: 9,63 m

Datos calculados:

$$P = 2\pi * r$$

$$r = \frac{P}{2\pi}$$

$$r = \frac{37,7}{2\pi} = 6 \text{ m}$$

$$D = 2 * r$$

$$D = 2 * 6 = 12 \text{ m}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 6^2 = 113,102 \text{ m}^2$$

$$V = \pi r^2 * h$$

$$V = \pi * 6^2 * 9,63 = 1.089,178 \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = \rho * v$$

$$\rho \text{ aceite de pescado} = 0,93 \text{ g/ml}$$

$$\rho = \frac{g}{ml} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{1000000 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3}$$

$$\frac{kg}{m^3} = 1000 * \frac{g}{ml}$$

$$\rho \text{ aceite de pescado} = 930 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 930 * 1.089,178 = 1.012.936,153 \text{ kg}$$

$$1 \text{ Ton} = 1000 \text{ kg}$$

$$1.012.936,153 \text{ kg} = 1.012,936 \text{ ton}$$

2.1.3 Estanque T-103.

Estanque	T-103		TK-10
Medidas	Valores		Plano frontal
Altura	14,49	m	
Perímetro	30,4	m	
Radio	4,838	m	
Diámetro	9,676	m	
Área	73,542	m ²	
Volumen	1.065,628	m ³	
Masa	991.034,189	Kg	
	991,034	Ton	

Figura 2-3 Valores y Planos Estanque T-103, TK-10.

Cálculos:

Datos Medidos: Perimetro: 30,4 m Altura: 14,49 m

Datos calculados:

$$P = 2\pi * r$$

$$r = \frac{P}{2\pi}$$

$$r = \frac{30,4}{2\pi} = 4,838 \text{ m}$$

$$D = 2 * r$$

$$D = 2 * 4,838 = 9,676 \text{ m}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 4,838^2 = 73,542 \text{ m}^2$$

$$V = \pi r^2 * h$$

$$V = \pi * 4,838^2 * 14,49 = 1.065,628 \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = \rho * v$$

$$\rho \text{ aceite de pescado} = 0,93 \text{ g/ml}$$

$$\rho = \frac{g}{ml} * \frac{1 kg}{1000 g} * \frac{1000000 ml}{1 m^3}$$

$$\frac{kg}{m^3} = 1000 * \frac{g}{ml}$$

$$\rho \text{ aceite de pescado} = 930 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 930 * 1.065,628 = 991.034,189 \text{ kg}$$

$$1 \text{ Ton} = 1000 \text{ kg}$$

$$991.034,189 \text{ kg} = 991,034 \text{ ton}$$

2.1.4 Estanque T-104

Estanque	T-104		TK-11
Medidas	Valores		Plano frontal
Altura	14,49	m	
Perímetro	30,4	m	
Radio	4,838	m	
Díametro	9,676	m	
Área	73,542	m ²	
Volumen	1.052,628	m ³	
Masa	991.034,189	Kg	
	991,034	Ton	

Figura 2-4 Valores y Planos Estanque T-104, TK-11.

Cálculos:

Datos Medidos: Perímetro: 30,4 m Altura: 14,49 m

Datos calculados:

$$P = 2\pi * r$$

$$r = \frac{P}{2\pi}$$

$$r = \frac{30,4}{2\pi} = 4,838 \text{ m}$$

$$D = 2 * r$$

$$D = 2 * 4,838 = 9,676 \text{ m}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 4,838^2 = 73,542 \text{ m}^2$$

$$V = \pi r^2 * h$$

$$V = \pi * 4,838^2 * 14,49 = 1.065,628 \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = \rho * v$$

$$\rho \text{ aceite de pescado} = 0,93 \text{ g/ml}$$

$$\rho = \frac{g}{ml} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{1000000 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3}$$

$$\frac{kg}{m^3} = 1000 * \frac{g}{ml}$$

$$\rho \text{ aceite de pescado} = 930 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 930 * 1.065,628 = 991.034,189 \text{ kg}$$

$$1 \text{ Ton} = 1000 \text{ kg}$$

$$991.034,189 \text{ kg} = 991,034 \text{ ton}$$

2.1.5 Estanque T-105

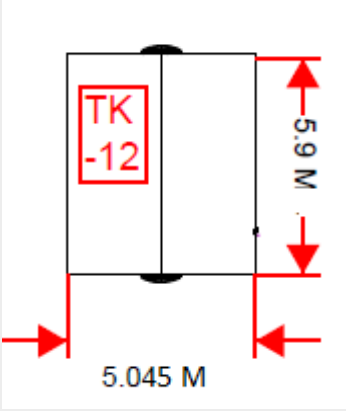
Estanque	T-105		TK-12
Medidas	Valores		Plano frontal
Altura	5.9	m	
Perímetro	15,85	m	
Radio	2,522	m	
Dímetro	5,045	m	
Área	19,991	m ²	
Volumen	117,95	m ³	
Masa	109.694,191	Kg	
	109,694	Ton	

Figura 2-5 Valores y Planos Estanque T-105, TK-12.

Cálculos:

Datos Medidos: Perímetro: 15,85 m Altura: 5,9 m

Datos calculados:

$$P = 2\pi * r$$

$$r = \frac{P}{2\pi}$$

$$r = \frac{15,85}{2\pi} = 2,522 \text{ m}$$

$$D = 2 * r$$

$$D = 2 * 2,522 = 5,045 \text{ m}$$

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 2,522^2 = 19,991 \text{ m}^2$$

$$V = \pi r^2 * h$$

$$V = \pi * 2,522^2 * 5,9 = 117,95 \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = \rho * v$$

ρ aceite de pescado = 0,93 g/ml

$$\rho = \frac{g}{ml} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{1000000 \text{ ml}}{1 \text{ m}^3}$$

$$\frac{kg}{m^3} = 1000 * \frac{g}{ml}$$

$$\rho \text{ aceite de pescado} = 930 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 930 * 117,95 = 109.694,19 \text{ kg}$$

$$1 \text{ Ton} = 1000 \text{ kg}$$

$$109.694,19 \text{ kg} = 109,694 \text{ ton}$$

2.2 Capacidad de Cosal S.A.

Tabla 2-1 Capacidad en toneladas: TK-8, TK-9, TK-10, TK11 y TK12.

Capacidad en toneladas COSAL S.A					
TK-8	TK-9	TK-10	TK-11	TK-12	TOTAL
2.125,466	1.012,936	991,034	991,034	109,694	5.230,164

Los valores presentados anteriormente fueron calculados con una densidad promedio 0,93 g/ml. A pesar de lo anterior, se sabe que la densidad del producto es variable según la temperatura a la que se someta.

El estudio de esta variación se realizó a través del laboratorio de análisis químico INNOCON.

El informe de determinación de densidad se adjunta en anexos.

2.3 Factibilidad de los radares.

A continuación, se especificará el modelo seleccionado con todos sus detalles de montaje y conexionado. El instrumento elegido se seleccionó tras un intenso estudio de los parámetros más importantes e influyentes en la toma de muestras para el caso analizado. Estas se describen a continuación.

- Precisión; Indica el error en la medición efectuada por el instrumento.
- Montaje; especificación que condiciona futuras mantenciones.
- Tipo de radar; clasificación que designa la forma en que se expande la onda.
- Señales; valores con los que trabajará el controlador.

2.3.1 Sensor.

El producto sobre el cual se realiza la medición no puede interactuar directamente con objetos externos que no estén adecuadamente aislados, ya que contaminaría su contenido. Otra problemática para escoger un instrumento de medición adecuado, es la cantidad de producto con la cual se trabaja, ya que al querer montar un instrumento en contacto con el contenido es necesario vaciar los estanques, lo que genera aumento de gastos para la empresa (requerimiento de personal) además del colapso de la instalación por falta de capacidad de almacenamiento (estanques de mantención).

Por lo anteriormente expuesto la elección fue acondicionada por la característica principal de no interactuar o insertar directamente el instrumento en este producto, ya que esto implicaría mantenciones especiales.

Se seleccionó el instrumento “radar por microonda no guiada”, ya que, la onda se expande libremente en dirección a la superficie del producto dentro del estanque sin tener la necesidad de estar en contacto con el producto.

A continuación, se presentan los parámetros más importantes considerados al momento de elegir el instrumento de medición:

Precisión: el error en un instrumento radar por microonda es de 2mm, lo cual nos otorga una información suficientemente confiable del estado real del estanque.

Montaje: los radares van situados en el techo de los estanques para las 2 alternativas antes descritas. El radar de microondas guiadas requiere insertar una varilla desde el radar hasta el fondo del estanque para realizar la medición, por lo que su montaje demanda el vaciado completo del estanque y también para alguna posible mantención a futuro. Recordando las capacidades de los estanques y las limitaciones físicas de la planta, esta situación se torna compleja e irrealizable en las condiciones actuales. El instrumento radar por microondas no guiadas, en cambio, ofrece la posibilidad de evitar este problema, ya que no se inserta en el producto, solo se fija en el techo, proyectando la onda y dirigiéndola al producto gracias a su trompeta. La instalación de este instrumento evita la problemática del movimiento del producto tanto para montaje como también para mantención. Esto facilita a la empresa su modernización, disminuyendo así costos y aumentando niveles de producción.

Tipo de radar: ante lo anterior, técnicamente la mejor opción es por microonda disipada por trompeta, quedando estipulada en anexos las especificaciones de ésta última.

Señales: este instrumento entrega una señal con lazos de corriente de 4-20 mA, ya que son los valores universales en señales análogas, para controladores lógicos programables (PLC), el lazo se conformará de dos hilos, es decir el instrumento debe ser pasivo, quedando bajo la energía que suministrará la fuente situada en el tablero de instrumentación.

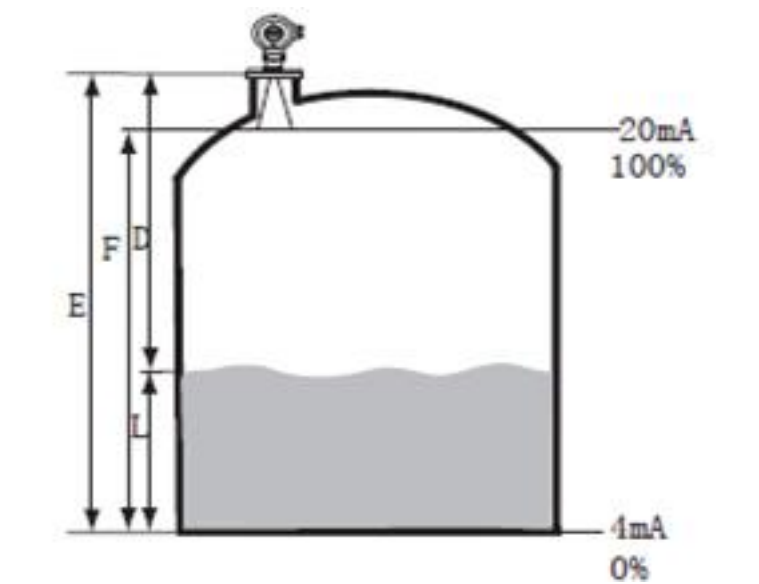


Figura 2-6 Parámetros utilizados en instrumentación.

El uso de la antena consiste en recibir el pulso de microondas reflejada y la transmite al circuito electrónico. El microprocesador actúa de tal forma que procesa la señal e identifica la onda eco generado en la superficie nivel material.

La distancia D a la superficie del material está en proporción directa al tiempo de la trayectoria del impulso, identificada como T, la velocidad de la luz queda designada como C, es así como la distancia es finalmente obtenida por la siguiente ecuación.

$$D = C * \frac{T}{2}$$

Como la distancia estanque vacío E es ya conocido, el nivel de material L es:

$$L = ED$$

2.3.2 Ubicación.

Se presenta el plano de disposición de la instrumentación, así como también del tablero situado en terreno, en que se detalla las señales ya sea eléctrica o instrumentación, la posición de los radares, la alimentación del tablero de instrumentación.

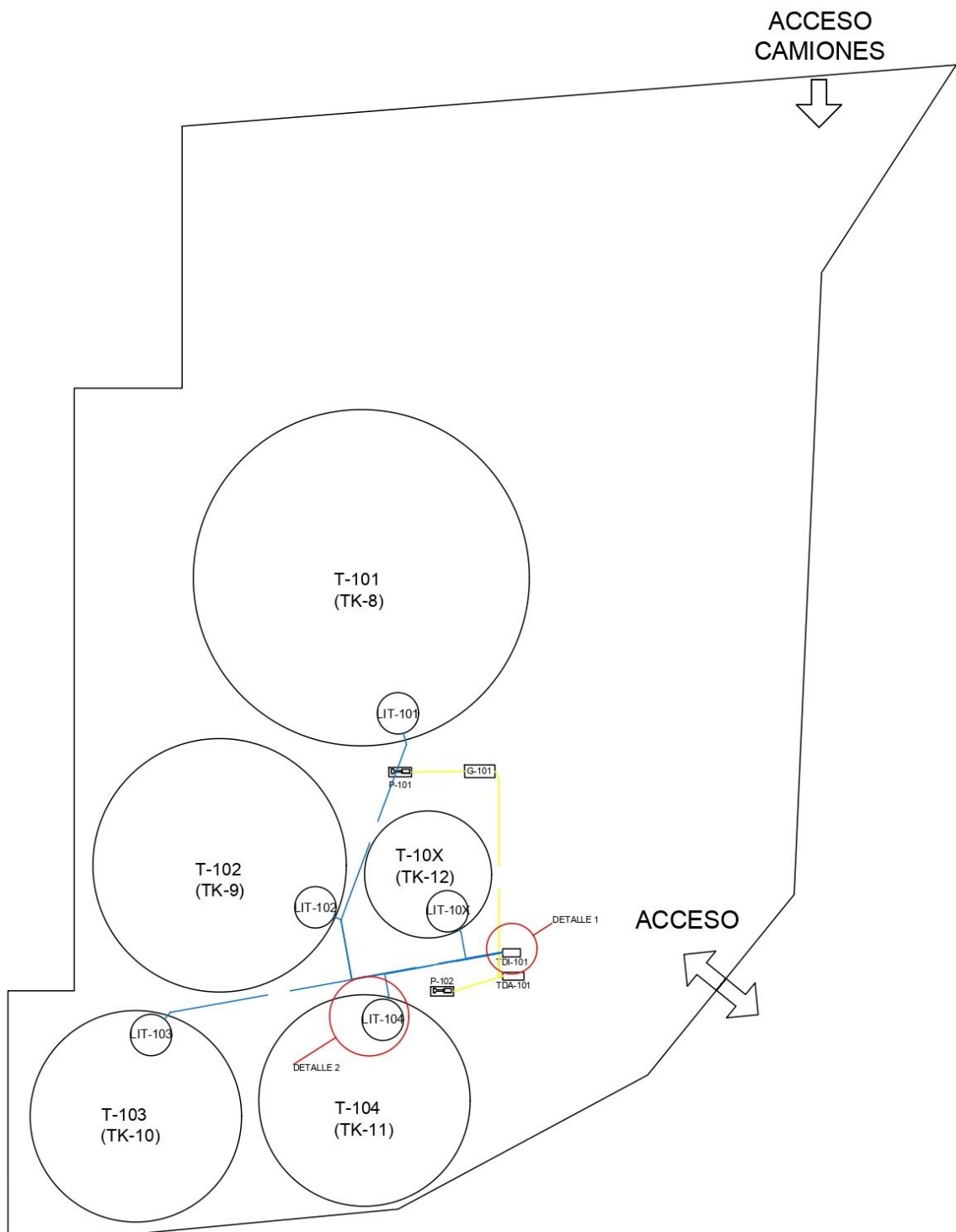


Figura 2-7 Plano ubicación instrumentación.

2.3.3 Posición radares.

Para que la proyección de la onda efectúe una medición de la altura directa entre el techo y el producto es necesario dirigirla de tal manera que abarque el área base del estanque, quedando estipulado en las siguientes imágenes.

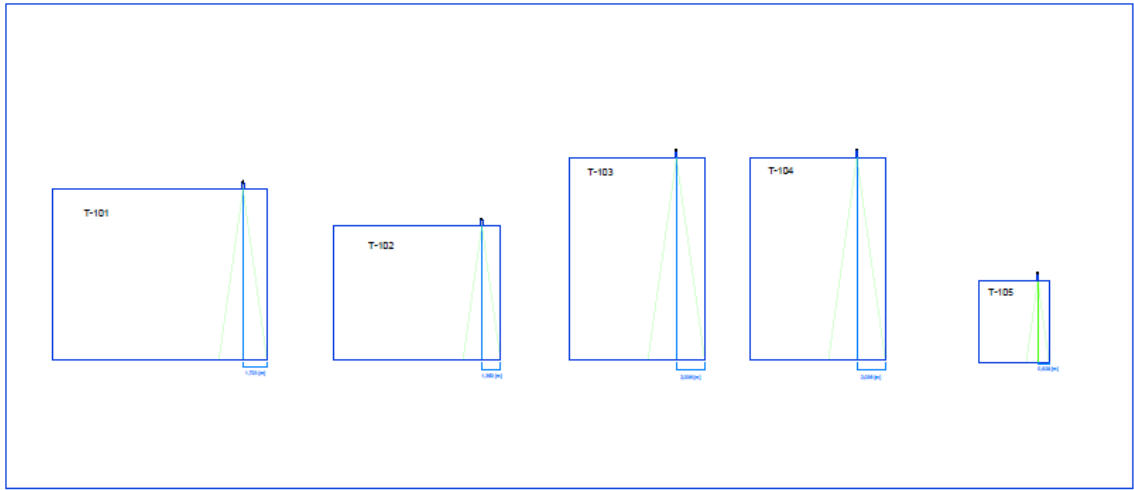


Figura 2-8 Posición de radares en estanques.

2.3.4 Cálculos de posición del instrumento.

Para encontrar la posición en la cual el radar proyecta su onda para el área específica, se tomará la medición de altura de los estanques en la siguiente fórmula.

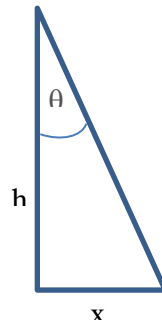


Figura 2-9 Triángulo de proyección de onda

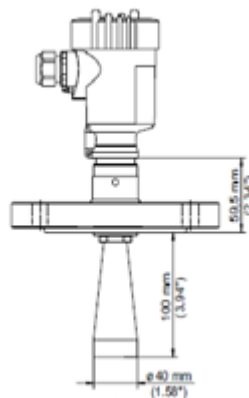


Figura 2-10 Radar onda no guiada con trompeta.

Tabla 2-2 Antenas de radares.

Ø de la antena	Longitud	Ángulo de apertura
40 mm	100 mm	20°
48 mm	120 mm	15°
75 mm	216 mm	10°
95 mm	430 mm	8°

245 mm (Parabólica)	138 mm	9°
---------------------	--------	----

$$\theta = 8^\circ$$

Reemplazando las alturas de los estanques tenemos.

Tabla 2-3 Alturas de estanques COSAL.

ESTANQUE	T-101/TK- 8	T-102/TK- 9	T-103/TK- 10	T-104/TK- 11	T-105/TK- 12
ALTURA	12,26 [m]	9,63 [m]	14,49 [m]	14,49 [m]	5,9 [m]

Para estanque T-101,

$$x = \tan(8^\circ) * 12,26$$

$$x = 1,723 [m]$$

Para estanque T-102,

$$x = \tan(8^\circ) * 9,63$$

$$x = 1,353 [m]$$

Para estanque T-103,

$$x = \tan(8^\circ) * 14,49$$

$$x = 2,036 [m]$$

Para estanque T-104,

$$x = \tan(8^\circ) * 14,49$$

$$x = 2,036 [m]$$

Para estanque T-105,

$$x = \tan(8^\circ) * 5,9$$

$$x = 0,829 [m]$$

A continuación, se grafican estos valores para montaje.

Para estanque T-101, el instrumento quedaría a una distancia de 1,723[m] de la pared del estanque.

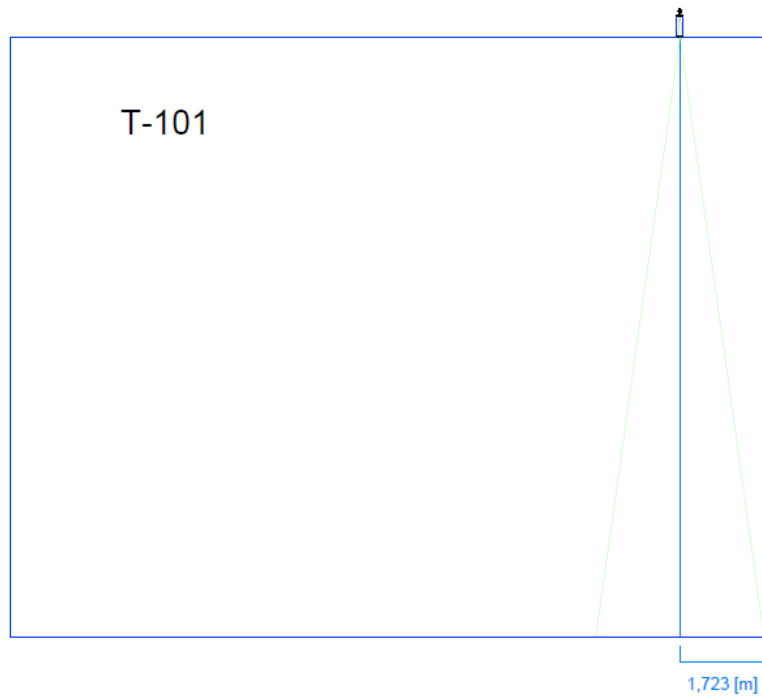


Figura 2-11 Radar posicionado en estanque T-101.

En el caso del estanque T-102, el instrumento quedaría a una distancia de 1,353[m] de la pared del estanque.

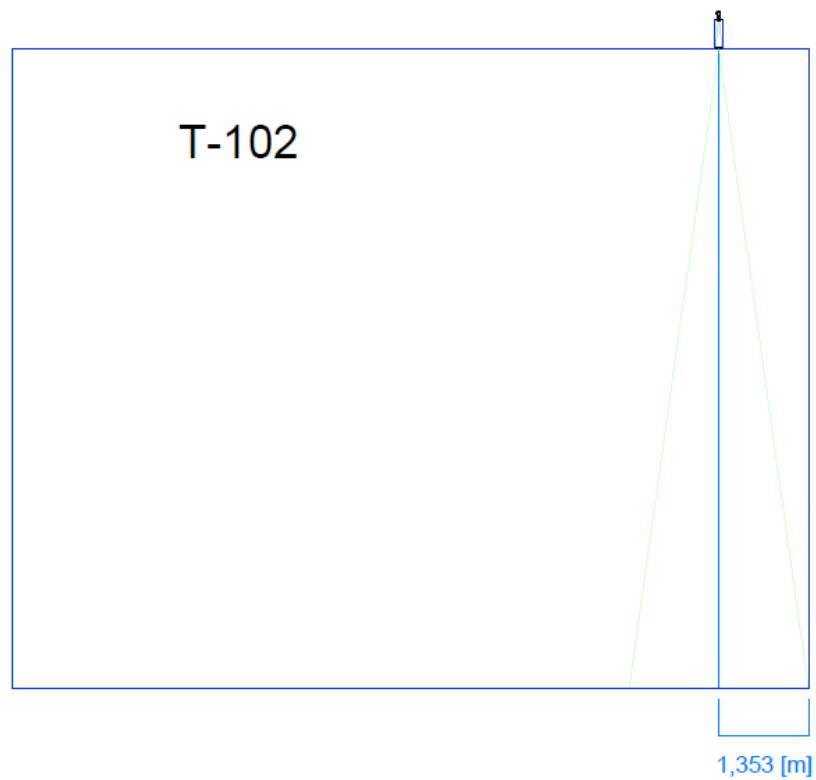


Figura 2-12 Radar posicionado en estanque T-102.

En los siguientes 2 estanques de iguales dimensiones, la distancia hacia la pared queda definida en 2,036[m], para ambos.

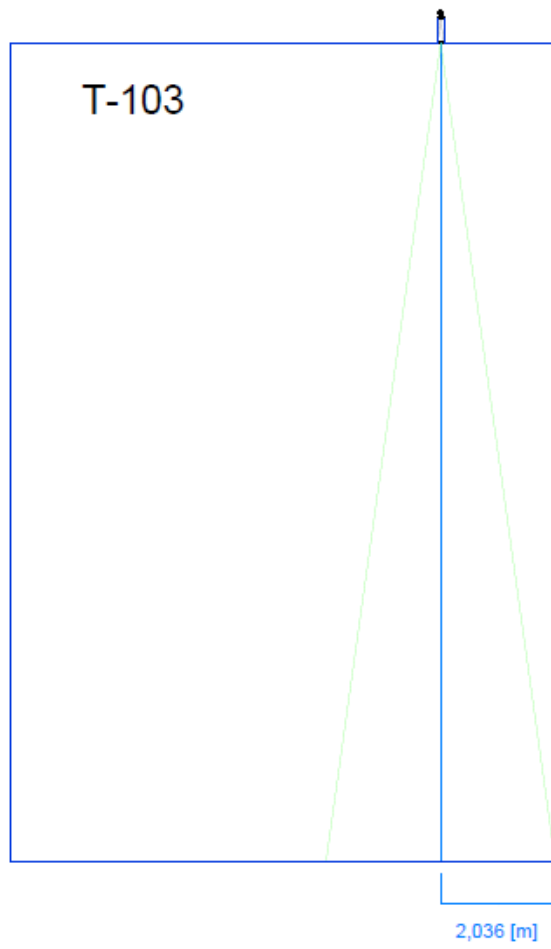


Figura 2-13 Radar posicionado en estanque T-103.

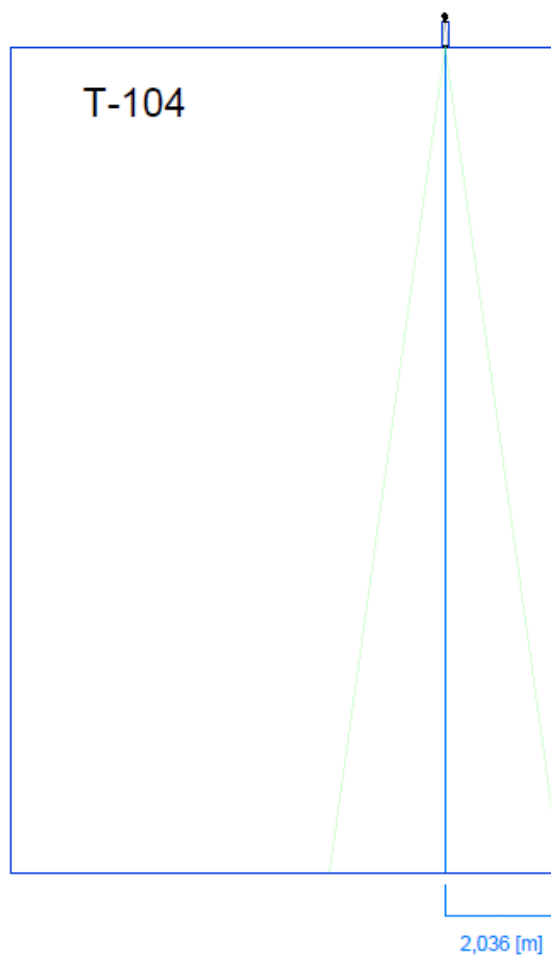


Figura 2-14 Radar posicionado en estanque T-104.

Finalmente, para el estanque T-105, de menores dimensiones, la distancia de separación es 0,829 [m].

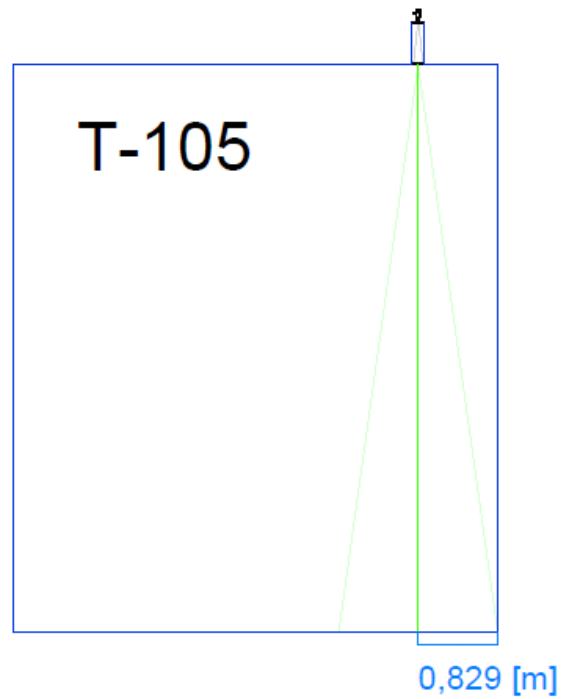


Figura 2-15 Radar posicionado en estanque T-105.

2.3.5 Transmisores de nivel.

Debido a que el lazo de corriente es de 2 hilos, el transmisor seleccionado tiene los siguientes puntos de conexión, detallados a continuación.

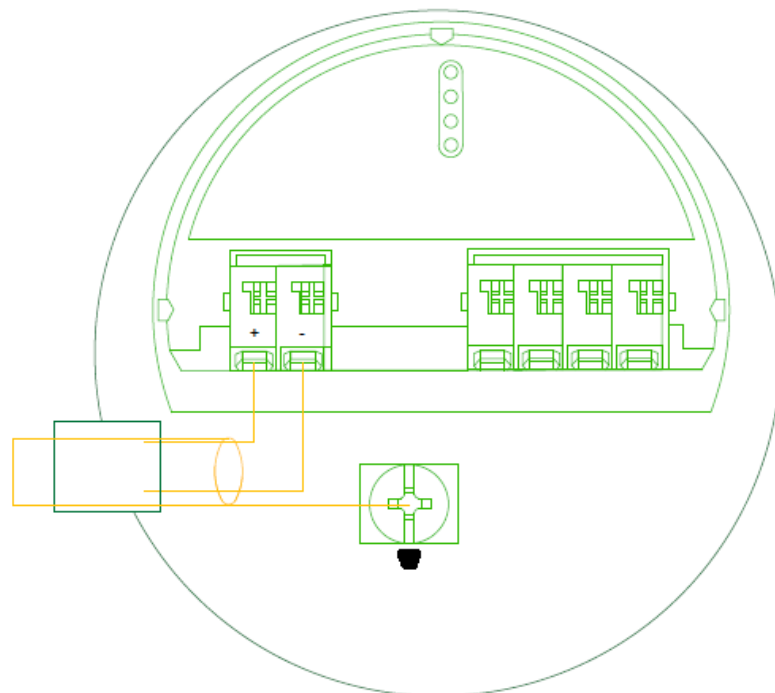


Figura 2-16 Conexión en el transmisor de nivel.

2.4 Tablero de instrumentación.

A continuación, se detalla el tablero en el cual se integrará un PLC-HMI, el cual entregará datos visuales al operador en terreno, de acorde a las señales enviadas desde los transmisores de nivel.

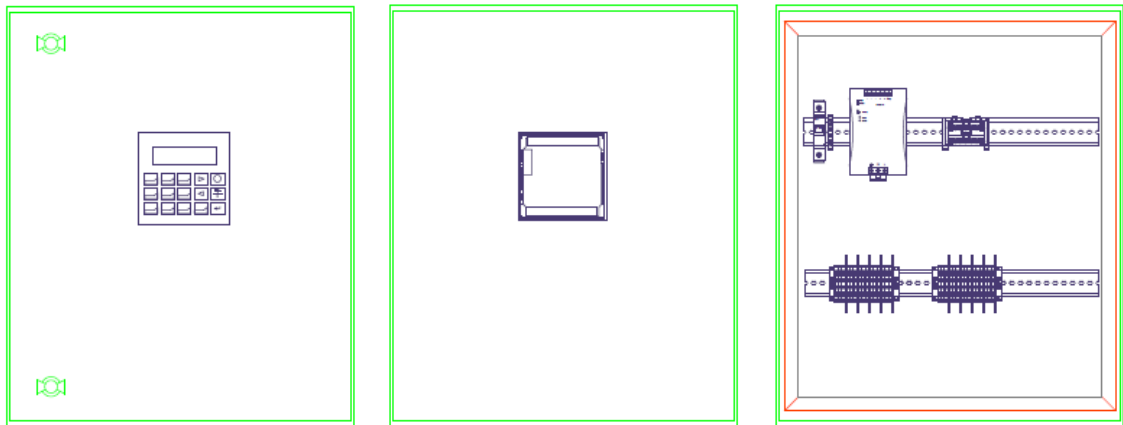


Figura 2-17 Tablero de instrumentación.

El tablero constará de una fuente de poder 24 VDC, 2,5A que alimentará los lazos de corriente, borneras imagen, barras de distribución y el PLC-HMI que queda montado sobre la primera puerta del tablero, se utilizara un modelo compacto que como se menciono anteriormente integra el controlador y el visualizador en un mismo dispositivo. También el conexionado de este último, quedando demostrado en la siguiente figura, en la que se aprecia la conexionado de los dispositivos alojados en el tablero y en terreno, unidos por las borneras imágenes, las cuales facilitan e identifican mejor las conexiones desde y hacia el controlador e instrumentos en terreno.

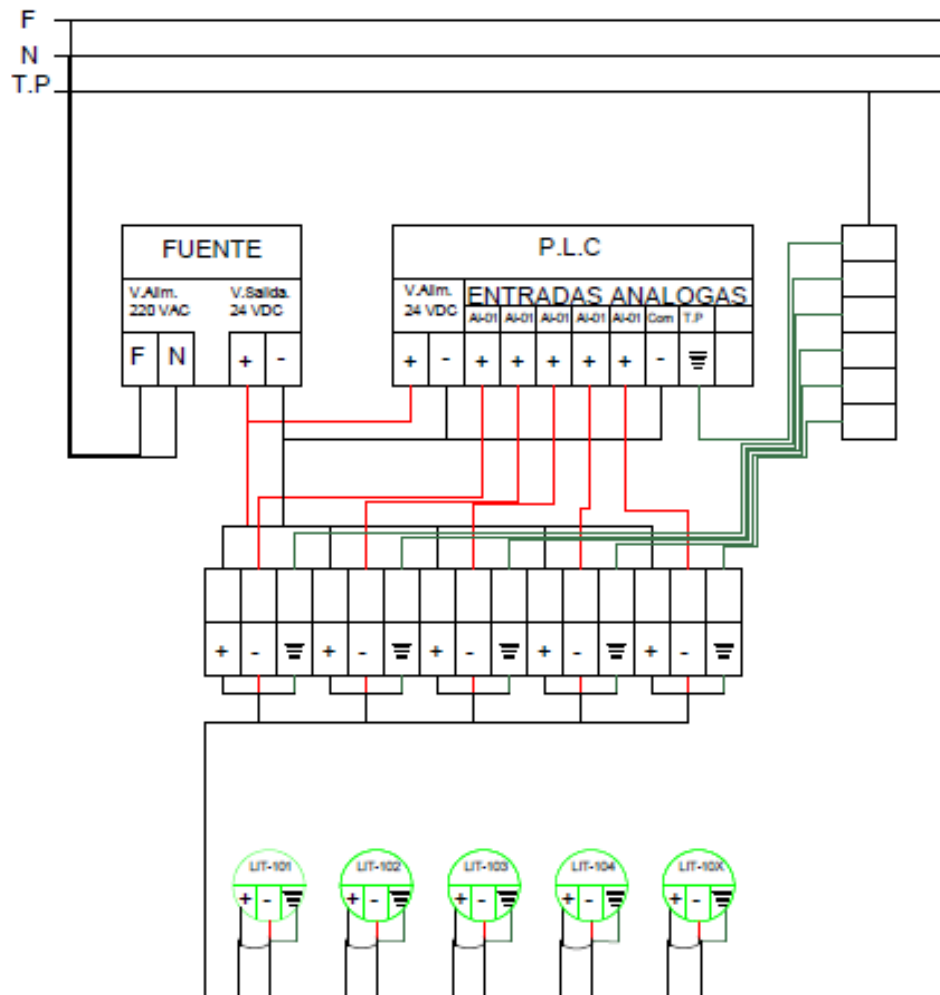


Figura 2-18 Circuito tablero de instrumentación.

2.4.1 Componentes

PLC-HMI:

- El V700 de Unitronics es un PLC programable con pantalla incorporada de 7", táctil y a color. Como características, es importante destacar:

PLC:

- 2 MB de memoria Ladder.
- Varios módulos de entradas y salidas digitales, analógicas, de temperatura, de pesaje, alta velocidad, etc.
- Hasta 24 PID con asistente autotuning.
- Asistentes para recetas y registro de datos, con soporte para almacenaje en SD.
- Control de fecha y hora RTC.
- Opciones de comunicación: Ethernet TCP/IP integrado, Modbus, DF1 esclavo, Profibus, Bacnet, canOpen y UniCan, GSM/GPRS/SMS, email.

HMI:

- Pantalla de 7" táctil a color, con resolución de 800 x 480 pixels. LCD TFT.
- 60 MB para imágenes (~500 imágenes) y 1 MB para fuentes.
- Asistentes para generación de gráficas y alarmas.
- Completa librería de símbolos.

Fuente de poder:

- Entrada 85...264VAC/90...375VDC; salida 24VDC 2,5 A;
- Terminales tornillo
- Protección contra cortocircuito y sobrecarga
- Indicador LED de salida DC OK
- Temperatura. -10 a +71°C
- Montaje riel DIN.

Dispositivos de distribución y montaje

- Conformes con la norma EN 60947-1
- Tensión de aislamiento según EN 609 47-1 / IEC 60664-1: 500V
- Tensión de impulsión (Uimp): 8kV - grado de polución: 3
- Auto-extinguible 750 °C < 30 s en los soportes de partes activas

3. Valorización de la implementación

Listado de Materiales Proyecto indicacion de nivel en COSAL S.A.

Materiales Instrumentación					
N°	Descripción	Modelo	Cantidad	Valor	Proveedor
1	Sensor de radar Marca VEGA AMERICAS	Puls 62	5	\$ 15.595.629	YEW CHILE
2	PLC con pantalla táctil	V700-T20BJ	1	\$ 676.221	SCHADLER SICK SPA
3	Adaptador para expansión I/O	EXA2X	1	\$ 60.473	SCHADLER SICK SPA
4	Módulo de expansión con 6 salidas análogas	IOA06X	1	\$ 253.985	SCHADLER SICK SPA
5	Fuente de poder switching, entrada 85...264VAC/90...375VDC; salida 24VDC 2,5 A.	SPD24601	1	\$ 40.549	SCHADLER SICK SPA
Total Instrumentación				\$ 16.626.857	

Insumos de implementación					
N°	Descripción	Modelo/ Código	Cantidad	Valor	Proveedor
6	Repartidor modular bipolar 100(A)	048 80	1	\$ 5.000	Rhona
7	Terminal de conexión 600v Riel Sim/Asim paso	371 60	20	\$ 10.000	Rhona
8	Tapa terminal Para ref 371 60	375 50	5	\$ 2.000	Rhona
9	Interruptor termomagnetico 2(A)	403 574	5	\$ 15.000	Rhona
10	Regleta tierra verde para riel din	POLM 7/TE	3	\$ 2.500	Rhona
11	Soporte para riel din ángulo de 45 gr.	ACI121024	6	\$ 5.000	Rhona
12	Riel Din x 1 Mts	-	5	\$ 7.500	-
13	Tubo Eléctrico EMT 1/2" x 3Mts	607691	10	\$ 26.410	Gobantes
14	Tubo Eléctrico EMT 3/4" x 3Mts	607692	15	\$ 64.200	Gobantes
15	Tubo Eléctrico EMT 1" x 3Mts	607693	10	\$ 65.800	Gobantes
16	Tubo Eléctrico EMT 1 1/4" x 3Mts	607694	10	\$ 94.200	Gobantes
17	Tubo Flexible Metálico 1/2" x 1Mts	925034	5	\$ 5.360	Gobantes
18	Tubo Flexible Metálico 3/4" x 1Mts	925035	5	\$ 7.865	Gobantes
19	Tubo Flexible Metálico 1" x 1Mts	925036	5	\$ 12.755	Gobantes
20	Tubo Flexible Metálico 1 1/4" x 1Mts	925037	5	\$ 22.355	Gobantes
21	Copla EMT 1/2"	607188	10	\$ 2.550	Gobantes
22	Copla EMT 3/4"	607189	10	\$ 3.340	Gobantes
23	Copla EMT 1"	0607190	6	\$ 3.756	Gobantes
24	Copla EMT 1 1/4"	607191	10	\$ 11.550	Gobantes
25	Terminal EMT 1/2"	607183	6	\$ 1.308	Gobantes

26	Terminal EMT 1 1/4"	607186	6	\$ 5.586	Gobantes
27	Abrazadera RUC 1/2"	607781	30	\$ 6.360	Gobantes
28	Abrazadera RUC 3/4"	607782	30	\$ 7.350	Gobantes
29	Abrazadera RUC 1"	607783	30	\$ 8.250	Gobantes
30	Abrazadera RUC 1 1/4"	607784	30	\$ 9.750	Gobantes
31	Riel soporte abrazaderas x 1 Mts	-	10	\$ 30.000	-
32	Tablero con contra puerta	-	1	\$ 100.000	-
33	Cable Instrumentación 3x18 AWG Negro x 1mts	607475	300	\$ 317.400	Gobantes
Total Insumos				\$ 1.001.145	

Adaptaciones para instrumentos					
N°	Descripción	Modelo/ Código	Cantidad	Valor	Proveedor
34	Soporte para instrumentos en estanques	-	5	\$ 500.000	-

TOTAL GASTOS PROYECTO \$ 18.128.002

4. Conclusiones y recomendaciones

Como se ha demostrado en este trabajo de título, es necesario implementar un sensor de medición continua, seleccionando, de entre las múltiples opciones que existen, sensores con principio de funcionamiento “tiempo de retorno”, el cual establece una estimación de la altura a partir del tiempo de demora de una onda de alta frecuencia en ir y volver de la superficie del producto.

Las aplicaciones de control e instrumentación a los procesos industriales cada vez se van expandiendo más en la industria con el avance tecnológico desde una medición de una variable menor hasta sistemas completos de control de procesos y visualización, dando solución a problemas operacionales y económicos.

En el proyecto se identificó la necesidad que existe en la empresa Cosal S.A. para agilizar la información de disponibilidad de productos, como aceite de pescado, con lo cual se recomienda el uso de la tecnología de calidad y confiable como la descrita en este documento.

5. BIBLIOGRAFÍA

Catálogo, Medición de Nivel. Disponible en www.cl.endress.com

Catálogo, Aplicaciones Vega. Disponible en www.vega.com

Manual, Micropilot M FMR240. Disponible en www.cl.endress.com

Manual, VegaPlus 62. Disponible en www.vega.com

Manual, HMI+PLC V700-T20BJ. [En línea], disponible en:

https://unitronicsplc.com/wp-content/uploads/2015/12/V700-T20BJ_TECH-SPEC_08-15.pdf

Accesorios Unitronics [En línea], disponible en:

http://media.klinkmann.fi/catalogue/en/Unitronics/Unitronics_EX-A2X_IO_Expansion_en_0511.pdf

Holding SETOP S.A. [En línea], disponible en: www.setop.com

Cosal S.A. [En línea], disponible en: <http://www.setop.com/cosal.html>

Fuente de Poder CARLO GAVAZZI SPD24601. [En línea], disponible en:

<https://www.gavazzionline.com/pdf/datasheetSPD60W.pdf>

Repartidor Legrand 100A, [En línea], disponible en:

https://www.legrand.cl/catalogos/nuevos/catalogo_general_legrand_2016-2017/files/assets/common/downloads/page0205.pdf

Anexo A: Determinación de densidad aceite de pescado.



LABORATORIO ANÁLISIS QUÍMICO

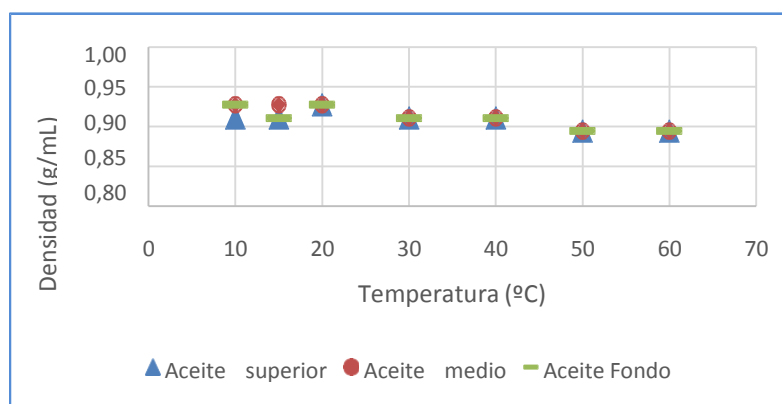
N° INFORME	EID 079-INN-15
N° Cotización	N/A
Solicitante	Innocon S.A.
Solicitud Muestreo/Análisis	SID 021-INN-15
Tipo de muestra	Aceite
N° de Muestras	3
Fecha y Entidad de muestreo	21.10.2015 Indugras
S.A. Fecha de Ingreso	22.10.2015
Fecha de Informe	23.10.2015

INFORME DETERMINACIÓN DE DENSIDAD

Muestra: Aceite a distintas alturas de estanque

Resultados:

Temperatura °C	Densidad Aceite (g/ml)		
	Superio	Medio	Fondo
10	0,91	0,93	0,93
15	0,91	0,93	0,91
20	0,93	0,93	0,93
30	0,91	0,91	0,91
40	0,91	0,91	0,91
50	0,89	0,89	0,89
60	0,89	0,89	0,89



Silvia Arriagada
Analista
Innocon S.A.

M. Antonieta Hitschfeld
Bioquímico, Jefe de Laboratorio
Innocon S.A.