

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01- 27

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO PARA LA PREPARACIÓN Y DESPACHO DE SEBO Y  
ACEITE EN AGROSAN S.A.**

Santiago Martínez Bedoya

Ingeniería Mecatrónica

Director del trabajo de grado

Carlos Mario Londoño Parra

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

29 de Enero del 2018

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

En el presente trabajo se realiza la automatización del proceso para la preparación y despacho de sebo y aceite en la empresa Agrosan S.A., mediante el control de variables que requieren ser supervisadas y manipuladas con el propósito de obtener mayor confiabilidad y mejoras significativas para los trabajadores que operan en este sector de la planta. Para la realización de este proyecto se comienza con la estructuración de las necesidades, el diseño del diagrama de instrumentación y los esquemas eléctricos para así implementar soluciones adecuadas, posteriormente se realiza un inventario para poder realizar las compras de instrumentación, elementos eléctricos de potencia y de control necesarios y con base en esto se solicitan ordenes de trabajo que hacen posible la instalación de los dispositivos mencionados para que sea posible iniciar con los algoritmos computarizados que finalmente permiten ejecutar pruebas de monitoreo, control y accionamiento de los diferentes elementos y actuadores.

El cambio realizado de las condiciones originales del sistema es un mantenimiento mejorativo que garantiza calidad y cumplimiento a las normas de seguridad y medio ambiente en este sector de la empresa y se logró mediante la implementación de una planeación y programación de mantenimiento dentro de la metodología de la realización del proyecto, estas permitieron estructurar y caracterizar la información e instrumentación requerida para la instalación y el buen funcionamiento de los equipos.

*Palabras clave:* Automatizar; Mecatrónica; Control computarizado; Sebo; Elementos eléctricos de potencia; Algoritmos computarizados; Mantenimiento mejorativo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RECONOCIMIENTOS

---

Primero quiero comenzar agradeciéndole a Dios y a la vida, por permitir que en mi camino me cruzara con una institución tan grande como lo es el Instituto Tecnológico Metropolitano, con una gran empresa del sector agropecuario, Agrosan S. A. y con grandes personas que me han brindado la oportunidad de crecer en el ámbito no solo académico si no personal y hasta espiritual, pues hoy tengo el orgullo de poder decir que estoy ad portas de obtener el título de ingeniero mecatrónico, un logro que sonaría egoísta si digo que solo fue mérito mío, pues detrás de este propósito estuvieron presentes un montón de individuos que día a día se esmeran para contribuir con el progreso colectivo en los ámbitos personales, académicos y profesionales.

Agradezco principalmente a mis padres, hermana y abuelos por el apoyo incondicional al incentivar y brindarme la oportunidad de poderme formar profesionalmente, al Instituto Tecnológico Metropolitano y a todos los docentes que me formaron académicamente, me motivaron a crecer en diferentes ámbitos y a entrar al mundo de la investigación y la industria, al asesor de prácticas Carlos Mario Londoño que me guio para el desarrollo del proyecto de grado, al jefe de oficina del departamento de Mecatrónica y Electromecánica Julio Alberto Casas por aprobar el inicio a las prácticas profesionales, a la señora Piedad Muñoz de bienestar institucional por ser intermediaria para que una empresa anónima me apoyara económicamente durante siete semestres de la ingeniería mediante una beca, a mis colegas, compañeros de estudio con los que discutí y aprendí sobre todas las teorías que abarca esta gran carrera profesional, a la empresa Agrosan S.A. por confiar en mis conocimientos adquiridos y darme la oportunidad de entrar en la industria nacional, al jefe del departamento eléctrico Andrés Beltrán por aportarme bases teórico-prácticas y guiarme durante todo el periodo como aprendiz y en el desarrollo del proyecto de automatización y finalmente al área de proyectos, los operarios del proceso de sebo y aceite y a los supervisores, técnicos eléctricos y mecánicos por aportar para el desarrollo de este trabajo y al crecimiento como profesional para potencializar teorías concernientes a la ingeniería Mecatrónica que son de gran importancia para aplicarlos en la industria e investigación.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# ACRÓNIMOS

---

*RTD* Detector de temperatura por resistencia

*NPT* Rosca nacional de tubos

*IMC* Conducto de metal intermedio

*IP* Índice de protección

*HMI* Interfaz hombre máquina

*PST* Protector contra sobretensiones momentáneas de voltaje

*PLC* Controlador lógico programable

*LAN* Red de área local

TK tanque

SCADA Supervisión, control y adquisición de datos

Mbps Megabits por segundo

OSHA Administración de seguridad y salud ocupacional

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# Tabla de contenido

RESUMEN.....	2
RECONOCIMIENTOS .....	3
ACRÓNIMOS .....	4
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Generalidades .....	7
1.2. Problema abordado .....	7
1.3. Objetivo general.....	8
1.4. Objetivos específicos .....	8
1.5. Estructuración del trabajo .....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Variables de proceso.....	9
2.2. Selección de instrumentación.....	10
2.3. Red de comunicación.....	12
2.4. Norma de diagrama de instrumentación y de seguridad en el proceso .....	12
2.5. Desarrollos actuales.....	13
3. FINANCIACIÓN.....	15
4. METODOLOGÍA.....	16
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
5.1. Estructura y condiciones iniciales del sistema.....	18
5.2. Diagrama de instrumentación y planos eléctricos .....	23
5.3. Instrumentación y elementos eléctricos implementados.....	24
6. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	44
7. REFERENCIAS.....	45
8. APÉNDICE .....	46
8.1. Apéndice A .....	46
8.2. Apéndice B .....	47

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

8.3. Apéndice C ..... 48

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. Generalidades

Los sistemas Mecatrónicos en la industria como lo menciona Schitter, G. requieren avances continuos en el desempeño y el rendimiento del sistema, tales como la velocidad de respuesta y precisión para la adquisición confiable de la información del entorno (Schitter, 2015). La automatización industrial trae consigo beneficios que permiten realizar mejoras significativas, aumentando confiabilidad, seguridad, producción y eficiencia en un proceso. Esto se logra mediante la implementación de sistemas mecatrónicos, los cuales permiten adquirir datos captados por instrumentación, la cual proporciona una supervisión y control computarizado ante posibles perturbaciones.

Los conjuntos de operaciones sucesivos en una industria deben ser controlados para cumplir con condiciones que le den confianza a todo el personal encargado de obtener el mejor producto final para distribuirlo con garantía a sus clientes, es en este punto donde entra la mecatrónica, para que sinérgicamente enlace el control, la instrumentación, la electrónica, la mecánica y la programación computarizada para proporcionar eficiencia con excelentes resultados en las operaciones.

## 1.2. Problema abordado

Actualmente el proceso de preparación, almacenamiento y despacho de sebo y aceite en la empresa Agrosan S.A., tiene un déficit en cuanto a la seguridad al momento de realizar operaciones, debido a que el proceso se efectúa manualmente, y compromete la integridad de los operarios, además, se tiene incertidumbre de saber cómo están y cómo controlar eficientemente las variables de temperatura y nivel del producto contenido en los tanques de depósito del material.

Se puede deducir al realizar un estudio en este sector, que requiere de la supervisión y control de las siguientes variables: humedad, blanqueamiento, acidez, temperatura y nivel de los tanques, esto con el propósito de obtener un producto final que cumpla con las condiciones de producción y las solicitadas por los clientes. Para ello, se realizó una automatización en la que se aumentó la confiabilidad, seguridad y eficiencia del sistema, logrando minimizar las operaciones manuales y permitiendo monitorear las variables de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

nivel en el 33% de los tanques, la temperatura en el 94% y se obtuvo un control de esta última variable de un 22% de los contenedores de materia prima.

A continuación, se plantean los objetivos y se realiza un trabajo en el cual se automatiza y se mejora la producción para los operarios de la línea de preparación y despacho de sebo y aceite en la empresa Agrosan S.A. contribuyendo con el monitoreo y el control de variables para una mejor calidad en el producto objetivo.

### 1.3. Objetivo general

Automatizar el proceso de preparación y despacho de sebo y aceite, mediante el control de variables que requieren ser supervisadas y manipuladas.

### 1.4. Objetivos específicos

- Identificar las necesidades funcionales y operativas para realizar los planos eléctricos y del sistema que dan solución y mejoras al proceso.
- Caracterizar la instrumentación requerida para controlar la variable temperatura y monitorear la variable nivel.
- Diseñar un sistema remoto de supervisión, control y adquisición de datos que permita accionar actuadores y monitorear las variables de nivel y temperatura en la operación de preparación y despacho de sebo y aceite.

### 1.5. Estructuración del trabajo

Este trabajo presenta la automatización de un sistema, el cual se basa en el almacenamiento, preparación y despacho de sebo y aceite en la empresa Agrosan S.A., primero se comienza con elaborar un marco teórico en el que se contextualiza al lector para que comprenda el problema abordado mediante diferentes teorías concernientes al mismo.

En la metodología se estructura la información y pasos necesarios para cumplir los objetivos planteados. Es muy importante para el desarrollo del trabajo porque muestra lo que se realizó y el cómo fue posible la ejecución del proyecto.

Por último, se exponen los resultados, conclusiones y recomendaciones pertinentes que surgieron al cumplir con el objetivo general del proyecto, citando las referencias y

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

posteriormente el apéndice que permite hacer una contextualización teórica más profunda de los temas tratados.

## 2. MARCO TEÓRICO

---

Dado que el tema central de este trabajo es la automatización industrial enfocada en el proceso de preparación de sebo y aceite en la empresa Agrosan S.A., es fundamental definir conceptos y analizar diferentes desarrollos actuales en el tema, para aclarar y darle sentido a los objetivos que se orientan a mejorar la producción, darle confiabilidad y seguridad al sistema.

### 2.1. Variables de proceso

En la industria, la medición y supervisión de variables es casi que un requisito para obtener un proceso y un producto final con calidad. En este proyecto fue necesario sensor el nivel y la temperatura del sebo y el aceite en unos tanques, con el objetivo de realizar la automatización en el sector de preparación y despacho del material.

Monitorear y controlar el nivel en un contenedor es un punto a favor, el cual proporciona beneficios como la garantía y la confianza a un proceso de afirmar que el producto contenido como en este caso en unos tanques no sobrepasará el límite de volumen requerido y por ende no generará sobre presiones en el contenedor que puedan generar daños o riesgos. Como lo expresa Antonio Creus, en la medida del nivel en la industria se obtienen exactitudes del orden del  $\pm 0,2\%$  e interpreta inteligentemente el nivel real, es decir ignora la influencia de la espuma o tanques con olas debido a agitadores de paletas en movimiento (Creus, 2010). En este proyecto se implementaron este tipo de sensores en seis tanques, con el propósito de obtener la garantía mencionada, aumentando de esta manera la seguridad en el sistema.

Por otro lado, la supervisión y el control de la temperatura como lo dice Antonio Creus, es una de las tareas más comunes y de las más importantes que se efectúan en los procesos industriales, debido a que la mayoría de los fenómenos físicos se ven afectados por ella (Creus, 2010). En este trabajo se realizó el monitoreo de esta variable en diecisiete tanques, y el control de la misma en cuatro de ellos. La manera en la que se controló, fue por medio de serpentines que permitían realizar un intercambio de calor entre una tubería por la que fluía vapor y entre el producto contenido, esta es una manera usual de realizar cambios en

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

esta variable, pero en otros sectores de producción industrial, interactúan con esta variable inyectando vapor de forma directa al material, ventilando el ambiente, con inyección de líquidos refrigerantes, radiadores, entre otros.

Es muy importante que la interpretación de cualquier variable sea confiable, por esto se requiere de una instrumentación que proporcione la suficiente garantía tanto a nivel físico como de procesamiento de las señales, a continuación se explicará sobre la selección de instrumentación para las dos variables de proceso de este proyecto.

## 2.2. Selección de instrumentación

Al momento de la selección de la instrumentación es fundamental conocer el entorno al que estará expuesta y realizar un balance entre la función del elemento y el trabajo que realizará, con el propósito de que no haya un sobredimensionamiento o por el contrario, una adquisición con poca calidad para la tarea que desempeñará.

En la sección 5.3 se pueden evidenciar las características más importantes de la instrumentación implementada en este proyecto, a continuación se describirá el por qué fueron seleccionados.

**Sensor de nivel LR250.** Debido a que la estructura de los cuatro tanques de 500m<sup>3</sup> donde se instalaron estos sensores se requería que la medición del nivel fuera realizada desde la parte superior, fue fundamental hacer un estudio de las condiciones a las que iba a estar expuesto tanto en la parte interna del contenedor, como en la parte externa, con el propósito de adquirir un dispositivo con grado de protección IP adecuado y también para saber el rango de medida en el que trabajaría el mismo. Por estas razones se planteó la idea de instalar un sensor de nivel de radar, como lo explica Antonio Creus, estos instrumentos emplean una técnica en la que envían una onda continua modulada en alta frecuencia (por encima de los 10Ghz), de manera que se detecta la diferencia de frecuencia entre la señal emitida y el eco recibido (Creus, 2010). De esta manera se logra sensar la variable de nivel en un rango de 0 a 10m para los tanques mencionados.

**Transmisor de nivel SITRANS P300.** Estos transmisores fueron implementados en dos de los tanques verticales, fueron seleccionados porque se requería medir la variable desde la parte inferior, debido a esto, sensores como los ultrasónicos, infrarrojos o de radar, fueron descartados. Este sensor es óptimo para las condiciones ambientales en la que están expuestos los contenedores por su grado de protección ante factores externos, en comparación con un sensor tipo radar, es un poco más económico y también cuenta con

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

una medida precisa de nivel. En la sección 5.3 se puede hacer un estudio más profundo de las características de este.

**Detector de temperatura por resistencia PT-100 con implementación de transmisor TH100.** Como lo explica Antonio Creus, la medida de la temperatura cuando se utilizan sondas de resistencia depende de la variación de resistencia en función de la temperatura, esto es gracias al elemento de detección (Creus). Los sensores PT-100 como se puede evidenciar en las ilustraciones del apéndice B, pueden detectar cambios de temperatura en un rango muy amplio y al instalarse en conjunto con el transmisor TH100 se obtiene una lectura lineal y precisa de esta variable, con una salida ya no en impedancia si no en corriente, con el propósito de que sea captada y procesada por un controlador, en la sección 5.3 se pueden encontrar características más específicas de este sensor y transmisor.

**Termómetro de carátula.** Este dispositivo fue instalado debido a que da una medida de la temperatura en campo que sirve de respaldo para realizar comparaciones con la medida de los sensores térmicos y así realizar conclusiones de si requieren mantenimiento (calibración o sustitución), según Antonio Creus, el uso de termómetros bimetálicos es admisible para servicios entre (-200 , 500) °C y su exactitud es de  $\pm 1\%$ , por ende resulta ideal para el proceso de este proyecto (Creus, 2010). Con la implementación de éste, el operario puede leer la variable desde niveles distintos de la planta.

**Válvula solenoide de 2 vías.** Este es el elemento final de control encargado de realizar la apertura o cierre del paso de vapor hacia los contenedores en los cuatro tanques de 500m<sup>3</sup>, como lo explica Antonio Creus, dentro del bucle de control, este dispositivo tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador (Creus), fue seleccionada debido a que cuenta con las características para el ambiente que hay en el entorno donde se encuentran los tanques y para el control on-off que se requería, para un estudio más profundo de las características véase la sección 5.3.

**PLC M340.** Es un controlador que por medio del diseño de un algoritmo computarizado permite accionar actuadores, captar y controlar señales eléctricas lineales y no lineales de procesos, gracias a su robustez de procesamiento. También está diseñado para automatizar varias actividades de diferentes procesos y de adaptarse a diferentes redes de comunicación para conectarse con periféricas descentralizadas a grandes distancias. Para un estudio más profundo véase la sección 5.3.

**Módulo Advantys.** Esta periferia descentralizada fue seleccionada debido al amplio rango de entradas y salidas digitales y análogas que abarca, es ideal para el proceso que se tiene

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

y además se puede comunicar con el controlador a distancias hasta de 80m. Es un dispositivo que proporciona garantía para la captación de las señales eléctricas de los sensores instalados. Las características de éste se pueden evidenciar en la sección 5.3.

**HMI XBTGT5330.** Este dispositivo es una pantalla de supervisión remota, la cual fue seleccionada debido a que proporciona un monitoreo constante en campo del proceso, cumple con una protección IP apta para el ambiente en el que se instaló y se comunica con el controlador a través de la red Ethernet. Para un estudio de las características véase la sección 5.3.

### 2.3. Red de comunicación

Las redes de comunicación en la industria es algo fundamental, porque permite conexiones entre equipos a largas distancias y el envío y la recepción de grandes cantidades de datos. La red Ethernet en este proyecto fue utilizada con cable apantallado para la comunicación entre la periferia descentralizada y el controlador automático, como lo expresa la Universidad de Oviedo esta proporciona la calidad suficiente para la transmisión de hasta 100Mbps por medio de cables de cobre formados por cuatro pares trenzados sin apantallar o apantallados para proteger la señal contra ruidos externos (oviedo). En el presente trabajo se seleccionó debido a que los instrumentos de captación y procesamiento de señales contaban con entrada para este tipo de red y además porque las características de éste permiten la comunicación a lo largo de los 80m que distanciaban la instrumentación de procesamiento y de entradas y salidas.

### 2.4. Norma de diagrama de instrumentación y de seguridad en el proceso

Como se puede evidenciar en las secciones 5.1 y 5.2, se diseñaron dos diagramas de instrumentación para las condiciones iniciales y finales del proyecto, basados en la norma ISA S5.1 y diagramas P&ID. Con esta elaboración fue posible estructurar y definir los instrumentos que requería la automatización del sistema, y facilitó la búsqueda para los técnicos eléctricos de las entradas y salidas de cada uno de los sensores, actuadores y elementos finales de control, por si en algún momento se requiere rectificar la señal electrónica. También facilitó a que cualquier persona que desconozca el proceso, adquiriera una idea y una imagen de como es y cómo está conformado el mismo.

Al realizar esta automatización se puede hacer referencia a la norma OSHA que tiene como misión hacer posible que los hombres y las mujeres trabajen en condiciones seguras y

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

saludables y entre algunos de los deberes está el ofrecer la protección contra caídas y proporcionar condiciones de labores que no presenten ningún riesgo (EE.UU., 2016). Lo anterior es debido a que la implementación de una interfaz gráfica, sensores, transmisores y el orden en un gabinete eléctrico le proporciona seguridad a los trabajadores del área, en este trabajo estas instalaciones evitan que el operario haga desplazamientos en entornos grasos y altos para obtener la medida de las variables del proceso, monitorea constantemente las mismas con el propósito de que no se dañe el material u ocurran regueros del mismo en este sector.

## 2.5. Desarrollos actuales

El control de temperatura es un proceso muy usual en la industria, cuando se requiere realizarlo en tanques es habitual que se implementen conductos intercambiadores de calor que transporten líquido o vapor de diferentes sustancias que hagan reaccionar el material dentro del contenedor, para posteriormente proceder con estrategias de control mediante la retroalimentación que hace la instrumentación implementada. En una investigación desarrollada por Veronica Olesen et al expresan que una reacción exotérmica es un proceso no lineal y normalmente inestable, estos estudiaron un sistema conformado por un tanque reactor con un serpentín por el que circula agua fría y es agitado continuamente con el propósito de llevar a cabo una estrategia de control simple en un amplio intervalo de temperatura, aplicaron la teoría de control cuantitativa que es utilizada en retroalimentaciones no lineales y para esto utilizaron Matlab en donde hallaron la función de transferencia, luego del control aplicado la variable variaba entre 300 K y 450 K, pero lograron encontrar un modelo programado que lograba estabilizarla donde T era igual a 300 K, por último concluyeron que el diseño del algoritmo puede mejorar utilizando el método de modelos lineales equivalentes debido a que los controladores que se diseñan con este método son más estables (Veronica Olesen, 2008).

El monitoreo de los procesos y los elementos finales de control permiten aumentar la confiabilidad en un sistema, esto se logra con la implementación de las interfaces hombre-máquina (HMI). Como explica Infineon que es una empresa encargada de crear productos y sistemas para la automatización, el propósito de la HMI es crear una interfaz gráfica fácil, eficiente y agradable para el momento de operar equipos y así producir resultados óptimos (Infineon Technologies AG, 2016). En las grandes industrias de todos los sectores es común encontrar estos equipos de supervisión, Filtration + Separation en una de sus publicaciones muestra que la compañía de administración de energía Eaton ha ampliado la gama de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

estaciones remotas de trabajo con la adquisición de una MTL GECMA HI, con el objetivo de optimizar la productividad y aumentar la seguridad en la planta, debido a que este producto en específico ofrece altos niveles de seguridad en ambientes farmacéuticos, químicos, petroleros, entre otros y además ahorra espacio, pues se pueden controlar hasta 255 HMI desde un solo servidor a través de una red LAN. (HMI workstations increase plant safety and optimize productivity, 2017).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3. FINANCIACIÓN

A continuación se mostrará una tabla de costos con gran parte de los elementos e instrumentación relevante que se utilizó en el proyecto.

	Unidad	Cantidad	Total
<b>Sensor de nivel LR250</b>	\$4,816,356.00	4	\$19,265,424.00
<b>Sensor de nivel P300</b>	\$3,954,356.00	4	\$15,817,424.00
<b>PT-100+Transmisor TH-100</b>	\$432,500.00	13	\$5,622,500.00
<b>Válvula solenoide</b>	\$771,000.00	8	\$6,168,000.00
<b>Cable apantallado 2x18</b>	\$2,450.00	225	\$551,250.00
<b>Cable encauchetado 4X18</b>	\$1,606.09	309	\$496,281.81
<b>Termopozo 1/2"</b>	\$79,000.00	18	\$1,422,000.00
<b>Termómetro de carátula</b>	\$55,221.70	9	\$496,995.30
<b>Unión inoxidable 1/2"</b>	\$2,560.00	18	\$46,080.00
<b>HMI</b>	\$700,000	1	\$700,000
<b>Advantys</b>	\$11,040,706.00	1	\$11,040,706.00
<b>PLC M340</b>	\$12,000,000	1	\$12,000,000
<b>Fuente 24VDC</b>	\$312,000.00	1	\$312,000.00
<b>Switch de comunicación Ethernet</b>	\$505,167.13	1	\$505,167.13
<b>Cable Ethernet apantallado</b>	\$1,954.75	160	\$312,760.00
<b>Total</b>			<b>\$74.756.588,24</b>

Tabla 1. Financiación proyecto.

Como se puede evidenciar en la Tabla 4, las inversiones que requirieron de mayor cantidad monetaria fueron los sensores de nivel, el PLC y la periferia descentralizada Advantys, este último cumple un papel muy importante en la automatización, debido a que capta las señales eléctricas y las envía al PLC para que sean procesadas y controladas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 4. METODOLOGÍA

---

Para el desarrollo de este proyecto se comenzó con la elaboración de un cronograma (Tabla 5) que permitió proyectar la ejecución del objetivo general, se estructuraron, se plantearon y programaron las tareas a realizar y el personal que contribuirá con cada una de estas actividades del mantenimiento mejorativo. Primero se comenzó con la búsqueda de información que permitiera organizar y caracterizar la instrumentación a implementar en este sector de preparación y despacho de sebo y aceite, esto se logró en conjunto con los operarios del proceso y con los supervisores y el jefe del departamento eléctrico de la empresa Agrosan S.A. Posteriormente se elaboraron los planos eléctricos y un diagrama del sistema con el propósito de dimensionar y ordenar las variables y elementos de la automatización.

Para caracterizar la instrumentación fue necesario hacer un estudio del ambiente del proceso y las características a las que se expondrían debido al producto, no fue necesario cotizar debido a que en otros sectores de la empresa ya se habían utilizado los dispositivos seleccionados, por ende solo fue necesario realizar los correspondientes pedidos en el almacén y en caso de que no los hubieran se debía esperar a que se hiciera la compra por parte de ellos.

Al momento de realizar cada una de las instalaciones se les debía proporcionar a los técnicos, tanto eléctricos como mecánicos las herramientas e instrumentación para cada tarea asignada, esto se realizaba mediante el software “Infomante” con el cual la empresa realiza los pedidos en el almacén. Cuando no había existencia de los productos que se requerían, se debía de hacer una solicitud del mismo y la tarea debía posponerse hasta cuando llegaran a la empresa. Era muy importante sincronizar cuando los operarios del sector tuvieran el espacio para realizar las instalaciones, tener el personal de técnicos disponibles y contar con el material que se requería.

Luego de la instalación de la instrumentación se llevaron a cabo pruebas eléctricas que aseguraran que los sensores y cables estaban funcionando correctamente para ser leídos por el controlador de señales. Después se diseñó la interfaz gráfica de los dispositivos remotos que permitirán mostrar el proceso y el algoritmo computarizado que realizará el control de las señales eléctricas y finalmente se realizan las correspondientes pruebas de la automatización para dar por finalizado el cumplimiento de los objetivos específicos.

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Actividades	Octubre			Noviembre				Diciembre				Enero		
	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3
Adquisición de información y necesidades del proceso	■													
Estructuración de objetivos		■												
Inventario de elementos existentes	■	■												
Compra de instrumentación y componentes faltantes			■	■	■	■	■							
Diseño de esquema de instrumentación y planos eléctricos del proceso			■	■	■	■								
Ordenes de trabajo		■	■	■	■	■			■					
Instalación de instrumentación y equipos			■	■	■	■			■					
Diseño de algoritmo del controlador lógico del proceso										■	■			
Elaboración de la introducción y resumen	■	■	■	■									■	■
Marco teórico			■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Definición de la metodología planteada									■	■	■	■		
Pruebas											■	■	■	■
Resultados y conclusiones												■	■	■

Tabla 2. Cronograma de planeación del proyecto.

### Metodología

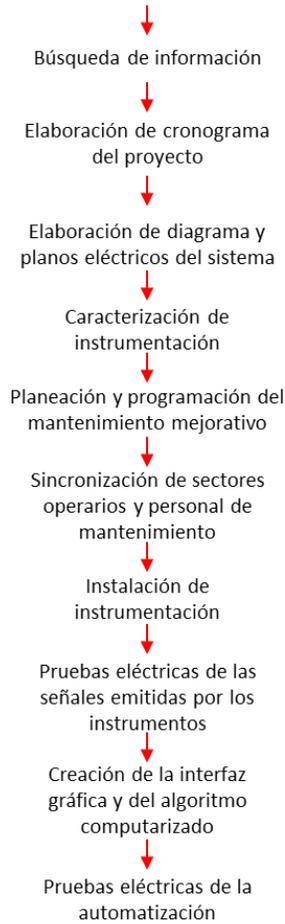


Ilustración 1. Metodología implementada.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Estructura y condiciones iniciales del sistema

El sector de la planta en el cual se lleva a cabo el desarrollo está conformado como se evidencia en la siguiente Tabla 1.

Tanques Sebo y Aceite	Cantidad de Tanques	Tanke 31	Tanke 32	Tanke 33	Tanke 34	Tanque de Mezclas
Horizontales (22 Toneladas)	8					
Verticales	5					
Verticales ( 500m3 )	4					
Autoclave	1					
<b>Tanques totales en el sistema</b>	<b>18</b>					

Tabla 3. Tanques de almacenamiento, preparación y despacho de sebo y aceite y tanque Autoclave para lavado de suelos grasos.

En este sector del proceso hay dieciocho tanques pero uno de ellos denominado “Autoclave” es el encargado de almacenar sedimentos de sebo de los restantes diecisiete contenedores, sobre estos últimos se centra el objetivo de este proyecto.

En estos tanques se lleva a cabo un proceso en el que el operario debe adquirir muestras para cumplir con las características de producción del sebo y aceite que requiere el cliente, para esto, manualmente se accionan agitadores y bombas de recirculación, por medio de ocho interruptores para nivelar el porcentaje de acidez, humedad y temperatura, esta última variable es controlada por medio de accionamientos manuales de válvulas para el ingreso de vapor hacia los serpentines que se encuentran internamente en los tanques, con el propósito de que exista una transferencia de calor hacia el producto.

En la ilustración 2 y en el anexo “Diagrama\_proyecto\_sebo\_aceite\_V\_inicial”, se puede evidenciar el esquema de la representación del sistema conformado por los dieciocho tanques mencionados en las condiciones iniciales.



	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



*Ilustración 3. Gabinete de accionamiento de bombas y agitadores, fotografía del autor.*

**-Bombas de recirculación.** Con estas bombas se mezcla el material entre los tanques horizontales que decida el operario, con el propósito de homogenizar el sebo con una acidez promedio, una de ellas (Bomba 3) es denominada bomba auxiliar, debido a que entra en funcionamiento en caso de que falle la bomba 1 o 2.

**-Bomba sumergible:** Esta bomba extrae el agua de lavado que se encuentra por los tanques verticales y la envía hacia el sector de los tanques horizontales para que desde allí sean enviadas al proceso de purificación de aguas residuales.

**-Bomba autoclave:** Con esta bomba es posible enviar los sedimentos a los tanques de agua grasosa para reprocessar en los freidores de otro sector de la planta.

**-Bomba TK A31:** Esta bomba permite enviar el Sebo a un tanque horizontal para almacenar o preparar el material y también es utilizada para cargar un carro tanque desde cualquiera de los cuatro tanques verticales.

**-Agitador TK A31:** Es utilizada para homogenizar el sebo y controlar su acidez.

**-Agitador TK Mezclas:** Es utilizada para homogenizar el aceite y controlar su acidez.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En las ilustraciones 3 y 4 se evidencia el estado del segundo gabinete de accionamiento de las bombas y agitadores del sistema en las condiciones iniciales, en su aspecto exterior e interior, respectivamente.

Este gabinete está situado en campo, cerca de los tanques de sebo y aceite a aproximadamente 80m del PLC encargado de controlar y recibir las señales de la instrumentación del proceso.



*Ilustración 4. Gabinete de elementos eléctricos de protección, comunicación y control, fotografía del autor.*

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

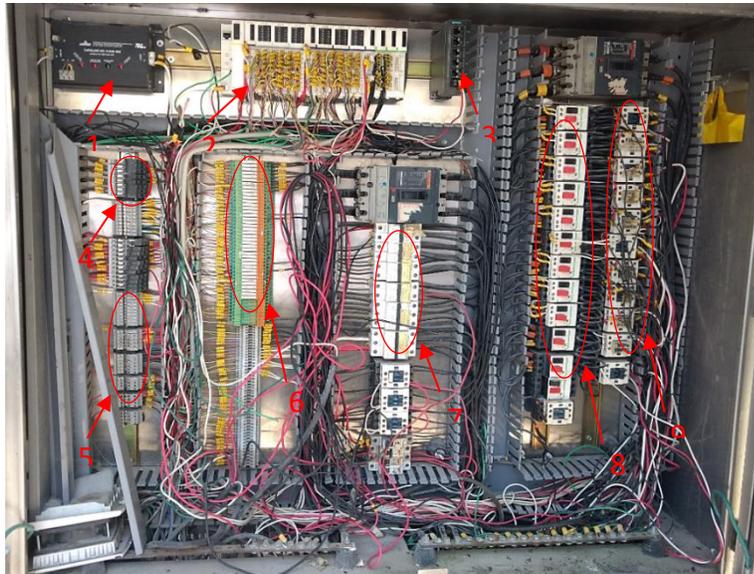


Ilustración 5. Vista interior de gabinete de elementos eléctricos de protección, comunicación y control, fotografía del autor.

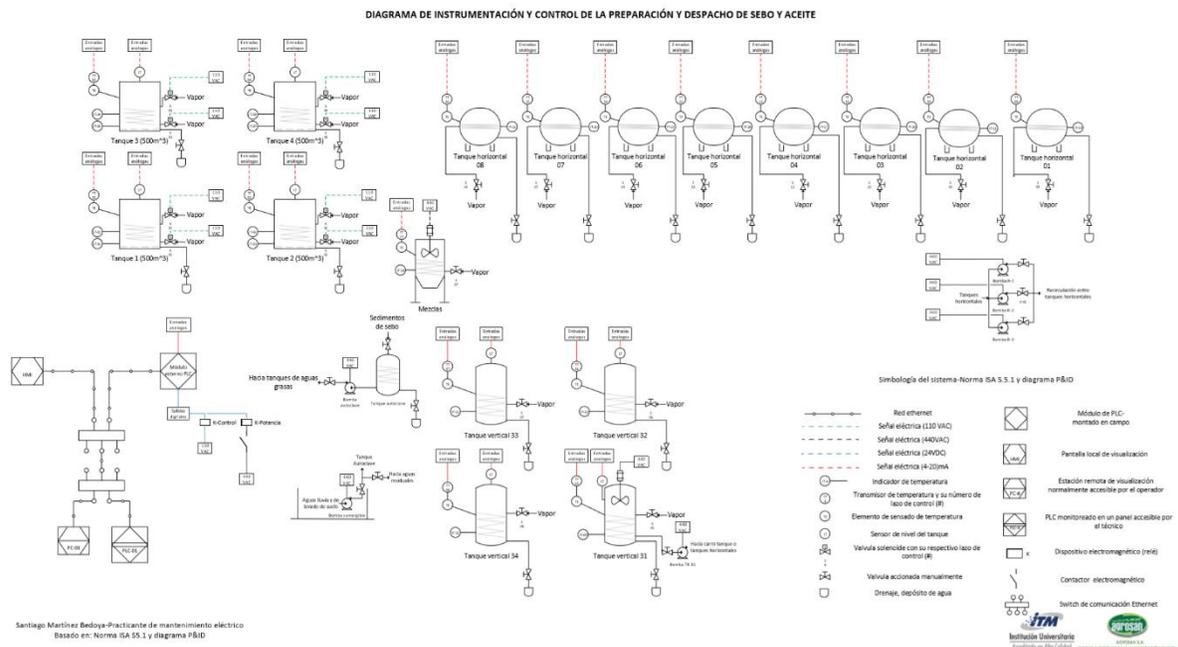
- 1. Protector contra sobretensiones momentáneas de Voltaje:** Dispositivo de protección contra pequeñas desviaciones del voltaje deseado.
- 2. Módulo Advantys:** Periferia descentralizada de entradas y salidas análogas y digitales del PLC.
- 3. Switch de comunicación Ethernet:** Es utilizado para la interconexión entre el PLC, el módulo Advantys y la pantalla HMI.
- 4. Bornes porta fusibles:** Elemento con terminales metálicas que permite la conexión de cables con protección para el circuito eléctrico.
- 5. Bornes:** Elemento con terminales metálicas que permite la conexión de cables.
- 6. Interface modular con relé:** Es un interruptor supresor de corrientes residuales.
- 7. Breaker:** Dispositivo de protección automático contra sobre corrientes eléctricas.
- 8. Guarda-motor:** Es un interruptor magneto-térmico utilizado para la protección de motores eléctricos.

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**9. Contactor:** dispositivo electromecánico utilizado para permitir o interrumpir el paso de la corriente en un circuito eléctrico.

## 5.2. Diagrama de instrumentación y planos eléctricos

A continuación se presenta un diagrama basado en la norma ISA S5.1 y diagrama P&ID en el que se diseña la estructura del sistema en conjunto con la instrumentación implementada para la automatización del proceso.



*Ilustración 6. Diagrama de instrumentación y proceso automatizado de la preparación y despacho de sebo y aceite en la empresa AGROSAN S.A. Diseñado en Microsoft Visio. Tomado de: Anexo "Diagrama\_proyecto\_sebo\_aceite".*

Con el desarrollo de este esquema se pueden deducir las variables análogas y digitales que se requieren para el momento de realizar el algoritmo computarizado en el controlador lógico programable, en la tabla 3 se evidencian los actuadores e instrumentación que hacen uso de estas.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

	Entradas análogas	Salidas digitales
	4 Sensores de temperatura (Tanques-500m3)	8 Bombas y agitadores
	4 Sensores de nivel (Tanques-500m3)	8 Solenoides (Tanques de 500m3)
	4 Sensores de temperatura (Tanques verticales)	8 Electroválvulas (Tanques horizontales)
	4 Sensores de nivel (Tanques verticales)	
	8 Sensores de temperatura (Tanques horizontales)	
	1 Sensor de temperatura (Tanque Mezclas)	
<b>Total</b>	25	24

Tabla 5. Entradas análogas y salidas digitales del sistema.

Posteriormente de conocer el número de entradas y salidas análogas y digitales del sistema es posible realizar la adecuada selección del módulo externo que se comunicará con el PLC para que capte las señales eléctricas del proceso.

Como se puede evidenciar en la ilustración 5 de la sección 5.1, el gabinete de elementos eléctricos de protección, comunicación y control en las condiciones iniciales ya contaba con un módulo externo de entradas y salidas (Advantys), aunque fue necesario adquirir un módulo análogo más como receptor de las señales faltantes, en la sección 5.3 se muestran las características de esta periferia descentralizada.

Para realizar las conexiones eléctricas correspondientes en el gabinete de la ilustración 5, es importante y necesario tener presentes los planos eléctricos, estos fueron diseñados con las librerías eléctricas de AutoCAD y Visio, se encuentran en la carpeta “Planos\_Eléctricos” de los anexos del presente trabajo. En estos esquemas se evidencia la representación gráfica de los elementos finales de control, elementos de protección y la instrumentación que permite realizar las mediciones pertinentes del proceso de preparación y despacho de sebo y aceite.

### 5.3. Instrumentación y elementos eléctricos implementados

Para caracterizar la instrumentación y los elementos eléctricos que se requieren se desarrolla una planeación en la que se elabora una documentación técnica de los equipos, se seleccionan las herramientas, materiales y el tiempo destinado para la correcta instalación mecánica y eléctrica del sistema. Posterior a esto se lleva a cabo una programación en la que se realizan los correspondientes diagramas del proceso, se establece el personal que contribuirá con los trabajos de instalación y los planes de seguimiento frente a fallas imprevistas. El propósito de esto es para que mediante una estructuración ordenada de los trabajos a ejecutar y las bases teóricas concernientes a la

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

automatización se logre optimizar tiempo, recursos y seleccionar equipos sin el sobredimensionamiento de los mismos.

### Tanques de 500m<sup>3</sup>



Ilustración 7. Tanques de sebo de 500m<sup>3</sup>, fotografía del autor.

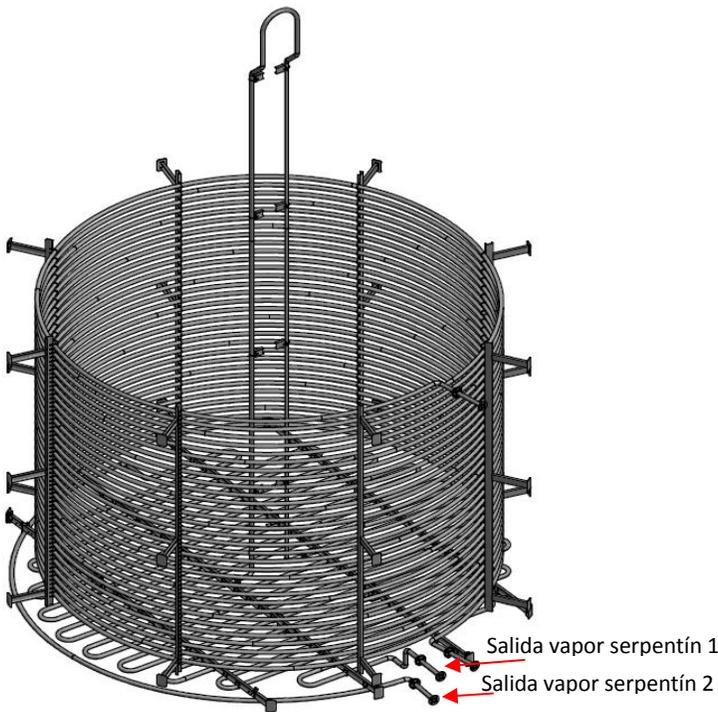


Ilustración 8. Serpentes de tanques de sebo de 500m<sup>3</sup>, TOMADA DE: Anexo "Planos tanques de 500".

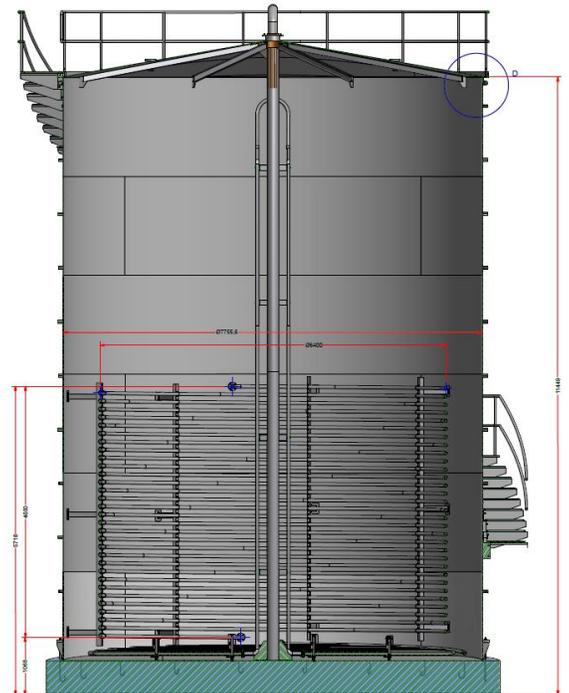


Ilustración 9. Plano frontal de tanque de 500m<sup>3</sup>, TOMADA DE: Anexo "Planos tanques de 500".

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### Tanques de verticales



*Ilustración 10. Tanques verticales, fotografía del autor.*

### Tanques horizontales



*Ilustración 11. Tanques horizontales de almacenamiento y despacho de sebo y aceite, fotografía del autor.*

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para mejorar el proceso en este sector de la planta se requieren detectar las variables físicas de nivel y temperatura con una instrumentación que soporte temperaturas hasta de 100°C debido al sebo y aceite que contienen los tanques y ante las diversas condiciones climáticas en las que estarán expuestos.

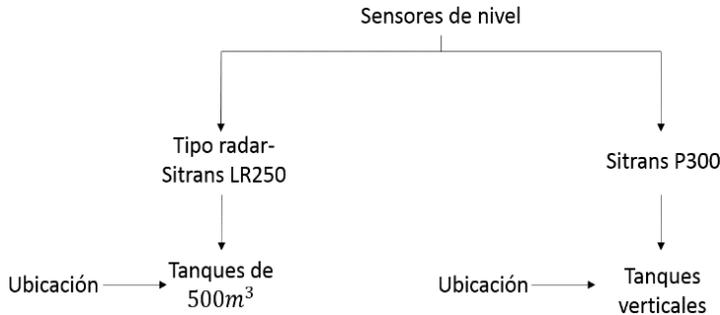


Ilustración 12. Sensores de nivel implementados, diseñado por el autor.

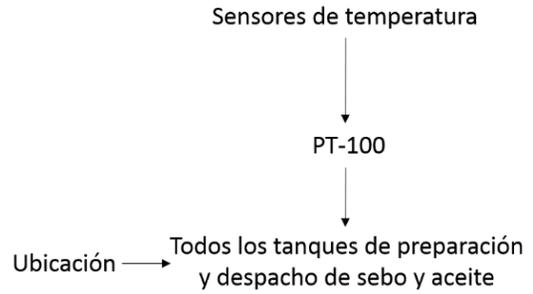


Ilustración 13. Sensores de temperatura implementados, diseñado por el autor.

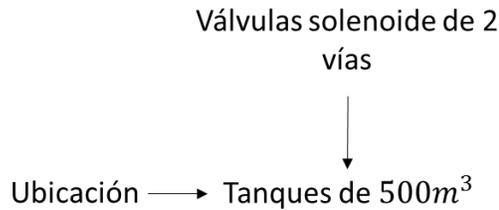


Ilustración 14. Válvulas implementadas, diseñado por el autor.

## Sensores de nivel

**Sensor de nivel LR250.** Este transmite una señal de (4 a 20) mA al controlador lógico programable, su rango de medición es hasta 10 m, soporta temperaturas desde (-40 a 80) °C en la parte superior y de (-40 a 150) °C en la parte inferior como se evidencia en la ilustración 16 y cuenta con un indicador digital en campo para la supervisión de los operarios. Es adecuado para la constante supervisión de líquidos de proceso contenidos en tanques. Es un sensor que realiza la medición del nivel sin contacto con el fluido, el instrumento envía una señal microonda para que impacte con el producto y así poder reflectarse la misma, de esta manera calcula la distancia recorrida sin afectarse por la temperatura, presión u otras condiciones agresivas que pueda tener el líquido, en este caso

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

el sebo. En el anexo “SITRANS\_LR250” se puede encontrar un estudio más profundo sobre las características de este.



Ilustración 15. Sensor de nivel Sitrans LR250, fotografía del autor.



Ilustración 16. Indicador digital que incorpora el sensor de nivel Sitrans LR250, fotografía del autor.



Ilustración 17. Datos técnicos de sensor de nivel Sitrans, fotografía del autor.

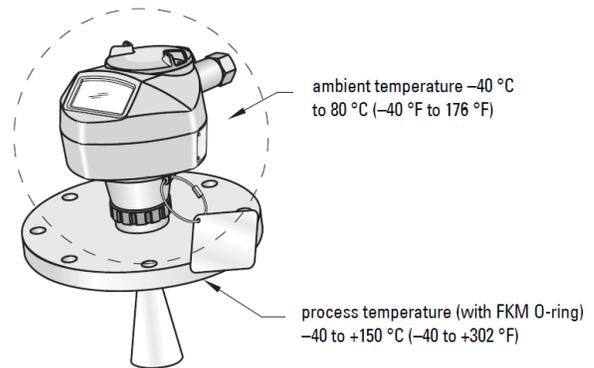


Ilustración 18. Rangos de temperaturas a los que resiste el sensor. Tomada de: Anexo “SITRANS\_LR250”.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Transmisor de nivel SITRANS P300.** Es un sensor con muchas aplicaciones en la industria, cuenta con un transmisor que emite una señal de (4 a 20) mA, soporta hasta 150°C de vapor y su célula de medida soporta desde -40 hasta 85°C. En este caso el transmisor es utilizado para medir el nivel de llenado de los tanques verticales, su rango de medida es de 0 a 10mbar o de 0 a 400 bar, cuenta con un índice de protección IP de 68 (ver anexo “Protección\_IP”), es decir cuenta con una excelente protección contra el ingreso de cuerpos sólidos y líquidos.



*Ilustración 19. Transmisor de nivel SITRANS P300, fotografía del autor.*

En el Apéndice A se encuentra la explicación del principio matemático de funcionamiento por el que es posible medir el nivel de un contenedor con este sensor.

## Sensores de temperatura

**Detector de temperatura por resistencia PT-100.** Es un sensor de temperatura fabricado con forma de bulbo o alambre de platino, al detectar la variable física varía su resistencia, su nombre PT-100 se deriva de que a 0°C la impedancia es de 100 ohmios y su respuesta es casi lineal como se aprecia en la gráfica de respuesta de la Ilustración 71, esta es elaborada según la tabla universal de la Ilustración 72, ambas ilustraciones se pueden evidenciar en el apéndice B.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Ilustración 20. Detector termo resistivo PT-100, fotografía del autor.

**Transmisor TH100.** Es un dispositivo que se acopla al sensor PT-100 para convertir la salida de impedancia en una señal electrónica de (4 a 20) mA, esto con el propósito de linealizar un poco más la respuesta y para que la variable pueda ser interpretada por un controlador. Por el borne positivo se debe polarizar con 24VDC y el borne negativo es el encargado de transmitir la señal de corriente hacia el circuito o equipo de control. En las ilustraciones 19 y 20 se puede evidenciar el dispositivo. En el Apéndice C se muestra como comparar la salida de corriente con respecto a la temperatura del entorno.



Ilustración 21. Transmisor TH100 con su respectiva conexión implementada en la PT-100, fotografía del autor.



Ilustración 22. Transmisor TH100 con salida de 4-20mA, fotografía del autor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Termómetro de caratula.** Es un indicador análogo de campo que respalda el valor de temperatura actual que se puede evidenciar en el sistema de supervisión, es decir los entregados por los sensores térmicos, de esta manera es posible hacer una comparación para saber si se requiere un mantenimiento del transductor, sea calibración o reemplazo del mismo, estos han sido instalados en el 100% de los contenedores de sebo y aceite.

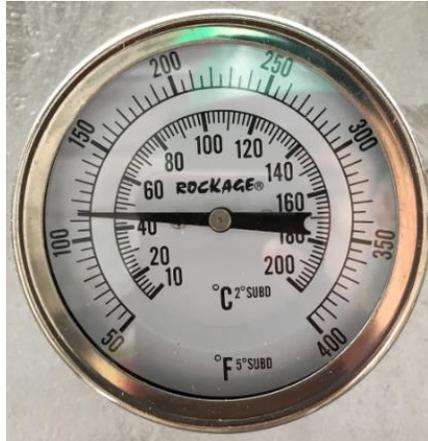


Ilustración 23. Termómetro de carátula.

**Válvula solenoide de 2 vías.** Es un dispositivo de apertura y cierre del paso de fluidos, este se acciona con energía eléctrica (110VAC) y contiene un electroimán que produce un campo magnético para cumplir con el funcionamiento mencionado, se instalaron ocho para permitir el paso de vapor en los cuatro tanques de 500m<sup>3</sup>, en el anexo "Válvula solenoide" se puede profundizar sobre las características técnicas de este.



Ilustración 24. Válvula solenoide, fotografía del autor.



Ilustración 25. Vista lateral de válvula solenoide, TOMADA DE: Anexo "Válvula solenoide".

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**PLC M340.** Es un controlador lógico programable de la marca Schneider Electric, es el encargado de interpretar y procesar las diferentes señales eléctricas binarias y de control de uno o varios procesos, es diseñado para responder a las necesidades de automatización, tiene la capacidad de adaptarse a diferentes topologías de red de comunicación y su estructura cuenta con un bastidor adaptable desde 4 hasta 12 módulos de entradas y salidas digitales, análogas o de red. Para un estudio más profundo de este véase el anexo “Modicon\_M340”.



*Ilustración 26. PLC M340, controlador del proceso, fotografía del autor.*

**Módulo Advantys.** Es un módulo de interfaz de red de la marca Schneider Electric descentralizado de entradas y salidas que se comunica mediante un bus de datos (Ethernet) a largas distancias con un PLC, es el encargado de captar las señales eléctricas que emiten los sensores y de energizar actuadores del proceso, permite una posibilidad de ampliación futura en cuanto a la disposición física de los equipos, ya sean sensores o actuadores.

En este proyecto está compuesto por:

- 1 Módulo de interfaz de red NIP2212K
- 4 Fuentes PDT3100K
- 3 Módulos de entradas digitales DDI3725K
- 3 Módulos de salidas digitales DDO3705K
- 4 Módulos de entradas análogas ACI1400K

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

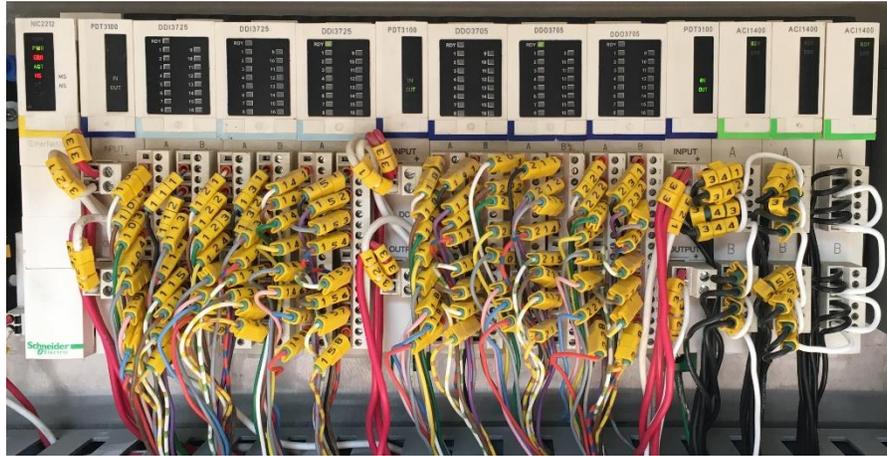


Ilustración 27. Periferia descentralizada Advantys, fotografía del autor.

**HMI XBTGT5330.** Es una interfaz remota de supervisión y control resistente a ambientes con temperaturas desde (0 a 50) °C y una protección IP65 en la parte frontal (ver anexo “Protección\_IP”), su pantalla es táctil y se comunica con el controlador vía Ethernet, en esta es posible monitorear procesos en tiempo real, aumentando la confiabilidad y eficiencia en conjunto con la automatización, para un estudio más profundo de este, véase el anexo “Magelis\_XBTGT5330”.

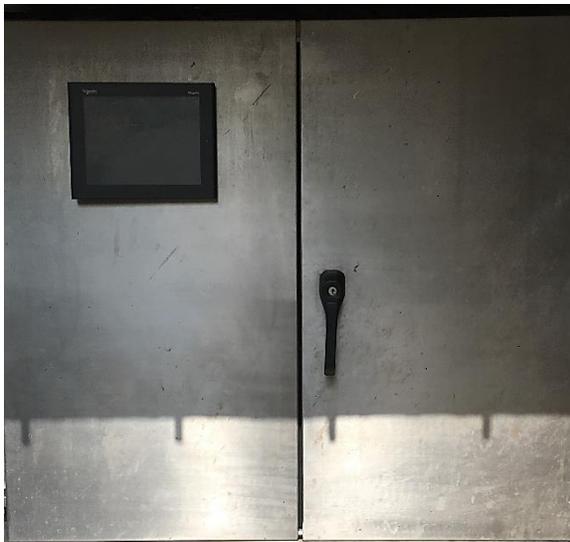


Ilustración 28. HMI implementada en gabinete eléctrico, fotografía del autor.



Ilustración 29. Parte trasera de HMI, fotografía del autor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## Resultados obtenidos en tanques de 500m<sup>3</sup>



*Ilustración 30. Sensor LR250 implementado en los cuatro tanques, fotografía del autor.*



*Ilustración 31. Medición de nivel en tanque contenedor de sebo, fotografía del autor.*



*Ilustración 32. Condiciones iniciales para el sensado de temperatura en el tanque 1, fotografía del autor.*



*Ilustración 33. Conduleta para el cableado del sensor del tanque 1, fotografía del autor.*

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



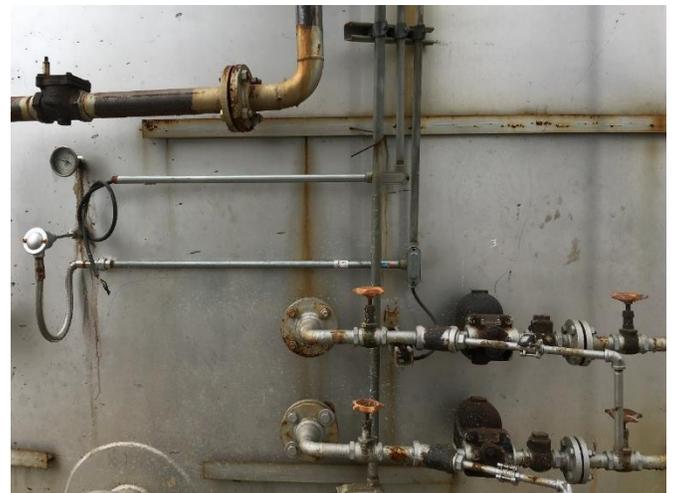
*Ilustración 34. Condiciones actuales para el sensado de temperatura en el tanque 1, fotografía del autor.*



*Ilustración 35. Condiciones actuales del tanque 2, fotografía del autor.*



*Ilustración 36. Condiciones iniciales de sensado de temperatura del tanque 3, fotografía del autor.*



*Ilustración 37. Condiciones actuales del sensado de temperatura del tanque 3, fotografía del autor.*



*Ilustración 38. Condiciones iniciales del sensado de temperatura del tanque 4, fotografía del autor.*



*Ilustración 39. Condiciones actuales del sensado de temperatura del tanque 4, fotografía del autor.*

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## Resultados obtenidos en tanques de verticales



Ilustración 40. Condiciones iniciales del tanque de mezclas, fotografía del autor.



Ilustración 41. Condiciones actuales del tanque de mezclas con implementación de Pt-100, fotografía del autor.



Ilustración 42. Condiciones actuales del tanque de mezclas con implementación de tubería IMC y cable encauchetado para electroválvulas, fotografía del autor.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



*Ilustración 43. Condiciones iniciales de los tanques verticales, fotografía del autor.*



*Ilustración 44. Condiciones actuales de los tanques verticales con implementación de tubería IMC y cableado encauchetado para electroválvulas, fotografía del autor.*



*Ilustración 45. Tanque 31 en condiciones actuales, con su respectiva instrumentación para el sensado del nivel y la temperatura, fotografía del autor.*



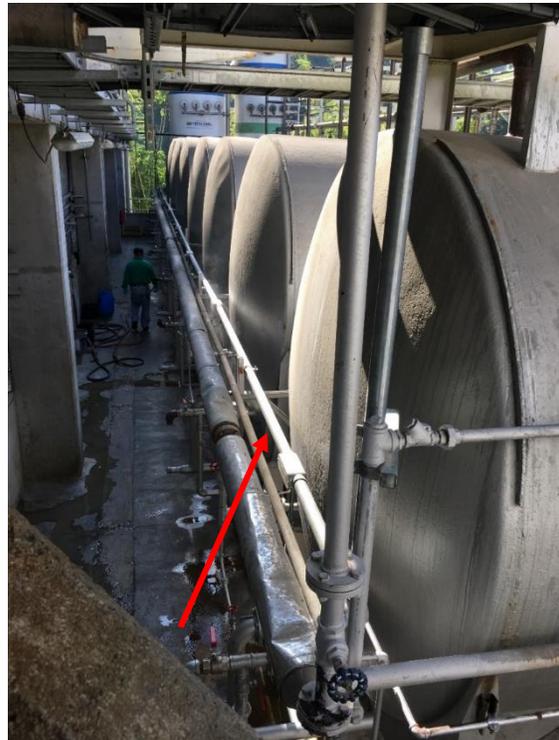
*Ilustración 46. Condiciones actuales del tanque 33 para el respectivo sensado del nivel y la temperatura, fotografía del autor.*

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## Resultados obtenidos en tanques horizontales



*Ilustración 47. Condiciones iniciales de tanques horizontales sin cableado para sensores ni electroválvulas, fotografía del autor.*



*Ilustración 48. Condiciones actuales de tanques horizontales con implementación de tubería IMC y cableado para sensores térmicos y electroválvulas, fotografía del autor.*



*Ilustración 49. Condiciones iniciales del tanque 01, fotografía del autor.*



*Ilustración 50. Condiciones actuales del tanque 01, con implementación de la instrumentación, fotografía del autor.*

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



*Ilustración 51. Condiciones iniciales del tanque 02, fotografía del autor.*



*Ilustración 52. Condiciones actuales del tanque 02, con implementación de la instrumentación, fotografía del autor.*



*Ilustración 53. Condiciones iniciales del tanque 03, fotografía del autor.*



*Ilustración 54. Condiciones actuales del tanque 03, con implementación de la instrumentación, fotografía del autor.*



*Ilustración 55. Condiciones iniciales del tanque 04, fotografía del autor.*



*Ilustración 56. Condiciones actuales del tanque 04, con implementación de la instrumentación, fotografía del autor.*

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



*Ilustración 57. Condiciones en el mes de noviembre del tanque 05, fotografía del autor.*



*Ilustración 58. Condiciones actuales del tanque 05, con implementación de la instrumentación, fotografía del autor.*



*Ilustración 59. Condiciones iniciales del tanque 06, fotografía del autor.*



*Ilustración 60. Condiciones actuales del tanque 06, con implementación de la instrumentación, fotografía del autor.*



*Ilustración 61. Condiciones iniciales del tanque 07, fotografía del autor.*



*Ilustración 62. Condiciones actuales del tanque 07, con implementación de la instrumentación, fotografía del autor.*

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

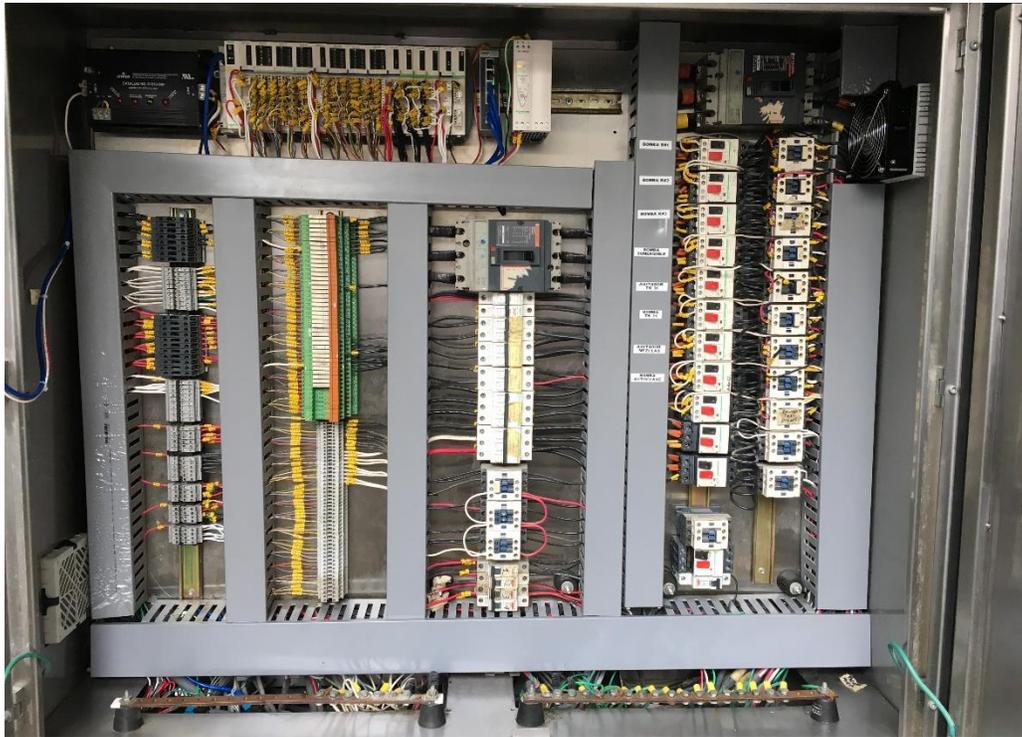


*Ilustración 63. Condiciones en el mes de noviembre del tanque 08, fotografía del autor.*



*Ilustración 64. Condiciones actuales del tanque 08, con implementación de la instrumentación, fotografía del autor.*

### Gabinete de elementos eléctricos



*Ilustración 65. Condiciones actuales del gabinete de elementos eléctricos, fotografía del autor.*

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Ilustración 65.1. Interfaz gráfica diseñada para la estación de trabajo remota, fotografía del autor.

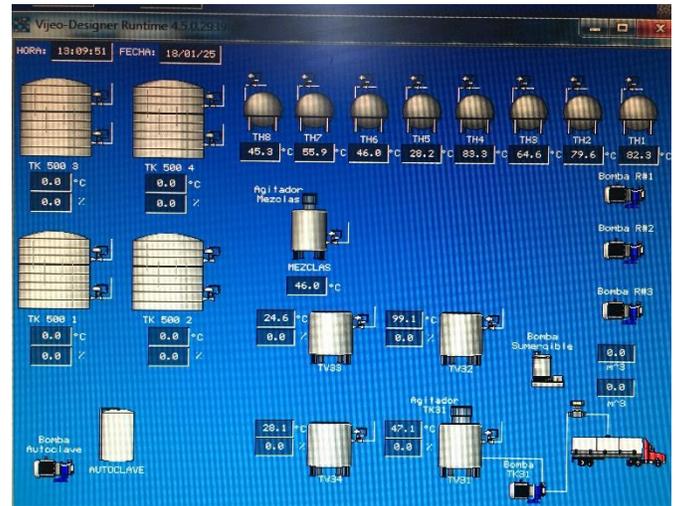


Ilustración 65.2. Interfaz gráfica del HMI del proceso, realizada en el programa Vijeo designer, fotografía del autor..



Ilustración 66. Gabinete con implementación de HMI Magelis, fotografía del autor.

La distancia entre el PLC y el módulo Advantys es de aproximadamente 80m y la red de comunicación fue Ethernet, se cablearon dos de estos con el propósito de que uno de ellos realizara la comunicación y el otro fuera de respaldo ante cualquier adversidad.

A continuación se pueden ver unas imágenes con la instalación de los 160m del cable apantallado.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



*Ilustración 67. Montaje de cable apantallado Ethernet, fotografía del autor.*



*Ilustración 68. Cables Ethernet de comunicación entre Advantys y PLC, fotografía del autor.*



*Ilustración 69. Cables Ethernet implementados, fotografía del autor.*

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 6. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

La automatización tiene el potencial de mejorar el rendimiento de los procesos a través de un sistema mecatrónico, éste permite el control y el monitoreo de variables, aumentando la confiabilidad, la seguridad y la eficiencia en la industria.

Es muy importante realizar una planeación y programación de la automatización para que se especifiquen los recursos a utilizar, los procedimientos a seguir, se caracterice la instrumentación, se planee el tiempo del proyecto y se lleven a cabo las órdenes de trabajo a ejecutar, de esta manera se implementa una metodología exitosa que dé cumplimiento a los objetivos planteados.

Actualmente en el sector de la planta concerniente a este trabajo, existe una cantidad considerable de válvulas con accionamiento manual, por esto es recomendable implementar electroválvulas neumáticas controladas automáticamente para generar más eficiencia en el proceso.

Las actuales válvulas solenoides ubicadas en los tanques de 500m<sup>3</sup> cumplen con todas las características para el proceso, sin embargo, han fallado a menudo, debido al exceso de vapor y temperatura al que están expuestas, por esto es recomendable también cambiarlas por electroválvulas neumáticas que proporcionen mayor confiabilidad y vida útil.

Para el proceso de despacho de sebo y aceite hacia los carros tanques sería muy importante la instalación de un sensor de flujo másico e integrarlo sistema de supervisión, que le permita al operario saber la cantidad de material que se va a despachar, esto ahorraría tiempo y aumentaría la confiabilidad y seguridad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 7. REFERENCIAS

---

Creus, A. (2010). *Instrumentación industrial* (8va ed.). Alfaomega, marcombo.

Creus, A. (s.f.). *Instrumentación industrial* (8 ed.). Alfaomega, marcombo.

Creus, A. (s.f.). *Instrumentación industrial* (8 ed.). Alfaomega.

EE.UU., D. d. (2016). *OSHA, administración de Seguridad y Salud Ocupacional*. EE.UU. Obtenido de [www.osha.gov](http://www.osha.gov)

HMI workstations increase plant safety and optimize productivity. (Marzo de 2017). *Filtration + Separation*, 54, 9.

Infineon Technologies AG. (13 de julio de 2016). *Infineon*. Recuperado el 12 de septiembre de 2017, de [https://www.infineon.com/dgdl/Industrial\\_Automation\\_2013.pdf?fileId=db3a30433cabdd35013cb48285386c94](https://www.infineon.com/cms/en/:https://www.infineon.com/dgdl/Industrial_Automation_2013.pdf?fileId=db3a30433cabdd35013cb48285386c94)

oviedo, U. d. (s.f.). Obtenido de <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/comunicacionesindustrialesdocumento.pdf>

Schitter, G. (2015). Advanced Mechatronics for precision engineering and Mechatronic imaging systems. *International Federation of Automatic Control-PapersOnLine 48-1*, 942-943.

Veronica Olesen, C. B. (2008). Tank reactor temperature control using quantitative feedback theory. *International Federation of Automatic Control*, 4970-4975.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 8. APÉNDICE

---

### 8.1. Apéndice A

Principio de funcionamiento matemático para medir el nivel de un contenedor con el sensor P300:

El sensor P300 es principalmente destinado para hallar la variable presión, pero en este caso mediante la configuración del mismo es utilizado para medir el nivel de un tanque.

Las variables 1, 2 y 3 son conocidas y serán necesarias para hallar el nivel  $h$  variable del proceso.

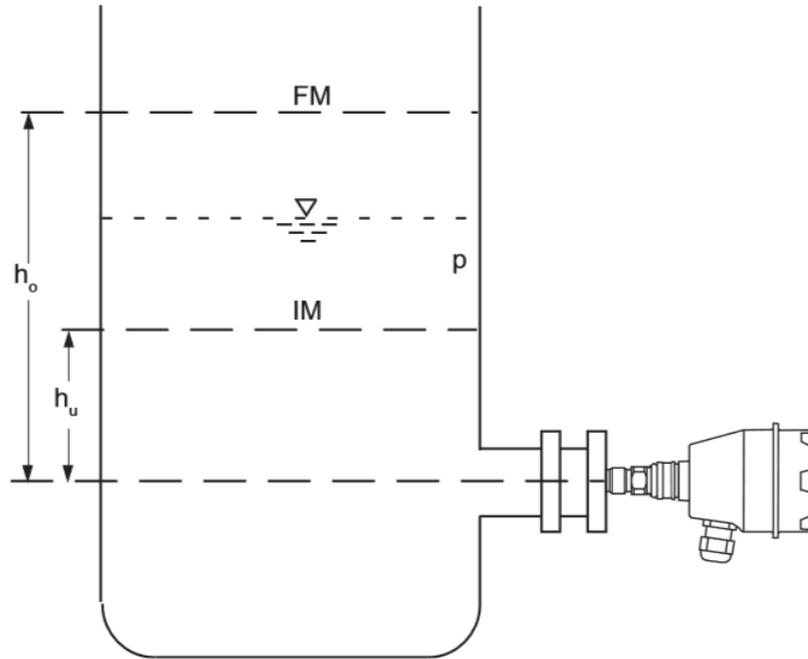
- 1)  $P$  = Presión del líquido → Hallada por el sensor
- 2)  $\rho$  = Densidad del líquido contenido en el tanque
- 3)  $a$  = Constante de aceleración de la tierra
- 4)  $h_o$  = Altura máxima del líquido contenido en el tanque
- 5)  $h_u$  = Altura mínima del líquido contenido en el tanque
- 6)  $h$  = Altura o nivel del líquido contenido en el tanque

La ecuación de la presión hidrostática se evidencia en las ecuaciones (1) y (2). Para configurar el sensor es necesario definir la altura mínima y máxima que contendrá el tanque, esto se hace llenando el tanque hasta estos dos límites definidos como se muestra en la ilustración 70, de esta manera se obtienen los dos valores de presión que permiten escalizar y hallar la variación de la altura mediante la ecuación (3), con estos valores definidos el transmisor enviará una señal de 4mA con la altura mínima y de 20mA con la altura máxima.

$$P = \rho \cdot a \cdot h_o \quad (1) ; \quad P = \rho \cdot a \cdot h_u \quad (2) ;$$

$$h = \frac{P}{\rho \cdot a} \quad (3);$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Nivel de llenado de depósitos abiertos

Ilustración 70.  $h_u$  y  $h_o$  utilizadas para la configuración del sensor, TOMADA DE: Anexo "SITRANS-P300".

## 8.2. Apéndice B

El sensor de temperatura PT-100 tiene una señal de impedancia como salida, a continuación, se puede evidenciar la gráfica general de respuesta con respecto a la temperatura.

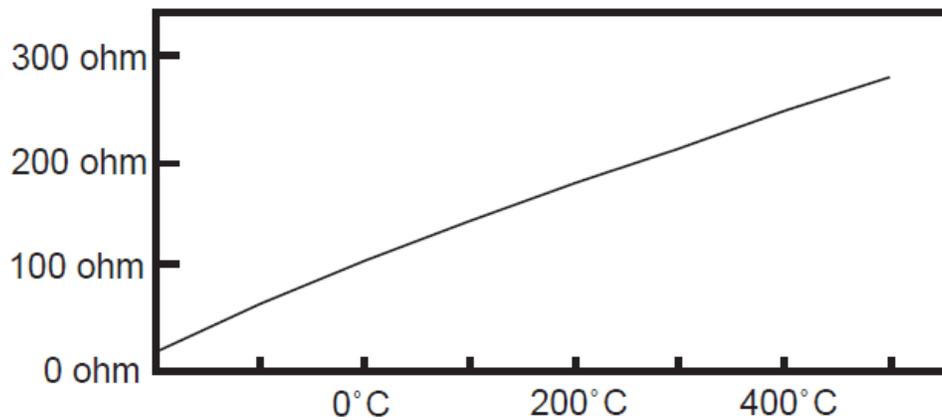


Ilustración 71. Gráfica de respuesta de PT-100, TOMADA DE: Anexo "Datasheet-PT100".

 Institución Universitaria	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Pt 100 ohms	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-190	22.78	22.35	21.93	21.50	21.08	20.66	20.23	19.81	19.38	18.96
-180	27.01	26.59	26.17	25.74	25.32	24.90	24.47	24.05	23.63	23.20
-170	31.24	30.81	30.39	29.97	29.55	29.13	28.70	28.28	27.86	27.44
-160	35.45	35.03	34.61	34.19	33.77	33.34	32.92	32.50	32.08	31.66
-150	39.65	39.23	38.81	38.39	37.97	37.55	37.13	36.71	36.29	35.87
-140	43.78	43.37	42.96	42.54	42.13	41.72	41.30	40.89	40.48	40.06
-130	47.90	47.49	47.08	46.67	46.26	45.85	45.43	45.02	44.61	44.20
-120	52.01	51.60	51.19	50.78	50.37	49.96	49.55	49.14	48.73	48.32
-110	56.11	55.70	55.29	54.88	54.48	54.07	53.66	53.25	52.84	52.43
-100	60.20	59.79	59.38	58.98	58.57	58.16	57.75	57.34	56.93	56.52
-90	64.23	63.83	63.43	63.02	62.62	62.22	61.81	61.41	61.01	60.60
-80	68.25	67.85	67.45	67.05	66.65	66.25	65.84	65.44	65.04	64.64
-70	72.26	71.86	71.46	71.06	70.66	70.26	69.86	69.46	69.06	68.66
-60	76.26	75.86	75.46	75.06	74.67	74.27	73.87	73.47	73.07	72.67
-50	80.25	79.85	79.45	79.06	78.66	78.26	77.86	77.46	77.06	76.66
-40	84.22	83.83	83.43	83.03	82.64	82.24	81.84	81.44	81.05	80.65
-30	88.18	87.79	87.39	87.00	86.60	86.21	85.81	85.41	85.02	84.62
-20	92.13	91.74	91.35	90.95	90.56	90.16	89.77	89.37	88.98	88.58
-10	96.07	95.68	95.29	94.89	94.50	94.11	93.71	93.32	92.92	92.53
0	100.00	99.61	99.22	98.82	98.43	98.04	97.65	97.25	96.86	96.47
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.41
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.74	110.12	110.51	110.90	111.29
30	111.67	112.06	112.45	112.84	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.16
40	115.54	115.93	116.32	116.70	117.09	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.48	122.86
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69
70	127.07	127.46	127.84	128.22	128.60	128.99	129.37	129.75	130.13	130.51
80	130.89	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.56	133.94	134.32
90	134.70	135.08	135.46	135.84	136.22	136.60	136.98	137.36	137.74	138.12
100	138.50	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.77	141.15	141.53	141.91
110	142.29	142.67	143.04	143.42	143.80	144.18	144.55	144.93	145.31	145.69
120	146.06	146.44	146.82	147.19	147.57	147.95	148.32	148.70	149.07	149.45
130	149.83	150.20	150.58	150.95	151.33	151.70	152.08	152.45	152.83	153.20
140	153.58	153.95	154.33	154.70	155.08	155.45	155.83	156.20	156.57	156.95
150	157.32	157.69	158.07	158.44	158.81	159.19	159.56	159.93	160.30	160.68
160	161.05	161.42	161.79	162.16	162.53	162.91	163.28	163.65	164.02	164.39
170	164.76	165.13	165.50	165.88	166.25	166.62	166.99	167.36	167.73	168.10
180	168.47	168.84	169.21	169.58	169.95	170.31	170.68	171.05	171.42	171.79
190	172.16	172.53	172.90	173.26	173.63	174.00	174.37	174.74	175.10	175.47
200	175.84	176.21	176.58	176.94	177.31	177.68	178.04	178.41	178.78	179.14

Ilustración 72. Variación del valor resistivo de PT-100 con respecto a la temperatura, TOMADA DE: Anexo "Datasheet-PT100".

### 8.3. Apéndice C

El transmisor TH-100 es un dispositivo al que se le puede programar el rango de temperatura dependiendo del entorno en el que estará expuesto, por ejemplo, en este trabajo se utilizaron dispositivos con rango de (0 a 100) °C y de (0 a 200) °C, en cualquiera de los casos el valor mínimo corresponderá a 4mA y el máximo a 20mA, a continuación, se presenta la fórmula diseñada para saber el valor de la temperatura actual con respecto a la señal de corriente de salida.

$$T = \frac{(mA - 4) \cdot T_{Maxtransmisor}}{16}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$T$  = Temperatura actual del proceso

$mA$  = Señal de salida del transmisor en mili-Amperios

$T_{Maxtransmisor}$  = Temperatura máxima del rango del transmisor

Y para saber la señal en mili-Amperios que deben de salir del transmisor conociendo la temperatura ambiental, se despeja la variable mA y se obtiene la siguiente ecuación:

$$mA = \frac{16.T}{T_{Maxtransmisor}} + 4$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES \_\_\_\_\_

FIRMA ASESOR \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO\_\_      ACEPTADO\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES\_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_