

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE SEPARACIÓN POR DECANTACIÓN
DE SÓLIDOS Y LÍQUIDOS PARA PRODUCCIÓN DE SEBO Y HARINA DE
ORIGEN ANIMAL**

Juan Felipe Ruiz Vásquez

Ingeniería Mecatrónica

Luis Fernando Grisales Noreña

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

2017

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

RESUMEN

En la empresa Agrosan S.A se poseen diferentes máquinas decantadoras que se encargan de la separación de sólidos y líquidos para la generación de sebo y harina de origen animal, cuyos procesos funcionan en la mayoría de los casos de forma manual, a través de puntos de operación administrados por el personal de la empresa, requiriendo un operario de tiempo completo, el cual debe examinar el producto y establecer los puntos de operación, aumentando los riesgos laborales y la posibilidad de que se generaran errores en el proceso de decantación de la máquina. En este trabajo se desarrolló la automatización de uno de estos equipos con miras a conseguir un trabajo mucho más seguro y confiable para el personal operativo, garantizando un mejor desempeño de la máquina y menos tiempos de paro; permitiendo al mismo tiempo la optimización de los recursos.

Para esta automatización se implementó un nuevo proceso de control centralizado en un PLC que toma todas las decisiones sobre el accionar de la máquina e informa de su estado al sistema de control principal de la línea de producción. Los resultados obtenidos con esta aplicación permiten simplificar el control sobre la máquina y aumentar la seguridad del personal operativo, además de conseguir un equipo con un sistema de funcionamiento más moderno, y con una capacidad de trabajo que cumple con las exigencias ambientales, productivas, de calidad de la energía y otros factores que tienen una fuerte repercusión sobre la producción de la empresa. Con esta aplicación se puede observar claramente la importancia de actualizar los equipos de la planta de producción y los grandes beneficios que representa el uso de equipos actuales en cuanto a consumos, seguridad y eficiencia.

Palabras clave: Decantadora, separación, sólidos, líquidos, línea de producción, PLC, automatización, eficiencia, optimización.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

RECONOCIMIENTOS

Con este trabajo quiero agradecer muy especialmente a mis padres que han sido las personas que me han acompañado a lo largo de mi crecimiento, mi desarrollo como persona y han sido un apoyo fundamental para superar las dificultades que se me han presentado.

También un sentido agradecimiento a Andrés Beltrán jefe del departamento eléctrico, Mario Corrales coordinador del departamento eléctrico, Frederson Olaya, Jorge Cadavid y John Jairo Gallego supervisores eléctricos y a todos los técnicos eléctricos de la empresa Agrosan S.A quienes constituyeron el grupo laboral del que hice parte, que me apoyaron y enseñaron los conocimientos necesarios para desempeñar las funciones necesarias para el departamento y también los valores y la ética profesional que debe poseer cualquier trabajador.

A la empresa Agrosan S.A que me brindó la oportunidad de realizar mi práctica profesional y obtener un primer acercamiento con la industria, lo que me dio la posibilidad de adquirir una experiencia laboral y un enfoque más real acerca de mis aspiraciones.

Al profesor Luis Fernando Grisales Noreña quien fue mi asesor y la persona que me acompañó durante el desarrollo de mi práctica profesional y estuvo pendiente de las condiciones y del correcto desarrollo de las funciones en mi lugar de trabajo, que me orientó en la elaboración de este informe y en la parte final de mi formación como profesional.

Finalmente a mis compañeros de estudio, quienes me acompañaron en un sinnúmero de experiencias y en todo mi proceso de aprendizaje, siendo personas importantes y que me enseñaron acerca de todo tipo de temas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	6
2.	MARCO TEÓRICO	8
2.1.	Rendering:.....	8
2.2.	Decantadora	10
2.3.	Automatización industrial.....	12
3.	METODOLOGÍA.....	15
3.1.	Primera etapa:	15
3.2.	Segunda etapa	16
3.3.	Tercera etapa	16
3.4.	Cuarta etapa	16
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1.	Análisis del funcionamiento de la decantadora e identificación de los puntos críticos de operación y control.	18
4.1.1.	Principios de funcionamiento del equipo:	18
4.1.2.	Funcionamiento previo a la automatización y requerimientos:	19
4.2.	Identificación y clasificación cada una de las variables y parámetros que intervienen en el proceso productivo de la máquina.....	21
4.3.	Análisis y selección de los equipos de control, protecciones y sensores.	23
4.3.1.	Dispositivos de potencia:.....	23
4.3.2.	Dispositivos de control:	24
4.3.3.	Sensores:.....	28
4.3.4.	Dispositivos de seguridad:.....	30
4.4.	Montaje y descripción de funcionamiento del sistema de control a la decantadora Alfa Laval 418.	31
5.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	43
	REFERENCIAS	44

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Máquina decantadora.	11
Figura 2. Principio de funcionamiento del decantador (AlfaLaval, 1999)	18
Figura 3. Sistema de control antes de la automatización	20
Figura 4. Sistemas protección de la decantadora.	24
Figura 5. PLC seleccionado con los módulos de trabajo	25
Figura 6. Variador de velocidad Bowl	26
Figura 7. Variador de velocidad tornillo	27
Figura 8. Interfaz gráfica para manipulación del sistema	27
Figura 9. Sensores inductivos para medición de velocidad en motores.	28
Figura 10. Sensor inductivo de cierre de tapa.	29
Figura 11. Sensor de vibración	29
Figura 12. PT100 temperatura en rodamientos.	30
Figura 13. Relé de seguridad	31
Figura 14. Antiguo sistema de control de la decantadora.	32
Figura 15. Base para sensores de velocidad.	32
Figura 16. Nuevo sistema de control implementado en la decantadora	33
Figura 17. Nuevo sistema de control	34
Figura 18. Filtrado de señales y sistemas de seguridad	34
Figura 19. Pantalla principal HMI	35
Figura 20. Segunda pantalla de comando	36
Figura 21. Tercera pantalla de comando	37
Figura 22. Cuarta pantalla de comando	38
Figura 23. Modo CIP implementado	40
Figura 24. Cuadro de alarmas	41

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se desarrolla la automatización de un equipo de separación de sólidos y líquidos por centrifugación (Decanter Alfa Laval 418) como parte importante de un proceso de producción de sebo y harina de origen animal. Los cuales son utilizados en otros procesos industriales como son la elaboración de concentrados para mascotas con la harina como materia prima y la fabricación de jabones, productos cosméticos, lubricantes y otros elementos para el cuidado de la piel, usando como base el sebo.

La automatización de este proceso tiene como finalidad generar un incremento en la capacidad productiva de la línea de producción, y aumentar la confiabilidad del equipo, reduciendo los paros debidos a fallos en la máquina y a imprevistos generados por el error humano. Lo cual se logra por medio de la automatización del proceso, adaptando un sistema de control maestro encargado de recibir y evaluar las características de trabajo del proceso, y con base en esto tomar decisiones para garantizar el adecuado funcionamiento del equipo. Entre las variables y parámetros que participan en este proceso se encuentran: temperaturas, vibraciones, velocidades de motores, torque, velocidad diferencial entre otras, las cuales se deben mantener en un rango adecuado para asegurar la calidad del producto final. Para lograr lo anteriormente mencionado se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Implementar un sistema para la automatización del proceso de separación por decantación de sólidos y líquidos para producción de sebo y harina de origen animal para la decantadora Alfa Laval 418.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

Objetivos específicos:

- Realizar el análisis del funcionamiento actual de la decantadora Alfa Laval 418, buscando encontrar fallas y posibilidades de mejora para implementar en el diseño del control.
- Identificar las variables y parámetros que actúan en el proceso producción de la decantadora Alfa Laval 418.
- Analizar y seleccionar los equipos de control, protecciones y sensores adecuados para la aplicación de la automatización para la decantadora.
- Montaje y descripción de funcionamiento del sistema de control a la decantadora Alfa Laval 418.

Organización del informe:

Esta tesis está compuesta por 4 secciones, iniciando con un marco teórico el cual presenta el entorno en el cual desarrolla su trabajo el equipo automatizado, siendo este una planta de producción enfocada al rendering o procesamiento de subproductos de origen animal, también las partes y modo de funcionamiento de un tipo de decantadora (Alfa Laval 418), además se realizó un análisis de las variables que intervienen en el proceso de decantación y que se deben mantener en ciertos niveles para un correcto funcionamiento; Luego se presenta la metodología desarrollada para el proceso de automatización; posteriormente se presenta desarrollo la sección de resultados y discusión, donde se presenta el modo de aplicación de cada una de las etapas del proyecto y como se desarrollaron, finalmente este trabajo termina con las conclusiones y los trabajos futuros, en los cuales se evaluaron los resultados y los aspectos positivos y negativos que deja el proyecto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se presentan los conceptos básicos necesarios para comprender el proceso de producción que fue automatizado durante la práctica profesional y por qué la necesidad de automatizar los procesos industriales.

2.1. Rendering:

Es conocido como Rendering el proceso que comprende la recolección, clasificación y procesamiento de los desechos o subproductos de origen animal, utilizados como materia prima para la fabricación de nuevos productos, que son destinados a un sector industrial específico según el tipo de proceso al que han sido sometidos; existen gran variedad de métodos para el procesamiento de estos elementos y que son aplicados de acuerdo a la materia prima utilizada. Por ejemplo para el proceso de tratamiento de la pluma y el pelo se hace necesario llevar a cabo un proceso de hidrólisis, descomposición de sustancias orgánicas a partir del uso de agua, presión y calor, para hacer aprovechables las proteínas que contienen, en la nutrición del animal. Otro proceso es la separación de la grasa de la carne y el hueso mediante la deshidratación del contenido de humedad con la ayuda de grasas calientes. (Figueroa & Sánchez, 1997).

En Colombia el Rendering es una aplicación poco conocida, existen diferentes empresas que poseen una amplia cobertura y que se encargan del procesamiento de los desechos de origen animal que son generados en todo el país, para lo cual es necesario poseer una infraestructura importante y tecnificada que garantice la higiene, seguridad y calidad del producto final; Su fuente principal de suministro son los mataderos que se valen de estas empresas para realizar la disposición de la gran cantidad de desechos que se generan en sus procesos habituales y que no alcanzan a disponer adecuadamente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

En Colombia están registrados ante las autoridades sanitarias, 150 mataderos para ganado vacuno y porcino, y una minoría de ellos realiza una adecuada disposición de los desechos que generan. Solo 7 empresas están registradas por la autoridad sanitaria para realizar el proceso de tratamiento de desechos, y estas empresas poseen como actividad principal el procesamiento de los desechos comestibles que generan los mataderos para la generación de harinas de carne. (Figuroa & Sánchez, 1997).

Para el tratamiento de todas las materias primas que son recibidas en los centros de tratamiento dedicados al Rendering, los subproductos deben pasar por una serie de etapas para ser refinados y aplicados en otros procesos industriales. A continuación, se describe el proceso de rendering aplicado por la empresa AGROSAN S.A para obtención de concentrados y sebos de origen animal:

1. La primer etapa consta de la recepción, clasificación y triturado de la materia prima, donde el material es verificado en busca de elementos que no hacen parte de la materia prima para eliminarlos e introducirlo al proceso. Inicialmente se tritura el material para reducir el tamaño y facilitar el tratamiento.
2. Luego se procede a la etapa de cocción, que es realizada en hornos que transportan el material con la ayuda de aspas que son calentadas por medio de vapor y que gracias a la transferencia de calor eliminan la humedad del material.
3. Al terminarse la cocción se inicia un proceso de prensado donde se realiza una primera separación entre la harina y los sebos y aceites del proceso por medio del aplastamiento del material.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

4. Continuando con el proceso el material llega hasta la decantadora, máquina objeto de estudio en este informe, la cual realiza la tarea fundamental de filtrar el material y dividir el proceso en dos, al enviar todos los sólidos hacia la parte de enfriamiento y empaquetado de harina, y los líquidos hacia la parte de clarificación y limpieza de sebos donde son almacenados y despachados.

Con la aplicación del Rendering como medio de disposición de los excedentes y elementos inservibles de las empresas que procesan productos de origen animal, se genera una repercusión ambiental muy fuerte al evitar el vertimiento y desecho de productos, altamente contaminantes y con un importante riesgo biológico, en quebradas y ríos que se verían fuertemente afectados por elementos con un nivel de descomposición bastante alto; además del aprovechamiento de los recursos que sin la aplicación de un proceso similar representan un riesgo y no una oportunidad para generar elementos fundamentales para la sociedad. (García, Muñoz, & Sacoto, 2011)

2.2. Decantadora

Una decantadora es una máquina que está diseñada para realizar una separación completa de materiales con diferentes densidades, pueden ser tanto sólidos y líquidos como dos líquidos inmiscibles, e incluso puede llegar a realizar la separación de tres elementos diferentes, en tal caso la máquina se conoce como Tricanter (Rackerseder, 2013, pág. 48). Para realizar la separación de los elementos, la máquina está diseñada para generar la aparición de una fuerza centrífuga de hasta 10.000 veces la fuerza que ejerce la gravedad, lo que genera una separación mucho más rápida y eficiente. La generación de esta fuerza centrífuga se presenta gracias a la intervención de dos motores que giran a velocidades diferentes y que dependiendo del proceso específico pueden tener sentidos de giros opuestos o similares.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

Este equipo normalmente está conformado por dos motores, el primero acoplado a una estructura grande donde está contenido el sistema de la decantadora y que para esta aplicación será conocido como Bowl, y el segundo de los motores está acoplado a un tornillo sinfín al interior del Bowl siendo este el encargado de transportar los productos hasta los ductos de salida para enviarlos a sus respectivos procesos, este tornillo es hueco por dentro y posee unos orificios en la parte media para permitir el ingreso del material hasta la máquina.

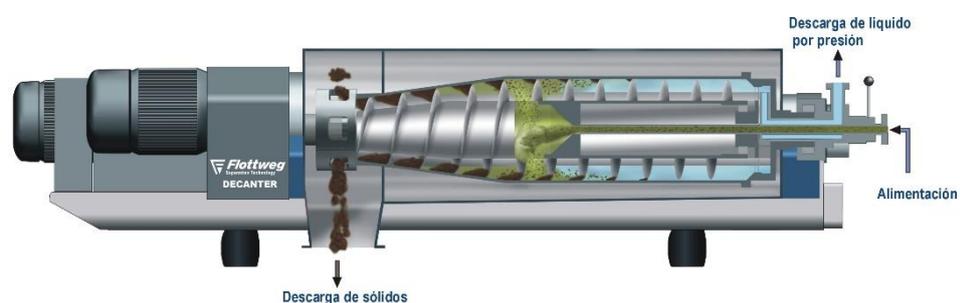


Figura 1. Máquina decantadora.

Para mantener un adecuado funcionamiento de la máquina, es necesario verificar y mantener diferentes variables en unos valores establecidos, lo que asegura la calidad del producto final. Entre las variables que se deben regular se pueden encontrar las siguientes (AlfaLaval, 1999):

- La corriente que está fluyendo por los motores: Es muy importante que estos valores se mantengan en una escala normal, lo que garantiza que la máquina está realizando un trabajo continuo y fluido, además de proteger el estado de los motores y alargar su vida útil.
- El torque al que es sometida la decantadora: Al igual que la corriente puede dar indicios de la aparición de atascamientos en la máquina, y un valor demasiado alto puede indicar el ingreso de elementos externos al proceso o un trabajo anormal.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

- **Temperatura en rodamientos:** La medición de la temperatura indica el desgaste o el mal funcionamiento de un rodamiento lo que puede desencadenar en el fallo de las partes que son soportadas sobre los rodamientos.
- **Vibración de la máquina:** Con este indicador se verifica el estado general del proceso, debido a su funcionamiento a altas velocidades el equipo mantendrá un nivel de vibraciones, que no debe superar ciertos valores para mantener un trabajo normal y seguro.
- Además de estas variables también existen distintas seguridades que son implementadas sobre las decantadoras para proteger la integridad de las personas, pero que pueden variar dependiendo de la máquina, el proceso y los factores externos que la afectan.

2.3. Automatización industrial

En este trabajo se realizó la automatización de la decantadora Alfa Laval 418, y en este numeral se hace un análisis de la importancia de la automatización de los procesos industriales y de las ventajas y desventajas que trae consigo su aplicación.

La automatización es la aplicación de protocolos automáticos de trabajo para realizar acciones y/o tomar decisiones por parte de un sistema o equipo basándose en datos que son obtenidos y evaluados. La automatización puede dividirse en varios tipos, primero se encuentra la automatización fija, en la cual se da una tasa elevada de producción pero se realizan tareas simples y repetitivas, como segundo tipo se encuentra la automatización programable que posee una menor tasa de producción pero puede desempeñar una serie de tareas diferentes y finalmente, se encuentra la automatización flexible, la cual consta de varias estaciones de trabajo que realizan diferentes tareas y que se comunican por medio de una

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

computadora central que analiza y manipula todo el sistema. (Cassá, 2005, págs. 9-10)

La aplicación de esta nueva forma de control sobre la industria tiene grandes repercusiones sobre la forma en que desarrollan sus actividades las empresas, y presenta una serie de nuevos desafíos que traen consigo grandes ventajas y desventajas:

Como ventajas se puede señalar desde el ámbito productivo, el aumento de la producción, la tecnificación de los procesos y un uso más eficiente de los recursos destinados al proceso, lo que se traduce en grandes ahorros debidos a un nivel muy bajo de desperdicios y a una producción mucho más ágil y continua. En el ámbito eléctrico se presenta una reducción en los consumos energéticos gracias al uso de sistemas inteligentes, que reducen el uso de los equipos en el momento que no es necesaria su participación, desde el ámbito de seguridad un mejoramiento de las condiciones de trabajo, al permitir el uso de maquinaria para desempeñar tareas que representan un alto riesgo para las personas. (Cassá, 2005, págs. 18-19).

Mientras que, como desventajas se aprecia el incremento de la competitividad entre las empresas de un mismo sector, lo que reduce la capacidad de las pequeñas y medianas empresas para establecerse en el mercado; Aunque se reduce la necesidad operativa, se presenta la necesidad de un personal más capacitado para entender y manipular los equipos industriales. También se hace necesaria una inversión inicial bastante alta, que aunque puede generar un retorno de inversión bastante rápido, sigue representando un impedimento para las empresas. Finalmente es necesario un cambio de mentalidad para entender y aplicar las nuevas metodologías que trae consigo la automatización industrial (Azua, 2007, pág. 29).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

Con lo visto anteriormente se puede afirmar que la automatización industrial se presenta para todas las empresas como un reto y una oportunidad que debe ser adoptada para competir en un mercado globalizado, y el éxito de la empresa dependerá de su capacidad para comprender y aplicar estas nuevas ideologías.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

3. METODOLOGÍA

Esta metodología fue desarrollada en 4 etapas:

3.1. Primera etapa:

En la primer etapa se analizó en profundidad el modo de funcionamiento la decantadora, se revisó la conexión mecánica de los motores (realizada por poleas), la entrada de material a la máquina, a que distancia se encuentra el tanque alimentador, que posibilidad existía de realizar cambios al inicio del proceso, que fueron descartados rápidamente al observar un proceso de alimentación adecuado. También como se encontraban anclados cada uno de los dispositivos de medición, y si de este modo entregaban mediciones confiables, Encontrando que los dispositivos que estaban instalados en campo, fueron posicionados de una manera adecuada.

Siguiendo con el análisis del sistema, se realizó un riguroso seguimiento de las condiciones de seguridad bajo las que operaba la máquina, para encontrar las falencias y posibilidades de mejora, buscando garantizar la protección de todo el personal y un buen funcionamiento.

Luego de realizar la revisión externa de la máquina se continuó con el sistema eléctrico y de control, donde se encontró un sistema bastante simple y desactualizado que daba lugar a la aparición de múltiples escenarios de riesgo y de trabajo bajo condiciones que no garantizaban la obtención de un material con las características necesarias de calidad.

Finalmente al terminar con el análisis de todo el sistema se realizó un listado con todas las falencias y necesidades que poseía la máquina y que debían ser incluidas dentro del nuevo sistema para conseguir el objetivo de optimizar y garantizar el funcionamiento de la decantadora.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

3.2. Segunda etapa

Partiendo de la base del listado generado en el análisis de la decantadora se especificaron cuáles son las variables y los parámetros que deben ser tenidos en cuenta para el monitoreo de la máquina. Lo que se buscó en esta etapa del desarrollo fue encontrar concretamente en que elemento o sección de la máquina se podía presentar una condición crítica y en que rango se debía mantener esta característica para garantizar un trabajo seguro y confiable.

3.3. Tercera etapa

Se seleccionaron los dispositivos que se iban a encargar de realizar las mediciones y el control del sistema.

Se contactaron los proveedores solicitando información acerca de los dispositivos que pueden cumplir con las exigencias planteadas en el estudio del sistema, y escuchando las recomendaciones realizadas por ellos para lograr un mejor desempeño del proceso. Una vez obtenida la información por parte de los proveedores se realizó un análisis de las fichas técnicas de los sensores y se seleccionaron los equipos basándose en su relación precio/desempeño.

3.4. Cuarta etapa

Una vez obtenidos todos los materiales necesarios para la automatización se procedió al montaje, conexión y puesta a punto del sistema.

La parte inicial del montaje consistió en retirar los equipos disfuncionales del viejo sistema de control y verificar el estado de los equipos que iban a continuar haciendo parte de la decantadora, además de las adecuaciones necesarias en la estructura de la máquina.

Luego se realizó la instalación de todos los sensores en el campo, llevando la señal transmitida por cada uno hasta el gabinete de la máquina y verificando la obtención de la señal correcta por parte de cada uno.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

Siguiendo con el proceso se ejecutó la instalación de todos los dispositivos de control, potencia, manipulación y visualización en el gabinete de comando de la decantadora.

Para terminar y una vez se verificó la correcta instalación de todo el sistema, se realizó la puesta a punto de todo el sistema, que consistió en la calibración de los sensores y la verificación de todas las funcionalidades adquiridas con el nuevo sistema de visualización como lo son la pantalla de alarmas, el modo CIP, entre otros.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis del funcionamiento de la decantadora e identificación de los puntos críticos de operación y control.

4.1.1. Principios de funcionamiento del equipo:

La decantadora está compuesta por dos motores que giran en sentido inverso y generan la aparición de una fuerza centrífuga que lleva los sólidos hacia la parte interna del rotor, siendo llevados por las aspas que sobresalen en el interior hacia la parte cónica del rotor donde son depositados en un tanque, y los líquidos se ubican en el exterior del eje, saliendo por la parte izquierda del equipo debido al desbordamiento y son descargados en otro tanque para ser procesados. La figura 1, presenta las partes que conforma una decantadora.

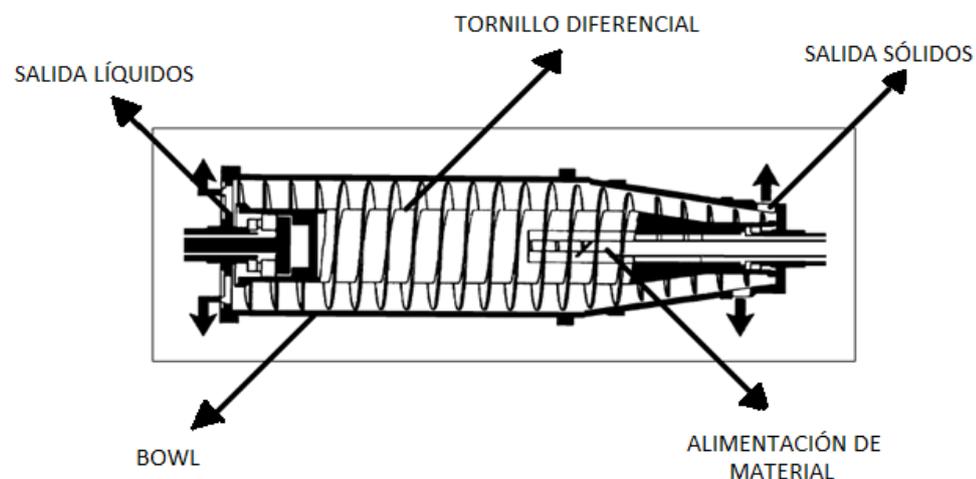


Figura 2. Principio de funcionamiento del decantador (AlfaLaval, 1999)

El primero de los motores es conocido como el Bowl y es una estructura grande que contiene en su interior el tornillo transportador, que es el segundo de los motores que trabajan en el proceso de separación, ambos son accionados por medio de poleas que transmiten el movimiento desde los motores, además cada uno posee un variador de velocidad, lo que permite regular la velocidad de trabajo de cada uno de los motores y controlar la velocidad diferencial que se

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

genera; a partir de este control de velocidades se puede optimizar la fuerza centrífuga para realizar la separación.

El material es ingresado a la máquina por el eje hueco ubicado en la parte cónica del equipo y descargado a lo largo de la parte cilíndrica para llevar a cabo la separación. La decantadora posee un empaque especial que rodea la tapa que encierra el Bowl y evita la salida del material desde el interior de la máquina; Es fundamental la correcta ubicación del empaque para que haya un adecuado proceso de separación.

Para controlar el proceso de decantación, la decantadora posee diferentes sensores destinados a monitorear el funcionamiento del equipo y las características del material, esto con el fin de brindar la mayor calidad posible en el producto final. Algunos de los sensores implementados son: sensor de vibración, temperatura en rodamientos, sobrecarga por torque alto, entre otros (estos serán abordados más adelante en este documento); por medio de los cuales se logra realizar el control del proceso.

4.1.2. Funcionamiento previo a la automatización y requerimientos:

Al momento de evaluar el funcionamiento de la decantadora se encontró que el sistema de control implementado es bastante sencillo y se queda corto a la hora de responder ante diferentes situaciones:

- El inicio de la máquina se presenta a través de la activación de la bobina de un contactor que permite el paso de la potencia hacía ambos variadores de velocidad, que mantienen constante la velocidad de giro de los motores en un valor previamente establecido, y que no es posible cambiar a menos que la máquina sea detenida.
- Como forma de asegurar el cumplimiento de las condiciones de operación de la máquina, todas las señales de control fueron conectadas en serie a un único contactor, de tal mara que, si alguna de estas enviaba

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

la orden de paro, este cortara el flujo de energía hacia la máquina y detuviera la decantadora. Este proceso no es adecuado, dado que ante cualquier evento o fallo del sensor de se detiene la producción sin realizar un análisis de la variable medida y el significado de esta en el funcionamiento de la decantadora.



Figura 3. Sistema de control antes de la automatización

- El sistema de operación de la maquina no contenía ningún sistema de visualización del estado del proceso, lo que no permitía la verificación oportuna de cada parámetro de la máquina, generando retrasos en la detección de posibles fallos, la posibilidad de un material de mala calidad (alta humedad, mayor acides, etc.), reprocesos y sobre costos.
- Se encontró un sistema de seguridad poco confiable, que podría quedarse corto en algunas situaciones de fallo, permitiendo la aparición de escenarios de riesgo para los operadores de la máquina, para el equipo mismo y para las personas que se encontraban cerca de él.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

Analizando el estado operativo actual de la maquina se identificaron diferentes requerimientos que debían ser incluidos al momento de automatizar su proceso de funcionamiento, dentro de los cuales se encontraba:

- Mejorar los controles de seguridad de la máquina, tanto durante su funcionamiento, como a la hora de permitir el arranque y asegurarse que bajo ninguna circunstancia se permitirá un funcionamiento riesgoso.
- Se planteó como necesidad fundamental la inclusión de una pantalla de visualización en la que el operario o el personal de mantenimiento pueda verificar en cualquier momento y con facilidad los parámetros de funcionamiento de la máquina; ajustándolos a las necesidades del proceso.
- Mejorar la detección de los fallos del equipo, y su localización dentro de la máquina.
- La instalación de un sistema de control centralizado, es decir, que tenga control sobre todas las variables del proceso para generar un funcionamiento óptimo del equipo.

4.2. Identificación y clasificación cada una de las variables y parámetros que intervienen en el proceso productivo de la máquina.

Con la automatización de la decantadora se buscó obtener un equipo con características óptimas de funcionamiento y con una eficiente capacidad de reacción ante las posibles fallas o dificultades que se presentan en el proceso. Para lo cual se identificaron las diferentes variables y parámetros que actúan en el:

- Velocidad de los motores (Bowl y tornillo diferencial):

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

Para la implementación del proyecto fue necesario realizar mediciones de velocidad durante el funcionamiento de la decantadora para monitorear su trabajo, verificando que se presente una adecuada separación de los sólidos y líquidos, esto debe ir de la mano del comando de variadores de velocidad que se encargarán de graduar las revoluciones hasta la velocidad requerida para cada uno de los motores que intervienen en el proceso de decantación.

- Temperatura en los rodamientos:

Es necesario verificar la temperatura en los rodamientos para protegerlos contra el daño y poder intervenirlos en el momento oportuno, evitando así mayores daños en los demás componentes.

- Vibraciones en la maquina:

Se debe verificar la vibración en la máquina para asegurar el correcto ajuste del equipo y evitar el desgaste prematuro del mismo.

- Sellado de la maquina:

Como medida de seguridad es necesario verificar el estado de sellado o cierre de la tapa de la decantadora, debe estar asegurada para evitar un derramamiento y posibles lesiones al personal.

- Torque de la máquina:

Es necesario verificar el torque al que están siendo sometidos los motores de la decantadora para asegurar la estabilidad de la máquina, conservar la calidad del producto y evitar fallos de funcionamiento.

- Corriente de los motores:

Es importante tener un control sobre la corriente que circula por ambos motores para detectar oportunamente la aparición de atascos de material en la máquina y fallos de funcionamiento.

- Seguridad en la máquina:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

Además de verificar el estado de la tapa del equipo también es necesario garantizar que sea verificado el estado de los paros de emergencia y la revisión de todas las alarmas y advertencias que presente la máquina.

4.3. Análisis y selección de los equipos de control, protecciones y sensores.

Para la implementación del nuevo sistema de control fue necesario seleccionar diferentes tipos de dispositivos que cumplieran con las exigencias establecidas para obtener un equipo confiable y seguro. Los dispositivos seleccionados se presentan a continuación:

4.3.1. Dispositivos de potencia:

A continuación, se presentan las diferentes protecciones implementadas para la decantadora:

- Totalizador general:** Como sistema de protección general para el sistema se utilizó un Breaker de la marca Schneider Electric NSX160F el cual posee una curva de disparo adecuado para la protección del conjunto de equipos instalados en el control de la máquina, el cual soporta cargas de hasta 160 A.
- Protecciones de los variadores de velocidad:** Para la protección de los motores principal y secundario de la decantadora (Bowl y tornillo diferencial) se seleccionó como dispositivo de protección un breaker de la marca Schneider Electric NSX100F el cual permite la selección de la corriente de disparo, permitiendo alcanzar hasta los 100 A de carga. Lo anterior permite cumplir con las corrientes de operación de ambos variadores.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01



Figura 4. Sistemas protección de la decantadora.

4.3.2. Dispositivos de control:

A continuación, se presentan los diferentes dispositivos de control aplicados en la automatización del proceso de producción de la decantadora Alafa laval 418

- PLC M221 TM221CE16R-control maestro:** Este dispositivo fue seleccionado como controlador maestro del proceso, este equipo es un controlador lógico programable (PLC) de la marca Schneider Electric, de tamaño compacto que ofrece grandes posibilidades y beneficios de trabajo, viene integrado con 2 entradas analógicas y 10 entradas y salidas digitales, además de tener la posibilidad de extender esta cantidad por medio de módulos externos que se pueden montar fácilmente, también posee comunicación tanto serial como por red Ethernet y Modbus, lo que facilita su integración con el sistema de supervisión de la línea de producción. En esta aplicación la red de comunicación utilizada es la red Ethernet.

Dadas las capacidades del controlador y su compacto tamaño se ajusta perfectamente a las necesidades del equipo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01



Figura 5. PLC seleccionado con los módulos de trabajo

- Módulo 4E temperatura TM3TI4 análogos:** Para esta aplicación se utilizaron dos de estos módulos externos; Este módulo posee cuatro entradas análogas que se pueden configurar según la necesidad para recibir señales de 4-20 mA, 0-20 mA, 0-10 V y -10-10 V, además de varios tipos de sensores de temperatura como termocuplas o PT100. Es el encargado de recibir las señales análogas de corrientes, torques y vibración.

Este tipo de módulo fue seleccionado por su compatibilidad con el controlador M221 y por el número de entradas que recibe entregando la posibilidad de que sean diferentes tipos de señal para recibir la información de los sensores.

- Módulo 4S Analógicas TM3AQ4-:** Para esta aplicación se hizo uso de uno de estos módulos, y al igual que los módulos de entradas analógicas fue seleccionado por su compatibilidad con el controlador M221 y por su capacidad para entregar señales de diferentes tipos 0-20 mA, 4-20 mA, 0-10 V y -10-10 V. Posee cuatro salidas análogas que son utilizadas para accionar la máquina. Es el que se encarga de entregar las órdenes de marcha para permitir el funcionamiento de los variadores de velocidad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

- Variador de velocidad ATV630D45N4:** Este variador se seleccionó basado en las características del motor principal del equipo (Bowl) que posee una potencia de 60 caballos de fuerza, además se tuvo en cuenta la confiabilidad y facilidad de configuración que entrega este variador de la marca Schneider Electric.



Figura 6. Variador de velocidad Bowl

- Variador de velocidad ATV630U75N4:** Al igual que en el caso anterior los factores para la selección de este tipo de variador fueron principalmente la potencia del motor secundario del sistema (tornillo diferencial) el cual posee una potencia de 10 caballos de fuerza y posee un alto grado de confiabilidad y un fácil entorno de configuración al ser uno de los mejores equipos entregados por la marca Schneider Electric.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01



Figura 7. Variador de velocidad tornillo

- Terminal gráfica 5.7" HMISTU855:** Es una pantalla táctil de la marca Schneider Electric de 5,7 pulgadas, posee un tamaño compacto y es ideal para enseñar el funcionamiento del sistema y las alarmas que se presentan durante el trabajo de la máquina. Además posee conexión a la red Ethernet lo que la hace compatible con el sistema de control seleccionado.



Figura 8. Interfaz gráfica para manipulación del sistema

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

4.3.3. Sensores:

A continuación, se presentan los diferentes sensores seleccionados y su función en el proceso:

- Sensores inductivos 12mm (2000 Hz) salida PNP:** Sensor inductivo con respuesta de trabajo hasta 2000 Hz, tipo PNP, con estado normalmente abierto y alcance de hasta 12 milímetros. Fue seleccionado por su capacidad para trabajar a altas frecuencias para realizar las veces de un encoder (equipo que convierte el movimiento en una señal eléctrica, que sirve para detectar posición, medir, o hacer conteo de pulsos) y medir la velocidad a la que están girando los motores, tanto el Bowl como el tronillo diferencial.

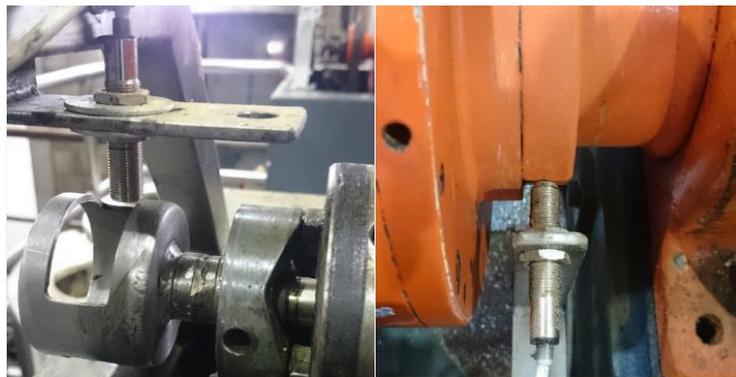


Figura 9. Sensores inductivos para medición de velocidad en motores.

- Sensor inductivo P+F NBB20-L3M-A2-C3-V1:** Sensor inductivo de tipo PNP, con estado normalmente abierto y alcance de hasta 20 milímetros. Se escogió debido a su capacidad para trabajar en ambientes de trabajo severo sin perder confiabilidad. Adicionalmente se utiliza un cable de conexión P+F V1-G-5M-PVC, el cual evita interferencias generadas por vibraciones y con un grado de protección IP67, para realizar la conexión del sensor con el controlador. Se ubicó en la parte frontal de la decantadora y es el encargado de verificar el cierre de la tapa para iniciar la actividad de la máquina.



Figura 10. Sensor inductivo de cierre de tapa.

- **Sensor CEC 09384:** Transductor de vibración con un rango de medida entre 0-25 mm/s, entrega una señal en un rango entre 4-20 mA, fue seleccionado por el rango de medida que posee y por su facilidad para la conexión. Para garantizar su correcto funcionamiento se instaló un Aislador/Repetidor de señal análoga 3186A1 para filtrar la señal. Se posicionó en el frente de la máquina y su función es verificar que la vibración de la máquina no sobrepase los 25 mm/s para garantizar un correcto funcionamiento.



Figura 11. Sensor de vibración

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

- Termoresistencia PT100:** Para la máquina se seleccionaron dos PT100 de tipo bayoneta para controlar la temperatura de trabajo a la que están sometidos los rodamientos. Por la forma en que están diseñadas estas termoresistencias, son ideales para la medición de la temperatura, siendo pequeñas y de fácil ubicación.



Figura 12. PT100 temperatura en rodamientos.

4.3.4. Dispositivos de seguridad:

Adicional a las medidas de seguridad adoptadas en la programación del controlador también se montó un relé de seguridad para garantizar la protección de la máquina y el personal.

- Relé de seguridad PNOZX2.8P:** Este relé posee tres salidas de seguridad que son normalmente abiertas y con las cuales se controla tanto la orden de marcha de los variadores, como la condición de encendido con los paros de emergencia. Está ubicado en el gabinete de control de la decantadora y se encarga de verificar las condiciones de seguridad de la máquina antes de habilitar el funcionamiento de los variadores de los motores.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01



Figura 13. Relé de seguridad

4.4. Montaje y descripción de funcionamiento del sistema de control a la decantadora Alfa Laval 418.

4.4.1 MONTAJE:

Para el montaje del sistema se dividió el trabajo en tres etapas. Iniciando en la primer etapa con el desmonte y marcación de señales del sistema anterior de control, luego se realizó la instalación en campo de los sensores que iban a verificar el estado de la máquina, y finalmente se realizó el montaje, conexión de los nuevos sistemas de control y la puesta en servicio de la máquina.

En la primera etapa del montaje se retiraron los dispositivos del anterior sistema de control, tanto el contactor que se encargaba del encendido de la máquina como los controladores Maxthermos y los demás componentes que hacían parte del control de la decantadora, identificando muy bien cómo se debía realizar la conexión de las señales que quedaban disponibles en el gabinete.

En esta etapa fue necesario identificar cada una de las señales que llegaban desde campo y como era la conexión de los dispositivos, para aplicarlos en el montaje del nuevo sistema; También se realizó una verificación del estado de cada uno de los dispositivos que se utilizaron en el nuevo sistema (Paros de emergencia, sensor de la tapa, PT100) para cambiar los equipos que no funcionan adecuadamente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

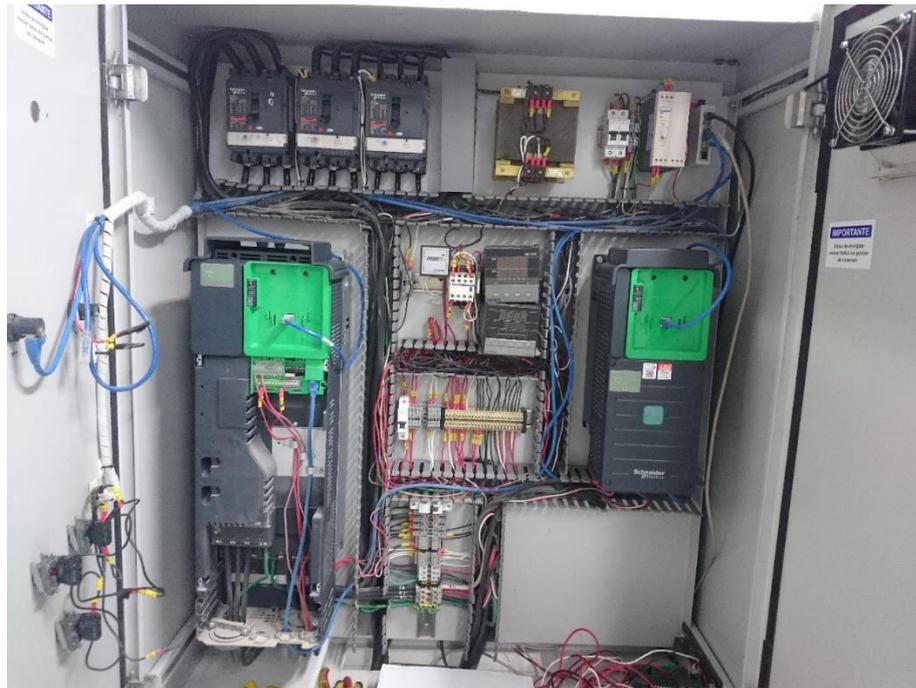


Figura 14. Antiguo sistema de control de la decantadora.

En la segunda etapa del montaje se realizó la ubicación y adecuación de cada uno de los elementos en la máquina:

Para esta etapa fue necesario realizar algunas adecuaciones mecánicas para asegurar la compatibilidad de los sensores con la máquina, como lo fue la construcción de una base que soportara lo sensores de velocidad, la cual diera firmeza a estos al momento de la medición.



Figura 15. Base para sensores de velocidad.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

Siguiendo con el proceso se conectaron los variadores de frecuencia con las nuevas señales incluidas en su funcionamiento, de tal manera que permiten interactuar y modificar los valores de trabajo durante la marcha de la decantadora.

Luego, a medida que se fueron instalando cada uno de los sensores se verificó que quedaran bien asegurados en su punto de trabajo y que tuvieran unas condiciones que permitieran una correcta medición.

Finalmente, en la última etapa del montaje se realizó la ubicación de todos los componentes de control y potencia que eran necesarios para el funcionamiento de la máquina. inicialmente se realizó la instalación del PLC y los relés interfaz encargados de realizar el switcheo del equipo ante la activación de cada una de las señales, fue necesario su uso como medio de protección del controlador para evitar la llegada directa de sobre voltajes a las entradas y salidas del controlador.



Figura 16. Nuevo sistema de control implementado en la decantadora



Figura 17. Nuevo sistema de control

También se realizó el montaje del relé de seguridad (PNOZX2.8P) y la verificación de la correcta activación de cada uno de los parámetros de seguridad, y del aislador galvánico encargado del filtrado de la señal de vibración que está sometida a una gran cantidad de ruido y que sin su intervención no tiene la capacidad de entregar medidas confiables.

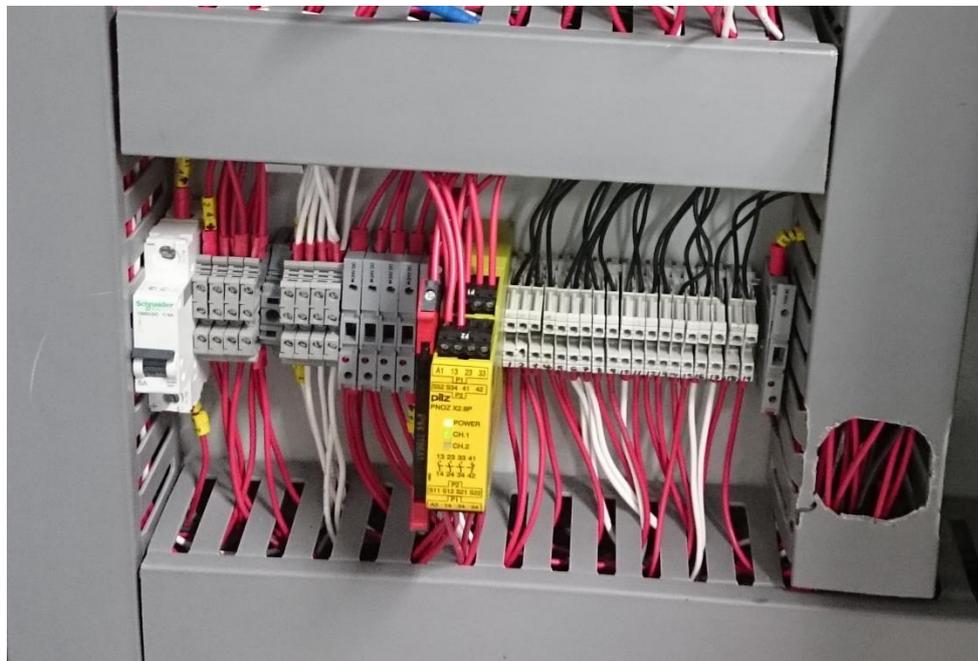


Figura 18. Filtrado de señales y sistemas de seguridad

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

En la última parte de esta etapa se realizó la ubicación de los indicadores, los pulsadores y la pantalla HMI que son los dispositivos encargados del comando de la decantadora. Se instalaron tres pulsadores el primero de color verde para dar la orden de inicio de la máquina, el segundo de color rojo para detener la marcha y finalmente un pulsador de color negro que se debe presionar cada vez que se haya presentado un paro de la máquina para garantizar la revisión de los fallos por parte del personal operativo; La pantalla se ubicó y enlazo con el PLC verificando que existiera una correcta comunicación y transmisión de los datos.

4.4.2 Descripción de funcionamiento:

A continuación, se presenta el proceso de visualización y puesta a punto del control de la máquina:

Interfaz gráfica para el comando del equipo:

Con la automatización de todo el proceso de decantación se implementó el uso de una pantalla HMI (interfaz hombre-máquina) para la manipulación de los parámetros de proceso:



Figura 19. Pantalla principal HMI

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

En esta primera pantalla del equipo se observan las variables de temperatura de ambos rodamientos, el nivel de vibración al que se encuentra expuesta la máquina en milímetros por segundo, las velocidades del Bowl, el tornillo diferencial, y la velocidad diferencial que enseña la relación entre ambos equipos de rotación, finalmente la pantalla muestra el torque que se está presentando con el movimiento del decantador.

También podemos ver los demás menús que se pueden desplegar y con los cuales se controlan los diferentes parámetros de la máquina, dichos menús son: Dato1, Dato2, Dato3, CIP, y el cuadro de alarmas donde se revisan los fallos acontecidos.



Figura 20. Segunda pantalla de comando

En la figura 19, se puede observar como primer parámetro el porcentaje de velocidad a la que está trabajando el tornillo en una escala de 0-100% y que representa el rango de frecuencia entre 0-60 Hz, la cual se puede modificar con ayuda del variador de velocidad. En el segundo parámetro observamos el torque que se aplica sobre el tornillo, el cual se obtiene multiplicando el torque que entrega el variador que controla el tornillo diferencial por el máximo torque permisible sobre la polea (2.5 KNm). En el tercer parámetro se encuentra la

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

velocidad diferencial que es la relación existente entre la velocidad del Bowl y la velocidad del tornillo diferencial, la cual se utiliza como parámetro para variar las condiciones de trabajo de la máquina según la consistencia con que sale el material del proceso, para realizar el cálculo se utiliza la siguiente formula: Luego se presentan los valores de porcentaje de torque y corriente consumida por el motor tanto para el Bowl como para el tornillo diferencial.

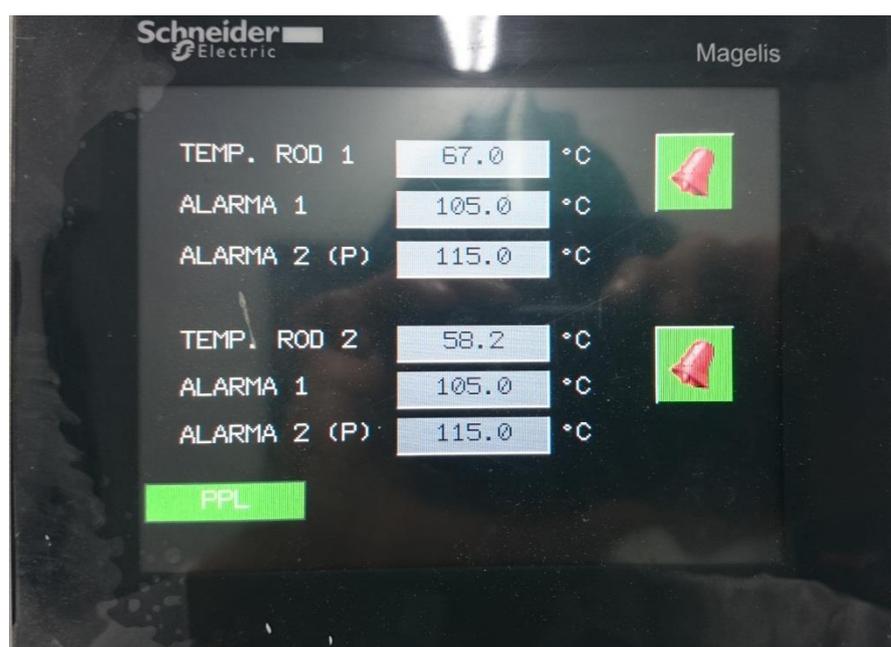


Figura 21. Tercera pantalla de comando

La figura 20 presenta como se encuentran los comandos para configurar el trabajo de la máquina, según la temperatura de los rodamientos.

En este menú es posible visualizar la temperatura en la que se encuentran los rodamientos, el control diseñado permite acondicionar dos alarmas que se activarán en caso de alcanzar sus límites. La primera alarma es únicamente de aviso para el personal operativo y la segunda alarma avisa al operario y detiene el funcionamiento del decantador buscando proteger el equipo de un daño severo; es posible escoger los valores en los cuales se activarán tanto la primera como la segunda alarma, presionando el botón respectivo he introduciendo con el teclado que aparece en pantalla la temperatura a la cual queremos que las alarmas sean activadas. Además con el botón que aparece en forma de campana

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

al costado de cada una de las temperaturas es posible inhibir el trabajo de estas alarmas en caso de requerir hacer pruebas de funcionamiento del equipo.

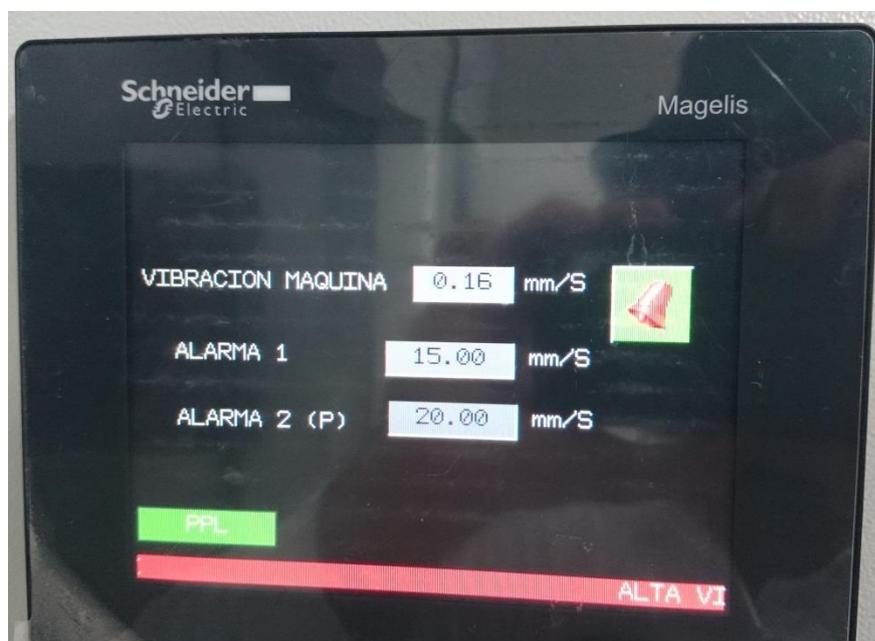


Figura 22. Cuarta pantalla de comando

La figura 21 presenta la pantalla donde es posible manipular el control que se realiza sobre el sensor de vibración de la máquina. En el primer recuadro que se observa en la parte superior, se visualiza el nivel de vibración, en milímetros por segundo, al que está sometida la máquina. Es de vital importancia tener un nivel bajo de vibraciones para evitar desajustes en las partes del equipo que pueden desencadenar en daños severos para el decantador, además que garantiza que el material está pasando por un proceso adecuado.

En el segundo recuadro se puede configurar una primera alarma, la cual únicamente dará aviso de que se ha alcanzado un nivel alto de vibraciones, pero permitirá que el equipo siga su proceso con normalidad. En el tercer recuadro además de generarse una segunda alarma también se detendrá el funcionamiento de la máquina para hacer una revisión del porqué de las altas vibraciones. Al igual que con las temperaturas de los rodamientos es posible ajustar los puntos de operación en los que se activarán las alarmas. Se

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

recomienda como valores establecidos 15 mm/s para la primera alarma y 20 mm/s para la segunda alarma y el paro de proceso.

CIP (Limpieza en el sitio):

Una de las opciones entregadas por el decantador es realizar un enjuague con químicos que retiran los restos de materiales dejados por el trabajo normal del equipo, dicha limpieza tiene dos fases para realizarla que son el CIP de alta velocidad y el CIP de baja velocidad.

- **CIP de alta velocidad:** Esta es la primera etapa de la limpieza y se realiza con un velocidad entre un 15-20 % inferior a la velocidad nominal del equipo, en esta se ingresa agua caliente al equipo y se deja girar para retirar los restos de material, en esta fase se realiza una limpieza de las tuberías, las partes de la entrada, el exterior del rotor y la caja del decantador. Luego de esta limpieza los restos que aún se mantienen al interior serán eliminados en la siguiente fase, es decir el CIP de baja velocidad.

- **CIP de baja velocidad:** En la segunda fase se realizan cambios de sentido en intervalos de tiempo definidos generando un efecto similar al que se presenta en una lavadora con lo que se busca retirar los últimos restos de material en el equipo.

Para maximizar el efecto de la limpieza se adiciona también soda caustica que gracias a sus propiedades químicas ayuda a retirar efectivamente los restos de grasas y aceites; cuando se realiza la adición de químicos se debe asegurar una profunda limpieza con agua luego de terminar la limpieza esto con el fin de retirar cualquier rastro de químicos que pueda contaminar el proceso.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

Implementación del CIP en el nuevo sistema de control:



Figura 23. Modo CIP implementado

Como se puede observar en la figura 22, existen diversas opciones para configurar el modo CIP en el nuevo sistema implementado. En la parte superior se observan dos cuadros:

- Modo giro: El cual indica que el decantador está procesando material y desempeñando sus funciones con normalidad, por ende no puede entrar en modo CIP. Para habilitar el modo CIP la maquina debe ser detenida y habilitar el modo CIP oprimiendo el recuadro verde (modo CIP).
- Modo CIP: Una vez se ha activado este modo se deben configurar los intervalos de tiempo con que trabajará el decantador. Primero se escoge en el recuadro de la izquierda el tiempo que durará la limpieza, y en el recuadro de la derecha se podrá visualizar el tiempo transcurrido.

Luego se ajustarán los tiempos de giro hacia adelante y hacia atrás con los recuadros (T. ciclo Ad. Y T. ciclo At.) Y también se observará el tiempo transcurrido para cada uno de ellos en el recuadro de la derecha.

En el cuadro debajo del ajuste de los ciclos se observa la velocidad a la cual se está realizando la limpieza, debajo de este se encuentra la opción velocidad 0 CIP, la cual representa la velocidad de desaceleración para realizar el cambio de sentido de giro de la decantadora, se debe seleccionar la velocidad adecuada para realizar la inversión del sentido de giro de la máquina sin generar esfuerzos perjudiciales para el equipo, y se observará en el recuadro de la derecha la velocidad actual de movimiento.

Luego de haber escogido cada uno de los parámetros se debe presionar el botón iniciar y el decantador empezará su ciclo de limpieza hasta que haya transcurrido el tiempo total seleccionado. Esta limpieza se debe realizar periódicamente como medida para evitar la aparición de residuos en la máquina que generan atascamientos y reducen la capacidad de trabajo del equipo hasta llegar a un punto de ser necesario un paro de proceso para realizar una limpieza manual.



Figura 24. Cuadro de alarmas

En la figura 23 se observan todas las alarmas que ha presentado el equipo, anunciando cual fue la falla, la fecha y la hora en la que ocurrió el evento, como una medida extra de seguridad para poder dar inicio nuevamente al equipo el operador debe ingresar hasta esta pantalla, seleccionar cada una de las alarmas

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

y presionar el botón reset para que la alarma desaparezca. Luego de esto es posible arrancar el equipo con normalidad. Si la falla que generó la alarma aún está presente la falla no desaparecerá y no permitirá el arranque del equipo hasta que la anomalía sea solucionada.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Conclusiones:

Con el desarrollo de este trabajo se entendió el principio de funcionamiento de una máquina decantadora y las variables y parámetros que son fundamentales para su correcto funcionamiento y mantenimiento.

Se observó la importancia de la aplicación de la automatización en cualquier sistema, al ofrecer gran cantidad de beneficios como son reducción de las pérdidas, optimización del proceso productivo, aumento de la confiabilidad de los sistemas, entre otros que posicionan la automatización como una opción necesaria para poseer equipos capaces de suplir las necesidades de la sociedad actual.

Se evidenció la importancia de la seguridad industrial y de la gran cantidad de medidas que deben tomarse al existir un alto número de equipos y maquinaria que constituyen un peligro para la integridad del personal de la empresa.

Se observó la importancia de realizar análisis de los procesos y del funcionamiento de los equipos para determinar las falencias y los puntos críticos y tomarlos como punto de partida para genera una mejora constante.

Trabajos futuros:

Finalmente con este trabajo se inicia el proceso de optimización de la decantadora Alfa Laval 418 y queda como punto de partida para el mejoramiento de la misma al existir aún gran cantidad de posibilidades para conseguir un equipo con mejores prestaciones, más confiable y mucho más seguro para todo el personal.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

REFERENCIAS

-
- AlfaLaval. (1999). *Operative manual CMNX 418*. Lund: AlfaLaval.
- Azua, Z. (2007). ¿Está preparada nuestra organización para hacer frente a los retos de la innovación? *Revista Escuela de Administración de negocios*, 27-30.
- Cassá, J. O. (2005). *Automatización de procesos industriales*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Figueroa, V., & Sánchez, M. (1997). *Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal*. Roma.
- Flottweg. (2017). *Flottweg separation technology*. Obtenido de <https://www.flottweg.com/es/la-gama-de-productos/centrifugas/>
- García, M., Muñoz, A., & Sacoto, A. (2011). *Estudio para la implementación de una planta de subproductos derivados del proceso de faenado obtenidos en el camal municipal de la ciudad de azogues*. Cuenca: Facultad de ingenierías, universidad politécnica salesiana.
- Rackerseder, K. (2013). Uso novedoso del Decanter/Tricanter® en la industria del aceite de palma. (págs. 47-55). Colombia: Biteca Ltda.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2017-08-01

Juan Felipe Ruiz Vásquez

FIRMA ESTUDIANTES _____

José Fernando Acosta

FIRMA ASESOR _____

*Firmado 11/08/2017
1:37 pm*

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: _____