

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, SISTEMAS E  
INFORMÁTICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**TESIS**

**CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DE UN CONTROLADOR  
PID PARA LA MEJORA DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL  
EN EL PRIMERO, TERCERO Y QUINTO MOLINO ÁREA DE  
TRAPICHE EN LA AZUCARERA ANDAHUASI 2018.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. CIEZA MUÑOZ RONALD ALEX**

**ASESOR:**

**ING. DIAZ RONCEROS ERNESTO**

**HUACHO – PERÚ**

**2019**

**CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DE UN CONTROLADOR PID PARA LA  
MEJORA DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL EN EL PRIMERO,  
TERCERO Y QUINTO MOLINO ÁREA DE TRAPICHE EN LA AZUCARERA  
ANDAHUASI 2018.**

**BACH. CIEZA MUÑOZ RONALD ALEX**

**TESIS DE PREGRADO**

**ASESOR:**

**ING. DIAZ RONCEROS ERNESTO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, SISTEMAS E INFORMÁTICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**2019**

**DEDICATORIA**

La presente tesis es dedicada especialmente a mis padres y hermanas por su apoyo incondicional que me han brindado durante todo el tiempo de mi preparación y desarrollo profesional.

*Ronald Alex, Cieza Muñoz*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme sus bendiciones para lograr un objetivo más, en esta parte de mi vida reconozco que he alcanzado uno de mis grandes sueños, todo esto gracias a mis padres que me apoyaron económicamente y moralmente; por el esfuerzo de brindarme su confianza y lealtad.

Agradezco también a nuestra alma mater, la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, por ser nuestra casa formadora, en especial a la Escuela de Ingeniería Electrónica, por presentar una plana docente de alto nivel académico la cual nos sirvió de mucho para nuestro crecimiento como profesionales y por abrirnos las puertas durante estos 5 años.

De igual manera agradecer al Ing. Ernesto Díaz quien me ha apoyado como asesor de Tesis, con su apoyo y dedicación se logró culminar este trabajo.

También hacer mención a la Azucarera Andahuasi y a sus dignos representantes, quienes al conocer las metas de mi trabajo, me brindaron su compromiso y facilidades que la presente investigación requirió.

A mis queridos padres por su apoyo incondicional, motivación para la realización de este estudio.

*Ronald Alex, Cieza Muñoz*

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xiii</b>

### CAPÍTULO I:

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Formulación del Problema	
1.2.1. Problema General	3
1.2.2. Problema Especifico	3
1.3. Objetivos de la Investigación	
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivo Especifico	4
1.4. Justificación	4
1.5. Delimitación	5
1.6. Viabilidad	5

### CAPITULO II:

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio	6
2.2. Bases Teóricas	7
2.3. Definición de Términos	21
2.4. Formulación de Hipótesis	24
2.4.1 Hipótesis general	24
2.4.2 Hipótesis específicas	24

### CAPITULO III:

#### METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

<b>3.1</b>	<b>Diseño metodológico</b>	<b>25</b>
3.1.1	Tipo de investigación	25
3.1.2	Enfoque de Investigación	25
3.1.3	Nivel de Investigación	26
<b>3.2</b>	<b>Población y muestra</b>	<b>26</b>
3.2.1	Población	26
3.2.2	Muestra	26
<b>3.3</b>	<b>Operacionalización de variables e indicadores</b>	<b>27</b>
<b>3.4</b>	<b>Técnica para la recolección de datos</b>	<b>28</b>
<b>3.5</b>	<b>Instrumentos para la recolección de datos</b>	<b>28</b>
<b>3.6</b>	<b>Técnicas para el procesamiento de la información</b>	<b>31</b>

#### **CAPITULO IV:**

#### **CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL**

<b>4.1</b>	<b>Configuración de parámetros del controlador CM10 del 1er Molino</b>	<b>32</b>
4.1.1	Ajuste del dispositivo	32
4.1.2	Entrada/ Salida	32
4.1.3	Control	33
4.1.4	Alarma de proceso	35
<b>4.2</b>	<b>Configuración de parámetros del controlador CM10 del 3er Molino</b>	<b>35</b>
4.2.1	Ajuste del dispositivo	35
4.2.2	Entrada/ Salida	36
4.2.3	Control	37
<b>4.3</b>	<b>Configuración de parámetros del controlador CM10 del 5to Molino</b>	<b>38</b>
4.3.1	Ajuste del dispositivo	38
4.3.2	Entrada/ Salida	39
4.3.3	Control	39
4.3.4	Alarma de proceso	41

**CAPITULO V:  
RESULTADOS**

<b>5.1 Análisis del sistema propuesto</b>	<b>42</b>
<b>5.1.1 Configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel</b>	<b>42</b>
<b>5.1.2 Registro de datos del sistema</b>	<b>43</b>
<b>5.2 Resultados del comportamiento de la pol y humedad de bagazo</b>	<b>45</b>
<b>5.3 Resultados del comportamiento de la producción de azúcar</b>	<b>46</b>

**CAPITULO VI:  
DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>6.1 Discusión</b>	<b>48</b>
<b>6.2 Conclusiones</b>	<b>50</b>
<b>6.3 Recomendaciones</b>	<b>51</b>

**CAPITULO VII:  
FUENTE DE INFORMACION**

<b>7.1 Referencias bibliográficas</b>	<b>53</b>
---------------------------------------	-----------

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>FIGURA N°01: Principio de Funcionamiento de un sensor capacitivo.</b>	<b>9</b>
<b>FIGURA N°02: Construcción de un sensor capacitivo</b>	<b>10</b>
<b>FIGURA N°03: Sensor Capacitivo DLG Modelo SC-500.</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA N°04: Señal Digital y señal analógica.</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA N°05: Conversor Sumador de Señal para Sensores Capacitivos SC-100 ó SC-500</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA N°06: Esquema básico de control PID.</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA N°07: Descripción General del Controlador CM-10.</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA N°08: Descripción general de la Pantalla e iconos del CM10.</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA N°09: Conexiones Eléctricas del ControlMaster CM10.</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA N°10: Entradas analógicas estándar (1 y 2).</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA N°11: Comportamiento de la pol y humedad de bagazo.</b>	<b>45</b>
<b>FIGURA N°12: Comportamiento de ton caña/ año y recobrado</b>	<b>46</b>

**INDICE DE TABLAS**

<b>TABLA N°01: Formato para ficha de registro.</b>	<b>29</b>
<b>TABLA N°02: Registros de datos</b>	<b>43</b>
<b>TABLA N°03: Asignación de señales en LOGO! 230RC</b>	<b>58</b>
<b>TABLA N°04: Presupuesto</b>	<b>75</b>

**ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>ANEXO N°01: Matriz de consistencia</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO N°02: Plano de conexión del primer molino</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO N° 03: Programación de Secuencia Forzada de conductores de caña</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO N°04: Plano de conexión del tercer molino</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO N°05: Plano de conexión del quinto molino</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO N°06: Costo del sistema propuesto</b>	<b>78</b>

## RESUMEN

El lazo de control de nivel es implementado a raíz de los problemas que se suscitaban en la correcta alimentación en cada molino a través de cada respectivo conductor intermedio, dificultades de una buena extracción de jugo de caña y bagazo húmedo que pasaba luego del quinto molino y por consiguiente ingresaba a la caldera distral perjudicando en el proceso de generación de vapor de calidad.

Actualmente la Azucarera Andahuasi mediante la presente investigación se propone la configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel en los molinos de trapiche, porque dicho sistema aún presenta algunas deficiencias.

Por lo que mediante, la configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel en el primer, tercero y quinto molino área de trapiche en la Azucarera Andahuasi se plantea utilizar el controlador PID, el cual tendrá en su configuración considerada la mejora del sistema de control de nivel en cada molino.

El estudio sienta las bases para continuar investigando y proponer diversas alternativas de solución frente a esta problemática no solo en la mejora del sistema de control de nivel, sino hacer uso de equipos más avanzados que estén de acorde a la realidad del proceso de extracción de jugo de caña desfibrada para así tener una correcta alimentación en todo el tándem de molinos de trapiche.

**Palabras Claves:** Controlador PID, Control de Nivel, molino.

## ABSTRACT

The level control loop is implemented as a result of the problems that arose in the correct feeding in each mill through each respective intermediate conductor, difficulties of a good extraction of cane juice and humid bagasse that passed after the fifth mill and consequently, it entered the distal boiler, damaging the process of generating quality steam.

At present, the Azucarera Andahuasi through the present investigation proposes the configuration of parameters of a PID controller for the improvement of the level control system in the mills of the sugar mill, because said system still has some deficiencies.

Therefore, through the configuration of parameters of a PID controller for the improvement of the level control system in the first, third and fifth mill area of the sugar mill in the Azucarera Andahuasi, it is proposed to use the PID controller, which will have in its configuration considered the improvement of the level control system in each mill.

The study lays the foundations to continue researching and propose various alternatives to solve this problem not only in the improvement of the level control system, but to make use of more advanced equipment that is in line with the reality of the juice extraction process of cane defibrated so as to have a correct feeding in all the tandem of mills of trapiche.

**Keywords:** PID Controller, Level Control, mill.

## INTRODUCCIÓN

En el Perú la automatización aún está en un proceso de desarrollo. El pequeño y mediano empresario aún piensa que automatizar es una técnica reservada para las grandes empresas. Es tarea de las instituciones educativas en coordinación con el sector industrial, difundir y capacitar a empresarios, técnicos, estudiantes y profesionales en las técnicas de instrumentación, control y automatización para lograr que a mediano plazo nuestra industria alcance el desarrollo tecnológico requerido para convertirnos en un País altamente competitivo a nivel internacional.

Dado que estamos en el proceso de desarrollo de la automatización; entonces para este proyecto de investigación se propone la configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel en el primero, tercero y quinto molino área de trapiche en la Azucarera Andahuasi.

El presente trabajo comprende plantear la mejora del sistema de control de nivel en cada molino área de trapiche en la Azucarera Andahuasi. La importancia del proyecto está definida por el riesgo de obtener altos porcentajes de pol y humedad de bagazo que no serían de gran ayuda para la combustión de la caldera distral.

En el desarrollo de esta investigación se hace un análisis del problema, así también se ve paso a paso la configuración de parámetros, mediciones de entradas y salidas de corriente (4-20 mA), calibración del sensor capacitivo y conversor sumador D/A.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción de la realidad problemática

Aunque el azúcar es un producto vital en la vida cotidiana, es probable que se desconozca del proceso complejo que lleva la extracción de azúcar de la caña, una vez que se tiene una idea de la diversidad de factores que influyen en la producción de azúcar se torna necesaria la existencia de los sistemas automatizados para mejorar la eficiencia y la calidad de la producción. El proceso de automatización se ha ido renovando con el avance de la tecnología con el objetivo de disminuir los costos de producción y crear un producto de mayor calidad. Desde inicios del siglo XX se han hecho diseños de los sistemas de control que deben estar presentes en el proceso controlado de forma manual por operarios, actualmente los ingenios que son productores mayoritarios tienen un sistema totalmente automatizado haciendo uso de simuladores en un cuarto de control desde donde se monitorea el proceso. Otros ingenios solo han automatizado parte del proceso y están en constante cambio cada año durante la época en que ha terminado la zafra y se dedican al mantenimiento del equipo.

Es importante reconocer la importancia esencial de la existencia de un sistema de control en el proceso de producción de azúcar debido a lo complejo que resulta su

producción. Perú es un país exportador de azúcar que produce tanto para el mercado interno como para el externo, entonces se convierte en una necesidad automatizar dicho sistema para poder obtener un adecuado nivel de caña desfibrada en cada chute donelly con el fin de reducir la pol y humedad de bagazo en el quinto molino, también disminuir los costos de producción, y poder competir con el mercado nacional e internacional. (Garro, 2005)

En la Azucarera Andahuasi los actuales métodos de preparación y control de transporte de materia prima provocan graves problemas de discontinuidad en la alimentación ocasionando muchas veces atoros en los chutes donelly de cada molino y de esta manera no poder lograr una molienda continua y por ende no tener una buena extracción de jugo de caña de azúcar.

Además de presentar estos problemas descritos anteriormente el bagazo saldría húmedo y con alta pol en la salida del ultimo molino de manera que la caldera distral se vería afectada en el proceso de generación de vapor de calidad para abastecer a toda la planta, especialmente para alimentar al turbo generador de 4MW.

El sistema de control nivel es implementado a raíz de los problemas que se suscitaban, de esta manera se propone el uso del sensor capacitivo SC-500 y del conversor analógico XS-110 que está especialmente diseñado para la operación con la caña de azúcar triturada, con el propósito de obtener detección de nivel en el chute donelly en el primero, tercero y quinto molino.

Como una forma de cooperar a la empresa y a las industrias azucareras, se ha enfocado la presente tesis en definir cada parámetro del sistema de control nivel ya sea

en modo automático o manual a través de un controlador PID, donde se defina el punto de consigna (SP), es decir a que nivel debe trabajar, además fijar la mínima velocidad del molino en cada chute donelly y de manera que cuando llegué mucha carga, este tenga tiempo de reaccionar para que pueda mantener el punto de nivel seteado para así lograr una adecuada alimentación de caña desfibrada en todo el tándem de molinos de trapiche.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema principal**

- ¿Cómo determinar la configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel en el primero, tercero y quinto molino en el área de trapiche en la Azucarera Andahuasi?

### **1.2.2. Problemas secundarios**

- ¿Cómo determinar la configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora de extracción de jugo en el primero, tercero y quinto molino en el área de trapiche en la Azucarera Andahuasi?
- ¿En qué medida, el controlador PID del sistema de control de nivel del primero, tercero y quinto molino en el área de trapiche, beneficiará la combustión en la caldera en la Azucarera Andahuasi?
- ¿De qué manera, el controlador PID del sistema de control de nivel del primero, tercero y quinto molino favorecerá a los motores eléctricos y motor hidráulico respectivamente en el área de trapiche en la Azucarera Andahuasi?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Determinar la configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel en el primero, tercero y quinto molino en el área de trapiche en la Azucarera Andahuasi.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora de extracción de jugo en el primero, tercero y quinto molino en el área de trapiche en la Azucarera Andahuasi.
- Disminuir la humedad y pol de bagazo en el área de trapiche de manera que beneficie la combustión para la caldera en la Azucarera Andahuasi.
- Distribuir la carga de caña desfibrada uniformemente en todo el tándem para obtener una mayor estabilidad de potencia consumida por el motor hidráulico y los motores eléctricos en el área de trapiche en la Azucarera Andahuasi.

### **1.4. Justificación**

El proyecto presenta definir los parámetros precisos para el sistema de control nivel de los molinos como una opción de mejorar la extracción de jugo de caña y a la vez obtener una correcta combustión en la caldera distral, esto con la introducción de la tecnología. La importancia del sistema está definida en realizar una correcta distribución de fibra de caña en todo el tándem de molinos para así obtener una adecuada molienda como también facilitar el trabajo del moedor de turno. Por lo tanto el objetivo consiste

en mantener un adecuado nivel de caña desfibrada en cada chute donelly para evitar los llenados de este por alto nivel y mantener el Ton/ Turno de caña molida.

### **1.5. Delimitación**

El alcance de los parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel en los molinos se realizó en el área de trapiche en la Azucarera Andahuasi, los procesos necesarios para asegurar los parámetros en el controlador PID llevó un promedio de 4 meses.

Estos puntos fueron realizados durante mi desarrollo como instrumentista en el área de energía de la Azucarera Andahuasi.

### **1.6. Viabilidad**

El proyecto es viable porque la configuración de los parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel en los molinos, es la aplicación de nociones aprendidas en mi formación como estudiante de ingeniería y enseñanzas impartidas en el área de instrumentación y control, se cuenta con el recurso económico necesario.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación:

En el Perú la automatización aún está en un proceso de desarrollo. El pequeño y mediano empresario aún piensa que automatizar es una técnica reservada para las grandes empresas. Es tarea de las instituciones educativas en coordinación con el sector industrial, difundir y capacitar a empresarios, técnicos, estudiantes y profesionales en las técnicas de instrumentación, control y automatización para lograr que a mediano plazo nuestra industria alcance el desarrollo tecnológico requerido para convertirnos en un País altamente competitivo a nivel internacional.

Lo que si se encontró fueron dos artículos como: transmisor de posición para molienda y el medidor de nivel de chute donelly inteligente.

- “Transmisor de Posición SMAR en la Molienda”

**Autor:** SMAR Equipamientos Industriales.

**Año:** 2012

**Beneficios:** El transmisor genera una señal correspondiente al nivel de flotación de la maza superior, que será usado para comandar la reducción o el aumento de la velocidad de rotación de las turbinas y motores de la molienda y,

consecuentemente, el nivel del chute donelly (vía controlador SMAR) para mantener el nivel adecuado del volumen de caña. (SMAR, 2017)

- “SLV-1- Medidor de Nivel de Chute Donelly inteligente”

**Autor:** AUTHOMATHIKA.

**Año:** 2019

**Beneficios:** Los mayores grupos sucroenergéticos ya están substituyendo su tecnología de molienda para un mejor control de la extracción y el SLV se encaja en este perfil innovador, con una medición de nivel precisa y robusta, sin dolor de cabeza. (AUTHOMATHIKA, 2019)

## 2.2 Bases Teóricas:

### 2.2.1 ¿Qué es un sistema automatizado?

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

**La Parte Operativa** es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

**La Parte de Mando** suele ser un autómeta programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómeta programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

### **2.2.2 Objetivos de la Automatización:**

- ✓ Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- ✓ Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- ✓ Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- ✓ Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- ✓ Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- ✓ Integrar la gestión y producción. (ehu, s.f.)

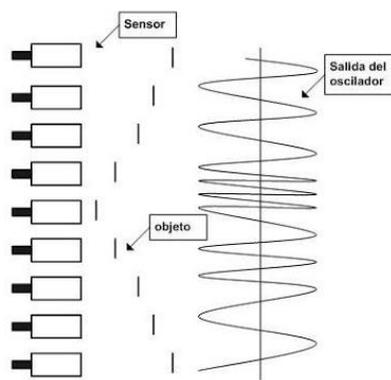
### **2.2.3 Control de Nivel (Chute Donelly):**

El lazo de control de nivel es implementado en el control de carga de fibra de caña al chute donelly con el propósito de tener una adecuada alimentación del primer, tercer y quinto molino para buscar una correcta optimización de extracción de jugo de caña, disminución de la pol y humedad de bagazo y por ende mejorar el proceso de generación de vapor en la caldera distral.

## 2.2.4 Generalidades de los Equipos de Control:

### a) Sensor Capacitivo:

Están especialmente diseñados para lograr detectar materiales aislantes tales como el plástico, el papel, la madera, entre otros, no obstante también cuentan con la capacidad de detectar metales. Es importante tener en cuenta que los sensores capacitivos funcionan de manera inversa a los inductivos, es decir que a medida que el objeto o material se va acercando al sensor las oscilaciones del mismo aumentan hasta que llega a un límite que activa el circuito que dispara del contacto para que este a través del cableado ya sea en PNP o NPN sea receptado por el conversor sumador de señal. Ahora bien, para que podamos comprender como funcionan los sensores capacitivos, debemos decir que en un principio éstos constan de una sonda que se encuentra situada en la cara posterior en donde se encuentra colocada una placa condensadora, y al aplicar una corriente al sensor por más mínima que sea, se produce una especie de campo electroestático cuya reacción se produce frente a los cambios de la capacitancia provocados por la presencia de un objeto cualquiera. (RIAÑO, 2011)



**Figura N°01.** Principio de Funcionamiento de un sensor capacitivo.

**Fuente.** (Mediciones Industriales, 2007)

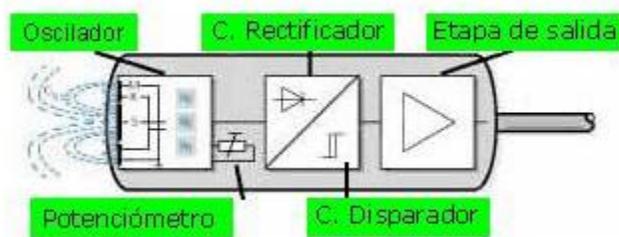
### Partes de un sensor capacitivo:

**Oscilador:** La amplitud de oscilación varía al acercarse un objeto.

**C. Rectificador:** La señal alterna recibida del oscilador es convertida por medio del circuito rectificador, de manera que la aproximación del objeto al sensor se traducirá en una variación de una señal de corriente continua.

**Potenciómetro:** La sensibilidad (distancia de detección) de la mayoría de los sensores capacitivos puede ajustarse por medio de un potenciómetro. De esta forma es posible eliminar la detección de ciertos medios (por ejemplo, el nivel del bagazo puede llegar a medirse a través de las paredes de la mica.)

**Circuito disparador:** Este circuito (trigger) compara la señal que le proporciona el rectificador con una señal umbral que cambia ligeramente dependiendo del estado de activación, creando así la histéresis del sensor de proximidad. (Mediciones Industriales, 2007)



**Figura N°02.** Construcción de un sensor capacitivo.

**Fuente.** (Mediciones Industriales, 2007)

**SENSOR UTILIZADO:**

- ✓ Sensor capacitivo.
- ✓ Modelo SC-500.
- ✓ Marca DLG.
- ✓ Sensibilidad de ajuste 0 a 50mm (a través del potenciómetro interno).
- ✓ Señalización tipo LED.
- ✓ Salida NPN o PNP.
- ✓ Consumo 0.7 VA.
- ✓ Alimentación 12 a 30 VDC.
- ✓ Dimensión Ø 127 mm x 37 mm.
- ✓ Temperatura de operación 0 a 85°C.
- ✓ Material de la caja Polipropileno.
- ✓ Grado de protección IP 65.

(DLG Automacao, 2014)

- **Sensor Capacitivo SC-500:** Está diseñado para detectar materiales aislantes tales como el plástico, papel, madera, etc. Pero fue realmente desarrollado para la operación con caña de azúcar triturada, con el propósito de detección de nivel para chute donnelly.

(DLG Automacao, 2014)



**Figura N°03.** Sensor Capacitivo DLG Modelo SC-500.

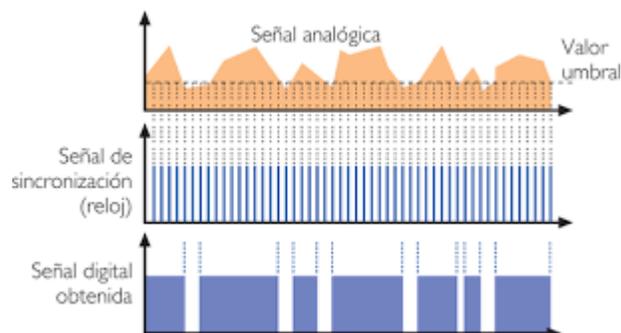
**Fuente.** (DLG Automacao, 2014)

#### **b) Conversor Digital-Analógico (CDA):**

Es un dispositivo que recibe una información digital en forma de una palabra de  $n$ -bits, y la transforma en una señal analógica. La transformación se realiza mediante una correspondencia entre  $2^n$  combinaciones binarias posibles en la entrada y  $2^n$  tensiones (o corrientes) discretas obtenidas a partir de una tensión de referencia ( $V_{REF}$ ). La señal analógica así obtenida no es una señal continua, sino que se obtiene un número discreto de escalones como consecuencia de la discretización de la entrada. (EcuRed, 2017)

En la vida cotidiana lo usamos diariamente como por ejemplo si vemos una película en DVD, el disco contiene datos digitales, el DVD convierte esos datos digitales en señales analógicas para ser reproducidas como audio y vídeo. Otro ejemplo más común es el PC, la información que almacena está guardada en formato digital, el

mismo ordenador los convierte en señales analógicas para ser reproducidas como audio y video. (Blogstv)



**Figura N°04.** Señal Digital y señal analógica.

**Fuente.** (Fundamentos Informáticos)

### **CONVERSION DIGITAL-ANALÓGICO UTILIZADO:**

#### **SUMADOR DE SEÑAL:**

- ✓ Modelo XS – 110.
- ✓ Marca DLG.
- ✓ Composición
- ✓ Señal de entrada digital NPN o PNP (Configurable).
- ✓ Señal de salida corriente 4 – 20 mA o tensión 0 - 10 Vdc (Configurable).
- ✓ Entrada para 10 sensores.
- ✓ Fuente de Alimentación para Sensores 14Vdc/ 300 mA.
- ✓ Alimentación 85 a 264 VAC, 100 a 350 Vdc.
- ✓ Material caja plástica ABS.
- ✓ Protección IP30.

✓ Peso aprox. 0,3 Kg.

(DLG Automacao, 2013)

– **Conversor Sumador de Señal XS-110:**

Proporciona en su salida, la señal estándar (4-20 mA ó 0-10 V) con valor proporcional dependiendo del número de sensores activos, conectados a sus entradas digitales.

Tiene hasta 10 entradas digitales de salida ópticamente aislado, que puede ser conectado a los sensores de salida de colector abierto, contacto seco, nivel de tensión como SC-100 y SC-500 y otros. Proporciona fuente de alimentación para los sensores. También hay una protección contra cortocircuitos de la alimentación del sensor.

Mediante la tecla SET del conversor XS-110 se configura el tipo de sensor conectado a la entrada (NPN ó PNP) y a través de la tecla UP y DOWN se ajusta el valor de salida, colocando así el valor de salida en un nivel deseado.

Entre las posibles aplicaciones, destaca la medición y control de nivel de diversos materiales dependiendo del tipo de sensor utilizado permitiendo una gama de aplicaciones de detección de nivel tales como:

- Medición de nivel de fibra de caña en alimentadores tipo Chute Donnelly.
- Medición de nivel en almacenamiento de granos y cereales.
- Medición de nivel en alimentación de productos químicos sólidos e industrias d de proceso de alimentación, pinturas y barnices, pulpa y papel, etc.

. (DLG Automacao, 2013)



**Figura N° 05.** Conversor Sumador de Señal para Sensores Capacitivos SC-100 ó SC-500

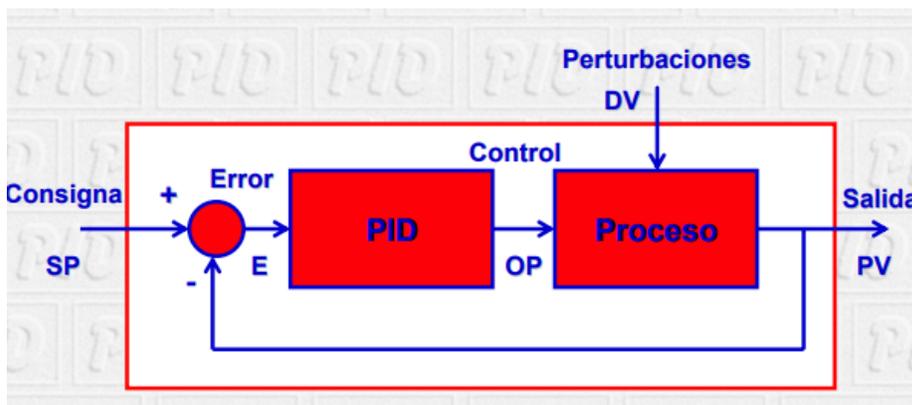
**Fuente.** (DLG Automacao, 2017)

### c) Controlador PID (Proporcional Integral Derivativo):

Es un mecanismo de control genérico sobre una realimentación de bucle cerrado, ampliamente usado en la industria para el control de sistemas. El PID es un sistema al que le entra un error ó desviación calculado a partir de la salida deseada ó set point (SP) menos la salida obtenida, medida ó de proceso (PV) y su valor de salida (OP) es utilizada como entrada en el sistema que queremos controlar. El controlador intenta minimizar el error ajustando la entrada del sistema. (ARISTA, 2019)

Esta es la razón por la cual los lazos PID fueron inventados. Para simplificar las labores de los operadores y ejercer un mejor control sobre las operaciones. Algunas de las aplicaciones más comunes son:

- Lazos de Temperatura (Aire acondicionado, Calentadores, Refrigeradores, etc.)
- Lazos de Nivel (Nivel en tanques de líquidos como agua, lácteos, mezclas, crudo, etc.)
- Lazos de Presión (para mantener una presión predeterminada en tanques, tubos, recipientes, etc.)
- Lazos de Flujo (mantienen la cantidad de flujo dentro de una línea o tubo). (ROCA TEK, 2010)



*Figura N°06.* Esquema básico de control PID.

**Fuente.** (ABB, 2012)

El controlador PID viene determinado por tres parámetros: el proporcional, el integral y el derivativo

#### **Acción Proporcional.:**

La respuesta proporcional es la base de los tres modos de control, si los otros dos, control integral y control derivativo están presentes, éstos son sumados a la respuesta proporcional “Proporcional” significa que el cambio presente en la salida del

controlador es algún múltiplo del porcentaje del cambio en la medición. Este múltiplo es llamado “ganancia” del controlador. Para algunos controladores, la acción proporcional es ajustada por medio de tal ajuste de ganancia, mientras que para otros se usa una “banda proporcional”. Ambos tienen los mismos propósitos y efectos.

### **Acción Integral:**

La acción integral da una respuesta proporcional a la integral del error. Esta acción elimina el error en régimen estacionario, provocado por el modo proporcional. Por contra, se obtiene un mayor tiempo de establecimiento, una respuesta más lenta y el periodo de oscilación es mayor que en el caso de la acción proporcional.

### **Acción Derivativo:**

La acción derivativa da una respuesta proporcional a la derivada del error (velocidad de cambio del error). Añadiendo esta acción de control a las anteriores se disminuye el exceso de sobre oscilaciones. Existen diversos métodos de ajuste para controladores PID pero ninguno de ellos nos garantiza que siempre encuentre un PID que haga estable el sistema. Por lo que el más usado sigue siendo el método de prueba y error, probando parámetros del PID y en función de la salida obtenida variando estos parámetros. (RIVERA, 2019)

### **DATOS TÉCNICOS DEL CONTROLADOR PID USADO:**

- ✓ Controlador digital.
- ✓ Modelo CM-10.
- ✓ Marca ABB.
- ✓ Grado de protección IP 20.

- ✓ Pantalla de cristal líquido (LCD), ¼ VGA TFT, en color con retroiluminación.
- ✓ Montaje en panel.
- ✓ Entradas / Salidas Analógicas.
- ✓ Entradas / Salidas Digitales.
- ✓ Salida Relé.
- ✓ Consumo 10 W.
- ✓ Alimentación 100- 240 VAC.

### **Controlador CM-10:**

El ControlMaster CM10 un controlador flexible, universal de proceso PID 1/8 DIN flexible. La información detallada sobre el proceso se representa con claridad en la pantalla TFT a todo color del CM10 y una interfaz de operador intuitiva simplifica la configuración y el funcionamiento. Tanto el hardware como el software presentan una gran capacidad de ampliación, gracias a la cual el CM10 puede adaptarse con facilidad a las necesidades de los requisitos de sus aplicaciones. Las funciones de control flexibles, como Encendido/ Apagado, tiempo proporcional, PID analógico, control de salida y matemática y lógica, convierten al CM10 en un instrumento adecuado para una amplia gama de aplicaciones de procesos. El CM10 es totalmente configurable a través de los menús del panel frontal, de fácil navegación, o del software de configuración del PC. Es por ello que se puede poner en marcha con toda rapidez y, por tanto, ajustar gracias a la capacidad avanzada de autoajuste. Las opciones de comunicación MODBUS y Ethernet aseguran una fácil integración en el sistema de control. (ABB, 2012).

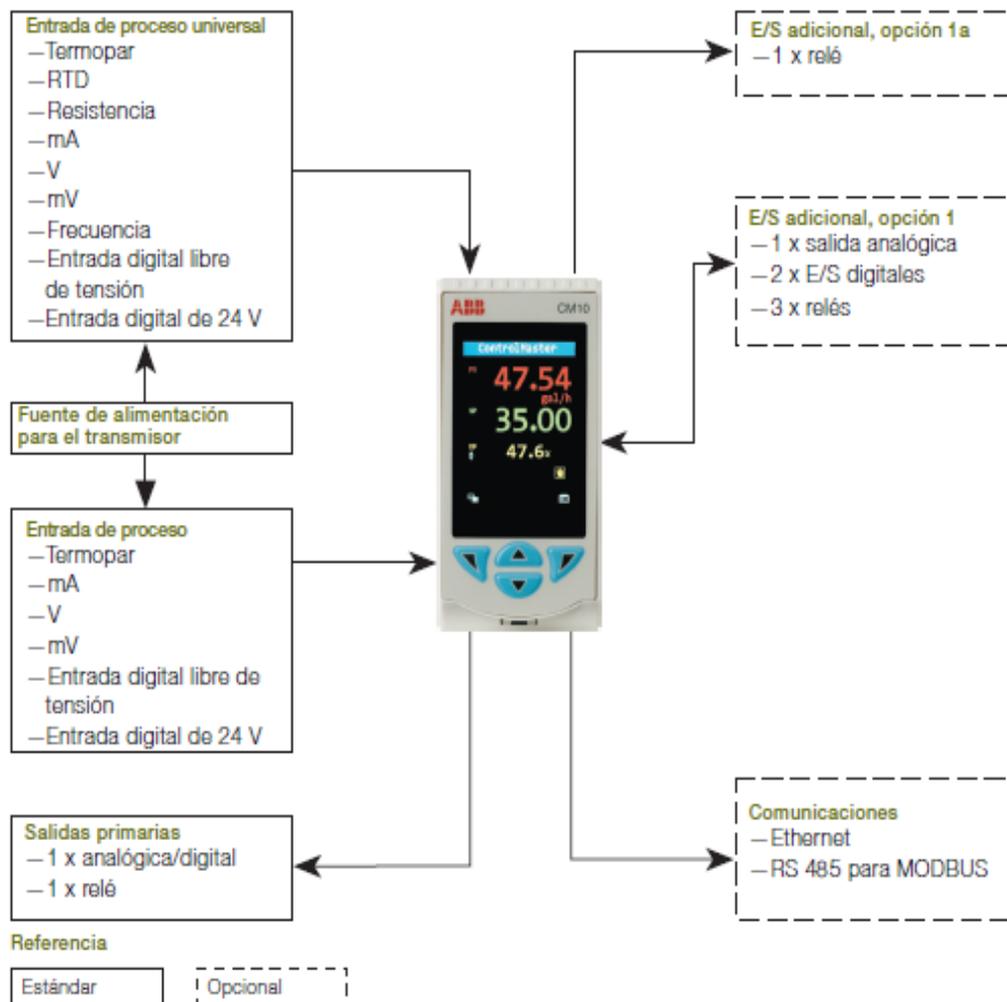


Figura N°07. Descripción General del Controlador CM-10.

Fuente. (ABB, 2012)

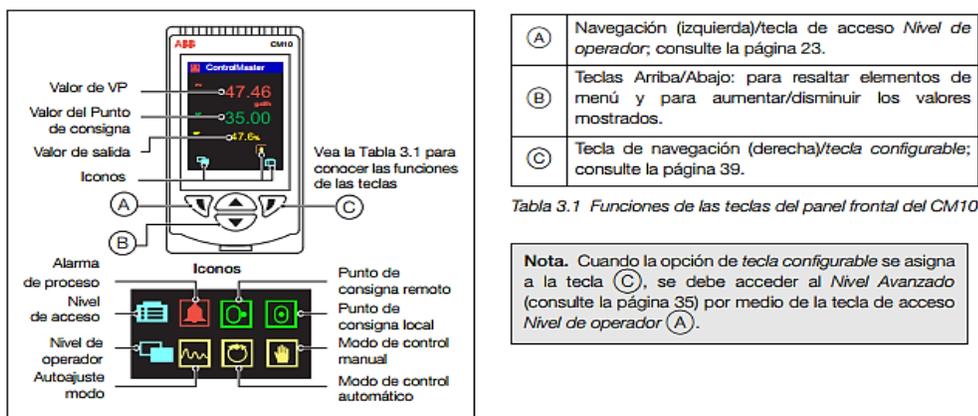
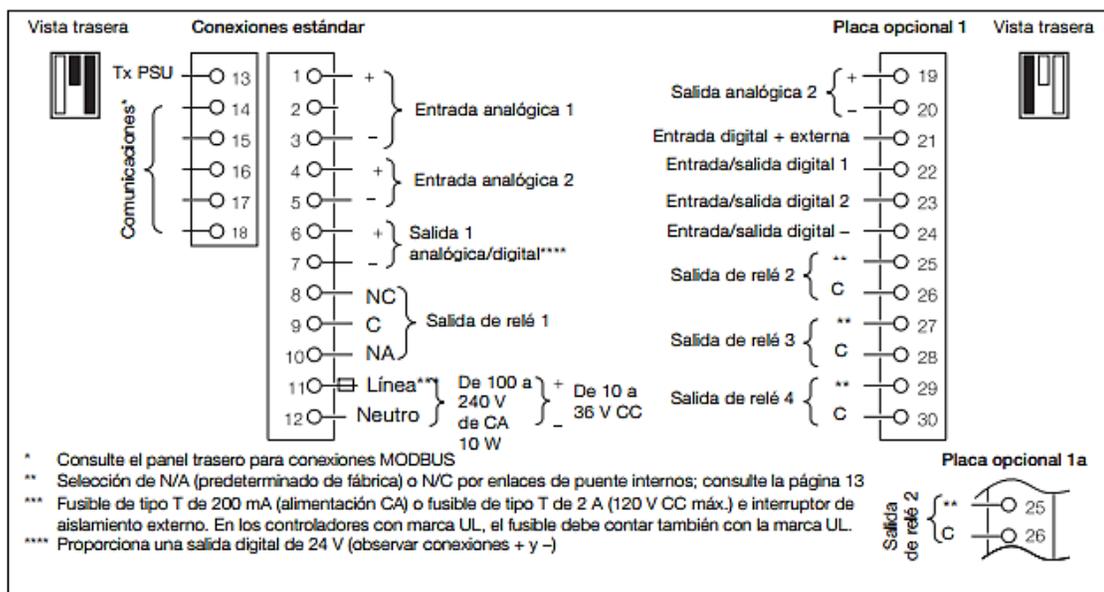


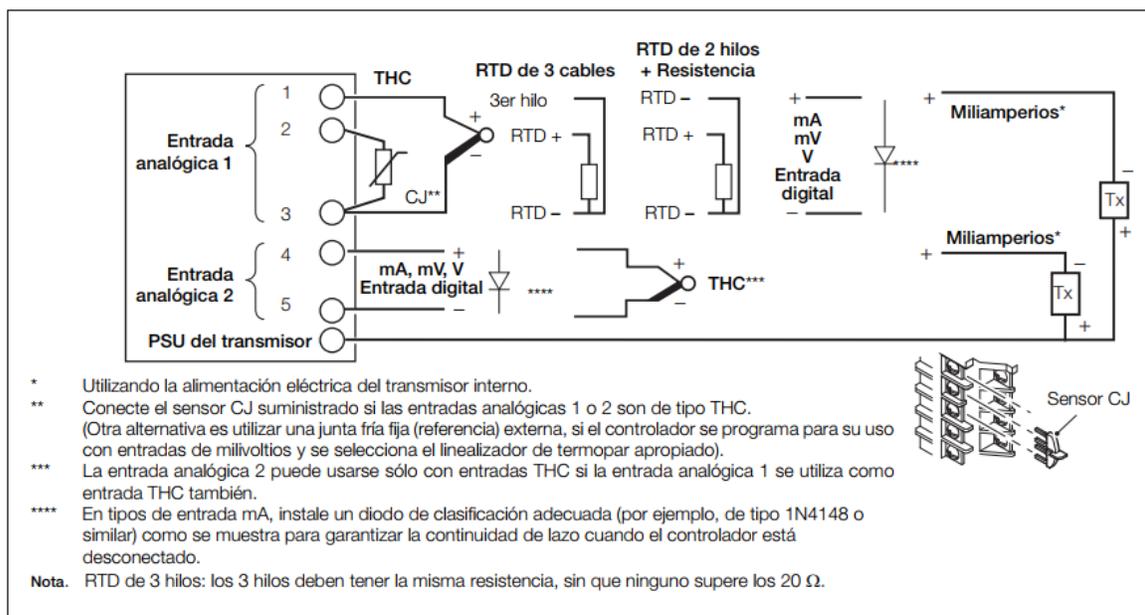
Figura N°08. Descripción general de la Pantalla e iconos del CM10.

Fuente. (ABB, 2012)



**Figura N°09.** Conexiones Eléctricas del ControlMaster CM10.

**Fuente.** (ABB, 2012)



**Figura 10.** Entradas analógicas estándar (1 y 2).

**Fuente.** (ABB, 2012)

### 2.3 Definiciones de Términos básicos:

- ✓ **Control:** Es un mecanismo preventivo y correctivo adoptado por la administración de una dependencia o entidad que permite la oportuna detección y corrección de desviaciones, ineficiencias o incongruencias en el curso de la formulación, instrumentación, ejecución y evaluación de las acciones, con el propósito de procurar el cumplimiento de la normatividad que las rige, y las estrategias, políticas, objetivos, metas y asignación de recursos.
- ✓ **Inspección,** fiscalización. Dominio, mando. Dispositivo para regular la acción de un mecanismo. (Definicion, s.f.)
- ✓ **Pol:** Es la sacarosa contenida en una disolución, expresada como % en peso, determinado analíticamente con un polarímetro o sacarímetro. En disoluciones puras % pol equivale exactamente a % de sacarosa, mientras que en otras impuras como el jugo de caña y las mieles, que contienen otras sustancias óptimamente activas, existe una diferencia entre estos dos valores, diferencia que será mayor, cuanto más impura sea la disolución. Por esta razón el valor de pol es aceptado internacionalmente como sacarosa aparente. (Ing. SANTIBAÑEZ, 1983)
- ✓ **Tándem:** Conjunto de máquinas necesario para producir azúcar. Los grandes centrales se componían de varios tándems. (Antonio Santamaría García, 2001, pág. 476)
- ✓ **Cogeneración:** Es un sistema de alta eficiencia energética, en el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica (electricidad) y energía térmica (calor) a partir de la energía primaria. Esta energía primaria se suele

obtener mediante la combustión de combustibles fósiles como el gas o el petróleo. (Diana Yañez y Julio Rodríguez, 2010)

- ✓ **Caldera:** Máquina industrial que sirve para producir vapor, cuya presión se usa para mover una turbina u otras aplicaciones. (educalingo, 2019)
- ✓ **Turbogenerador:** Se le dice genéricamente "turbogenerador" al generador eléctrico (alternador) de bajo número de pares de polos, es decir, de elevada velocidad de giro (3000 r.p.m. o más), que normalmente son movidos por turbinas de vapor o turbinas de gas (en este caso generalmente, con un reductor de velocidad).

También se le llama grupo turbina a vapor alternador. En el generador, se aprovecha la energía mecánica que entrega la turbina en forma de giro, para convertirla en energía eléctrica por el principio de generación de electricidad de ELECTROMAGNETISMO. (Jeh Strahdez)

- ✓ **Transmisor:** Es un instrumento que capta la variable en proceso y la transmite a distancia a un instrumento indicador o controlador. Es un equipo que emite una señal, código o mensaje a través de un medio. Para lograr una sesión de comunicación se requiere: un transmisor, un medio y un receptor. (Ecured)
- ✓ **Chute donelly:** Son tolvas donde se recepciona la fibra de caña para lograr extraer la mayor cantidad de jugo.
- ✓ **Sistema:** Es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben datos,

energía o materia del ambiente (entrada) y proveen información, energía o materia (salida). (alegsa, 2018)

- ✓ **Controlador:** Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta comparación calcula un error y actuar a fin de corregir este error.

Entonces la función del controlador es mantener la variable controlada dentro de los criterios previamente establecidos. (Control e Instrumentación Industrial S.A de C.V, 2015).

- ✓ **Sensor:** Es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas. (Julián Pérez Porto y Ana Gardey, 2010)

- ✓ **Recobrado:** Porcentaje de sacarosa extraída del jugo caña transformable en azúcar en el central. (García, 2002)

- ✓ **Sucroenergético:** Es el sector responsable de la producción de caña de azúcar y su transformación en azúcar, alcohol y/o energía eléctrica. (Dubos-Raoul, 2014)

## **2.4 Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis general**

- La configuración de parámetros de un controlador PID mejora el sistema control de nivel en el primero, tercero y quinto molino en el área de trapiche en la Azucarera Andahuasi.

### **2.4.2 Hipótesis específicos**

- La configuración de parámetros de un controlador PID mejora la extracción de jugo en el primero, tercero y quinto molino en el área trapiche en la Azucarera Andahuasi.
- El controlador PID del sistema control de nivel del primero, tercero y quinto molino en el área de trapiche, beneficia la combustión en la caldera en la Azucarera Andahuasi.
- El controlador PID del sistema control de nivel del primero, tercero y quinto molino favorece a los motores eléctricos y motor hidráulico respectivamente en el área de trapiche en la Azucarera Andahuasi

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Diseño metodológico**

Para el desarrollo de este proyecto se aplicaran los siguientes métodos, técnicas y procedimientos de investigación los cuales serán de gran ayuda en el momento de su ejecución.

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

El desarrollo del sistema control de nivel es de tipo aplicativo por que se hará el uso de las diferentes tecnologías ya conocidas en el ámbito de la electrónica como son:

- ✓ Teoría de componentes electrónicos.

Controladores PID, conversor sumador de señales D/A, sensores capacitivos, etc.

##### **3.1.2 Enfoque**

La investigación a desarrollar toma un enfoque cuantitativo ya que se podrá hacer mediciones de las señales analógicas que proporciona tanto el conversor sumador de señales D/A como el controlador PID del sistema de control de nivel y se usaran herramientas estadísticas para su procesamiento

### **3.1.3 Nivel de investigación**

Al configurar los parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel abarcamos los conocimientos del que desarrolla dicho sistema por lo que esta viene a ser de nivel experimental ya que se hará intervención.

## **3.2 Población y muestra**

### **3.2.1 Población**

- Sistemas control de nivel electrónico.

### **3.2.2 Muestra**

- Sistema control de nivel basado en controlador PID.

### 3.3 Operacionalización de variables e indicadores.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable 1: Configuración de parámetros de un controlador PID.	Elaboración de parámetros del sistema control de nivel, y fijar entradas, salidas analógicas y alarmas de proceso en el controlador PID.	Manera como configurar los parámetros para el sistema de control de nivel en los molinos para disminuir el porcentaje de humedad y pol de bagazo en la Azucarera Andahuasi.	Aprovechamiento de las funciones lógicas del controlador PID.	Medición de la entrada analógica.	Miliamperios
Variable 2: Mejora del sistema de control de nivel en el primero, tercero y quinto molino área de trapiche.	Distribución adecuada de la fibra de caña en todo el tándem de molinos para optimizar el proceso de extracción de jugo.		Aprovechamiento de los recursos tecnológicos.  Eficiencia	Tipo de equipos utilizados  Tiempos muertos.	N° de equipos tecnológicos  segundos

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los Métodos de Investigación: Serán a través de la experimentación en el campo de estudio.

#### 3.4.1 Técnicas a emplear

- **Observación**

Se observara el objeto, en este caso el sistema control de nivel basado en controlador PID, con respecto al modo de trabajo y a la precisión de los sensores capacitivos y conversor sumador D/A.

#### 3.4.2 Descripción de instrumentos

Para el desarrollo de la configuración se utilizará la investigación Científica-Experimental.

- **Científica:** Debido a que se va a recolectar información verídica sobre la comunicación entre el sensor capacitivo (señal digital) y conversor sumador D/A (salida de corriente (mA)) para tomar una determinada acción por medio del controlador PID.
- **Experimental:** Puesto que se muestra la ejecución de la configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel en los molinos área de trapiche en la azucarera Andahuasi. Se realizarán mediciones del conversor sumador de señales D/A y del controlador PID para verificar la correcta funcionalidad de la configuración del sistema se utilizará un instrumento electrónico (multímetro de procesos); para garantizar la fiabilidad del tiempo de respuesta se hará uso del siguiente instrumento:

✓ **Cronómetro**

Instrumento fundamental en la observación del sistema ya que nos ayuda a poder saber cuándo detecte presencia de caña desfibrada en cada chute y en cuanto tiempo se demora en dar respuesta el sistema principal una vez activado la alarma por alto nivel a partir de la señal que envían los sensores. A continuación se muestra una ficha de registro de datos la cual será llenado una vez se realice la medición respectiva según el nivel que este en cada chute donelly.

**Tabla N°01:**

*Formato para ficha de registro.*

<b>FICHA DE REGISTRO DE DATOS</b>				
<b>Sensor Capacitivo</b>	<b>Conversor</b>	<b>Controlador</b>		
	<b>Sumador</b>			
	<b>D/A</b>			
		<b>PV</b>	<b>SP</b>	<b>OP (Manual o automático)</b>

**Molino #1** LED 1

LED 2

LED 3

LED 4

LED 5

LED 6

---

**Molino #3** LED 1

LED 2

LED 3

LED 4

LED 5

LED 6

---

**Molino #5** LED 1

LED 2

LED 3

LED 4

LED 5

LED 6

---

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.5 Técnicas para el procesamiento de la información

Para el procesamiento de datos, se utilizará la estadística cuyos pasos son:

- **Recolección de datos:** A partir que cada sensor detecte el nivel dado se obtendrán los valores indicados del conversor de señales D/A y del controlador PID para el llenado respectivo de la ficha de registro de datos para organizar los datos obtenidos.
- **Corrección y tabulación de datos:** Luego de la aplicación de la observación, se procederá a la corrección y tabulación de los datos obtenidos con el apoyo del programa Microsoft Excel, con el propósito de agrupar toda la información, de acuerdo a la necesidad que impone el trabajo de investigación.
- **Elaboración de cuadros y gráficos estadísticos:** Se procede a graficarlos estadísticamente a través de cuadros y figuras estadísticas.
- **Análisis e interpretación de datos:** Realizar los respectivos análisis e interpretaciones, primero de las cifras acumuladas y ordenadas y en seguida desde el punto de vista de la investigación para validar y contrastar la hipótesis.

## **CAPÍTULO IV:**

### **CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DEL SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL**

#### **4.1 Configuración de parámetros del controlador CM10 del 1er Molino:**

El lazo esta implementado para controlar la velocidad del primer molino de acuerdo a la carga que haya en el chute y por ende detener el 3er conductor de caña cuando el controlador detecte alto nivel ya sea en modo manual o automático para evitar atoros de caña desfibrada.

##### **4.1.1 Ajuste del dispositivo**

###### **✓ Configuración inicial**

- **Plantilla aplicación:** Lazo simple.
- **Tipo salida Lazo 1:** Entrada.
- **Nombre del instrumento:** NIVEL 1ER MOLINO.
- **Frecuencia de red:** 60 Hz.
- **Configurar acción:** Continuar.

###### **✓ Ajustes de seguridad**

##### **4.1.2 Entrada/ Salida**

###### **✓ Entradas analógicas**

➤ **Entrada analógica 1**

- **Tipo de entrada:** Miliamperios.
- **Elect. Baja:** 4.0000 mA
- **Elect. Alta:** 20.000 mA
- **Linealizador:** Ninguno.
- **Unidades ingeniería:** %
- **Dispositivos téc:** X.X
- **Tec. Bajo:** 0.0
- **Tec. Alto:** 100.0
- **Sensor abierto:** Escala ascendente.

➤ **Salida analógica 1**

- **Tipo de salida:** entrada.
- **Fuente:** Control OP Lazo 1.
- **Elect. Baja:** 4.0000 mA
- **Elect. Alta:** 20.000 mA
- **Linealizador:** Ninguno.
- **Autorango técn:** Activado
- **Téc. bajo:** 0.0
- **Téc. alto:** 100.0

#### 4.1.3 Control

✓ **Puntos consig lazo 1**

- **Límite bajo:** 0.0 %
- **Límite alto:** 100.0 %

- **N° de SPs locales:** 1
- **Punto consig local 1:** 30.0 %
- **Modo seguimiento:** desactivado.
- **Modo rampa:** desactivado.

✓ **Control Lazo 1**

- **Tipo de control:** PID.
- **Acción de control:** Directo.
- **Autoajuste:**
  - **Modo:** Desactivado.
  - **Primer paso:** 10%.
  - **Dinámica:** Normal.
- **PID:**
  - **Band proporcional 1:** 100.0 %.
  - **Tiempo integral 1:** 10000 s.
  - **Tiempo derivativo 1:** 0.0 s.
  - **Reposición manual:** 50.0 %.
- **Miscelaneo:**
  - **Monitor de lazo:** Desactivado.

✓ **Salida Lazo 1:**

- **Límites:**
  - **Limitar acción:** Auto + Manual.
  - **Límite bajo:** 20.0

- **Límite alto:** 100.0
- **Acciones de fallo:**
- **Recup. Alimentación:** Modo final.
- **Acción de fallo PV:** Sin acción.
- **Salida predefinida:** 0.0

#### 4.1.4 Alarma de proceso

- ✓ **Alarma 1:**
- **Tipo:** Proceso alto.
- **Nombre:** ALTO NIVEL.
- **Fuente:** PV Lazo 1.
- **Disparo:** 85.0
- **Histéresis:** 0.0
- **Tiempo histéresis:** 0
- **Activar pantalla:** Activado.

## 4.2 Configuración de parámetros del controlador CM10 del 3er Molino:

Este segundo lazo está implementado para controlar la velocidad del tercer molino de acuerdo a la carga que haya en el chute para así lograr una buena extracción de jugo de caña desfibrada y obtener una adecuada distribución en todo el tándem a través de un variador en la cual va a regular la velocidad del motor eléctrico; según la corriente de salida proporcional (4-20 mA) enviada del controlador CM10.

### 4.2.1 Ajuste del dispositivo

- ✓ **Configuración inicial**

- **Plantilla aplicación:** Lazo simple.
- **Tipo salida Lazo 1:** Entrada.
- **Nombre del instrumento:** NIVEL 3ER MOLINO.
- **Frecuencia de red:** 60 Hz.
- **Configurar acción:** Continuar.
- ✓ **Ajustes de seguridad**

#### 4.2.2 Entrada/ Salida

- ✓ **Entradas analógicas**
  - **Entrada analógica 1**
    - **Tipo de entrada:** Miliamperios.
    - **Elect. Baja:** 4.0000 mA
    - **Elect. Alta:** 20.000 mA
    - **Linealizador:** Ninguno.
    - **Unidades ingeniería:** %
    - **Dispositivos téc:** X.X
    - **Tec. Bajo:** 0.0 %
    - **Tec. Alto:** 100.0 %
    - **Sensor abierto:** Escala ascendente.
  - **Salida analógica 1**
    - **Tipo de salida:** entrada.
    - **Fuente:** Control OP Lazo 1.
    - **Elect. Baja:** 4.0000 mA
    - **Elect. Alta:** 20.000 mA

- **Téc. bajo:** 0.0
- **Téc. alto:** 100.0

#### 4.2.3 Control

##### ✓ **Puntos consig. lazo 1**

- **Límite bajo:** 0.0 %
- **Límite alto:** 100.0 %
- **Nº de SPs locales:** 1
- **Punto consig local 1:** 33.3 %
- **Modo seguimiento:** desactivado.
- **Modo rampa:** desactivado.

##### ✓ **Control Lazo 1**

- **Tipo de control:** PID.
- **Acción de control:** Directo.
- **Autoajuste:**
  - **Modo:** Desactivado.
  - **Primer paso:** 10%.
  - **Dinámica:** Normal.
- **PID:**
  - **Band proporcional 1:** 90.0 %.
  - **Tiempo integral 1:** 60 s.
  - **Tiempo derivativo 1:** 0.0 s.
  - **Reposición manual:** 50.0 %.
- **Misceláneo:**

- **Monitor de lazo:** Activado.

✓ **Salida Lazo 1:**

- **Límites:**

- **Limitar acción:** Sólo Auto.
- **Límite bajo:** 0.0
- **Límite alto:** 100.0

- **Acciones de fallo:**

- **Recup. Alimentación:** Modo final.
- **Acción de fallo PV:** Sin acción.
- **Salida predefinida:** 0.0

### 4.3 Configuración de parámetros del controlador CM10 del 5to Molino:

Este tercer lazo está implementado para controlar la velocidad del quinto molino de acuerdo a la carga que haya en el chute para así lograr una buena extracción de jugo de caña desfibrada, además de disminuir la pol y humedad de bagazo para así beneficiar la combustión de la caldera, todo este control se logra a través del comando de velocidad remota del spider en la cual va a regular la velocidad del motor hidráulico Hagglunds; según la corriente de salida proporcional (4-20 mA) enviada del controlador CM10.

#### 4.3.1 Ajuste del dispositivo

✓ **Configuración inicial**

- **Plantilla aplicación:** Lazo simple.
- **Tipo salida Lazo 1:** Entrada.
- **Nombre del instrumento:** NIVEL 5 MOLINO.
- **Frecuencia de red:** 60 Hz.

- **Configurar acción:** Continuar.

- ✓ **Ajustes de seguridad**

#### 4.3.2. Entrada/ Salida

- ✓ **Entradas analógicas**

- **Entrada analógica 1**

- **Tipo de entrada:** Miliamperios.
- **Elect. Baja:** 4.0000 mA
- **Elect. Alta:** 20.000 mA
- **Linealizador:** Ninguno.
- **Unidades ingeniería:** %
- **Dispositivos téc:** X.X
- **Tec. Bajo:** 0.0 %
- **Tec. Alto:** 100.0 %
- **Sensor abierto:** Escala ascendente.

- **Salida analógica 1**

- **Tipo de salida:** entrada.
- **Fuente:** Control OP Lazo 1.
- **Elect. Baja:** 4.0000 mA
- **Elect. Alta:** 20.000 mA
- **Téc. bajo:** 0.0 %
- **Téc. alto:** 100.0 %

#### 4.3.3 Control

- ✓ **Puntos consig. lazo 1**

- **Límite bajo:** 0.0 %
- **Límite alto:** 100.0 %
- **N° de SPs locales:** 1
- **Punto consig local 1:** 33.6 %
- **Modo seguimiento:** desactivado.
- **Modo rampa:** desactivado.

✓ **Control Lazo 1**

- **Tipo de control:** PID.
- **Acción de control:** Directo.
- **Autoajuste:**
  - **Modo:** Desactivado.
  - **Primer paso:** 10%.
  - **Dinámica:** Normal.
- **PID:**
  - **Band proporcional 1:** 100.0 %.
  - **Tiempo integral 1:** 10000 s.
  - **Tiempo derivativo 1:** 0.0 s.
  - **Reposición manual:** 50.0 %.
- **Miscelaneo:**
  - **Monitor de lazo:** Desactivado.

✓ **Salida Lazo 1:**

- **Límites:**
  - **Limitar acción:** Sólo Auto.

- **Límite bajo:** 30.0
- **Límite alto:** 100.0
- **Acciones de fallo:**
  - **Recup. Alimentación:** Modo final.
  - **Acción de fallo PV:** Sin acción.
  - **Salida predefinida:** 0.0

#### 4.3.4 Alarma de proceso

- ✓ **Alarma 1:**
  - **Tipo:** Proceso alto.
  - **Nombre:** ALTO NIVEL.
  - **Fuente:** PV Lazo 1.
  - **Disparo:** 85.0
  - **Histéresis:** 0.0
  - **Tiempo histéresis:** 0
  - **Activar pantalla:** Activado.

## **CAPÍTULO V:**

### **RESULTADOS**

#### **5.1 Análisis del sistema propuesto**

##### **5.1.1 Configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel**

- ✓ Sistema propuesto
- a) Usa la señal estándar de 4-20 ma.
- b) Cuenta con entradas y salidas analógicas
- c) Configuración salida RELÉ.
- d) Cuenta con 6 sensores capacitivos.
- e) Conversión digital/ analógica.
- f) Cuenta con alarma de proceso.
- g) Acceso a modo manual /automático.

##### **5.1.2 Registro de datos del sistema**

**Tabla N°02:**

***Registros de datos***

### FICHA DE REGISTRO DE DATOS

		Controlador				
	Sensor Capacitivo		Conversor			
			Sumador	PV	SP	OP (Manual o automático)
			D/A			
<b>Molino #1</b>	LED 1	ENCENDIDO	7.335 mA (18.3%)	18.6	30.0	35.0% (Manual)
	LED 2	ENCENDIDO	9.380 mA (33.5%)	33.9	30.0	35.0% (Manual)
	LED 3	ENCENDIDO	12.019 mA (50.1%)	50.6	30.0	35.0% (Manual)
	LED 4	ENCENDIDO	14.513 mA (66.0%)	66.6	30.0	35.0% (Manual)
	LED 5	ENCENDIDO	16.445 mA (79.1%)	79.8	30.0	35.0% (Manual)
	LED 6	ENCENDIDO	20.410 mA (102.1%)	102.9	30.0	35.0% (Manual)

<b>Molino #3</b>	LED 1	ENCENDIDO	7.175 mA (17.9%)	18.2	33.3	5.8% (Automático)
	LED 2	ENCENDIDO	8.064 mA (29.8%)	30.2	33.3	22.6% (Automático)
	LED 3	ENCENDIDO	12.715 mA (53.0%)	53.5	33.3	49.4% (Automático)
	LED 4	ENCENDIDO	15.524 mA (70.6%)	71.2	33.3	73.8% (Automático)
	LED 5	ENCENDIDO	18.005 mA (86.6%)	87.3	33.3	84.2% (Automático)
	LED 6	ENCENDIDO	20.390 mA (102.0%)	102.8	33.3	100.0% (Automático)
<b>Molino #5</b>	LED 1	ENCENDIDO	6.654 mA (16.6%)	16.9	33.6	30.0% (Automático)
	LED 2	ENCENDIDO	9.324 mA (33.3%)	33.7	33.6	33.6% (Automático)
	LED 3	ENCENDIDO	11.996 mA (50.0%)	50.5	33.6	63.2% (Automático)
	LED 4	ENCENDIDO	14.667 mA (66.7%)	67.3	33.6	75.3% (Automático)

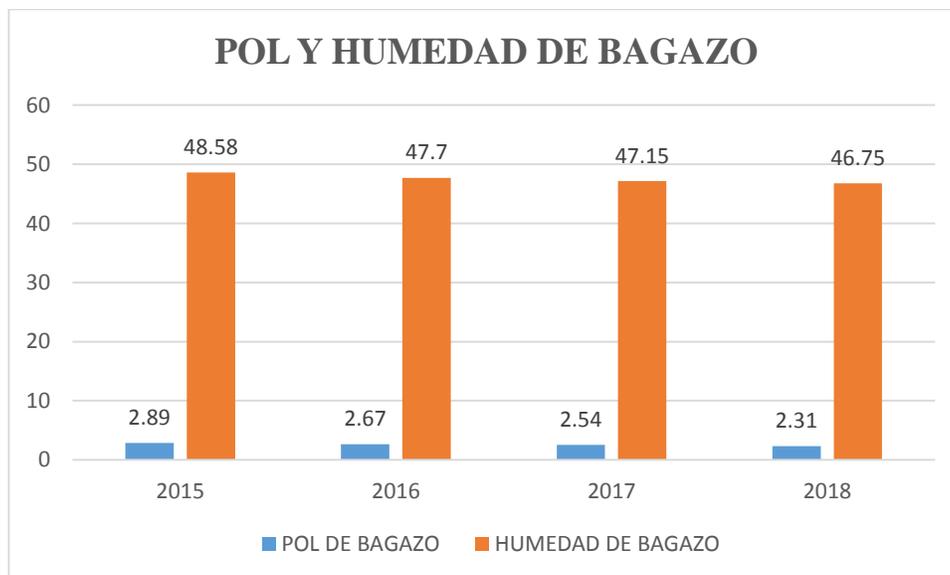
LED 5	ENCENDIDO	17.340 mA	84.1	33.6	92.4% (Automático)
			(83.4%)		
LED 6	ENCENDIDO	20.011 mA	100.9	33.6	100.0%
			(100.1%)		(Automático)

---

**Fuente:** Elaboración propia.

## 5.2 Resultados del comportamiento de la pol y humedad de bagazo

Para obtener los resultados se solicitó los datos a la jefatura de laboratorio de la azucarera Andahuasi.

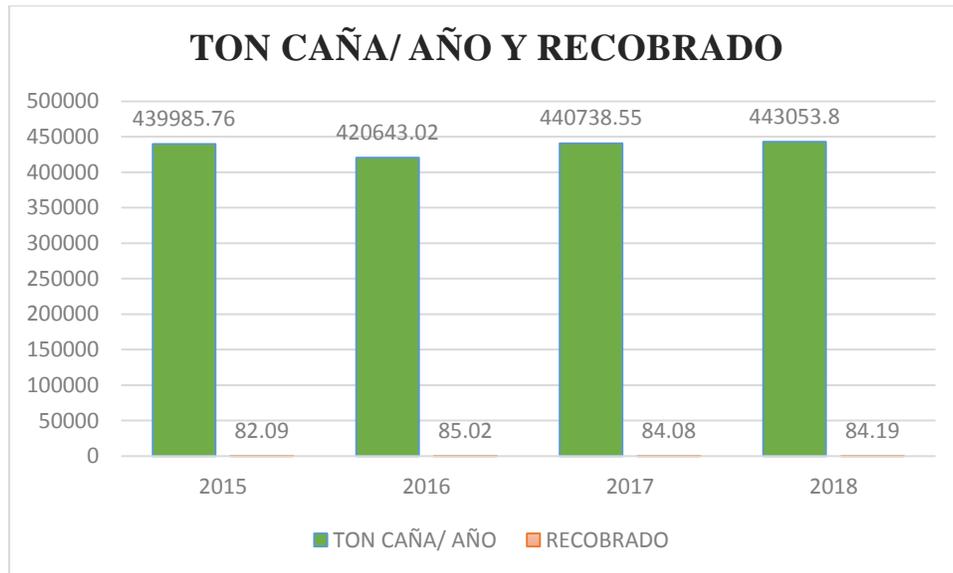


**Figura 11:** Comportamiento de la pol y humedad de bagazo.

**Fuente:** Laboratorio de análisis.

### 5.3 Resultados del comportamiento de la producción de azúcar

Para obtener los resultados se solicitó los datos a la jefatura de laboratorio de la azucarera Andahuasi.



**Figura 12:** Comportamiento de Ton caña/ año y recobrado

**Fuente:** Laboratorio de análisis.

Datos obtenidos a partir de la figura 11 y 12:

- ✓ Ton caña (2018)= 443 053.8 ton/año
- ✓ %Pol bagazo/caña= ( $\%Pol\ bagazo(2017) - \%Pol\ bagazo(2018)$ ) = 0.23
- ✓ Recobrado= 84.19
- ✓ %Pol de azúcar= 98.5
- Reemplazando los datos en la siguiente fórmula:

$$TON\ AZÚCAR = \frac{TON\ CAÑA}{100} \times \left[ \frac{\%Pol\ \frac{bagazo}{caña} \times Recobrado}{\%Pol\ azúcar} \right]$$

$$TON AZÚCAR = \frac{443\ 053.8}{100} \times \left[ \frac{0.23 \times 84.19}{98.5} \right]$$

$$TON AZÚCAR = 870.98 \text{ ton azúcar}$$

- Convirtiendo **ton azúcar** a N° de bolsas de azúcar se obtiene el siguiente promedio:

$$870.98 \cancel{\text{ ton}} \text{ azúcar} \times \frac{1000 \cancel{\text{ Kg}}}{1 \cancel{\text{ ton}}} \times \frac{1 \text{ bolsa}}{50 \cancel{\text{ Kg}}}$$

$$870.98 \text{ ton azúcar} = 17\ 419.6 \text{ bolsas de azúcar/año}$$

$$= 1\ 451.63 \text{ bolsas de azúcar/mensual}$$

$$= 48.38 \text{ bolsas de azúcar/diario}$$

## CAPÍTULO VI:

### DISCUSION, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Discusión

De acuerdo al problema de estudio planteado, en el área de trapiche en la azucarera Andahuasi. Se analiza el detalle del sistema de control de nivel en el primero, tercero y quinto molino, la cual presenta algunas deficiencias y el personal de turno se limita a realizar la labor de operación de preparación de caña y molienda de fibra de caña. Es el motivo por el cual se propone la configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel. Además se considera los conocimientos en instrumentación y control y así se mejora el sistema de control de nivel en cada molino.

En la **tabla N°02:** referente al registro de datos en el molino #1, molino#3 y molino #5 el porcentaje de corriente estándar de 4-20 mA del conversor sumador para cada sensor según el nivel en el que esté situado difiere en un promedio de 0.55 % en comparación al dato que arroja en el controlador.

En el **molino #1:** al poner en el controlador en modo manual **OP= 35.0%** (6.2 rpm) para comandar la velocidad del motor, este mantiene un adecuado nivel y por ende una buena extracción de jugo de caña y además al ponerlo en modo automático aumenta o disminuye la velocidad del motor en un intervalo de 4-10 rpm, según el nivel

dado y en ambas configuraciones se activa la salida relé (ORI), cuando detecte el controlador el alto nivel por encima de los 85% de PV en el chute del molino, de manera que se detiene el 3° conductor de caña y por consiguiente el conductor 2° y 1°, para así ya no seguir alimentando a los molinos y de esta manera se evita los posibles atoros por parada de molienda.

En el **molino #3**: al estar en modo automático este va tratar de ajustar el nivel deseado a través del **SP=33.3**, conforme detecte cada sensor el nivel en el chute, el **OP (salida de proceso)**; bien aumenta o disminuye la velocidad del motor en un intervalo de **4-10 rpm** de acuerdo a la corriente estándar de 4-20 mA enviada desde el controlador va variando proporcionalmente hasta llegar al punto de consigna seteado en el controlador.

Solo se configura en modo manual cuando la fibra de caña esta alta, es decir por encima de los **16%**, y cuando se haya cambiado de molino o masa superior.

En el **molino #5**: mayormente se trabaja en modo automático con un **SP=33.6**, es decir que de acuerdo al valor seteado este va a tratar de mantener un nivel a la altura del 2° sensor dentro del chute y de acuerdo al nivel donde se posiciona, el controlador enviará la corriente estándar de 4-20 mA y tomará la acción adecuada para variar la velocidad del motor hidráulico entre el intervalo de **3-8 rpm**, esto según la configuración de limite bajo 30% (**SALIDA DE LAZO 1**) en la cual se puso en el controlador para asegurar una velocidad mínima cuando recién empieza la molienda donde muchas veces se envía buen colchón de fibra de caña y de esta manera no le gane la carga al molino, además cuenta con una salida de alarma de proceso, a partir del

**PV=85%** para adelante detecta ALTO NIVEL. Pero este sólo se muestra como visualización en la pantalla del controlador.

Solo se configura en modo manual cuando la fibra de caña esta alta, es decir por encima de los **16%**, y cuando se haya cambiado de molino o masa superior.

En la **figura 11:** se puede observar la disminución del %POL de bagazo en 0.23 y la %HUMEDAD de bagazo en 0.4 puntos porcentuales, esto en comparación del año 2017 con el año 2018 en la cual se realizó la mejora del sistema de control de nivel de cada chute.

En la **figura 12:** con los datos de ton caña/año 2018, el recobrado, % Pol azúcar y la disminución de la %Pol de bagazo en la salida del quinto molino, en comparación con el año 2017 nos dio una diferencia de % 0.23, de esta manera mejoró la combustión en la caldera y por consiguiente la producción ya que claramente se muestra que se recuperó % 0.23 Pol para entrar a proceso de azúcar, obteniéndose la cantidad de 17 419.6 bolsas de azúcar en el año 2018 aproximadamente.

En ese año el precio por bolsa de azúcar al mayor estuvo un promedio de 70 n/soles, donde se obtuvo la suma de 1 219 372 n/soles al año (mensual= 101 614.33 n/soles, diario= 3 387.14 n/ soles) en promedio.

## 6.2 Conclusiones

- La mejora del sistema de control de nivel considerada en la configuración de parámetros del controlador PID se concluye que mantiene un óptimo control de nivel de carga de caña desfibrada dentro de cada chute.

- La instalación del sistema de control de nivel simplifica las labores de los operadores ya que ejerce un mejor control sobre las operaciones de manejo de nivel y extracción de jugo en cada molino.

- Se logró optimizar el proceso de extracción de jugo de caña y por consiguiente disminuir el porcentaje de pol y humedad en el bagazo logrando mejorar la combustión de la caldera.

- La ejecución del bloque PID a partir del controlador CM10, fue de gran ayuda para obtener el nivel deseado en cada chute para así lograr estabilizar la potencia de los motores eléctricos e hidráulico a partir del set point (SP) o valor deseado, donde el equipo va ajustando el error del sistema para llegar al valor seteado para garantizar la carga de caña desfibrada en todo el tándem de molinos.

### **6.3 Recomendaciones:**

- Se recomienda capacitar al operador moledor de trapiche de cada turno, sobre el funcionamiento del sistema de control de nivel en cada molino ya sea en modo manual/automático y según la carga de caña desfibrada que contenga cada chute donelly.

- Realizar el mantenimiento mensual del sistema de control de nivel, por ser un sistema que cuenta con equipos electrónicos y estos están sujetos al polvo, humedad y otros factores del mismo ambiente.

- Considerar que la tecnología va avanzando y que debemos estar a la vanguardia de la automatización para optar por la adquisición de equipos más modernos para así ir mejorando el sistema de control.

- Tener en cuenta el tiempo de vida útil de los equipos de control de nivel, por más que dichos equipos se encuentren operativos, se debe evaluar la opción de que si presentarán alguna falla en campo, estos deberían ser reemplazados para garantizar la producción de la empresa.

- Incentivar a los alumnos de pre-grado a la investigación y a realizar estudios que apoyen e innoven sobre los temas de sistemas de control en la automatización en dichas plantas dedicadas a determinado rubro.

## **CAPÍTULO VII:**

### **FUENTES DE INFORMACIÓN**

#### **7.1 Referencias bibliográficas**

##### **Libros, Artículos, Revistas**

(s.f.). Obtenido de Blogstv: <http://blogtvaap.blogspot.pe/p/tipos-de-tv.html>

(s.f.). Obtenido de Fundamentos Informáticos: Figura3. Señal Digital y señal analógica.

(s.f.). Obtenido de ehu:

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm>

(28 de Mayo de 2007). Obtenido de Mediciones Industriales:

<http://medicionesindustriales2007i.blogspot.pe/2007/05/sensores-capacitivos-e-inductivos.html>

(01 de Febrero de 2013). Obtenido de DLG Automacao:

<http://www.dlg.com.br/manuaisdownload/xs-110%20-%20conversor%20somador%20de%20sinais.pdf>

(2014). Obtenido de DLG Automacao: <http://www.dlg.com.br/manuaisdownload/man-pt-de-sc500.pdf>

(2017). Obtenido de DLG Automacao: <https://www.dlg.com.br/es/productos/xs-110-conversor-sumador-de-senales>

(28 de Octubre de 2017). Obtenido de EcuRed:

[https://www.ecured.cu/Conversi%C3%B3n\\_Digital\\_Anal%C3%B3gica](https://www.ecured.cu/Conversi%C3%B3n_Digital_Anal%C3%B3gica)

ABB. (2012). Obtenido de

[https://library.e.abb.com/public/96df75cbf0bff41dc1257b0c00545d54/DS\\_CM10-ES\\_I.pdf](https://library.e.abb.com/public/96df75cbf0bff41dc1257b0c00545d54/DS_CM10-ES_I.pdf)

ABB. (2012). Obtenido de

<http://www.dia.uned.es/~fmorilla/MaterialDidactico/EI%20controlador%20PID.pdf>

ABB. (2012). Obtenido de

[https://library.e.abb.com/public/799b77223329b3bfc1257b59004fd23c/IM\\_CM\\_S-ES\\_J.pdf](https://library.e.abb.com/public/799b77223329b3bfc1257b59004fd23c/IM_CM_S-ES_J.pdf)

alegsa. (2018). Obtenido de <http://www.alegsa.com.ar/Dic/sistema.php>

Antonio Santamaría García. (2001). *SIN AZÚCAR NO HAY PAÍS, La industria azucarera y la economía cubana (1919-1939)*. Sevilla: Pinelo Talleres Gráficos, S.L.

ARISTA, V. (2019). Obtenido de Control-PID:

[https://www.academia.edu/7955070/CONTROL\\_PID\\_METODOLOG%C3%8DA\\_Y\\_APLICACIONES](https://www.academia.edu/7955070/CONTROL_PID_METODOLOG%C3%8DA_Y_APLICACIONES)

AUTHOMATHIKA. (2019). Obtenido de <http://www.authomathika.com.br/es/articulos-tecnicos-detalle/slv-1a-medidor-de-nivel-de-chute-donelly-inteligente>

Control e Instrumentación Industrial S.A de C.V. (30 de Noviembre de 2015). *Ceiisa*.

Obtenido de <http://ceiisa.blogspot.com/2015/01/controladores.html>

Definicion. (s.f.). Obtenido de <https://definicion.org/control>

Diana Yañez y Julio Rodríguez. (23 de Noviembre de 2010). Obtenido de

<https://www.concienciaeco.com/2010/11/23/que-es-la-cogeneracion/>

Dubos-Raoul, M. (2014). Obtenido de Foro Ambiental Alta Paulista:

[http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum\\_ambiental/article/view/8](http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/8)

68

*Ecured*. (s.f.). Obtenido de <https://www.ecured.cu/Transmisor>

educalingo. (Abril de 2019). Obtenido de <https://educalingo.com/es/dic-es/caldera>

García, A. S. (2002). Obtenido de

[http://digital.csic.es/bitstream/10261/17661/3/Tecnolog%C3%ADa%20y%20t%C3%](http://digital.csic.es/bitstream/10261/17661/3/Tecnolog%C3%ADa%20y%20t%C3%A9rminos%20azucareros-7.pdf)

[A9rminos%20azucareros-7.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/17661/3/Tecnolog%C3%ADa%20y%20t%C3%A9rminos%20azucareros-7.pdf)

Ing. SANTIBAÑEZ, M. C. (1983). Obtenido de

[https://www.ecured.cu/Tecnolog%C3%ADa\\_Azucarera](https://www.ecured.cu/Tecnolog%C3%ADa_Azucarera)

Jeh Strahdez. (s.f.). *Scribd*. Obtenido de

<https://es.scribd.com/doc/68532259/TURBOGENERADOR-O-FUENTE-DE-GENERACION-PROPIA>

Julián Pérez Porto y Ana Gardey. (2010). *Definicion*. Obtenido de

<https://definicion.de/sensor/>

MARTA GARRO, J. P. (2005). Obtenido de

<https://es.scribd.com/document/323992009/Control-Automatico-en-La-Industria-Azucarera>

RIAÑO, C. (18 de marzo de 2011). Obtenido de sensores y temporizadores:

<http://sensoresytemporizadores.blogspot.pe/2011/03/un-sensor-o-captador-como-prefiera.html>

RIVERA, V. (2019). Obtenido de [https://www.coursehero.com/file/23945571/PID-](https://www.coursehero.com/file/23945571/PID-METODOLOG%3%8DA-Y-APLICACIONES/)

[METODOLOG%3%8DA-Y-APLICACIONES/](https://www.coursehero.com/file/23945571/PID-METODOLOG%3%8DA-Y-APLICACIONES/)

ROCATEK. (5 de Octubre de 2010). Obtenido de Wikipedia:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador\\_PID#Proporcional](https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_PID#Proporcional)

SMAR. (2017). Obtenido de [http://www.smar.com/espanol/articulos-tecnicos/transmisor-de-](http://www.smar.com/espanol/articulos-tecnicos/transmisor-de-posicion-smar-en-la-molienda)

[posicion-smar-en-la-molienda](http://www.smar.com/espanol/articulos-tecnicos/transmisor-de-posicion-smar-en-la-molienda)

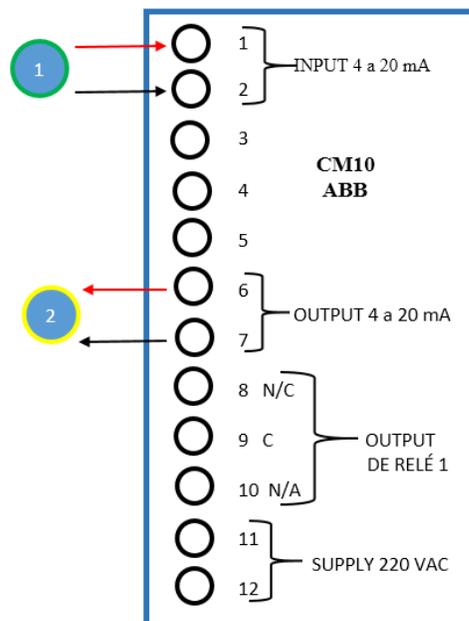
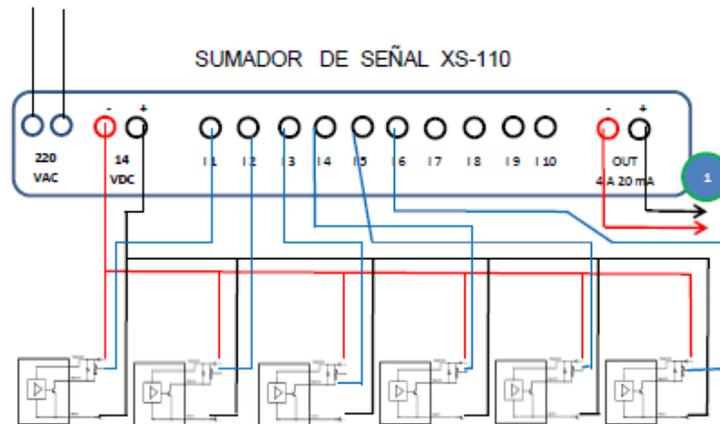
**ANEXOS**

## ANEXO N°01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

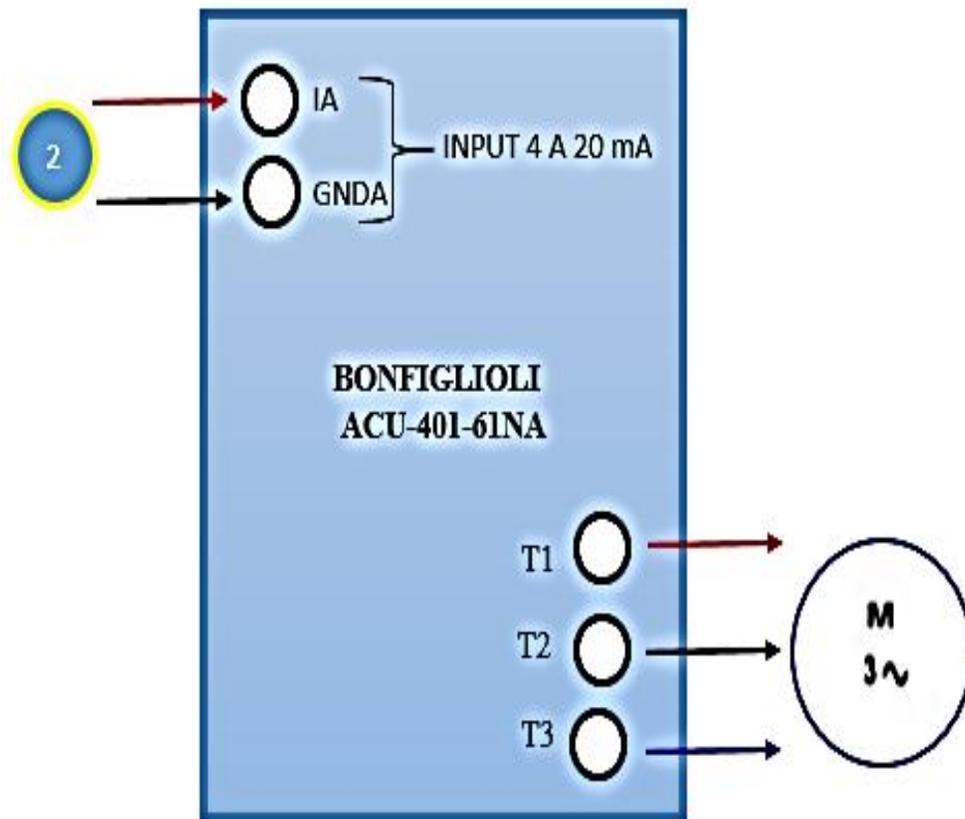
PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODO
<p><b>Central:</b> ¿Cómo determinar la configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel en el primero, tercero y quinto molino en el área de trapiche en la Azucarera Andahuasi?</p> <p><b>Problema Especifico 1:</b> ¿Cómo determinar la configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora de extracción de jugo en el primero, tercero y quinto molino en el área de trapiche en la Azucarera Andahuasi?</p> <p><b>Problema Especifico 2:</b> ¿En qué medida, el controlador PID del sistema de control de nivel del primero, tercero y quinto molino en el área de trapiche, beneficiará la combustión de la caldera en la azucarera Andahuasi?</p> <p><b>Problema Especifico 3:</b> ¿De qué manera, el controlador PID del sistema de control de nivel favorecerá a los motores eléctricos y motor hidráulico respectivamente en el área de trapiche en la azucarera Andahuasi?</p>	<p><b>General:</b> Determinar la configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora del sistema de control de nivel en el primero, tercero y quinto molino en el área de trapiche en la azucarera Andahuasi</p> <p><b>Especifico 1:</b> Determinar la configuración de parámetros de un controlador PID para la mejora de extracción de jugo en el primero, tercero y quinto molino en el área de trapiche en la azucarera Andahuasi.</p> <p><b>Especifico 2:</b> Disminuir la humedad y pol de bagazo en el área de trapiche de manera que beneficie la combustión en la caldera en la azucarera Andahuasi.</p> <p><b>Especifico 3:</b> Distribuir la carga de caña desfibrada uniformemente en todo el tándem para obtener una mayor estabilidad de potencia consumida por el motor hidráulico y los motores eléctricos en el área de trapiche en la azucarera Andahuasi.</p>	<p>Definir los parámetros precisos para el sistema de control de nivel de los molinos como una opción de mejorar la extracción de jugo de caña en el área de trapiche y a la vez obtener una correcta combustión en la caldera distral en la azucarera Andahuasi, esto con la introducción de la tecnología.</p> <p>Es legal.</p> <p>Es metodológica.</p> <p>Es empírica para el usuario.</p>	<p>La configuración de parámetros de un controlador PID mejora el sistema control de nivel en el primero, tercero y quinto molino en el área de trapiche en la Azucarera Andahuasi.</p>	<p><b>Variable 1:</b> Configurar los parámetros de un controlador PID.</p> <p><b>Variable 2:</b> Mejora del sistema de control de nivel en el primero, tercero y quinto molino área de trapiche.</p>	<p>Medición de la entrada analógica.</p> <p>Tipo de equipos utilizados.</p> <p>Tiempos muertos.</p>	<p>El desarrollo del sistema control de nivel es de tipo aplicativo.</p> <p>El nivel de investigación es de experimental.</p> <p>La investigación a desarrollar toma un enfoque cuantitativo.</p> <p>Diseño experimental.</p>

## ANEXO N°02:

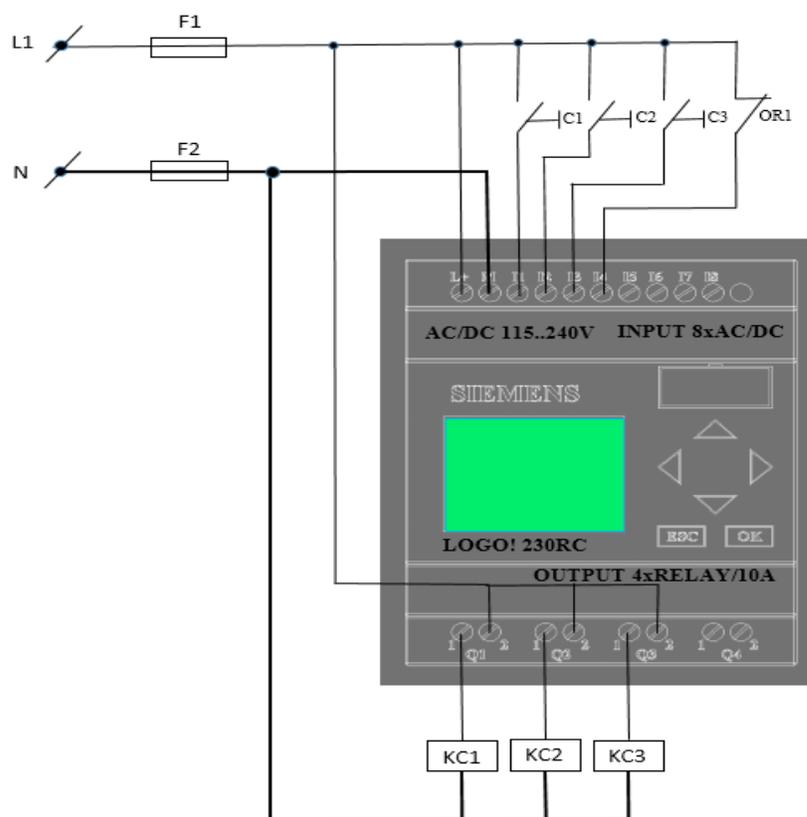
- ✓ Plano de conexión del primer molino.



- ✓ Plano de conexión de salida analógica de 4-20 mA hacia el variador.



- ✓ Plano de conexión de la salida relé **-OR1** del controlador **CM10** (**Entrada I4 del Logo 230RC**) para el 3° conductor de caña.



**Tabla N°03**

**Asignación de señales en LOGO! 230RC**

Para esta tabla de asignación se necesitan las siguientes señales.

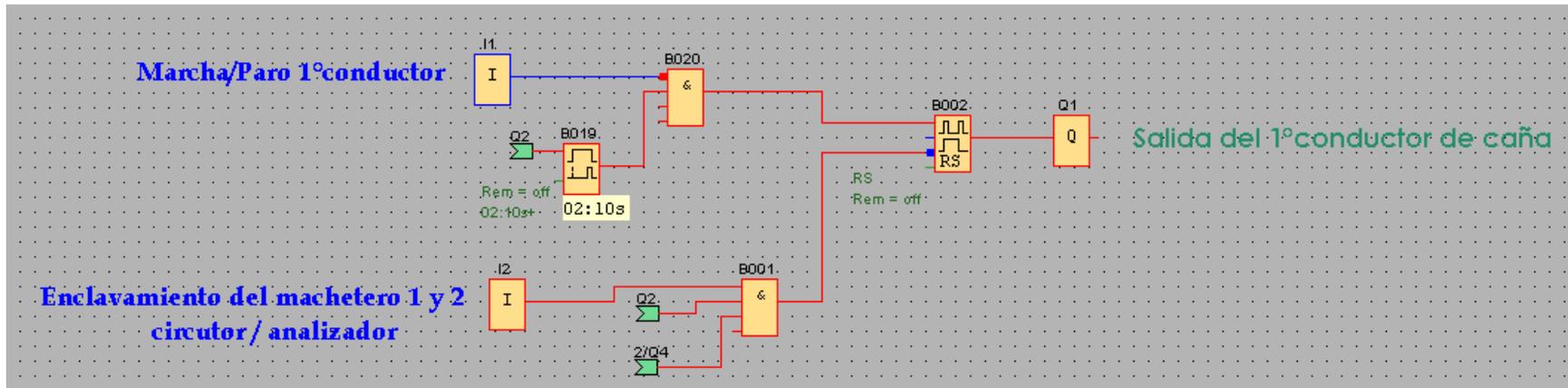
DI	Identificador	Función	NC/NO
I1	-C1	Pulsador MARCHA/PARADA 1° Conductor de caña.	NO
I2	-C2	Pulsador MARCHA/PARADA 2° Conductor de caña.	NO
I3	-C3	Pulsador MARCHA/PARADA 3° Conductor de caña.	NO
I4	-OR1	Interruptor ALTO NIVEL 1° CHUTE	NC

DO	Identificador	Función
Q1	-KC1	Salida del 1° Conductor de caña
Q2	-KC2	Salida del 2° Conductor de caña
Q3	-KC3	Salida del 3° Conductor de caña

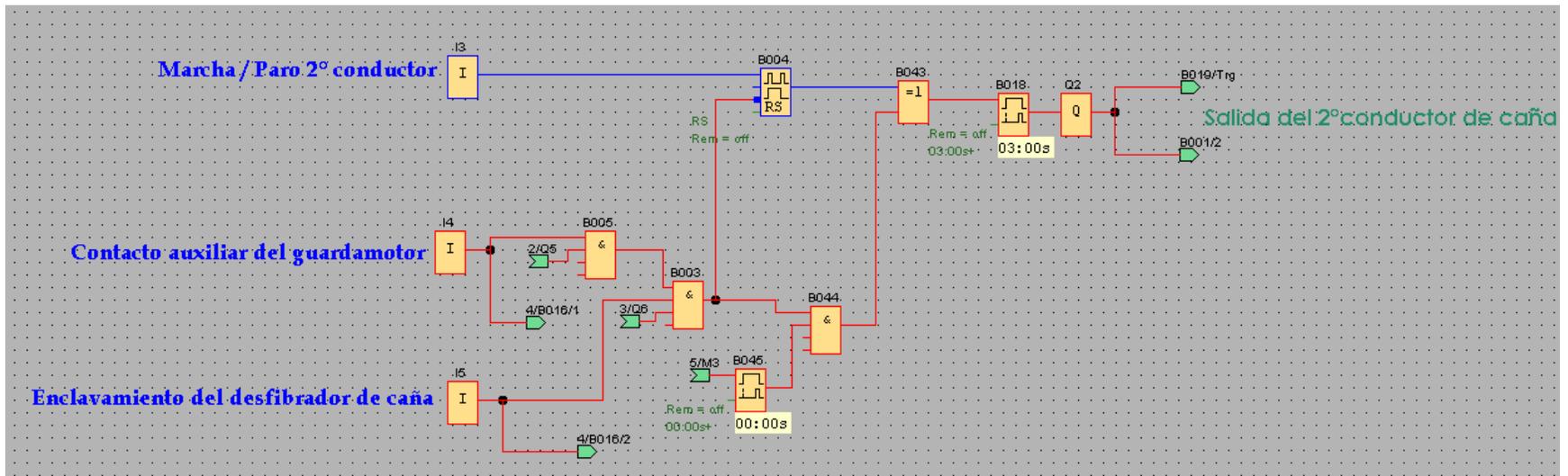
**Fuente:** Elaboración propia

### ANEXO N°03: CAPTURAS DE PANTALLA DE LA PROGRAMACIÓN DE LA SECUENCIA FORZADA DE CONDUCTORES DE CAÑA EN LOGO SOFT COMFORT V7.0.

- ✓ Para poder poner en marcha el **1° conductor** se debe cumplir las siguientes condiciones; estar activado el machetero 1 y 2, el 2° conductor (**Q2**) y el nivelador de caña (**Q4**).

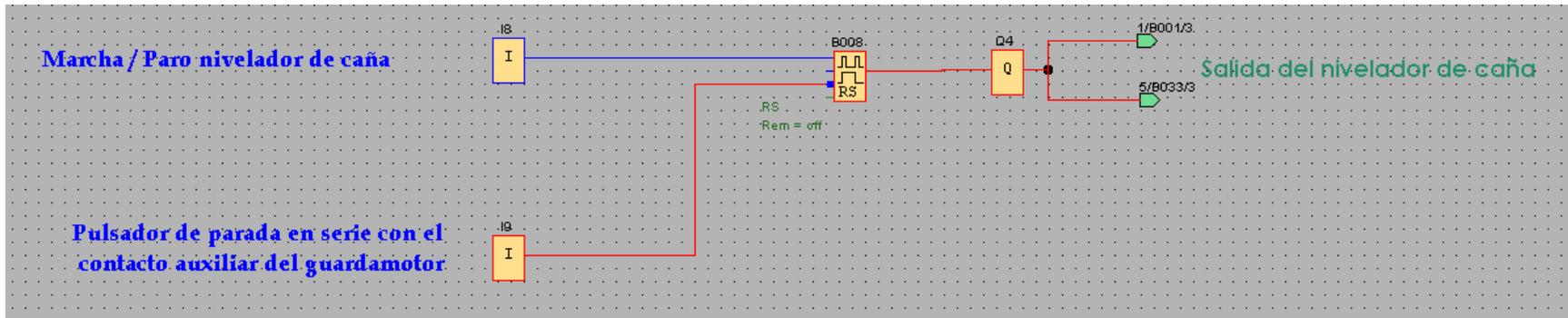


- ✓ Para poder poner en marcha el **2º conductor** se debe cumplir las siguientes condiciones; estar activado el contacto auxiliar del guardamotor (**I4**), tambor alimentador del desfibrador (**Q5**), kiker (**Q6**), salida de control de nivel (**M3**).

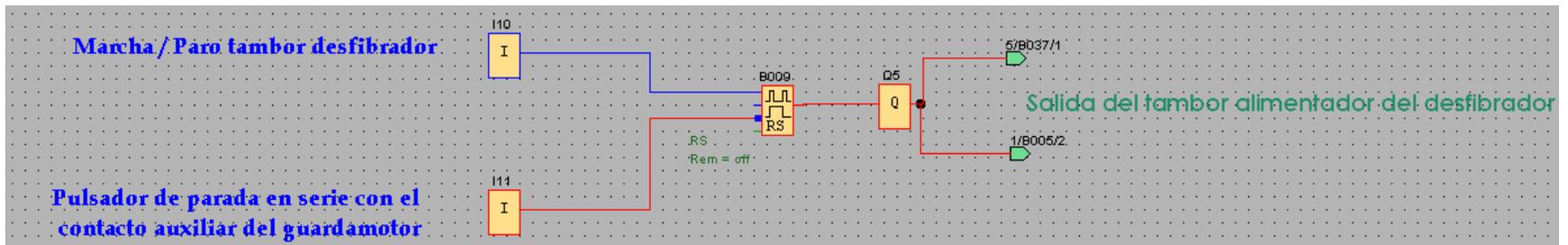




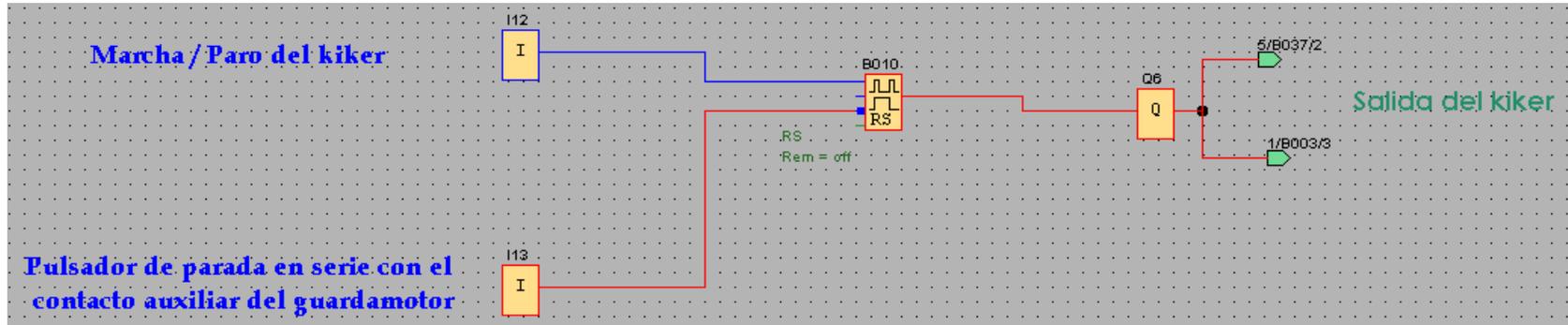
- ✓ Para poder poner en marcha el **nivelador de caña** se debe cumplir la siguiente condición; estar activado el pulsador de parada en serie con el contacto auxiliar del guardamotor (**I9**).



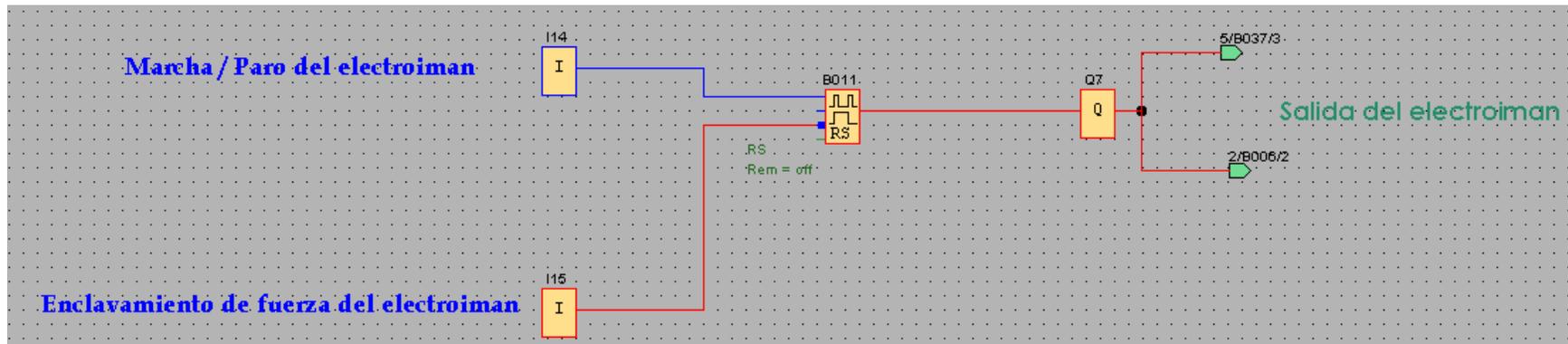
- ✓ Para poder poner en marcha el **tambor alimentador del desfibrador** se debe cumplir la siguiente condición; estar activado el pulsador de parada en serie con el contacto auxiliar del guardamotor (**I11**).



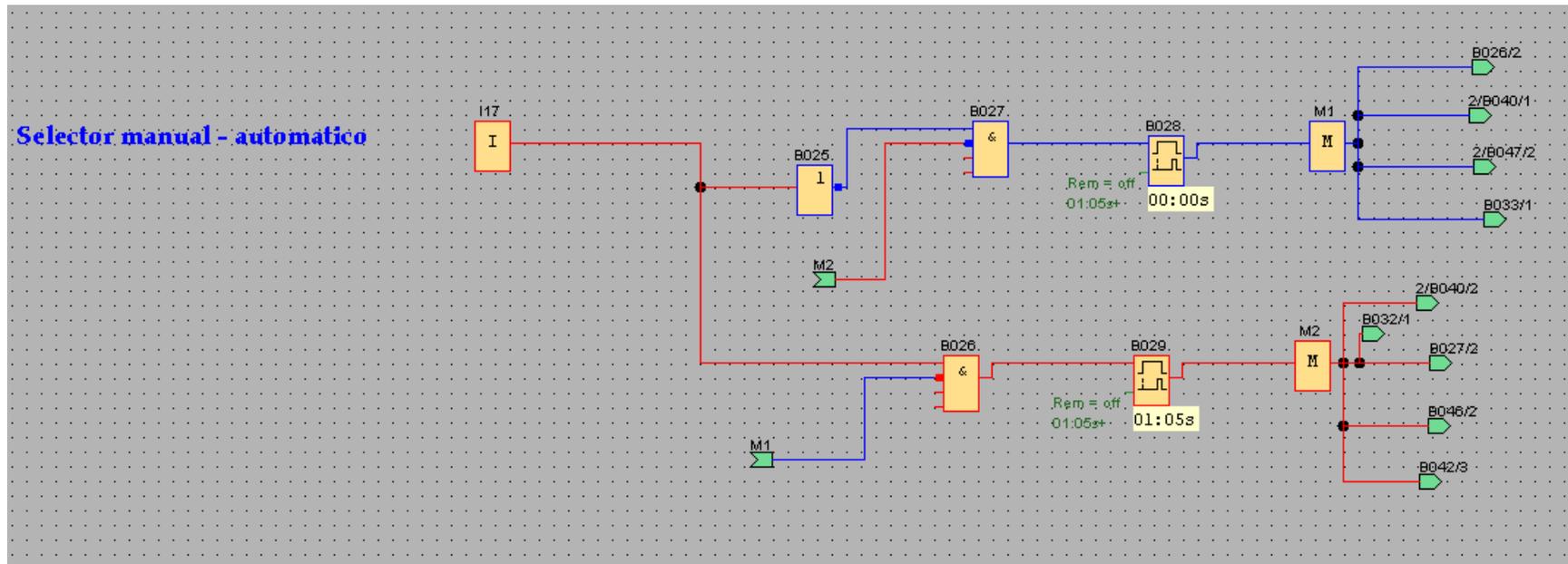
- ✓ Para poder poner en marcha el **kiker** se debe cumplir la siguiente condición; estar activado el pulsador de parada en serie con el contacto auxiliar del guardamotor (**I13**).



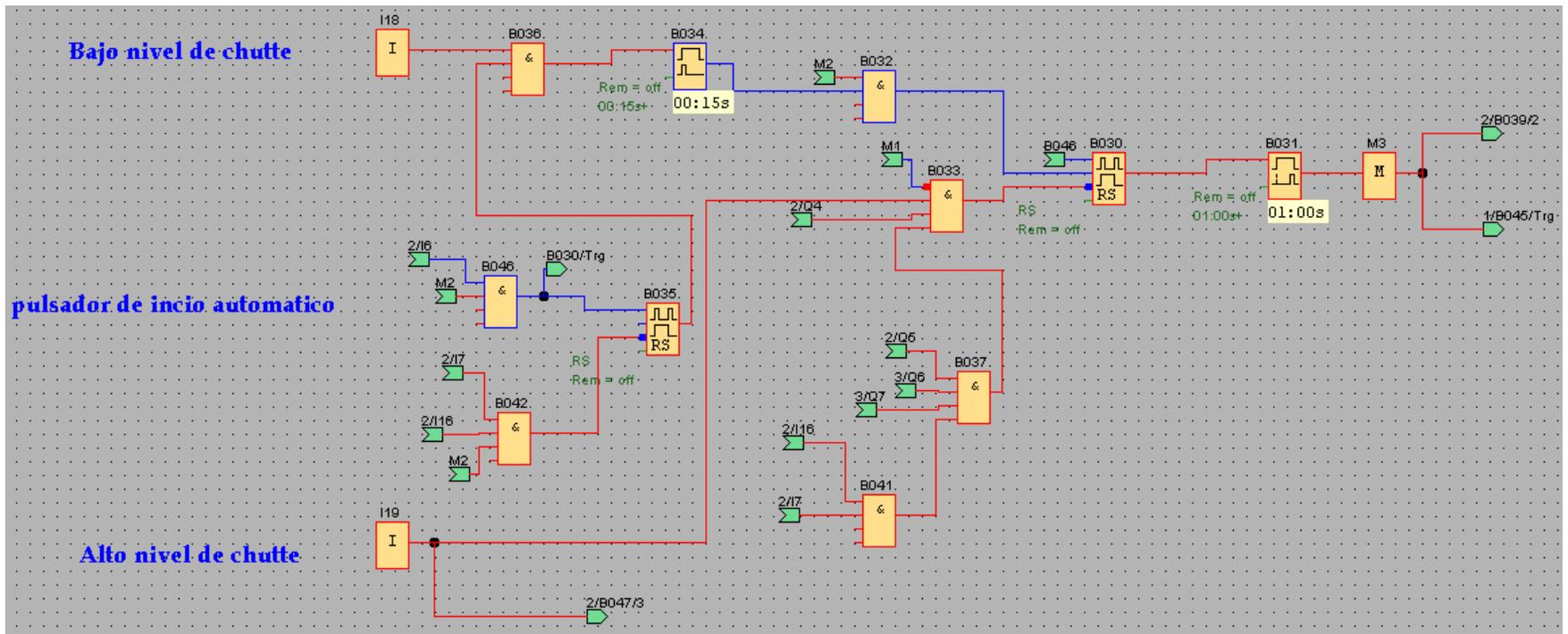
- ✓ Para poder poner en marcha el **electroimán** se debe cumplir la siguiente condición; estar activado el enclavamiento de fuerza (**I16**).



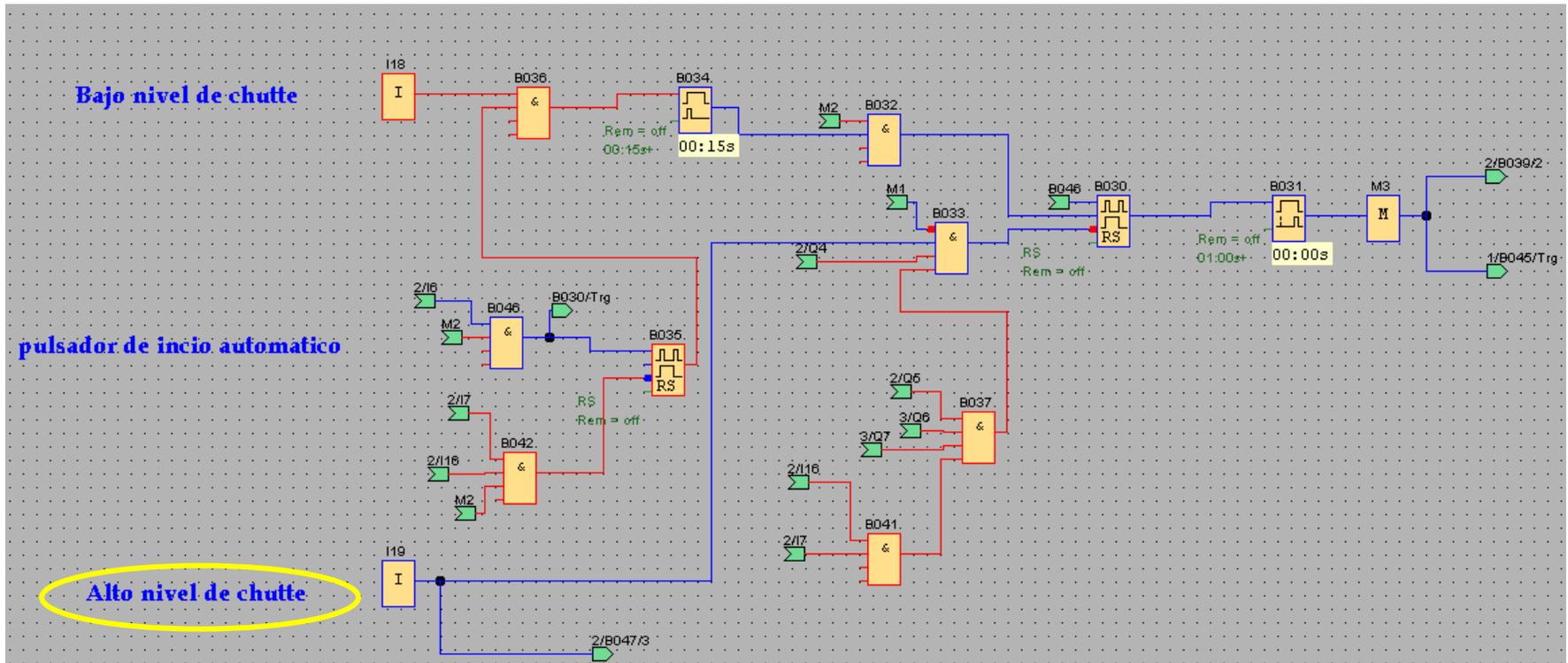
- ✓ Selección en modo manual (M1) y modo automático (M2) a través de I17.

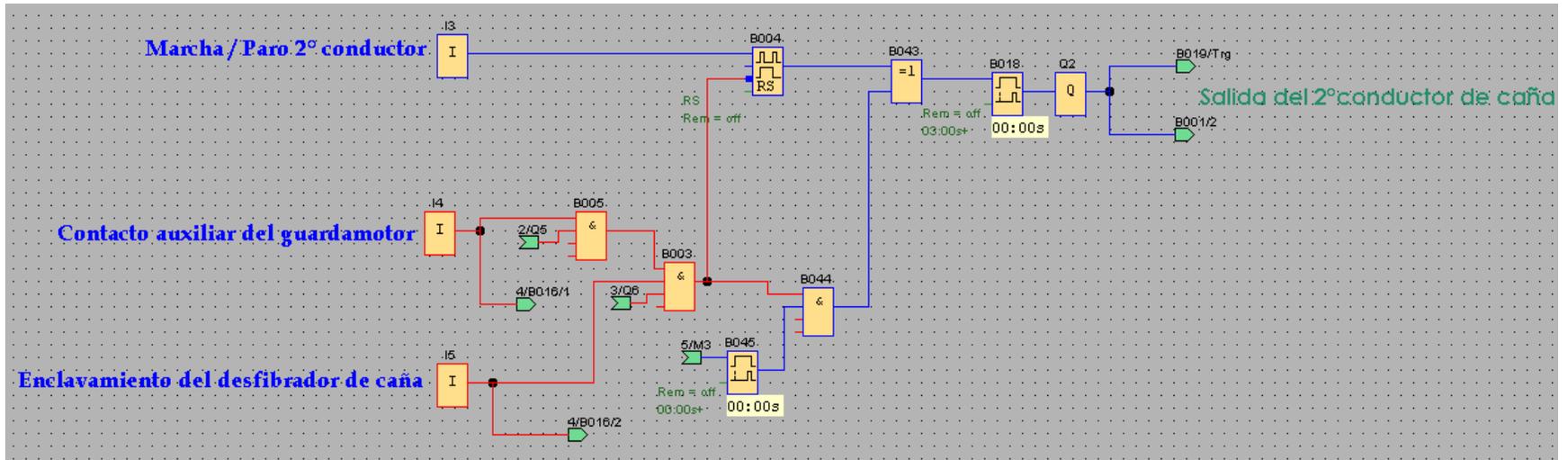
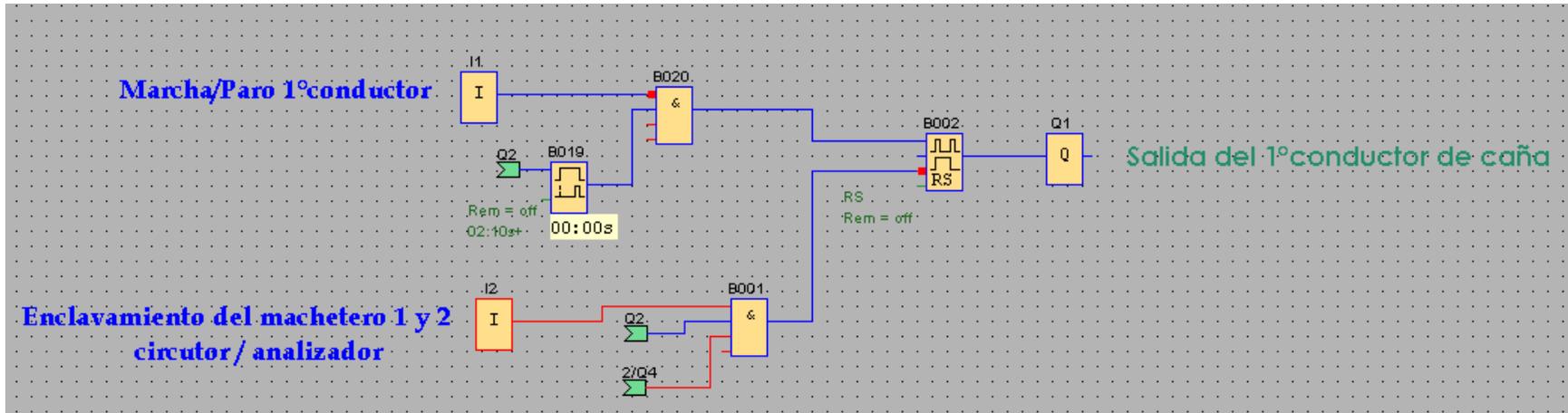


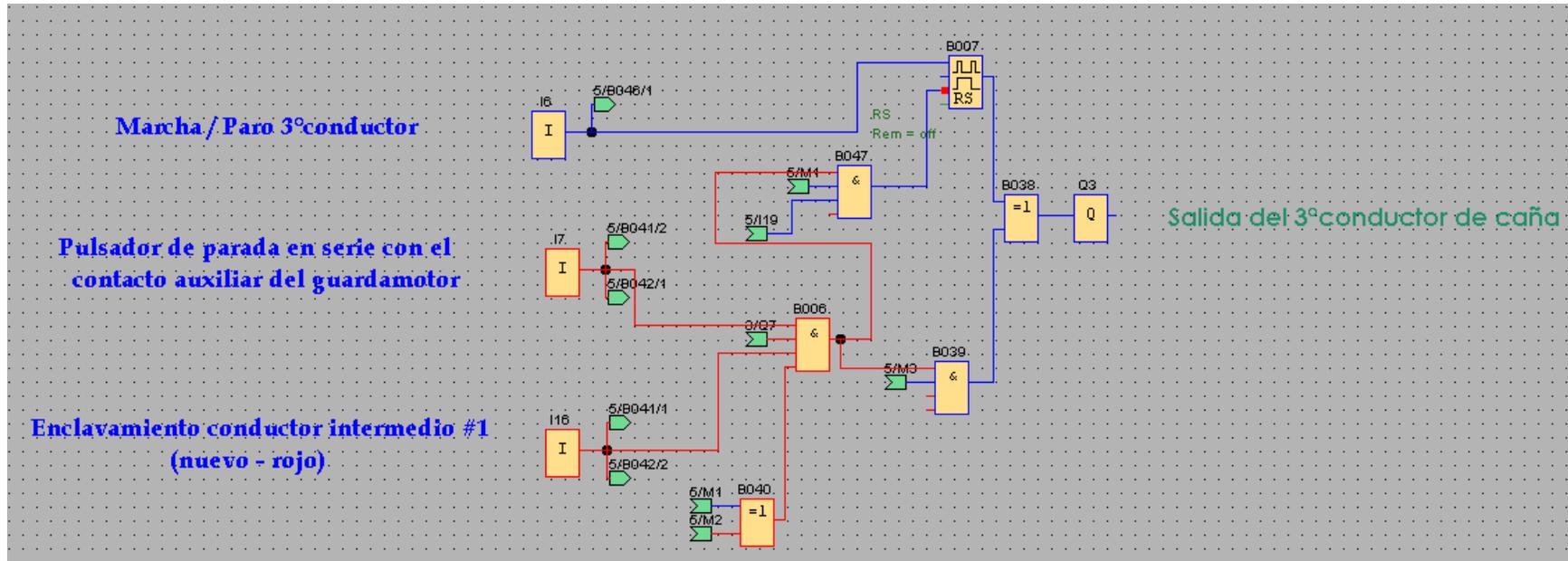
- ✓ Para poder activar la salida de **control de nivel (M3)**, se debe tener en cuenta los siguientes puntos; estar activado el 3° conductor (**I6**), el pulsador de parada en serie con el contacto auxiliar del guardamotor (**I7**), el enclavamiento del conductor intermedio #1 (**I16**), alto nivel del chute (**I19**), salida del nivelador de caña (**Q4**), salida del tambor alimentador del desfibrador (**Q5**), salida del kiker (**Q6**), salida del electroimán (**Q7**), salida en modo automático (**M2**).



- ✓ Luego que se detecta alto nivel en el 1° chute, ocurre lo siguiente; se desactiva la salida de control de nivel (M3) y por consiguiente la salida del 1° conductor de caña (Q1), la salida del 2° conductor de caña (Q2) y la salida del 3° conductor de caña (Q3).

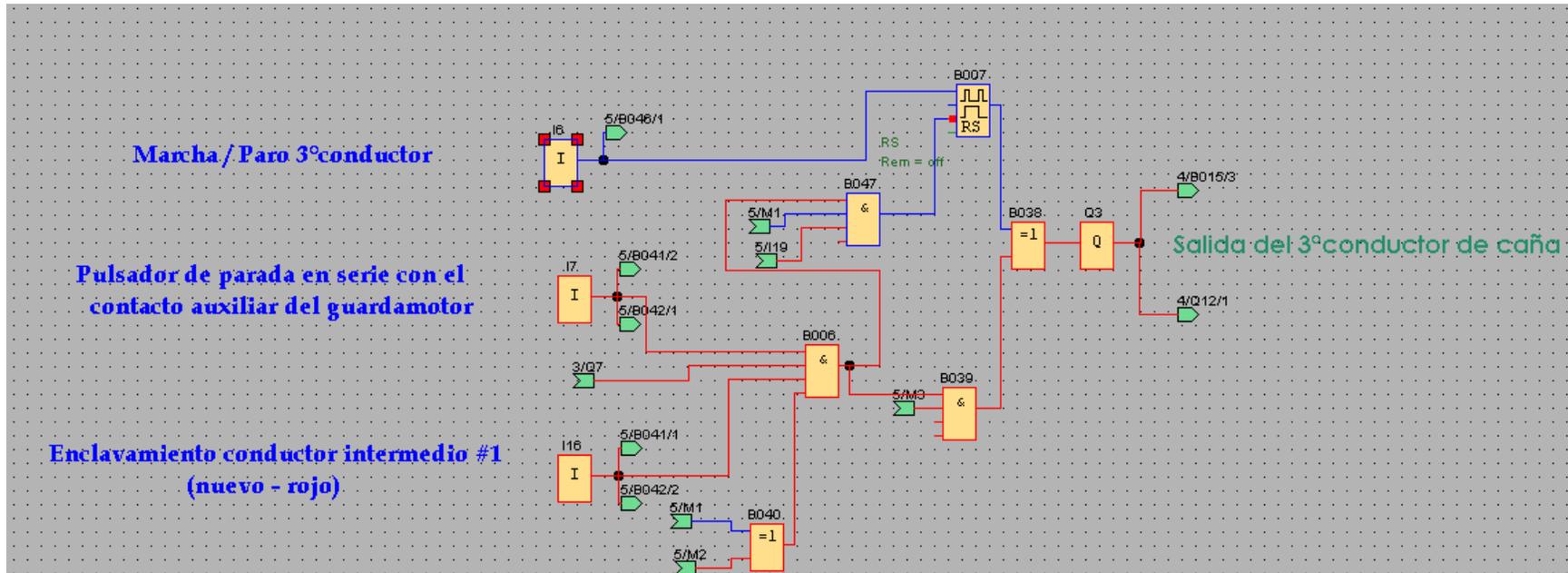






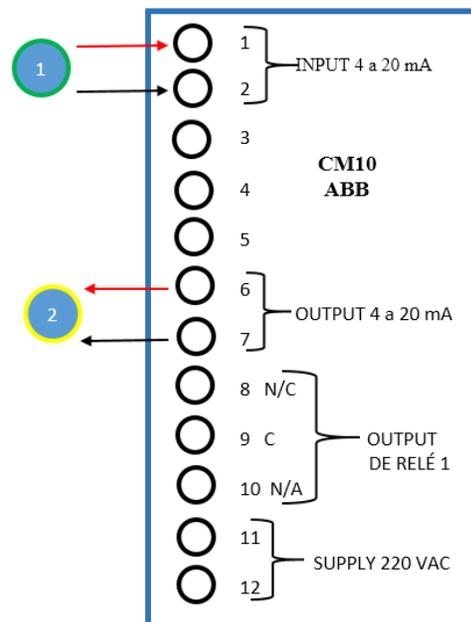
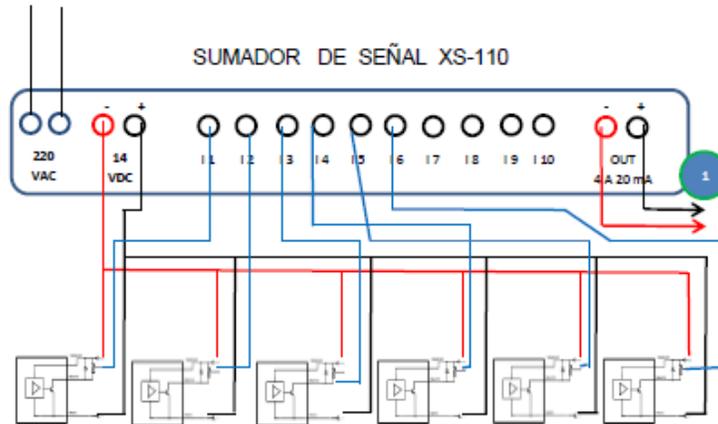


- Luego se procede a lo siguiente:
- ✓ PRESIONAR el pulsador (**I6**) para poner en marcha el 3° conductor de caña, para así nuevamente comenzar con el control forzado de los conductores de caña 1 y 2 a través de la salida de control de nivel (**M3**).

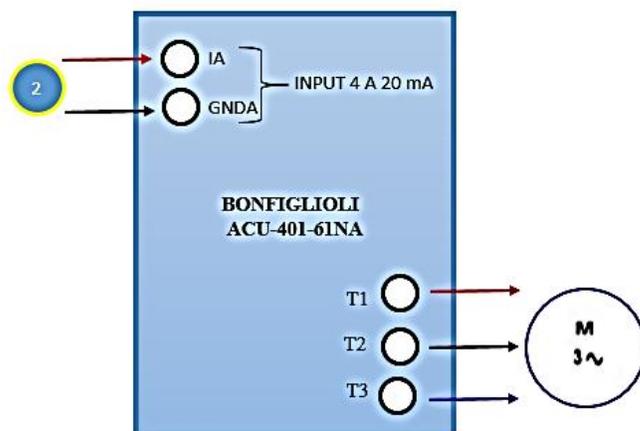


## ANEXO N°04:

- ✓ Plano de conexión del tercer molino.

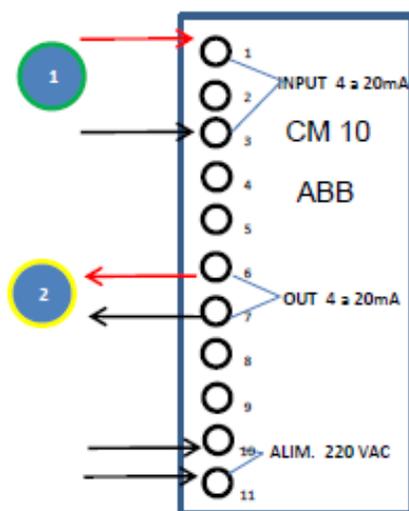
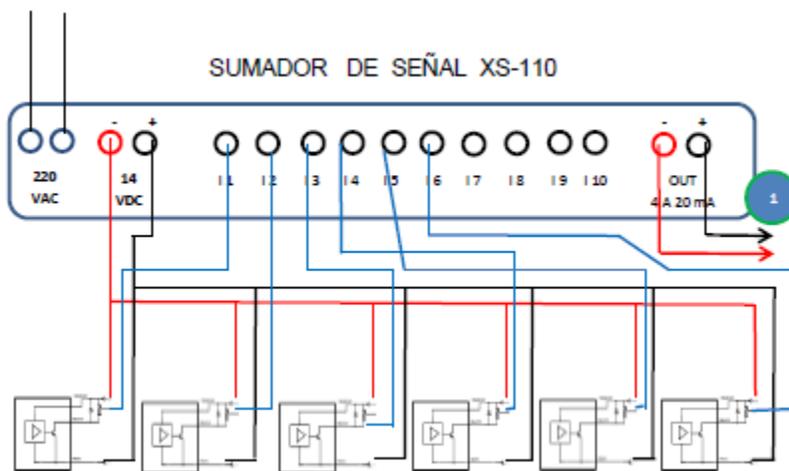


- ✓ Plano de conexión de salida analógica de 4-20 mA hacia el variador.

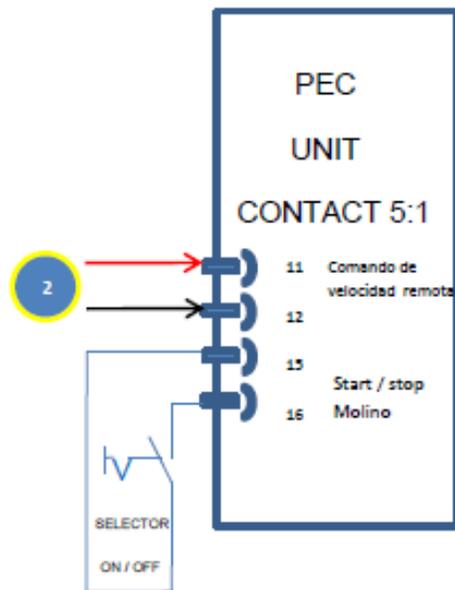


**ANEXO N°05:**

- ✓ Plano de conexión del quinto molino.



- ✓ Comando de velocidad remota a través del ingreso de 4-20 mA en el tablero de motor hidráulico haggglunds.

SPIDER 5<sup>TO</sup> MOLINO

## ANEXO N°06: COSTO DEL SISTEMA PROPUESTO

Tabla N°04

*Presupuesto*

<b>PRESUPUESTO DE LA TESIS</b>			
<b>Ítems</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (S/.)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>
<b>Recursos Humanos</b>			
Asesor	1	500.00	S/. 500
<b>Materiales</b>			
Sensor Capacitivo SC-500	18	230	4140
Convertor Sumador XS-110	3	215	645
Controlador CM10 ABB	3	195	585
Cable apantallado 12x1.5 mm <sup>2</sup>	1 rollo	300.00	300
Cable apantallado 2x1.5 mm <sup>2</sup>	1 rollo	300.00	300
Cable 2x16 AWG	60 mts	0.80	48
Cable 3x16 AWG	6mts	1.50	9
Tablero eléctrico 700x500x250 Mm	1	500	30
Tablero eléctrico 300x250x200 mm	1	300	300
Caja termoplastica 255x200x80 mm	3	10.00	30
Borneras portafusibles	10	2.00	20
Borneras Schneider para riel	24	2.00	24
Riel DIN	4 mts	8.00	32
<b>Otros</b>			
Pasajes	8	15.00	120
Materiales de escritorio	1	5.00	5
Impresión de la Tesis	5	3.00	15
<b>TOTAL</b>			<b>7127.00</b>

Fuente: elaboración propia

---

Ing. Diaz Ronceros, Ernesto

**Asesor**

**JURADO EVALUADOR**

---

Mg. Soto La Rosa, José Germán

**Presidente**

---

Ing. Martínez Chafalote, Ulises Robert

**Secretario**

---

Ing. De la Cruz Rodríguez, Oscar Miguel

**Vocal**