



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA:**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

Tesis previa a la obtención del título de:

**Ingeniero Electrónico**

**TEMA:**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE BANCO DE PRUEBAS PARA  
MEDICIÓN DE LA VARIABLES HUMEDAD, TURBIDEZ, VELOCIDAD Y  
ALTURA PARA PRÁCTICAS DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL EN  
LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL.**

**AUTORES:**

**LLIGÜICOTA ARREAGA VÍCTOR CARLOS**

**SIMISTERRA NUPIA JOSÉ JAVIER**

**DIRECTOR:**

**ING. MÓNICA MIRANDA, MSC**

Guayaquil – Ecuador

2015

## **Declaratoria de responsabilidad**

Por medio de la presente se deja en claro que, los conceptos desarrollados, análisis e investigaciones realizadas y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, febrero del 2015

(f) \_\_\_\_\_  
VICTOR LLIGÜICOTA ARREAGA

(f) \_\_\_\_\_  
JOSÉ SIMISTERRA NUPIA

## **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado a todas y cada una de aquellas personas que de una u otra forma aportaron con un granito de arena para mi formación profesional, sobre todo a mi madre y familia, quienes estuvieron de principio a fin en lo que ahora se ha convertido en una gran realidad, ser un profesional.

De antemano quedo eternamente agradecido, comprometiéndome a retribuir toda esta ayuda ofrecida durante mi formación profesional.

VICTOR LLIGÜICOTA ARREAGA

## **Dedicatoria**

Dedicó este trabajo a mi madre, Fanny Nupia, por ser la persona que siempre estuvo allí en los estudios, que nunca me dejó caer, que siempre estuvo dando ánimos para no descarrilarme.

A mi padre, Juan Simisterra, el hombre que me enseñó a ser un hombre de bien, quien me apoyó siempre económicamente en mis estudios hasta estas instancias, aquel ser que dejó de verme por trabajar y quererme siempre ver todo un profesional.

A mis hermanos Joselin y Juan Carlos, demostrándoles que la vida es difícil, pero que cuando uno se propone a llegar a una meta siempre lo logra. Siempre hay que luchar y no darse por vencido ni por más obstáculos que la vida nos ponga en frente.

A mi hija Brianna, mi motor de vida.

A mi esposa Ruth, que siempre me presionó para un bien con mi proyecto final.

**JOSÉ SIMISTERRA NUPIA**



## **Agradecimiento**

A la Universidad Politécnica Salesiana y docentes que durante años nos brindaron su apoyo y colaboración.

Agradeciendo a nuestra tutora Ing. Mónica Miranda, que con su ayuda y experiencia se consiguió que este proyecto que es muestra de un gran esfuerzo en conjunto finalizara satisfactoriamente.

Agradeciendo a nuestras familias, que en el día a día siempre nos brindaron su apoyo dándonos ánimos para que siempre estemos de pie a este proyecto.

Finalmente agradecemos a Dios Padre Celestial por la meta lograda, rogando que nos dé fortalezas para seguir esforzándonos y seguir actualizándonos día a día con temas tecnológicos.

VICTOR CARLOS LLIGUICOTA ARREAGA

JOSÉ JAVIER SIMISTERRA NUPIA

## Índice de contenido

|  |     |
|--|-----|
| Dedicatoria .....                        | III |
| Dedicatoria .....                        | IV  |
| Agradecimiento .....                     | V   |
| Índice de contenido.....                 | VI  |
| Resumen.....                             | XV  |
| Abstract... ..                           | XVI |
| Introducción.....                        | 1   |
| Capítulo 1 El Problema .....             | 2   |
| 1.1. Planteamiento del problema. ....    | 2   |
| 1.2. Delimitación del problema .....     | 2   |
| 1.3. Objetivos.....                      | 2   |
| 1.3.1. Objetivo general.....             | 2   |
| 1.3.2. Objetivos específicos.....        | 3   |
| 1.4. Justificación .....                 | 3   |
| 1.5. Variables e indicadores. ....       | 3   |
| 1.6. Metodología.....                    | 4   |
| 1.6.1. Métodos .....                     | 4   |
| 1.6.1.1. Método experimental.....        | 4   |
| 1.6.2. Técnicas.....                     | 5   |
| 1.6.2.1. Técnicas documentales.....      | 5   |
| 1.6.2.2. Técnica de campo.....           | 5   |
| 1.7. Población y muestra .....           | 6   |
| 1.8. Descripción de la propuesta.....    | 6   |
| 1.8.1. Beneficiarios .....               | 9   |
| Capítulo 2: Marco Teórico .....          | 10  |
| 2.1. Instrumentación Industrial.....     | 10  |
| 2.2. Humedad Relativa.....               | 10  |
| 2.3. La turbidez.....                    | 12  |
| 2.4. La velocidad .....                  | 13  |
| 2.5. Nivel.....                          | 15  |
| 2.6. Transmisor de humedad .....         | 16  |
| 2.7. Convertidor de pulsos.....          | 18  |
| 2.8. Sensor Ultrasónico. ....            | 18  |
| 2.9. Sensor Inductivo de proximidad..... | 19  |

|  |    |
|--|----|
| 2.10. Sensor de Turbidez o Turbidímetro .....  | 20 |
| 2.11. Controladores lógicos programables.....  | 20 |
| 2.11.1. Simatic S7-300.....  | 21 |
| 2.11.2. CPU 315-2DP .....  | 23 |
| 2.11.3. Simatic Manager Step 7.....  | 25 |
| 2.11.4. ProfiBus DP .....  | 25 |
| 2.11.5. Periferia descentralizada ET 200S .....  | 27 |
| 2.11.6. KPT600 Basic Color DP .....  | 29 |
| 2.11.7. Aplicación del SCADA WinCC flexible 2008 advanced.....   | 32 |
| 2.11.8. Trabajo básico con conexiones .....  | 33 |
| 2.12 Sistema de control.....   | 35 |
| 2.12.1 Elementos de un lazo de control .....   | 35 |
| 2.12.2 Funciones de un lazo de control.....  | 36 |
| 2.12.3 Sistema de control en lazo abierto .....  | 36 |
| 2.12.4 Sistema de control en lazo cerrado.....   | 37 |
| 2.12.5 Estructura del PID .....  | 37 |
| 2.12.6 Métodos clásicos de ajuste de Ziegler and Nichols .....   | 39 |
| Capítulo 3: Diseño e Implementación del proyecto .....   | 42 |
| 3.1. Antecedentes.....   | 42 |
| 3.2 Descripción del banco de pruebas.....  | 42 |
| 3.3. Diagramas Esquemático del banco de pruebas.....   | 44 |
| 3.4. Dimensiones, Elementos de medición y Conexiones del banco de pruebas. ....                                | 45 |
| 3.5 Descripción funcional del banco de pruebas. ....   | 61 |
| 3.5.1 Descripción funcional de la etapa de medición de velocidad y altura. ....                                | 62 |
| 3.5.2 Descripción funcional de la etapa de medición de humedad.....  | 63 |
| 3.5.3 Descripción funcional de la etapa de medición de turbidez. ....  | 64 |
| 3.6. Desarrollo de la programación para el banco de pruebas.....   | 65 |
| 3.6.1 Edición de OB1 .....   | 67 |
| 3.6.2 Configuración de pantalla KTP 600DP.....   | 68 |
| 3.6.3. Bloque de función FB41 (CONT C). ....   | 69 |
| Capítulo 4: Desarrollo de las prácticas. ....  | 75 |
| 4.1 Reconocimiento del hardware utilizado para la adquisición y monitoreo de señales del banco de pruebas..... | 75 |
| 4.2 Reconocimiento y puesta en marcha del equipo de medición de velocidad. ....                                | 77 |

|   |     |
|---|-----|
| 4.3 Medición de la señal de salida del generador de pulso utilizado para la medición de velocidad.....  | 78  |
| 4.4 Reconocimiento y puesta en marcha del equipo de medición de altura .....  | 80  |
| 4.5 Reconocimiento y puesta en marcha del equipo de medición de humedad .....   | 82  |
| 4.6 Reconocimiento y funcionamiento manual del sistema de control de humedad..  | 85  |
| 4.7 Reconocimiento y funcionamiento automático del sistema de control de humedad... ..  | 86  |
| 4.8 Reconocimiento de los equipo de medición de turbidez.....   | 87  |
| 4.9 Puesta en marcha del sistema de medición de turbidez .....  | 89  |
| 4.10 Medición y comparación de señal generada por el sensor de turbidez en el momento de marchar los circuitos de recirculación. ....                     | 90  |
| Capítulo 5: Formato de prácticas.....   | 92  |
| 5.1. Práctica # 1: Reconocimiento del hardware utilizado para la adquisición y monitoreo de señales en banco de pruebas. ....                             | 92  |
| 5.2. Práctica # 2: Reconocimiento y puesta en marcha del equipo de medición de velocidad.. ..   | 94  |
| 5.3. Práctica # 3: Medición de la señal de salida del generador de pulso utilizado para la medición de velocidad.....                                     | 96  |
| 5.4. Práctica # 4: Reconocimiento y puesta en marcha del equipo de medición de altura de la tolva 1.....  | 98  |
| 5.5. Práctica # 5: Reconocimiento y puesta en marcha del equipo de medición de humedad.. ..   | 100 |
| 5.6. Práctica # 6: Reconocimiento y funcionamiento manual del sistema de medición de humedad.....   | 102 |
| 5.7. Práctica # 7: Reconocimiento y funcionamiento automático del sistema de medición de humedad. ....  | 104 |
| 5.8. Práctica # 8: Reconocimiento de los equipos de medición de turbidez. ....  | 106 |
| 5.9. Práctica # 9: Puesta en marcha del sistema de medición de turbidez. ....   | 108 |
| 5.10. Práctica # 10: Medición y comparación de la señal generada por el sensor de turbidez, en el momento de marchar los circuitos de recirculación. .... | 110 |
| Conclusiones .....  | 112 |
| Recomendaciones .....   | 112 |
| Cronograma .....  | 114 |
| Presupuesto.....  | 115 |
| Referencias .....   | 119 |

## Índice de tabla

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1 Propiedades del cable tipo A .....                            | 26  |
| Tabla 2 Parámetros de ajuste (método de oscilación).....              | 40  |
| Tabla 3 Parámetros de ajuste (método curva reacción) .....            | 41  |
| Tabla 4 Registro de señal de velocidad de elevador de cangilones..... | 97  |
| Tabla 5 Registro de señal de turbidez del banco de pruebas.....       | 111 |
| Tabla 6 Cronograma de actividades.....                                | 114 |
| Tabla 7 Presupuesto .....   | 115 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.1 Diagrama estructural de tolvas .....               | 6  |
| Figura 1.2 PI&D de proceso.....                               | 7  |
| Figura 1.3. Diagrama de bloques.....                          | 8  |
| Figura 2.1. Turbidez.....                                     | 12 |
| Figura 2.2 Variaciones de humedad .....                       | 18 |
| Figura 2.3. Sensor Inductivo .....                            | 19 |
| Figura 2.4. Funcionamiento de Sensor de Turbidez .....        | 20 |
| Figura 2.5. Estructura controlador lógico programable .....   | 21 |
| Figura 2.6 Simatic S7-300.....                                | 23 |
| Figura 2.7 CPU 315-2DP .....                                  | 24 |
| Figura 2.8 SIMATIC MANAGER .....                              | 25 |
| Figura 2.9 Ejemplo de configuración de ET 200S .....          | 27 |
| Figura 2.10 ET 200S.....                                      | 28 |
| Figura 2.11 Componentes de KTP 600 DP.....                    | 30 |
| Figura 2.12 Configuración Sistema operativo.....              | 31 |
| Figura 2.13 Sistema monopuesto.....                           | 33 |
| Figura 2.14 Estructura conexiones en WinCC .....              | 34 |
| Figura 2.15 Sistema de control.....                           | 35 |
| Figura 2.16 Elementos de un lazo de control .....             | 35 |
| Figura 2.17 Control en lazo abierto .....                     | 36 |
| Figura 2.18 Control en lazo cerrado .....                     | 37 |
| Figura 2.19 Lazo cerrado solo con ganancia proporcional ..... | 39 |
| Figura 3.1 Construcción banco de pruebas .....                | 44 |
| Figura 3.2 Diagrama Esquemático del banco de pruebas .....    | 44 |
| Figura 3.3 Diseño mecánico.....                               | 46 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 3.4 Tablero para banco de pruebas .....                    | 46 |
| Figura 3.5 Breaker principal.....                                 | 47 |
| Figura 3.6 Fuente Logo.....                                       | 47 |
| Figura 3.7. Elevador de cangilón.....                             | 48 |
| Figura 3.8 Cangilón de banco de pruebas .....                     | 49 |
| Figura 3.9 Tambores tensor y motriz de elevador de cangilón. .... | 50 |
| Figura 3.10 Tambores motriz y de cola de banda horizontal .....   | 51 |
| Figura 3.11 Motor de elevador .....                               | 52 |
| Figura 3.12 Motor de banda horizontal.....                        | 52 |
| Figura 3.13 Sensor ultrasónico .....                              | 53 |
| Figura 3.14 Convertidor de pulsos.....                            | 53 |
| Figura 3.15 Convertidor de pulsos.....                            | 54 |
| Figura 3.16 Esquema de conexión.....                              | 54 |
| Figura 3.17 Transmisor de humedad colocado en tolva 2 .....       | 56 |
| Figura 3.18 Transmisor de humedad (GDHO-420).....                 | 56 |
| Figura 3.19 Dimensiones Transmisor de humedad .....               | 57 |
| Figura 3.20 Blower .....  | 57 |
| Figura 3.21 Sensor de turbidez 165D604P003.....                   | 58 |
| Figura 3.22 Diagrama eléctrico de sensor de turbidez.....         | 58 |
| Figura 3.23 Medidas sensor de turbidez .....                      | 59 |
| Figura 3.24 Bomba de agua para recirculación de agua. ....        | 59 |
| Figura 3.25 Relés a 24 VDC .....                                  | 60 |
| Figura 3.26 Relé a 110 VAC .....                                  | 60 |
| Figura 3.27 Relé de estado sólido.....                            | 61 |
| Figura 3.28 Scada de medición de velocidad y altura .....         | 62 |
| Figura 3.29 Scada de medición humedad .....                       | 63 |
| Figura 3.30 Scada de medición de turbidez .....                   | 64 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 3.31 Administrador Simatic .....                        | 66 |
| Figura 3.32 Configuración de hardware .....                    | 66 |
| Figura 3.33 Bloque de organización .....                       | 67 |
| Figura 3.34 Bloque de organización abierto .....               | 68 |
| Figura 3.35 Diseño de imágenes en WinCC flexible 2008.....     | 68 |
| Figura 3.36 Transferencia del proyecto .....                   | 69 |
| Figura 3.37 El bloque organización OB35.....                   | 70 |
| Figura 4.1 Controlador s7-300 .....                            | 75 |
| Figura 4.2 Fuente 24 VDC .....                                 | 76 |
| Figura 4.3 KTP 600 DP.....                                     | 76 |
| Figura 4.4. Banda Transportadora .....                         | 77 |
| Figura 4.5 Sensor Inductivo .....                              | 77 |
| Figura 4.6 Scada de Medición de Velocidad.....                 | 78 |
| Figura 4.7 Generador de pulso para medición de velocidad ..... | 79 |
| Figura 4.8 Esquema de conexión.....                            | 79 |
| Figura 4.9 Sistema para medición de altura .....               | 80 |
| Figura 4.10 Motor 12 VDC .....                                 | 80 |
| Figura 4.11 Sensor de nivel ultrasónico.....                   | 81 |
| Figura 4.12 Compartimiento de Tolva1 y Tolva 2 .....           | 81 |
| Figura 4.13 Scada de Medición de Velocidad.....                | 82 |
| Figura 4.14 Sensor de Humedad .....                            | 83 |
| Figura 4.15 Ventilador .....                                   | 84 |
| Figura 4.16 Ubicación de Ventilador.....                       | 84 |
| Figura 4.17 Scada de medición de humedad.....                  | 85 |
| Figura 4.18 Resistencia calefactora. ....                      | 86 |
| Figura 4.19 Control automático de humedad .....                | 87 |
| Figura 4.20 Sistema de medición de turbidez .....              | 87 |



|   |     |
|---|-----|
| Figura 4.21 Llaves de cierre rápido y sensores inductivos .....         | 88  |
| Figura 4.22 Bomba de agua ubicada en banco de prueba. ....              | 88  |
| Figura 4.23 Scada medición de turbidez.....                             | 89  |
| Figura 4.24 Estructura de circuitos de recirculación .....              | 90  |
| Figura 4.25 Conexión de señal de turbidez.....                          | 91  |
| Figura 4.26 Sensor de turbidez.....                                     | 91  |
| Figura 5.1. Panel eléctrico de banco de pruebas .....                   | 93  |
| Figura 5.2. Generador de pulsos en tambor tensor de elevador .....      | 95  |
| Figura 5.3. Diagrama de conexión de convertidor de pulso MFV915. ....   | 96  |
| Figura 5.4 Convertidor de pulsos .....                                  | 97  |
| Figura 5.5. Scada de medición de velocidad y altura de la tolva 1. .... | 99  |
| Figura 5.6. Sistema de medición de humedad.....                         | 101 |
| Figura 5.7. Scada de medición de humedad.....                           | 103 |
| Figura 5.8. Ventilador de banco de pruebas.....                         | 105 |
| Figura 5.9. Sistema de medición de turbidez .....                       | 107 |
| Figura 5.10. Scada de medición de turbidez .....                        | 109 |
| Figura 5.11. Borneras de conexión de sensor de turbidez .....           | 111 |

## Índice de anexos

|   |     |
|---|-----|
| Anexo 1 Bloque de organización segmentos 1-2 .....    | 120 |
| Anexo 2 Bloque de organización segmentos 3-7 .....    | 121 |
| Anexo 3 Bloque de organización segmentos 8-11 .....   | 122 |
| Anexo 4 Bloque de organización segmentos 12-15 .....  | 123 |
| Anexo 5 Bloque de organización segmentos 16-18 .....  | 124 |
| Anexo 6 Bloque de organización segmentos 19-21 .....  | 125 |
| Anexo 7 Bloque de organización segmentos 22-25 .....  | 126 |
| Anexo 8 Bloque de organización segmento 26 .....      | 127 |
| Anexo 9 Bloque de organización 35 segmento 1 .....    | 128 |
| Anexo 10 Bloque de organización 35 segmentos 2-3..... | 129 |
| Anexo 11 Bloque de organización 35 FB41 .....         | 130 |

### Resumen

| AÑO  | TÍTULO                    | ALUMNOS   | TUTOR                  | TEMA   |
|------|---------------------------|---|------------------------|--|
| 2015 | INGENIERIA<br>ELECTRÓNICA | LLIGUICOTA<br>ARREAGA<br>CARLOS<br>VICTOR<br><br>SIMISTERRA<br>NUPIA JOSE<br>JAVIER | ING. MONICA<br>MIRANDA | DISEÑO E<br>IMPLEMENTACIÓN DE<br>BANCO DE PRUEBAS<br>PARA MEDICIÓN DE LA<br>VARIABLES HUMEDAD,<br>TURBIDEZ, VELOCIDAD<br>Y ALTURA PARA<br>PRÁCTICAS DE<br>INSTRUMENTACIÓN<br>INDUSTRIAL EN LA<br>UNIVERSIDAD<br>POLITÉCNICA<br>SALESIANA SEDE<br>GUAYAQUIL |

El presente proyecto representa el diseño e implementación de un banco de pruebas para la medición de las variables de humedad, turbidez, velocidad y altura, el mismo que consta de dispositivos de instrumentación y automatización que permite realizar pruebas que constantemente se visualizan en el campo laboral. Entre las aplicaciones de las prácticas se detalla un control PID en donde se visualiza el funcionamiento del sistema implementado. El proyecto se fortalece en la comunicación entre el controlador y el software, en donde los instrumentos que detectan las magnitudes físicas se conectan al controlador, quien las procesa y permite visualizarlas en una pantalla que se ubica junto al panel.

Este proyecto beneficiará a los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil de la carrera de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, fortaleciendo los conocimientos teóricos de la materia de instrumentación industrial con las prácticas, y a su vez obteniendo una primera experiencia a lo que se vivirá cuando se esté en el campo laboral.

En el control PID de este banco se controla el porcentaje de humedad relativa.

**PALABRAS CLAVES:** Implementación, PID, humedad, turbidez, velocidad, nivel

### Abstract

| YEAR | STUDY PROGRAM        | AUTHORS   | THESIS DIRECTOR        | TITLE  |
|------|----------------------|---|------------------------|--|
| 2015 | ELECTRONIC ENGENIEER | LLIGUICOTA<br>ARREAGA<br>CARLOS<br>VICTOR<br><br>SIMISTERRA<br>NUPIA JOSE<br>JAVIER | ING. MONICA<br>MIRANDA | DESIGN AND<br>IMPLEMENTATION OF<br>TEST BRENCH FOR<br>MEASUREMENT OF<br>HUMIDITY, TURBIDITY,<br>SPEED AND HEIGHT<br>FOR PRACTICES FOR<br>INDUSTRIAL<br>INSTRUMENTATION IN<br>THE POLYTECHNIC<br>SALESIAN UNIVERSITY<br>HEADQUARTERS<br>GUAYAQUIL |

This project is represented in the design and implementation of a bench test for measuring variables humidity, cloudiness, speed and height, the same consisting of instrumentation devices and automation for testing constantly displayed in the field labor practices and laboratories for students in the subjects of automatism. Among the practical applications of the P & D controls where the implemented control system displays detailed. The project strengthens communication between the controller and software, where teams that get to the controller output variables and these variables are displayed on the software as a screen that sits next to the panel are connected.

This project will benefit students of the Polytechnic University Salesian Headquarters Guayaquil Electronics Engineering and Electrical Study Program, to strengthen their theoretical knowledge of automation in practice, and in turn obtaining a first experience of what it will live when you are in the workplace.

In the P & D control of this test bench variable humidity, cloudiness and speed are shown.

**KEYWORDS:** Implementation, P & D, humidity, cloudiness, speed, level.

## **Introducción**

En el siguiente trabajo se da a conocer como se investigó y desarrollo el banco de pruebas para mediciones de variables de instrumentación tales como la humedad, turbidez, velocidad y altura. Todo esto se implementa por la falta de un módulo que contenga dichas características de instrumentación para realizar prácticas en la Universidad Politécnica Salesiana.

Para realizar el objetivo se planteó el diseño con la correspondiente aprobación por partes de las autoridades competentes. El banco de pruebas y todo lo correspondiente al sistema de control, será implementado en un tablero cuyas dimensiones son: 0.69 m. de ancho por 0.67 m. de largo y 0.84 m. de alto.

El banco de pruebas constará de una tolva, un elevador de cangilones, una banda transportadora y el tablero eléctrico donde irá alojado el controlador lógico y los elementos de instrumentación para las respectivas mediciones.

## **Capítulo 1: El Problema**

Diseño e implementación de banco de prueba para medición de las variables humedad, turbidez, velocidad y altura para prácticas de instrumentación industrial en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil

### **1.1. Planteamiento del problema.**

En la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana cuando se ve materias como sensores y transductores e instrumentación, no se cuenta en la actualidad con suficientes bancos de pruebas que puedan ayudar de manera práctica al aprendizaje del estudiante, permitiéndole conocer la variedad de sensores que se encontrará en un futuro próximo del ejercicio de su profesión.

### **1.2. Delimitación del problema.**

Este proyecto será ubicado en el laboratorio asignado para la materia de sensores y transductores e instrumentación industrial de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

En este proyecto se pondrá en práctica todos los conocimientos adquiridos durante las clases de formación para ingeniería electrónica.

Se tiene como meta implementar este proyecto en el periodo 2015.

### **1.3. Objetivos**

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

Diseñar e implementar un banco de prueba portátil para la medición y control de las variables humedad, turbidez, velocidad y altura, utilizando un panel operador para la materia de sensores y transductores e instrumentación.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Construir un banco de pruebas que contengan sensores de humedad, turbidez, velocidad, y altura para que sean procesadas por un controlador y monitoreadas por un panel operador.
- Realizar las conexiones y pruebas de los sensores, interfaces, software, controlador y panel operador con los diferentes tipos de medición y control, usando STEP 7.
- Realizar 10 prácticas en las que se apliquen los conceptos de medición y control vistos en la materia.
- Adquirir los sensores de humedad, velocidad, turbidez y altura según especificación indicada para implementarlo en banco de prueba.
- Realizar un lazo de control PID de la humedad relativa en tolva de banco de pruebas en función de la temperatura del mismo.

### 1.4. Justificación

El presente proyecto se origina a falta de un laboratorio de instrumentación industrial, el cual permita desarrollar y fomentar los conocimientos adquiridos en la materia de Instrumentación Industrial, por esta razón se desarrolla un banco de prueba que permite medir variables de instrumentación como: Humedad, Turbidez, Velocidad y Altura.

### 1.5. Variables e indicadores.

- **Variable independiente (causa):** Los estudiantes de la carrera de Ingeniería electrónica no poseen un laboratorio de instrumentación equipado con un banco de pruebas para medir las variables de un proceso industrial.
- **Variable dependiente (efecto):** Existe una falta de conocimiento en los estudiantes de la carrera de Ingeniería electrónica en cuanto a la manipulación de instrumentos de medición de variables industriales, tales como el nivel, la temperatura, de turbidez.

➤ **VARIABLES INTERMEDIAS:**

Interacción de los estudiantes de la materia de sensores y transductores con el banco de pruebas realizado.

Las lecciones que se toman en el laboratorio después de realizar las prácticas.

➤ **INDICADORES:**

Las calificaciones en los proyectos de final de curso que podrán realizar los estudiantes implementando algún sistema utilizando el conocimiento de los sensores manipulados en el laboratorio de instrumentación.

Realización de las encuestas de opinión donde el docente de las materias de sensores y transductores e instrumentación puede expresar sobre las ventajas de contar con el banco de prueba.

Las encuestas realizadas a los estudiantes sobre la utilidad del laboratorio de instrumentación.

## **1.6. Metodología**

### **1.6.1. Métodos**

#### **1.6.1.1. Método experimental**

Conforme al nivel de conocimiento este proyecto se ubica dentro de una investigación descriptiva, por cuanto se estudió y detalló a profundidad la problemática con respecto al banco de prueba de variables de instrumentación, estableciendo una interacción entre los objetivos del estudio y la realidad.



| OBJETIVOS  | TÉCNICAS                            | INSTRUMENTOS | FUENTES                           |
|--|-------------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| Recopilación de información sobre banco de pruebas didácticos en la UPS    | Criterios de docentes de la materia | Análisis     | Universidad Politécnica Salesiana |
| Diseño y construcción del banco de pruebas de variables de instrumentación | Análisis                            | Documento    | Autor de proyecto                 |
|  | Criterios de docentes de la materia | Estudio      | Internet                          |
| Prueba del banco de variables de instrumentación                           | Criterios de docentes de la materia | Documento    | Autor de proyecto                 |
|  | Análisis teórico                    | Estudios     | Internet                          |
| Sintonización de lazos P&D   | Criterio de experto                 | Documentos   | Autor de proyecto                 |
|  | Análisis teórico                    | Estudios     | Internet                          |

## 1.6.2. Técnicas

### 1.6.2.1. Técnicas documentales

El marco teórico se realizó a partir de los conceptos que fusionan la teoría y la práctica en base a los principios de un lazo cerrado, monitoreo y adquisición de datos.

### 1.6.2.2. Técnica de campo

Se realiza mediante las pruebas que permiten la manipulación de los elementos y observar su funcionamiento.

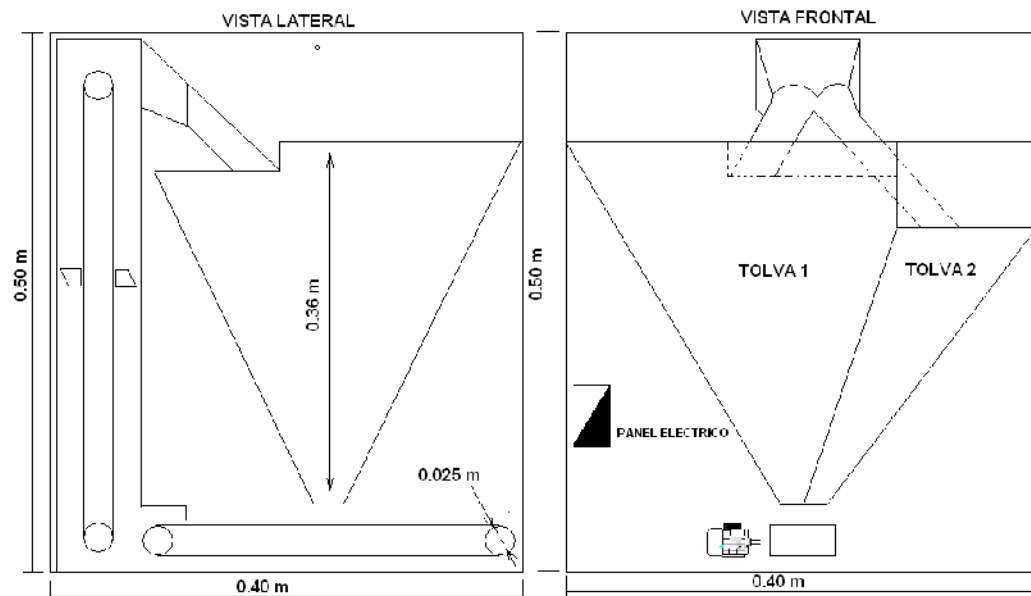
### 1.7. Población y muestra

Población: Estudiantes de la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

Muestra: Los estudiantes de ingeniería electrónica que cursan la materia de Instrumentación Industrial.

### 1.8. Descripción de la propuesta.

El sistema a diseñar se aloja en un modular de 0.40 m de Largo por 0.40 m de ancho por 0.50 m de alto, constara de una banda transportadora, un elevador de cangilones, dos tolvas y un panel de operación.



**Figura 1.1 Diagrama estructural de tolvas**

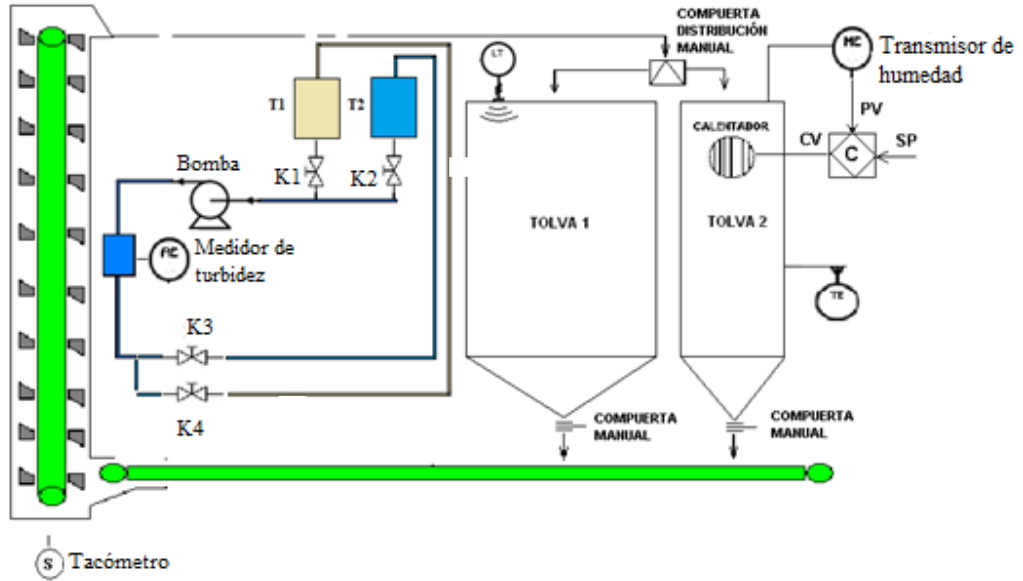
Todo el diseño de las partes mecánicas se diseñará con acero corriente.

En este banco de prueba didáctico el estudiante apreciará cinco instrumentos los cuales se detallan a continuación.

- Sensor de temperatura
- Medidor de turbidez

- Tacómetro.
- Medidor de humedad
- Transmisor de nivel.

**PI&D DE PROYECTO**



**Figura 1.2 PI&D de proceso**

### Diagrama de bloques

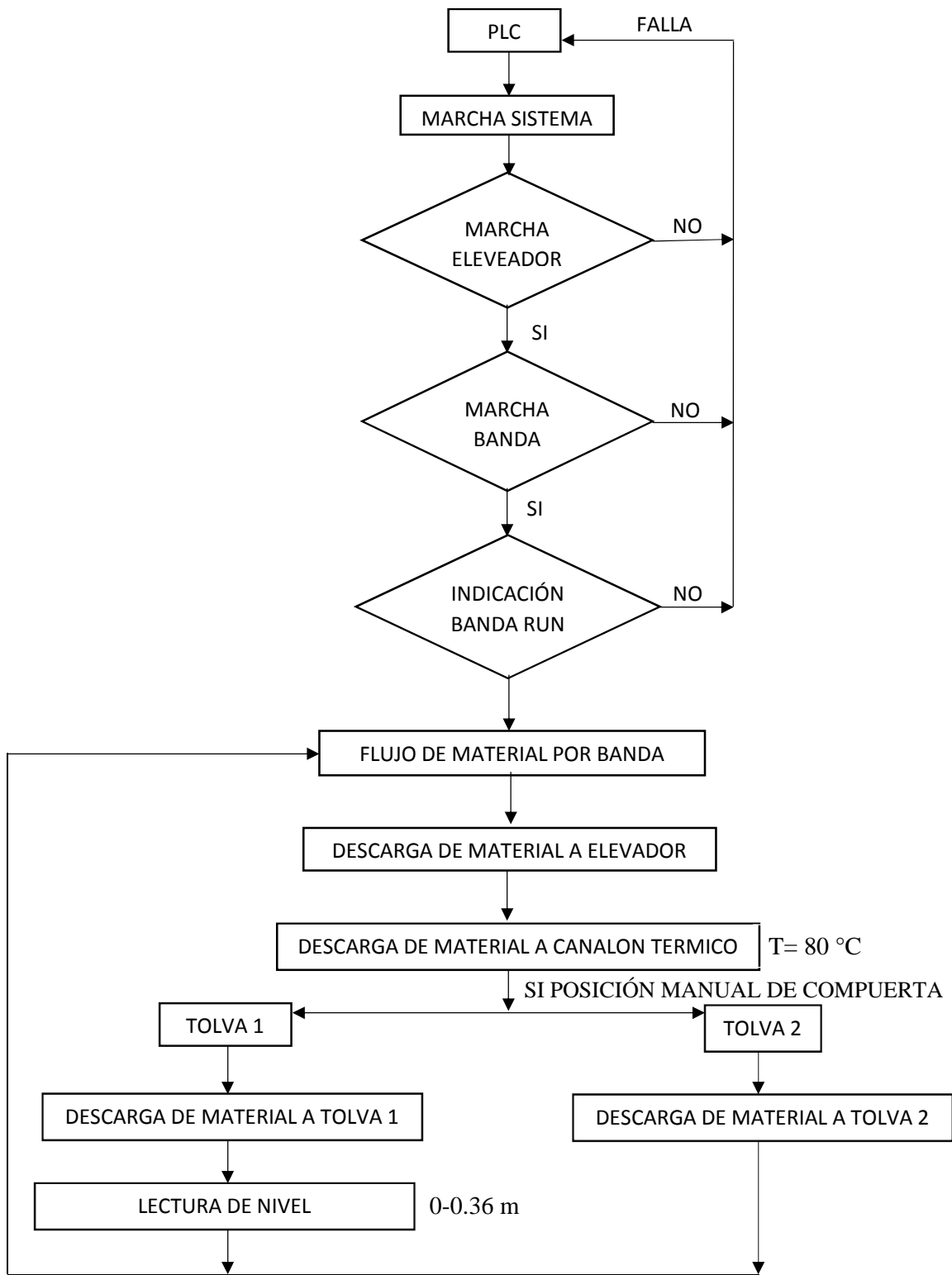


Figura 1.3. Diagrama de bloques

El sistema funciona en lazo cerrado, la banda transporta material proveniente de la tolva pasa por el sensor de humedad el cual obtiene una medición, la banda descarga en el elevador de cangilones que eleva el material para descargarlo en un canalón, el material seguirá su curso hasta caer en la tolva No.1 para continuar el proceso.

Cabe recalcar que la velocidad de los motores, tanto el de la banda de transporte como el del elevador de cangilones, son constantes en el tiempo y la única manera de evitar que los motores se sobrecarguen será por medio de la regulación de la compuerta manuales que están a la descarga de las tolvas.

En lo que a medición de nivel se refiere el sistema consta de dos tolva y anterior a estas de una compuerta manual para poder seleccionar la caída de material a cualquier tolva, de esta forma el estudiante podrá visualizar el descenso en la lectura de nivel del material en la tolva n°1 a través de la pantalla HMI, siempre que la compuerta manual esté direccionada hacia la tolva No. 2, la lectura de nivel se obtiene por medio de un transmisor de nivel por ultrasonido.

También se contará con un circuito cerrado para la medición de turbidez y caudal compuesto por un reservorio de agua y una bomba para la recirculación de la misma.

### **1.8.1. Beneficiarios**

Todos los estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

## **Capítulo 2: Marco Teórico**

### **2.1. Instrumentación Industrial**

Definirse como aquel se compara el valor de la variable o condición a controlar con un valor deseado y toma de una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operativo intervenga en absoluto.

El sistema de control exige pues, para que esta comparación subsiguiente corrección seaposibles, que se incluya una unidad de medida, una unidad de control, un elemento final de control y propio proceso. Este conjunto de unidades forman un bucle o lazo que recibe el nombre de bucle de control. El bucle puede ser abierto o bien cerrado.

Un ejemplo de bucle abierto es el calentamiento de agua en un tanque mediante una resistencia eléctrica sumergida.

Un bucle cerrado representativo lo constituye la regulación de temperatura en un intercambiador de calor.

En ambos casos se observa que existen elementos de medida, el transmisor, el controlador, el indicador, el registrador y el elemento final. Estos elementos y otros adicionales se estudian. (Creus, 2010)

### **2.2. Humedad Relativa**

Las variables humedad y punto de rocío son de extraordinaria importancia en la industria y se utilizan en el acondicionamiento de aire, en atmósferas protectoras empleadas en tratamientostérmicos, en secadores, en humidificadores, en la industria textil, en la conservación de fibras, etc.

En aire o en los gases, se usan varios términos al hablar de humedad o punto de rocío:

**Humedad absoluta.** Cantidad de agua, en kg, por kg de aire seco.

**Porcentaje de humedad.** Cociente multiplicado por 100 entre la cantidad, en kg, del vapor de agua contenido en 1 kg de aire seco y la cantidad, en kg, de vapor de agua contenida en 1 kg de aire seco, si el aire está en condiciones de saturación.

**Humedad relativa.** Es el cociente entre la presión parcial del vapor de agua a una temperatura  $t_o$  y la presión total del vapor a saturación y a la misma temperatura  $t_o$ . Equivale al porcentaje de humedad.

$$H_r = \frac{P_v}{P_{sat}} \times 100\% \quad (1)$$

Donde:

$H_r$  = Humedad Relativa

$P_v$  = Presión parcial de vapor

$P_{sat}$  = Presión de vapor de saturación

**Temperatura seca.** Temperatura del aire medida con un termómetro con el bulbo seco, es decir, en contacto directo con la atmósfera.

**Temperatura humedad.** Es la temperatura de equilibrio dinámico alcanzado por una superficie húmeda cuando se la expone al aire. Puede medirse con termómetro cuyo bulbo está en ambiente de saturación, lo que se consigue envolviéndolo con un paño que se mantiene húmedo continuamente (bulbo húmedo).

**Punto de rocío.** Es la temperatura límite a la que el vapor de agua, existente en el aire o en el gas, se condensa pasando al estado líquido.

En los sólidos, la humedad puede venir expresada de varias formas:

**Contenido de humedad.** Expresado en tanto por ciento, es la cantidad de agua existente en las sustancias sólidas por unidad de peso o de volumen del sólido seco o húmedo. El término se aplica, con preferencia, en relación al sólido seco, es decir, viene expresado en base seca.

**Contenido de humedad comercial.** Contenido de humedad, expresado en kilogramos de agua por kilogramo del material, al salir éste del proceso de secado. (Creus, 2010)

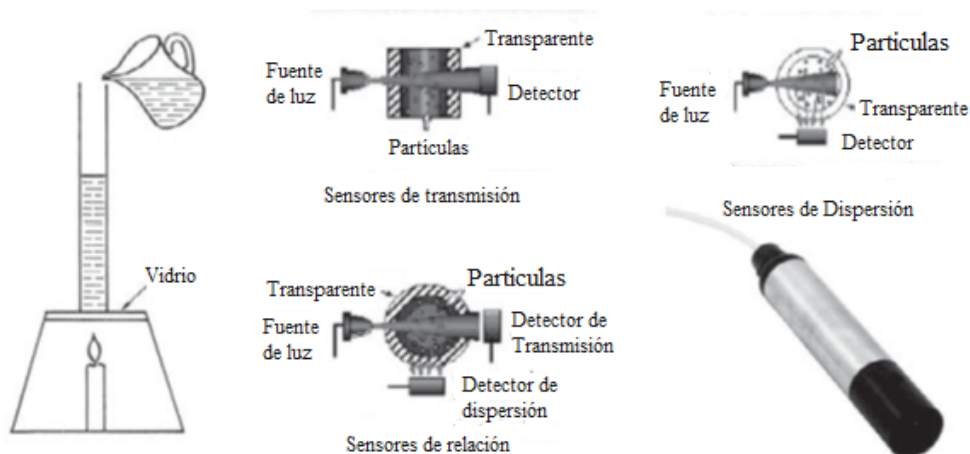
### 2.3. La turbidez

La turbidez es una medida de la falta de transparencia de una muestra de agua debida a la presencia de partículas extrañas. Estas partículas pueden ser plancton, microorganismos, barro, etc.

La medida de la turbidez se efectúa para determinar el grado de penetración de la luz en el agua o a su través y permite interpretar, conjuntamente con la luz solar recibida y la cantidad de oxígeno disuelto, el aumento o disminución del material suspendido en el agua.

La turbidez está expresada en unidades arbitrarias llamadas unidades nefelométricas de turbidez (NTU). Por ejemplo, el agua de uso doméstico, industrial y residual \_ ene de 0,05 a 40 NTU

El turbidímetro fue inventado por Jackson. Consiste en un tubo graduado que descansa en un soporte de vidrio, en cuya parte inferior se encuentra una vela encendida (*Jackson candle*). La muestra de agua se introduce lentamente en el tubo hasta que a su través deja de verse la llama de la vela. Ha dejado de utilizarse y actualmente la turbidez puede medirse de tres formas en forma continua. (Creus, 2010).



**Figura 2.1. Turbidez**  
**Fuente:** Creus, A, 2010, Turbidez



**Sensores de transmisión** (*luz directa absorbida*). La lámpara y la célula están situadas una enfrente de la otra, separadas por un tubo transparente lleno de la muestra de agua. La célula mide la absorción de la luz por los sólidos en suspensión. La señal disminuye con el aumento de la turbidez.

La exactitud en la medida es del  $\pm 5\%$  al  $\pm 10\%$  y el campo de medida es de 0-2400 NTU.

**Sensores de dispersión** (*luz reflejada*). Es el método más utilizado. Una lámpara emite un rayo de luz blanca, o bien una luz infrarroja, que un sistema de lentes enfoca en la muestra de agua. Una célula fotoeléctrica situada a  $90^\circ$  del haz de luz capta la luz reflejada por las partículas en suspensión. La intensidad de luz detectada es directamente proporcional a la turbidez del agua.

El aparato utiliza un detector de luz adicional para corregir las variaciones de intensidad luminosa, los cambios de color y la ligera suciedad de la lente. La señal aumenta con el aumento de la turbidez, lo que es favorable para detectar valores bajos de la turbidez. El campo de medida es de 0 a 1000 NTU y la exactitud es del  $\pm 1\%$ . El método de medida se encuentra en la norma ISO 7027/EN27027.

**Sensores de relación** (*relación entre la luz absorbida y la reflejada*). Combina los dos métodos anteriores y favorece la eliminación de la influencia de los cambios de temperatura, la intensidad de luz de la fuente y aberraciones de la lente. (Creus, 2010)

## **2.4. La velocidad**

En la industria, la medición de la velocidad se efectúa de dos formas: con tacómetros mecánicos y con tacómetros eléctricos. Los primeros detectan el número de vueltas del eje de la máquina por medios exclusivamente mecánicos, pudiendo incorporar o no la medición conjunta del tiempo para determinar el número de revoluciones por minuto (r.p.m.), mientras que los segundos captan la velocidad por sistemas eléctricos

Los tacómetros mecánicos disponen de una punta cónica de goma que ajusta en el hueco cónico de la máquina. El tacómetro láser permite medir la velocidad sin contacto con el eje de la máquina.

Para usos industriales, se suelen utilizar los tacómetros eléctricos porque permiten la transformación directa de la señal para alimentar los instrumentos registradores o controladores de panel.

**El tacómetro de c.a.** consiste en un rotor dotado de un imán permanente que gira dentro de un estator bobinado multipolar. El campo magnético móvil del imán induce una corriente alterna en el bobinado, que es proporcional a la velocidad de rotación.

**El tacómetro de corriente continua o dínamo tacométrica** consiste en un estator de imán permanente y un rotor con un entrehierro uniforme. La tensión continua recogida en las escobillas del rotor es proporcional a la velocidad de la máquina en r.p.m. Esta tensión puede leerse en un voltímetro indicador calibrado en r.p.m., o bien alimentar un instrumento potenciométrico a través de una resistencia divisora de tensión. La polaridad de las escobillas indica el sentido de giro del eje. La exactitud en la medida alcanza el  $\pm 0,5\%$  para velocidades que llegan hasta las 6000 r.p.m. Se utilizan en la medida de las velocidades de motores eléctricos, cintas transportadoras, máquinas herramientas, ventiladores, etc.

**El tacómetro de frecuencia o frecuencímetro** mide la frecuencia de la señal de c.a. captada por transductores del campo magnético, capacitivo u óptico que dan impulsos, cuyo número es proporcional a la velocidad de giro de la máquina. El transductor no tiene contacto mecánico con el eje rotativo.

Puede ser de *frecuencia incremental* si utiliza un sensor de proximidad, magnético o capacitivo, muy próximo al componente móvil. Este componente de la máquina puede ser diente de engranaje, cabezas de tornillo, etc. Un modelo es el sensor magneto-resistivo que se basa en que un material conductor de corriente, por ejemplo, el permalloy, cambia su resistividad en presencia de un campo magnético externo. Detecta los campos magnéticos originados por movimientos de piezas del orden de centésimas de mm.

El número de impulsos de salida de un sensor angular, es:

$$N = \frac{\pi x D}{2A} \quad (2)$$

En la que:

$D$  = diámetro del disco

$A$  = ancho/diámetro de cada sector codificado

Su campo de media es de 0,01 r.p.m. a 120.000 r.p.m. Su exactitud es de 1 dígito, o bien  $\pm 0,1\%$ . Suseñal de salida es de 0 a 10 V c.c.

Otro modelo es el de *frecuencia absoluta* que da como señal de salida una señal codificada, correspondiente a la posición de un elemento móvil (regla o disco) con relación a una referencia interna.

Dispone de varias pistas, representando cada una un bit de salida y con zonas diferenciadas con un sistema de codificación de código binario natural (indicación de velocidad), o código BCD (*BinaryCoded Decimal*) (comunicaciones) o código Gray (identificación posición). Un sistema simple dispone de un disco opaco, perforado periféricamente y acoplado al eje cuya velocidad desea medirse una fuente de luz y de una fotocélula. Ésta genera una frecuencia dependiente de los impulsos luminosos que pasan a través del disco, es decir, es función de la velocidad. (Creus, 2010)

## 2.5. Nivel

En la industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso como de la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales.

La utilización de instrumentos electrónicos con microprocesador en la medida de otras variables, tales como la presión y la temperatura, permite añadir "inteligencia" en la medida del nivel, y obtener exactitudes en la lectura altas, del orden del  $\pm 0,2\%$ , en el inventario de materias primas o finales o en transformación en los tanques del proceso.

El transmisor de nivel "inteligente" hace posible la interpretación del nivel real (puede eliminar o compensar la influencia de la espuma en flotación del tanque, en la lectura), la eliminación de las falsas alarmas (tanques con olas en la superficie debido al agitador de paletas en movimiento), y la fácil calibración del aparato en cualquier punto de la línea de transmisión.

Los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel de líquidos y de sólidos, que son mediciones claramente diferenciadas. (Creus, 2010)

## **2.6. Transmisor de humedad**

La detección de humedad puede ser muy importante en un sistema si éste debe desenvolverse en entornos que no se conocen de antemano. Una humedad excesiva puede afectar los circuitos, y también la mecánica de un robot. Por esta razón se deben tener en cuenta una variedad de sensores de humedad disponibles, entre ellos los capacitivos y resistivos, más simples, y algunos integrados con diferentes niveles de complejidad y prestaciones.

**Sensores resistivos.** Los sensores de humedad resistivos están hechos sobre una delgada tableta de un polímero capaz de absorber agua, sobre la cual se han impreso dos contactos entrelazados de material conductor metálico o de carbón.

El parámetro que se mide es la resistencia eléctrica a través del polímero, que cambia con el contenido de agua.

### **Sensor capacitivo HC201**

El HC201 es un sensor capacitivo pensado para uso en aplicaciones de gran escala y efectividad de costo en el control climático de interiores.

En el rango de humedad relativa de 20–90% es posible realizar una aproximación lineal, manteniendo el error en valores menores a  $\pm 2\%$  de la humedad relativa medida.

Datos técnicos del HC201:

- Capacidad nominal (a 20 °C): 200 +/-20 pF
- Sensibilidad: 0,6pF / %RH
- Humedad, Rango de trabajo:10 .. 95% RH
- Temperatura, Rango de trabajo: -40 .. 110 °C
- Error de linealidad (20 .. 90% RH): < +/- 2% RH

### **El módulo SHT11**

El SHT11 de Sensirion es un sensor integrado de humedad, calibrado en fábrica y con salida digital. La comunicación se establece a través de un bus serie síncrono, usando un protocolo propio. El dispositivo posee además en su interior un sensor de temperatura para compensar la medición de humedad con respecto a la temperatura, de ser necesario. Cuenta también con un calefactor interno que evita la condensación en el interior de la cápsula de medición en condiciones de niebla o cuando existe condensación.

Las características del integrado SHT11 son:

- Dos sensores: humedad relativa y temperatura
- Rango de medición: Humedad relativa 0-100%
- Precisión en humedad relativa: +/- 3%
- Precisión en temperatura: +/- 0,5 °C a 25 °C
- Salida calibra y salida digital (interfaz de dos líneas)
- Respuesta rápida: < 4 segundos
- Bajo consumo: (típico 30 μW)
- Diseñado para aplicaciones de gran volumen de costo sensible
- Tecnología de avanzada CMOSens para estabilidad superior a largo plazo
- Facilidad de uso debido a la calibración y a la interfaz digital de dos líneas

(Carletti, 2007). Medidores de humedad.

|                      |       |             |
|----------------------|-------|-------------|
| ■ Agregados ligeros  | ----- | 0-60%       |
| ■ Arena fina         | ----- | 0-16%       |
| ■ Arena Gruesa       | ----- | 0-12%       |
| ■ Agregados de 6mm   | ----- | 0-10%       |
| ■ Agregados de 10 mm | ----- | 0-8%        |
| ■ Agregados de 20 mm | ----- | 0-4%        |
| ■ Concreto fresco    |       | 0-12% o más |

**Figura 2.2 Variaciones de humedad**

**Fuente: Hydronix (2014), Variaciones típicas de humedad. Recuperado de:**  
**www.hydronix.com**

### 2.7. Convertidor de pulsos.

Los dispositivos de conmutación en convertidores controlados con modulación por ancho de pulsos (PWM) se pueden activar para sintetizar la forma deseada del voltaje o de la corriente de salida. Sin embargo, los dispositivos se activan y desactivan cuando la corriente en la carga tiene un alto valor de la tasa  $di/dt$ . Los interruptores se someten a un alto esfuerzo dieléctrico, y la pérdida de potencia por conmutación de un dispositivo aumenta en forma lineal con la frecuencia de conmutación. La pérdida por activación y desactivación podría ser una parte importante de la pérdida total de potencia. También se produce interferencia electromagnética cuando hay una alta tasa  $di/dt$  o  $dv/dt$  en las formas de ondas del convertidor.

Se pueden eliminar o minimizar las desventajas del control PWM si los dispositivos de conmutación se “encienden” y “apagan” cuando el voltaje a través de un dispositivo o su corriente es cero [0]. (Rashid,2004).

### 2.8. Sensor Ultrasónico.

Los transductores de ultrasonido piezoeléctricos se han utilizado durante mucho tiempo tratando de aprovechar al máximo sus características de conversión

electromecánica. Sin embargo, las dificultades que surgen de las condiciones físicas de propagación del sonido en el aire hacen que, en la práctica disminuya el nivel de la señal eco detectado, por factores externos al transductor. La atenuación debida a absorción, dispersión o divergencia del haz hace que la señal de eco producida por una reflexión sea difícil de identificar en los casos en que por su nivel o por la diferencia de impedancias acústicas entre el medio y la superficie reflectante se confunde con rebotes espurios o no se distingue de la señal que conforma la zona ciega o zona muerta del transductor (Abreu, 1990).

## **2.9. Sensor Inductivo de proximidad.**

Los sensores de proximidad que se obtienen en la industria son resultado de la necesidad de contar con indicadores de posición en los que no existe contacto mecánico entre el actuador y el detector. Pueden ser de tipo lineal (detectores de desplazamiento) o de tipo conmutador (la conmutación entre dos estados indica una posición particular). Hay dos tipos de detectores de proximidad muy utilizados en la industria: inductivos y capacitivos. Los detectores de proximidad inductivos se basan en el fenómeno de amortiguamiento que se produce en un campo magnético a causa de las corrientes inducidas (corrientes de Foucault) en materiales situados en las cercanías. El material debe ser metálico. (Carletti, 2007).



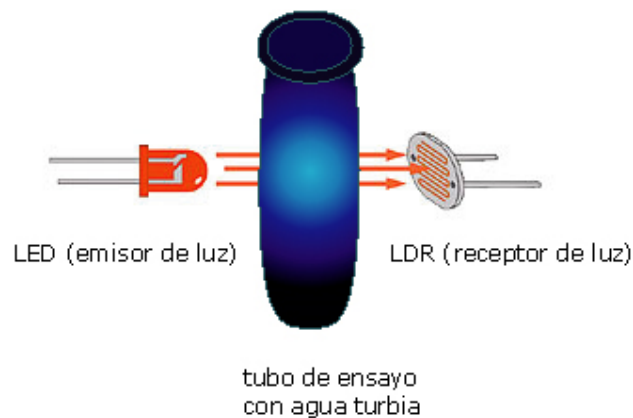
**Figura 2.3. Sensor Inductivo**

**Fuente: (Siemens, 2015). Recuperado de <http://www.gama-me.com/materiales-electricos/sensores/sensor-de-proximidad-inductivo-siemens-bero-3rg4011-0ag33-m8-alcance>.**

## 2.10. Sensor de Turbidez o Turbidímetro

La turbidez se mide en NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez. El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

La unidad usada en tiempos antiguos era las JTU (Unidades de Turbidez de Jackson), medidas con el turbidímetro de vela de Jackson. Esta unidad ya no está en uso estándar. (LENNTECH, 2015)



**Figura 2.4. Funcionamiento de Sensor de Turbidez**

**Fuente: (Gómez, 2015) Recuperado de**

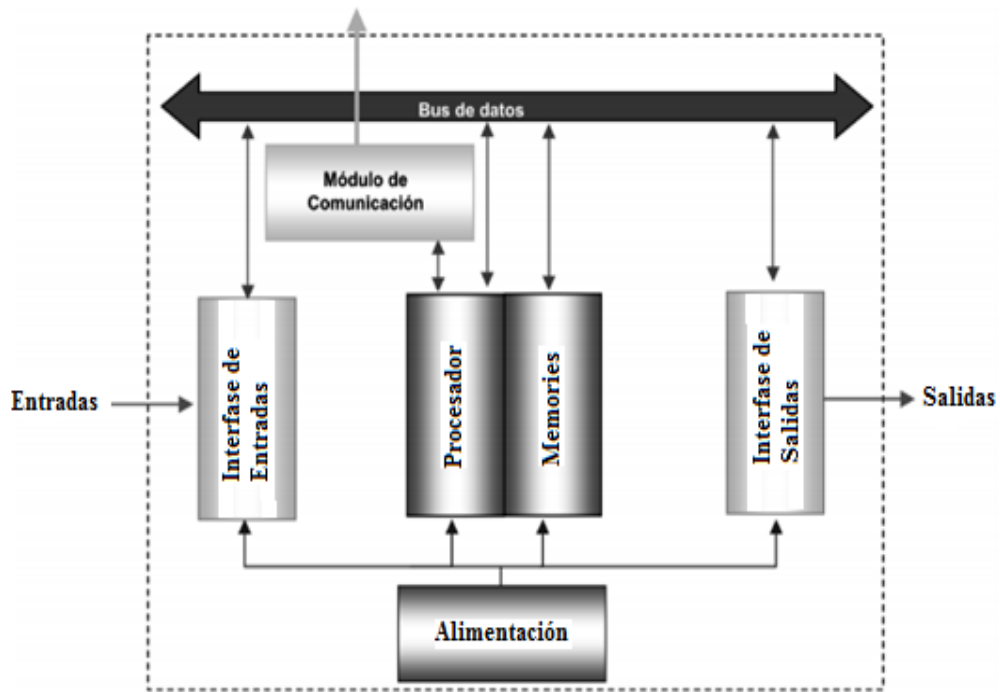
**<http://www.planetseed.com/uploadedfiles/voices/workshops/hdl/mexico2/static/html/154.html>.**

## 2.11. Controladores lógicos programables

Según lo define la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos un PLC – Programable LogicController (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos. También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras



tareas consideradas más prioritarias, pero el aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal. Estos controladores son utilizados en ambientes industriales donde la decisión y la acción deben ser tomadas en forma muy rápida, para responder en tiempo real. Los PLC son utilizados donde se requieran tanto controles lógicos como secuenciales o ambos a la vez. (Moreno, 2014).



**Figura 2.5. Estructura controlador lógico programable**

**Fuente: Moreno (2014). Controlador Lógico Programable. Recuperado de <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/299013/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>.**

### **2.11.1. Simatic S7-300**

El SIMATIC S7-300 está concebido para soluciones de sistema innovadoras con especial énfasis en tecnología de fabricación y, como sistema de automatización universal, constituye una solución óptima para aplicaciones en estructuras centralizadas y descentralizadas.

Potentes módulos centrales con interfaz industrial Ethernet / PROFINET, funciones tecnológicas integradas o versión de seguridad en un sistema coherente evitan inversiones adicionales.

El S7-300 se puede configurar de forma modular, no hay ninguna regla de asignación de slots para los módulos periféricos. Hay disponible una amplia gama de módulos, tanto para estructuras centralizadas, como para estructuras descentralizadas con ET-200M

El uso de la Micro MemoryCard como memoria de datos y programa hace innecesaria una pila tampón y ahorra costes de mantenimiento. Además, en esta tarjeta de memoria se puede guardar un proyecto asociado con símbolos y comentarios para simplificar el trabajo del servicio técnico.

Asimismo, la Micro MemoryCard permite la actualización sencilla del programa o del firmware sin programadora. Además se puede utilizar durante el funcionamiento para guardar y consultar datos por ejemplo, para archivar medidas o para procesar recetas.

Además de la automatización estándar, en un S7-300 también se pueden integrar funciones de seguridad y control de movimiento.

Muchos de los componentes S7-300 también están disponibles en una versión SIPLUS para condiciones ambientales extremas como, por ejemplo, rango de temperatura ampliado (de -40/25 a -60/70°C) y utilización en atmósfera agresiva/condensación. (Siemens AG, 2015).



**Figura 2.6 Simatic S7-300**

**Fuente: Siemens AG (2015). S7-300. Recuperado de [www.siemens.com](http://www.siemens.com).**

### **2.11.2. CPU 315-2DP**

La CPU 315-2 DP dispone de una memoria de programa media a alta y de una interfaz maestro/esclavo PROFIBUS DP. Se aplica en instalaciones que incluyen, junto a periferia centralizada, también estructuras de automatización descentralizadas. A menudo, actúa de maestro PROFIBUS DP estándar en SIMATIC S7-300. La CPU también se utiliza como inteligencia descentralizada (esclavo DP). Gracias a su capacidad, es óptima para el uso de herramientas de ingeniería SIMATIC, por ejemplo.

- Programación con SCL
- Programación de cadenas secuenciales con S7-GRAPH

Asimismo, esta CPU ofrece una plataforma ideal para tareas tecnológicas sencillas realizadas con software.

Un diagnóstico de procesos más avanzado se consigue con SIMATIC S7-PDIAG.

La CPU 315-2 DP dispone de:

- Microprocesador; el procesador alcanza un tiempo de ejecución de aprox. 50 ns por instrucción binaria y 0,45  $\mu$ s por operación de coma flotante.

- Memoria de trabajo de 256 kbytes (corresponde aprox. a 85 k de instrucciones); la amplia memoria de trabajo para partes del programa relevantes para el proceso ofrece suficiente espacio para los programas de usuario. Las SIMATIC Micro MemoryCards (máx. 8 Mbytes) como memoria de carga para programas permiten guardar proyectos (incluyendo símbolos y comentarios) en la CPU y se pueden utilizar para archivar datos y gestionar recetas.
- Expansibilidad flexible; máx. 32 módulos, (en configuración de 4 bastidores)
- Interfaz multipunto MPI; el puerto MPI integrado puede establecer hasta 16 conexiones simultáneas con el S7-300/400 o la programadora (PG), el PC o el panel de operador (OP). De las cuales una está reservado de forma fija para PG y otra para OP. El puerto MPI permite configurar con gran sencillez una red de comunicación por "datos globales" con un máximo de 16 CPU's
- Interfaz PROFIBUS DP: La CPU 315-2 DP con interfaz PROFIBUS DP maestro/esclavo permite configurar estructuras de automatización descentralizadas de alta velocidad y sencillo manejo. Desde el punto de vista del usuario, la periferia descentralizada se trata como la periferia central (misma forma de configurar, direccionar y programar). Se soporta por completo la norma PROFIBUS DP V1. Esto mejora las posibilidades de diagnóstico y parametrización de esclavos normalizados DP V1. (Siemens AG, 2015)



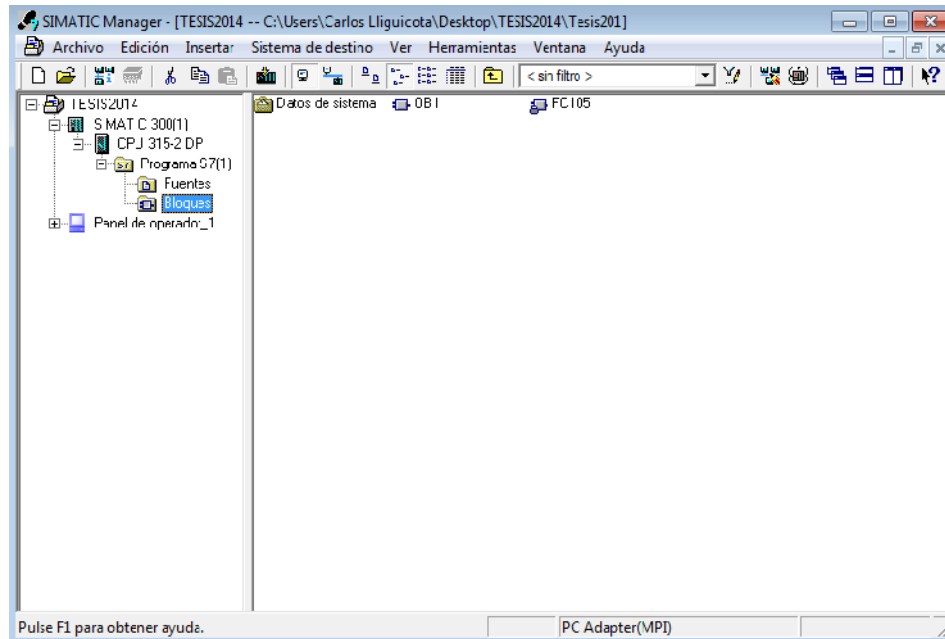
**Figura 2.7 CPU 315-2DP**

**Fuente: Siemens AG (2015). CPU 315-2DP. Recuperado de: [www.siemens.com](http://www.siemens.com).**

### 2.11.3. Simatic Manager Step 7

Simatic Manager es un entorno profesional flexible que permite programar todos los autómatas de las familias SIEMENS S7-300 y S7-400 entre otros. Para ello está dotado de una potente colección de librerías que almacenan las características específicas Hardware (HW) de cada modelo autómata y los diferentes elementos de conexionado existentes en el mercado para configuraciones en red.

Simatic Manager se distribuye como un conjunto de herramientas independientes que son ejecutables por separado pero que se entroncan, en muchos casos con una aplicación principal interfaz con el usuario. (Siemens AG, 2015)



**Figura 2.8 SIMATIC MANAGER**

**Fuente: Siemens (2015). SIMATIC MANAGER**

### 2.11.4. ProfiBus DP

El término ProfiBus es utilizado para describir un sistema de comunicación digital que puede ser utilizado en diversas áreas de aplicación. Es un sistema abierto y estandarizado, definido por las normas IEC 61158 y IEC 61784, que incluye desde el

medio físico utilizado hasta perfiles de datos para determinados conjuntos de equipamientos. En este sistema, el protocolo de comunicación DP fue desarrollado con el objetivo de permitir una comunicación rápida, cíclica y determinística entre maestros y esclavos.

Entre las diversas tecnologías de comunicación que pueden ser utilizadas en este sistema, la tecnología ProfiBus DP describe una solución que, típicamente, es compuesta por el protocolo DP, medio de transmisión RS485 y perfiles de aplicación, utilizado principalmente en aplicaciones y equipamientos con énfasis en la automatización de manufacturas.

Actualmente, existe una organización denominada ProfiBus International, responsable por mantener, actualizar y divulgar la tecnología ProfiBus entre los usuarios y miembros. Mayores informaciones a respecto de la tecnología, bien como la especificación completa del protocolo, pueden ser obtenidas junto a esta organización o en una de las asociaciones o centros de competencia regionales vinculados al ProfiBus International. (Siemens AG, 2015).

### **Cable**

Es recomendado que la instalación sea hecha con cable del tipo A, cuyas características están descritas en la Tabla 2.1. El cable posee un par de conductores que debe ser blindado y tranzado para garantizar mayor inmunidad a la interferencia electromagnética.

**Tabla 1 Propiedades del cable tipo A**

|                            |                  |
|----------------------------|------------------|
| <b>Impedancia</b>          | <b>135 a 165</b> |
| <b>Capacitancia</b>        | <b>30pf/m</b>    |
| <b>Resistencia en LOOP</b> | <b>110/Km</b>    |
| <b>Diámetro del cable</b>  | <b>➤ 0.64 mm</b> |
| <b>Sección transversal</b> | <b>➤ 0.34 mm</b> |

**Nota: Características físicas de cable profibus. WEG (2015). Profibus.**

**Recuperado de: [www.ecatalog.weg.net](http://www.ecatalog.weg.net).**

### 2.11.5. Periferia descentralizada ET 200S

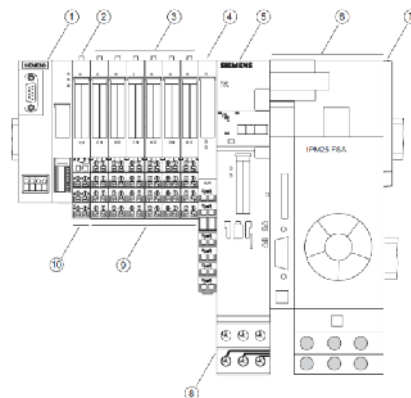
Cuando se configura una instalación, generalmente las entradas y salidas del proceso normalmente se suelen integrar en el sistema de automatización de forma centralizada.

Si las entradas y salidas se encuentran a una distancia considerable del sistema de automatización, se requerirá un largo tendido de los cables, el cableado será por lo tanto complicado y se puede ver afectado por interferencias electromagnéticas.

Para tales instalaciones, la mejor solución es emplear un sistema de periferia descentralizada:

- la CPU de control se instala de forma centralizada.
- los sistemas de periferia (entradas y salidas) funcionan a pie de proceso de forma descentralizada.
- El potente PROFIBUS DP con su alta velocidad de transferencia de datos se encarga de que la comunicación entre la CPU de control y los sistemas de periferia funcione sin problemas.

El ET 200S es un sistema de periferia descentralizada altamente escalable y flexible que permite conectar las señales del proceso a un controlador central a través de un bus de campo. El ET 200S soporta los buses de campo PROFIBUS DP y PROFINET IO. El ET 200S tiene el grado de protección IP 20. (Siemens AG, 2015)



**Figura 2.9 Ejemplo de configuración de ET 200S**  
**Fuente:Siemens AG (2015). ET 200S. Recuperado de:www.cache.automation.siemens.com**





### **2.11.6. KPT600 Basic Color DP**

El panel de operador no está diseñado para ser utilizado en entornos residenciales. En caso de utilizar el panel de operador en entornos residenciales, puede haber interferencias en la recepción de las señales de radio y televisión.

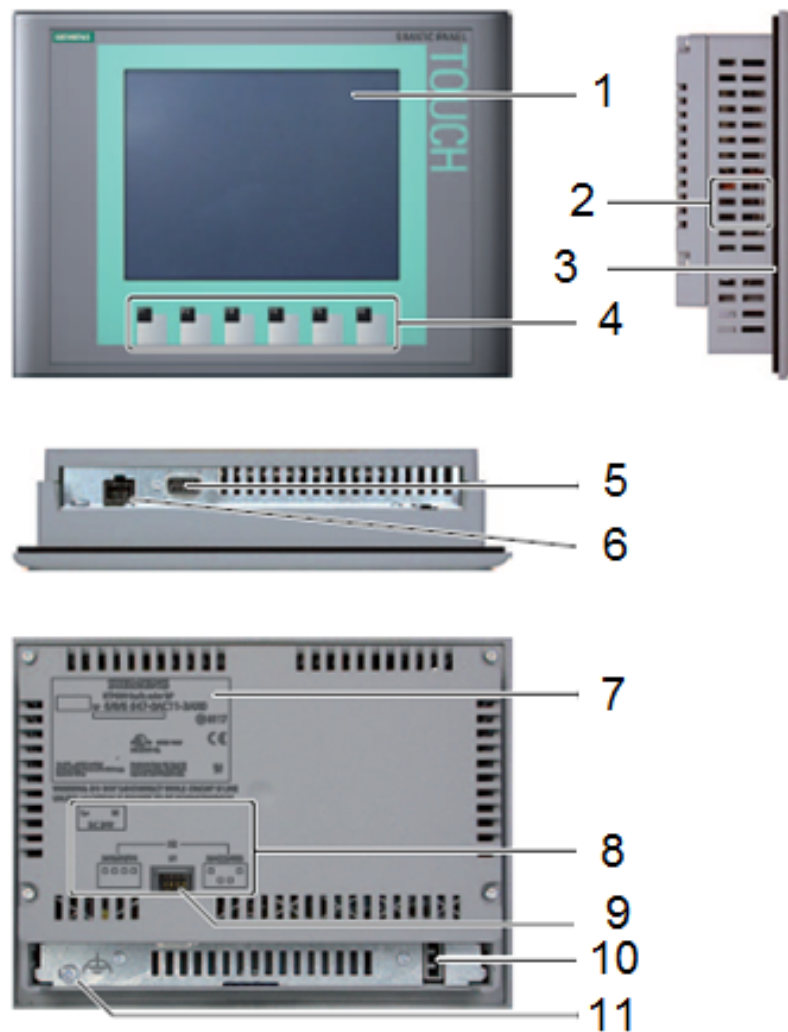
En caso de utilizar el panel de operador en entornos residenciales, hay que asegurar la clase de valor límite según EN 55011, en lo que respecta a la emisión de interferencias. Una medida apropiada para alcanzar el grado de protección contra interferencias de la clase límite B es, por ejemplo, el uso de filtros en las líneas de alimentación.

Si la comunicación entre el panel de operador y el controlador está interrumpida, todos los valores de variables representados en el panel de operador se sustituyen por símbolos hash ("#!). Una vez restablecida la comunicación entre el panel de operador y el controlador se actualizan inmediatamente todos los valores de las variables. El tiempo de ciclo para la actualización de los valores de variables vuelve a comenzar por "0".

#### **Características técnicas**

- Pantalla táctil de 6 pulgadas con 6 teclas táctiles.
- Color (TFT, 256 colores).
- 115,2 mm x 86,4 mm (5,7") horizontal o vertical.
- Resolución 320 x 240.

(Siemens AG, 2015)



- 1.- Display pantalla táctil
- 2.- Escotaduras para las mordazas de fijación
- 3.- Junta de montaje
- 4.- Teclas de función
- 5.- Interfaz RS-422/485
- 6.- Conexión para la fuente de alimentación
- 7.- Placa de características
- 8.- Nombre del puerto
- 9.- Interruptor DIL

**Figura 2.11 Componentes de KTP 600 DP**  
**Fuente: siemens AG (2015). KPT600**

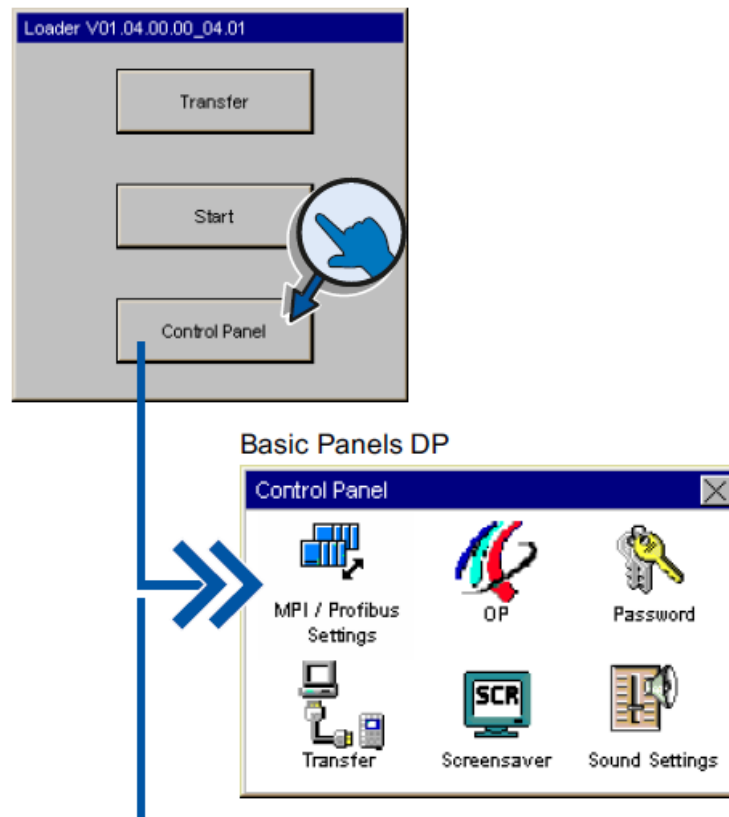
## Configuración del Sistema Operativo

- 1.-Abra el control del panel con el botón “Control Panel” del loader
2. Configure su panel de operador en el control panel. Se pueden realizar los ajustes siguientes:
  - Ajustes de comunicación
  - Ajustes de operación

El símbolo “MPI/ ProfiBusSettings” sólo existe en los Basic Panels DP.

El símbolo “Profinet” sólo existe en los Basic Panels PN.

(Siemens AG, 2015)



**Figura 2.12 Configuración Sistema operativo**  
Fuente: Siemens AG (2015)

### **2.11.7. Aplicación del SCADA WinCC flexible 2008 advanced.**

El aumento de las capas de los procesos y las mayores exigencias de funcionalidad a las máquinas y a las instalaciones, hacen imprescindible una máxima transparencia. La interfaz hombre-máquina (HMI) ofrece esta transparencia.

Un sistema HMI representa la interfaz entre el hombre (operador) y el proceso (Máquina/instalación). El autómatas posee el verdadero control sobre el proceso. Por lo tanto existe una interfaz entre el operador y WinCC flexible (en el panel de operador) y una interfaz entre WinCC flexible y el autómatas. Un sistema HMI se encarga de:

- Representar procesos

El proceso se representa en el panel de operador. Si se modifica por ejemplo un estado en el proceso, se actualizará la visualización en el panel de operador.

- Controlar procesos

El operador puede controlar el proceso a través de la interfaz gráfica de usuario. Por ejemplo, el operador puede especificar un valor teórico para el autómatas o iniciar un motor.

- Emitir avisos

Si durante el proceso se producen estados de proceso críticos, automáticamente se emite un aviso (por ejemplo, si se sobrepasa un valor límite especificado).

- Archivar valores de proceso y avisos

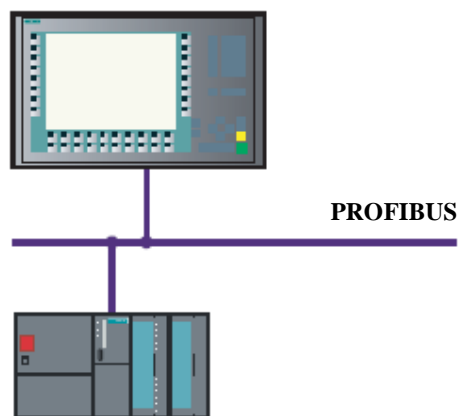
El sistema HMI puede archivar avisos y valores de proceso. De esta forma se puede documentar el transcurso del proceso y, posteriormente, también será posible acceder a anteriores datos de producción.

- Documentar valores de proceso y avisos

El sistema HMI permite visualizar avisos y valores de proceso en informes. De este modo podrá, por ejemplo, emitir los datos de producción una vez finalizado el turno.

- Administrar parámetros de proceso y parámetros de máquina

El sistema HMI permite almacenar los parámetros de proceso y de máquina en "Recetas". Dichos parámetros se pueden transferir, por ejemplo, desde el panel de operador al autómeta en un solo paso de trabajo para que la producción cambie a otra gama de productos. (Siemens AG, 2015)



**Figura 2.13 Sistema monopuesto**  
**Fuente: Siemens (2015). Red Profibus. Recuperados de:**  
**[www.cache.automation.siemens.com](http://www.cache.automation.siemens.com).**

### 2.11.8. Trabajo básico con conexiones

Un interlocutor puede ser cualquier estación de una red que pueda comunicarse con otras estaciones e intercambiar datos. En el entorno de WinCC flexible, pueden ser interlocutores las estaciones siguientes:

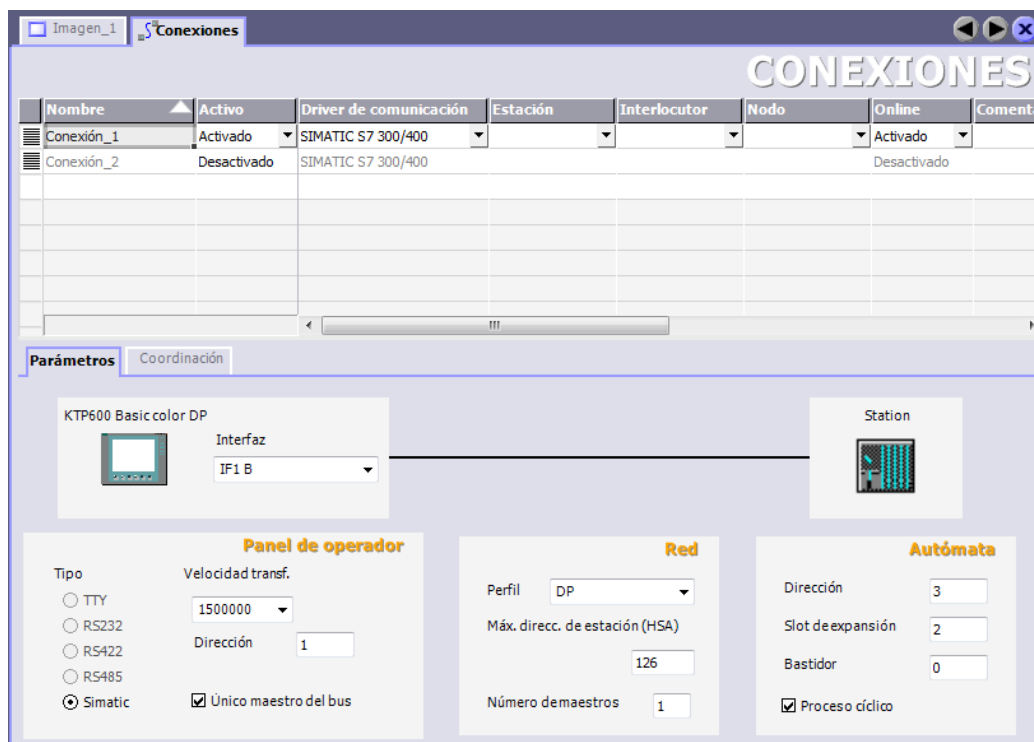
- Módulos centrales y módulos de comunicación en el sistema de automatización
- Paneles de operador y procesadores de comunicaciones en el PC

Los datos transferidos entre los interlocutores pueden servir para distintos fines:

- Controlar un proceso
- Captar datos de un proceso
- Notificar estados en un proceso
- Archivar datos del proceso

Los interlocutores se representan de forma esquemática en la ficha "Parámetros".

Dependiendo de la interfaz utilizada, para configurar los parámetros se dispone de las áreas "Panel de operador", "Red" y "Autómata". (Siemens AG,2015)

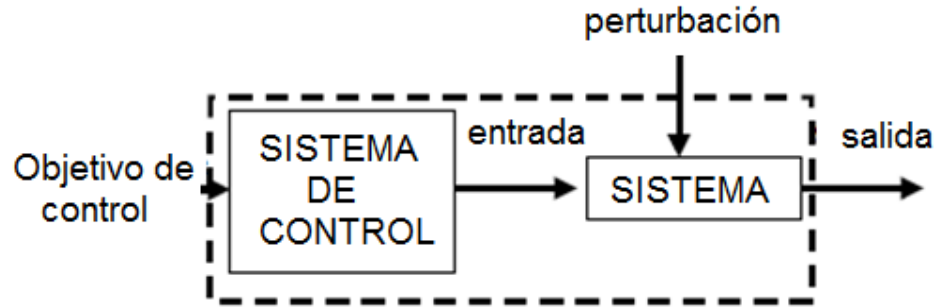


**Figura 2.14 Estructura conexiones en WinCC**

**Fuente: Siemens AG (2015). WinCC. Recuperado de: [www.siemens.com](http://www.siemens.com)**

## 2.12 Sistema de control

Sistema de control es el conjunto de dispositivos que actúan juntos para lograr un objetivo de control. (Ogata, 2010)



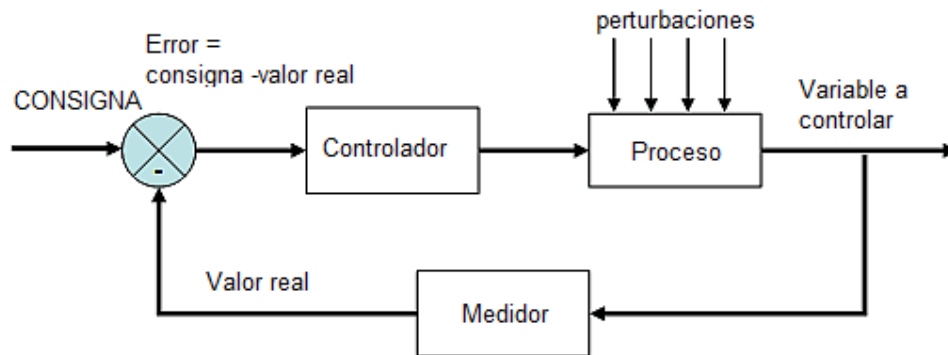
**Figura 2.15 Sistema de control**

Fuente: Ogata (2010). Ingeniería de Control Moderna

### 2.12.1 Elementos de un lazo de control

- Sistema a controlar
- Controlador
- Actuador (puede incluirse en el sistema a controlar)
- Medidor: sensor + transductor

(Ogata, 2010).



**Figura 2.16 Elementos de un lazo de control**

Fuente: Ogata (2010). Elementos de control de lazo cerrado.

### 2.12.2 Funciones de un lazo de control

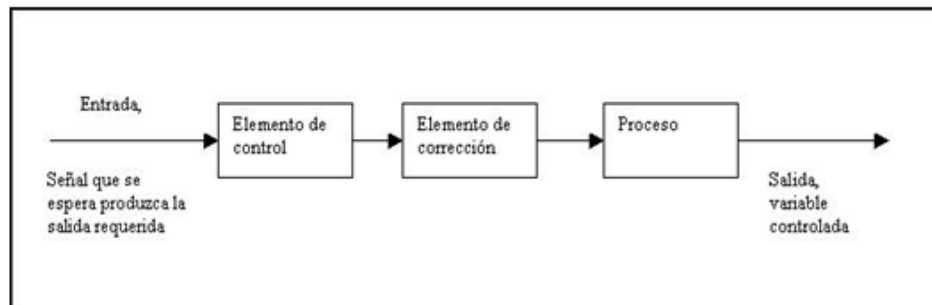
- Medir el valor de la variable controlada (medida y transmisión).
- Detectar el error y generar una acción de control (decisión).
- Usar la acción de control para manipular alguna variable en el proceso de modo que tienda a reducir el error (manipulación). (Ogata, 2010)

### 2.12.3 Sistema de control en lazo abierto

- Aquellos en los que la variable de salida (variable controlada) no tiene efecto sobre la acción de control (variable de control).
- No se compara la salida del sistema con el valor deseado de la salida del sistema (referencia).
- Para cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fijada.
- La exactitud de la salida del sistema depende de la calibración del controlador.
- En presencia de perturbaciones estos sistemas de control no cumplen su función adecuadamente.
- El control en lazo abierto suele aparecer en con **control secuencial**, en el que no hay una regulación de variables sino que se realizan una serie de operaciones de una manera determinada. Esa secuencia de operaciones puede venir impuesta por eventos (event-driven) o por tiempo (timedrive).

Se programa utilizando PLCs (controladores de lógica programable).

Ejemplos: la lavadora, funciona sobre una base de tiempos, la variable “limpieza de ropa” no afecta el funcionamiento de la lavadora. (Ogata, 2010)



**Figura 2.17 Control en lazo abierto**

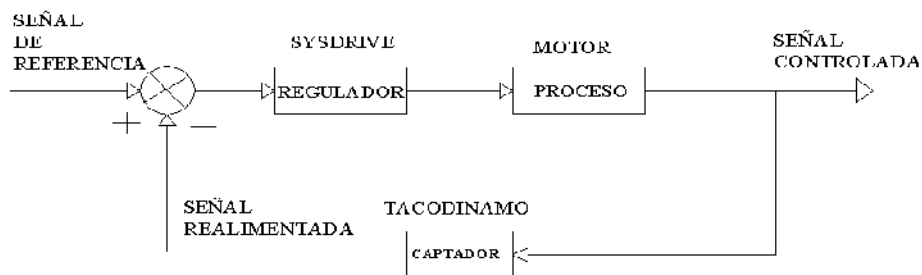
**Fuente: Ogata (2010). Control en lazo abierto.**



## 2.12.4 Sistema de control en lazo cerrado

-Se lo define cuando el sistema en presencia de perturbaciones tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia. Esta reducción se logra manipulando alguna variable de entrada del sistema, siendo la magnitud de dicha variable de entrada función de la diferencia entre la variable de referencia y la salida del sistema.

-Aquellos en los que la señal de salida del sistema (variable controlada) tiene efecto directo sobre la acción de control (variable de control). (Ogata, 2010)



**Figura 2.18 Control en lazo cerrado**  
**Fuente: Ogata (2010). Control en lazo cerrado.**

## 2.12.5 Estructura del PID

Los miembros de la familia de controladores PID, incluyen tres acciones: proporcional (P), integral (I) y derivativa (D). Estos controladores son los denominados P, I, PI, PD y PID.

**-P: acción de control proporcional**, da una salida del controlador que es proporcional al error, es decir:  $u(t) = K_P \cdot e(t)$ , que descripta desde su función transferencia queda:

$$C_P(S) = K_p \quad (3)$$

Donde  $K_p$  es una ganancia proporcional ajustable. Un controlador proporcional puede controlar cualquier planta estable, pero posee desempeño limitado y error en régimen permanente (off-set).

- **I: acción de control integral:** da una salida del controlador que es proporcional al error acumulado, lo que implica que es un modo de controlar lento.

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dT \qquad C_i(S) = \frac{K_i}{S} \quad (4)$$

La señal de control  $u(t)$  tiene un valor diferente de cero cuando la señal de error  $e(t)$  es cero. Por lo que se concluye que dada una referencia constante, o perturbaciones, el error en régimen permanente es cero.

- **PI: acción de control proporcional-integral,** se define mediante

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(T) dT \quad (5)$$

Donde  $T_i$  se denomina tiempo integral y es quien ajusta la acción integral. La función de transferencia resulta:

$$C_{PI}(S) = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i S} \right) \quad (6)$$

Con un control proporcional, es necesario que exista error para tener una acción de control distinta de cero. Con acción integral, un error pequeño positivo siempre nos dará una acción de control creciente, y si fuera negativa la señal de control será decreciente.

Este razonamiento sencillo nos muestra que el error en régimen permanente será siempre cero.

Muchos controladores industriales tienen solo acción PI. Se puede demostrar que un control PI es adecuado para todos los procesos donde la dinámica es esencialmente

de primer orden. Lo que puede demostrarse en forma sencilla, por ejemplo, mediante un ensayo al escalón.

- **PD: acción de control proporcional-derivativa**, se define mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (7)$$

Donde  $T_d$  es una constante denominada tiempo derivativo. Esta acción tiene carácter de previsión, lo que hace más rápida la acción de control, aunque tiene la desventaja importante que amplifica las señales de ruido y puede provocar saturación en el actuador.

La acción de control derivativa nunca se utiliza por sí sola, debido a que sólo es eficaz durante períodos transitorios.

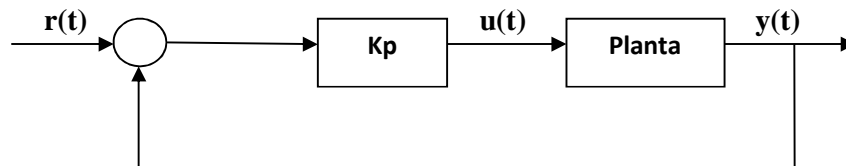
- **PID: acción de control proporcional-integral-derivativa**, esta acción combinada reúne las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. La ecuación de un controlador con esta acción combinada se obtiene mediante:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(T) dT + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (8)$$

(Ogata, 2010)

### 2.12.6 Métodos clásicos de ajuste de Ziegler and Nichols

#### Método de oscilación



**Figura 2.19 Lazo cerrado solo con ganancia proporcional**  
Fuente: Ogata (2010). Lazo de control cerrado

Este procedimiento es válido solo para plantas estables a lazo abierto y se lleva a cabo siguiendo los siguientes pasos:

1. Utilizando sólo control proporcional, comenzando con un valor de ganancia pequeño, incrementar la ganancia hasta que el lazo comience a oscilar. Notar que se requieren oscilaciones lineales y que éstas deben ser observadas en la salida del controlador.
2. Registrar la ganancia crítica del controlador  $K_p = K_c$  y el período de oscilación de la salida del controlador,  $P_c$ . (en el diagrama de Nyquist, corresponde a que  $K_c G(j\omega)$  cruce el punto  $(-1, 0)$  cuando  $K_p = K_c$ ).
3. Ajustar los parámetros del controlador.

**Tabla 2 Parámetros de ajuste (método de oscilación)**

|     | $K_p$      | $T_i$             | $T_d$           |
|-----|------------|-------------------|-----------------|
| P   | $0.50 K_c$ |                   |                 |
| PI  | $0.45 K_c$ | $\frac{P_c}{1.2}$ |                 |
| PID | $0.60 K_c$ | $0.5 P_c$         | $\frac{P_c}{8}$ |

**Nota: Método de ajuste. Ogata (2010)**

### Método basado en la curva reacción

Muchas plantas, pueden ser descriptas satisfactoriamente por el modelo:

$$G_o(S) = \frac{K_o e^{-ST_o}}{V_o S + 1} \quad \text{donde } V_o > 0 \quad (9)$$

Una versión cuantitativa lineal de este modelo puede ser obtenida mediante un experimento a lazo abierto, utilizando el siguiente procedimiento:

1. Con la planta a lazo abierto, llevar a la planta a un punto de operación normal. Digamos que la salida de la planta se estabiliza en  $y(t) = y_0$  para una entrada constante  $u(t) = u_0$ .

2. En el instante inicial  $t_0$ , aplicar un cambio en la entrada escalón, desde  $u_0$  a  $u_1$  (esto debería ser en un rango de 10 al 20% de rango completo).
3. Registrar la salida hasta que se estabilice en el nuevo punto de operación. Supongamos que la curva que se obtiene es la que se muestra en la Figura 5. Esta curva se llama curva de reacción del proceso.

Calcular los parámetros del modelo de la siguiente forma:

$$K_o = \frac{Y_\infty - Y_o}{Y_\infty - u_o}; \quad T_o = t_1 - t_o; \quad V_o = t_2 - t_1 \quad (10)$$

El modelo obtenido puede ser utilizado para varios métodos de ajuste de controladores PID. Uno de estos también en fue propuesto por Ziegler y Nichols. El objetivo de diseño es alcanzar un amortiguamiento tal que exista una relación de 4:1 para el primer y segundo pico de la respuesta a una referencia escalón.

**Tabla 3 Parámetros de ajuste (método curva reacción)**

|     | $K_p$                     | $T_i$   | $T_d$     |
|-----|---------------------------|---------|-----------|
| P   | $\frac{v_o}{K_o T_o}$     |         |           |
| PI  | $\frac{0.9 v_o}{K_o T_o}$ | $3 T_o$ |           |
| PID | $\frac{1.2 v_o}{K_o T_o}$ | $2 T_o$ | $0.5 T_o$ |

**Nota: Método de curva reacción. Ogata (2010)**

## **Capítulo 3: Diseño e Implementación del proyecto**

### **3.1. Antecedentes.**

En la actualidad en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, no existe un banco de prueba que sirva para medir variables de instrumentación como son humedad, turbidez, velocidad y altura, es por esa razón se propuso crear un tablero didáctico que se asemeje a la realidad física que suele presentarse al estudiante al terminar sus estudios y enfrenta a la vida profesional.

El banco de prueba que se ha diseñado permite relacionar todos los conocimientos teóricos a nuestra vida práctica, cuenta con equipos e instrumentos que permiten un rápido aprendizaje y comprender el comportamiento de las diferentes magnitudes físicas.

### **3.2 Descripción del banco de pruebas.**

El banco de pruebas consta de los siguientes elementos y dispositivos:

- Una pantalla táctil KTP 600 DP
- Un PLC S7-300 CPU 315-2DP
- Un breaker de 1 polo de 4 amperios
- Una fuente de 24 VDC
- Una et 200s
- Cable ProfiBus
- Relé de estado sólido a 24 VDC
- Dos adaptadores de 12 VDC para alimentar los motores
- Dos relés de 24 VDC
- Un relé de 110 VAC
- Un convertidor de pulsos
- Un tomacorriente para 110 VAC
- Cuarenta borneras fastconnect
- Cien metros de cable # 18 AWG
- Cuatro metros lineales de riel DIN

- canaleta ranurada 25x40
- Dos motores limpia parabrisas
- Un sensor ultrasónico,
- Un transmisor de humedad
- Un transmisor de turbidez
- Un convertidor de señal de voltaje a 4-20 mA.
- Dos reservorios de agua
- Una termocupla
- Un transductor de termocupla a 4-20 mA.
- Ocho chumaceras de ½ ''.

El tablero de medición de turbidez consta de los siguientes elementos:

- Codo de PVC de ½ pulgada x 90°
- 4 llaves de cierre rápido de ½ pulgada.
- 2 uniones de PVC de ½ pulgada.
- 30 niples de PVC de ½ pulgada.
- 2 uniones universales de PVC de ½ pulgada.
- 2 reservorios de 2 litros de capacidad.
- Bomba de agua a 110 VAC y 20 L/min.
- Sensor de turbidez 165D604P003

Además se mandó a diseñar:

Dos tambores de 80 mm de diámetro, dos tambores de 25 mm de diámetro, una base de acero para alojar tolva metálica de 60x40 cm.



Figura 3.1 Construcción banco de pruebas

### 3.3. Diagramas Esquemático del banco de pruebas.

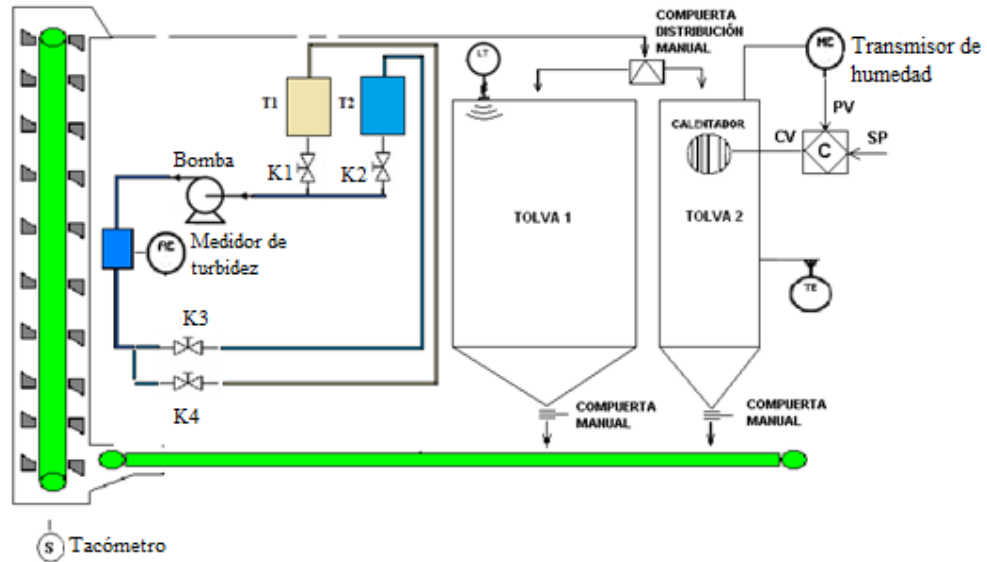


Figura 3.2 Diagrama Esquemático del banco de pruebas

En el primer proceso se tiene un mini elevador de cangilones y una banda horizontal, antes de hacer funcionar el sistema de recirculación se deberá posicionar la caída de material hacia la tolva 2, una vez posicionada la caída hacia la tolva 2, inicia el sistema de recirculación el cual marcha el elevador de cangilones y la banda horizontal en simultaneidad, obteniendo las lecturas de velocidad en tambor guiado



del elevador y una vez concluida la marcha del grupo se podrá observar el descenso de material en la tolva 1 y así se obtiene una señal de altura dentro de la tolva 1 lugar en donde culmina el proceso, esta dos señales son de tipo análogas que van directamente hacia el PLC para ser procesada y proyectada en la pantalla HMI.

En el segundo proceso se tendrá que obtener la medición del porcentaje de humedad en la tolva 2, para lo cual se deberá seleccionar en el HMI la pantalla de medición de humedad, Seleccionado el inicio del proceso, en el sistema marcha un mini blower (soplador) y se obtendrá una señal en la salida del transmisor de humedad, el cual será procesado por el PLC y proyectada en el HMI, en el panel de operador se selecciona un bloque de regulación PID, se podrá ingresar el valor que se desee obtener de salida de humedad (setpoint).

En el tercer proceso es el de medición de turbidez, en el cual se deberá encender una bomba que permite la recirculación del agua del reservorio que este habilitado, existen dos reservorios, donde cada reservorio con agua posee un nivel de turbidez, el cual será medido por el sensor de turbidez colocado en el circuito de medición y su señal será leída por el PLC.

#### **3.4. Dimensiones, Elementos de medición y Conexiones del banco de pruebas.**

El banco de pruebas está diseñado en dos etapas, en donde la primera consta del sistema donde se aloja toda la parte mecánica e instrumentos de medición y es totalmente desmontable de la segunda etapa, que es donde contiene el tablero eléctrico.



**Figura 3.3** Diseño mecánico



**Figura 3.4** Tablero para banco de pruebas

El tablero en donde se aloja todo el sistema posee una dimensión de 70 x 70 x 83 centímetros.

### Fuente de alimentación para banco de pruebas

El tablero eléctrico se alimenta de manera general con 110 VAC y se encuentra protegido por un breaker de 4 amperios y un polo en su entrada.



**Figura 3.5 Breaker principal**

Los instrumentos de medición se alimentan con 24 VDC, para esto se adquirió una fuente conmutada de alimentación 110 VAC y salida a 24 VDC, 2.5 A.

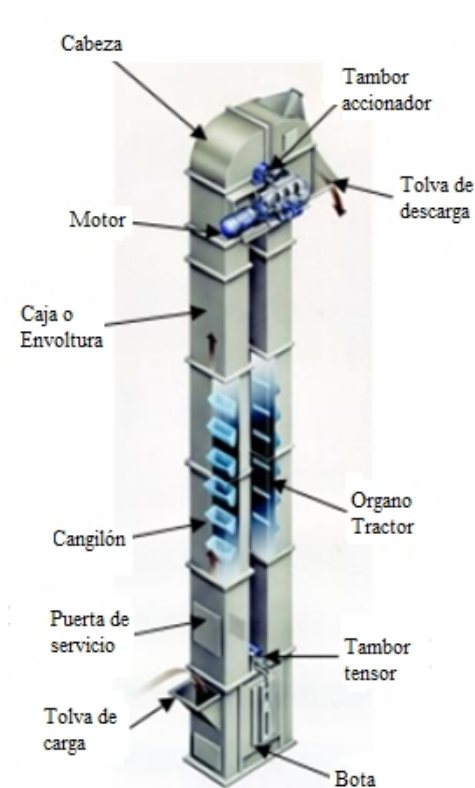


**Figura 3.6 Fuente Logo**

### **Etapa de medición de velocidad y altura**

Para la etapa de medición de velocidad y altura se implementó una banda horizontal, un elevador de cangilones y una tolva de 36 cm de alto.

El elevador de cangilón es un sistema utilizado para el transporte vertical de materiales a granel o secos.

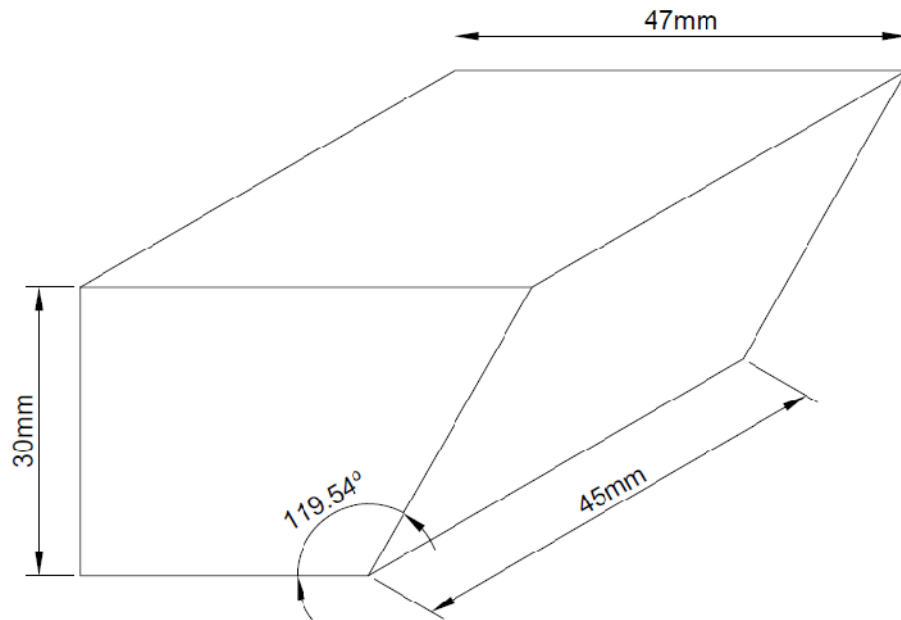


**Figura 3.7. Elevador de cangilón**

**Fuente: (Universidad Carlos III de Madrid, 2014). Elevadores de cangilones. Recuperado de [http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/elevadores\\_cangilones.pdf](http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/elevadores_cangilones.pdf)**

El elevador diseñado para el banco de pruebas es el de tipo de descarga centrífuga, en el cual la carga se efectúa por el dragado de material en la parte inferior del elevador.

El elevador del banco de pruebas posee tres cangilones distribuidos equidistantes.

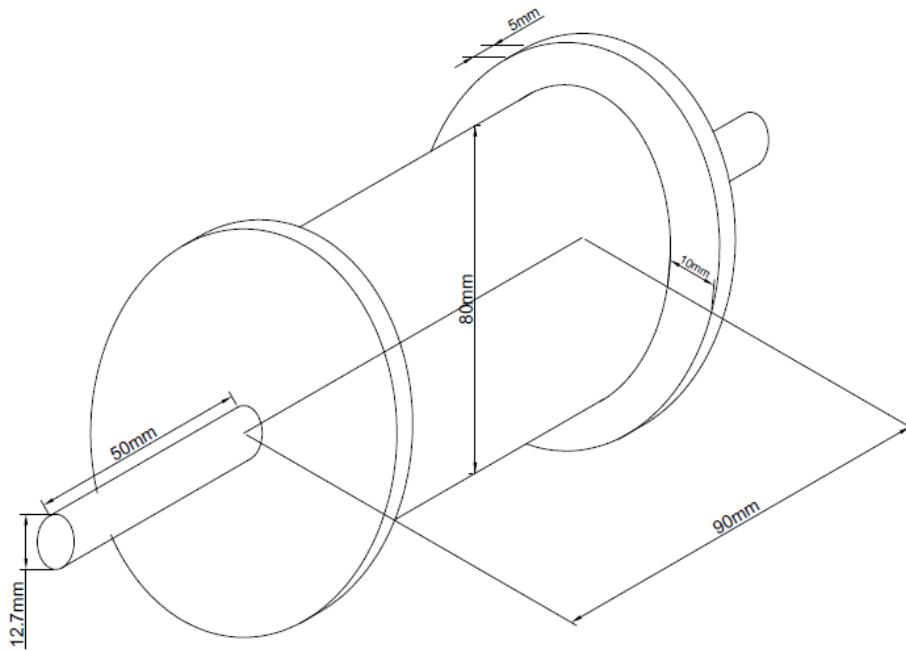


**Figura 3.8 Cangilón de banco de pruebas**

El cangilón posee un volumen de 63.45 cm<sup>3</sup>.

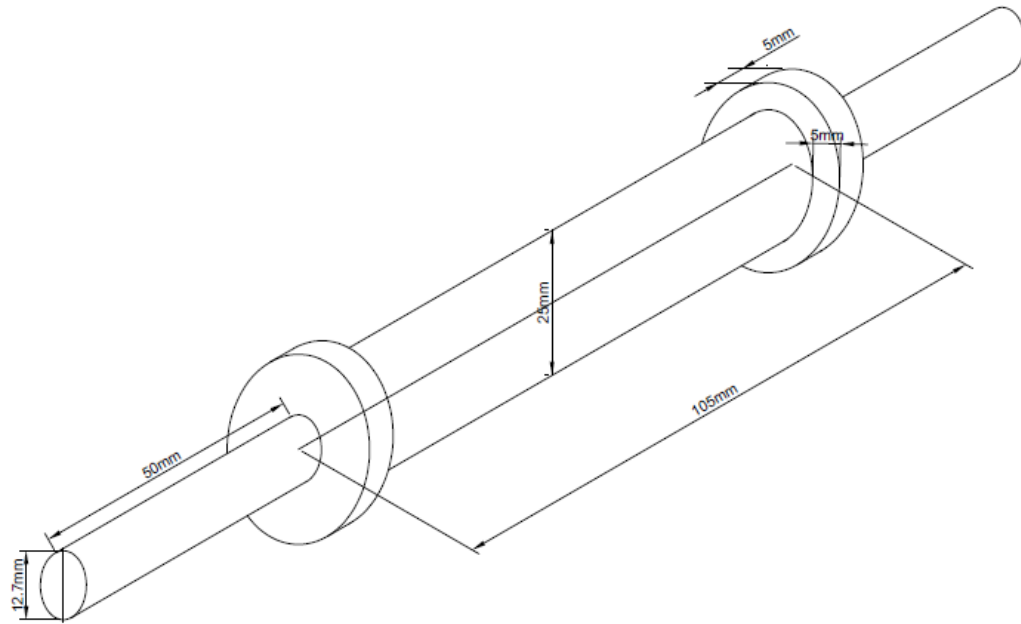
El accionamiento se encuentra en la parte superior del elevador, y gira a una velocidad de 90 rpm.

Los elementos conducidos por donde se desplaza la banda están diseñados de acero corriente, con un peso individual de 0.22 kg.



**Figura 3.9 Tambores tensor y motriz de elevador de cangilón.**

La banda horizontal que descarga material hacia el elevador posee un motor que gira a 54 rpm posee dos tambores conducidos de 0.20 kg de peso cada uno.



**Figura 3.10 Tambores motriz y de cola de banda horizontal**

### **Accionamientos para banco de pruebas**

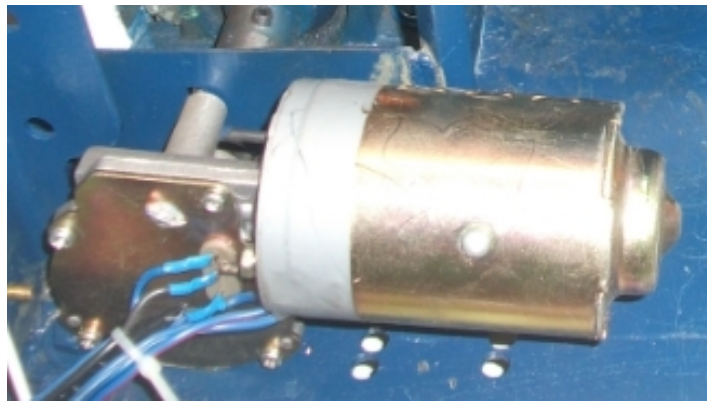
Se ha utilizado en el banco de pruebas motores de limpia parabrisas y de sube vidrios de 12 VDC, la selección de estos motores fue por el tamaño y el torque que manejan.

En el elevador de cangilones se utilizó un motor de 12 VDC de subir vidrio de un automóvil Chevrolet AVEO, este motor posee el tamaño y la velocidad ideal en el momento de descarga de los cangilones hacia la tolva.



**Figura 3.11 Motor de elevador**

En la banda horizontal que descarga hacia el elevador se utilizó un motor de 12 VDC de limpiaparabrisas de un automóvil.



**Figura 3.12 Motor de banda horizontal**

Para la medición de la altura del material que se encuentra en la tolva 1 se eligió un sensor ultrasónico de salida de 4-20 mA marca pepperlfuchs.

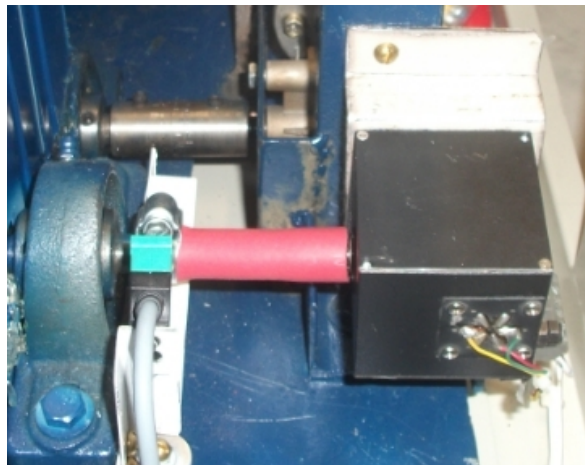




**Figura 3.13 Sensor ultrasónico**

En el tambor guiado del elevador de cangilones se cuenta con un convertidor de pulsos para la medición de velocidad con salida de 4-20 mA.

Además en cada tambor guiado del banco de pruebas se cuenta con sensores inductivos que monitorea la velocidad de los mismos enviando una señal digital al controlador.



**Figura 3.14 Convertidor de pulsos**

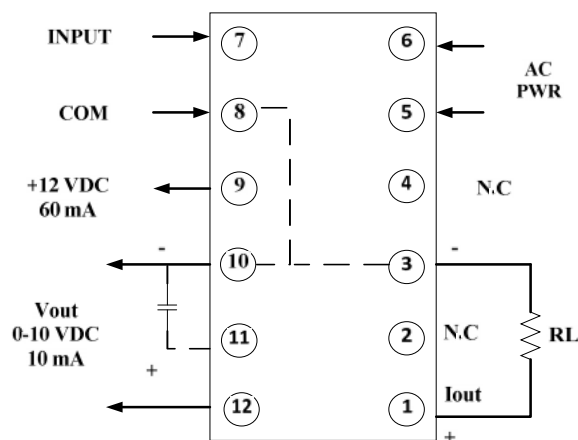
El convertidor de pulso modelo PRA1 es módulo plug-in que proporciona señal de voltaje y salida de corriente analógica, proporcional a la frecuencia del pulso de la señal de entrada.

En aplicaciones típicas, en la entrada del PRA1 se conecta la señal de un sensor montado que genera una señal que tiene una frecuencia proporcional a la velocidad de la máquina. El PRA1 desarrolla un impulso interno en sentido negativo al borde de cada pulso de entrada, el PRA1 luego toma la media de un tren de estos pulsos para generar una salida proporcional a la frecuencia de tensión.

Otro circuito dentro del PRA1 monitorea la salida de tensión y produce una señal de salida de corriente que se va a entregar ya sea de 0 a 1 o de 4 a 20 mA, tal como se determina por un interruptor de puesta en marcha.



**Figura 3.15 Convertidor de pulsos**  
**Fuente: RedLion (2014). Convertidor de Pulsos MFV915. Recuperado de www.RedLion.com.**



**Figura 3.16 Esquema de conexión**  
**Fuente: RedLion (2014). Convertidor de Pulsos MFV915. Recuperado de www.RedLion.com.**

### **Procedimiento para el ajuste de la corriente de salida del convertidor de pulsos.**

1. Cuando se utiliza la salida de corriente, el ajuste del cero se realiza antes de cualquier configuración.
2. Seleccione el rango de corriente (0-1 o 4-20 mA.) con interruptor S4
3. Conecte un miliamperímetro en serie con el circuito. No exceder la resistencia de carga máxima especificada para el rango actual.
4. Ajuste del rango 4-20 mA.: El ajuste de la referencia del cero es hasta que la corriente sea de 4 mA.

Rango de ajuste: Aplicar máxima señal de frecuencia de entrada y ajuste hasta tener la señal de corriente deseada

### **Etapa de medición de humedad**

Para la etapa de medición de humedad se emplea un transmisor de humedad de 0-100% RH (humedad relativa) a 24 VDC, con señal de 4-20 mA.de salida, GDHO-420.

La selección de este transmisor se dio, porque está pensado para llevar un mejor control de la humedad en ductos o en cuartos con ventilación.

### **Datos técnicos**

- Voltaje de alimentación : 15-30 VDC
- Frecuencia : 50 o 60 HZ
- Elemento sensor: circuito integrado
- Rango de medición: 0-100 % RH
- Señal de salida: 4-20 mA. DC
- Clase de protección: IP54
- Peso: 0.25 Kg

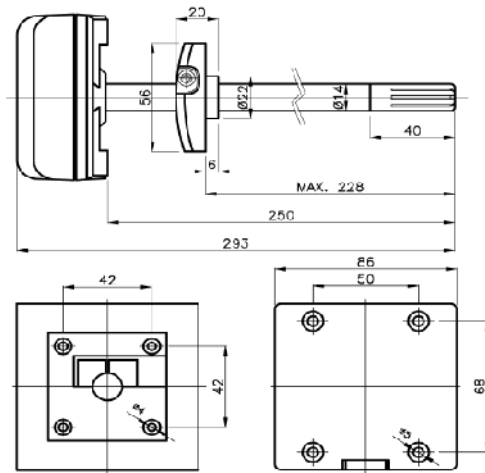


**Figura 3.17** Transmisor de humedad colocado en tolva 2



**Figura 3.18** Transmisor de humedad (GDHO-420)  
Fuente: Ginice,(2015). Sensor de humedad Recuperado de [www.ginice.co.kr](http://www.ginice.co.kr).

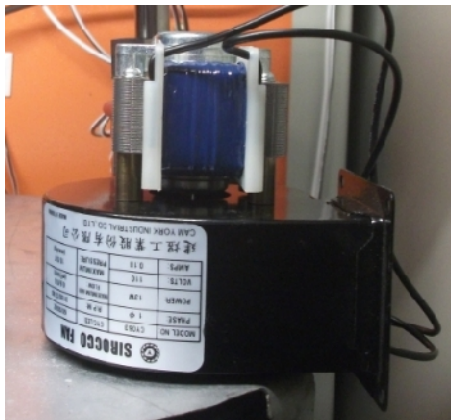
## Dimensiones



**Figura 3.19 Dimensiones Transmisor de humedad**

**Fuente: Ginice,(2015). Sensor de humedad Recuperado de [www.ginice.co.kr](http://www.ginice.co.kr).**

En esta etapa de medición se requiere realizar un controlador PID para controlar la humedad, este objetivo se logra implementar utilizando un calentador de 110 VAC y 60 W, además se coloca un ventilador para variar la temperatura.



**Figura 3.20 Blower**

## Etapa de medición de turbidez

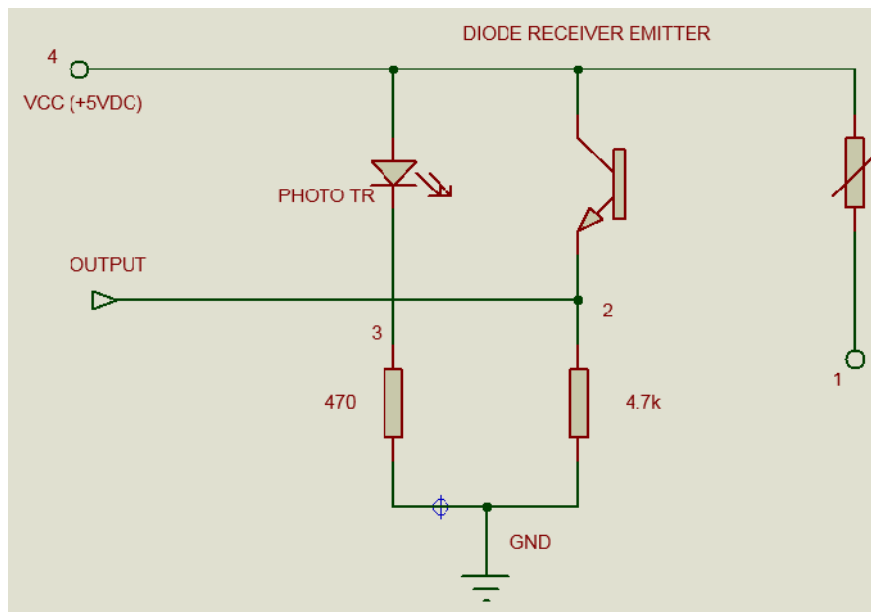
Para dicha etapa se emplea un sensor de turbidez fotoeléctrico que mide la cantidad de NTU (Unidades nefelométricas de turbidez) del fluido que circula por tuberías de PVC.

El módulo 165D6042P003 mide la turbidez (cantidad de partículas en suspensión) del agua del lavado en lavadoras y lavavajillas.



**Figura 3.21 Sensor de turbidez 165D604P003**  
Fuente: G&E (2015). Sensor de turbidez. Recuperado de [www.digchip.com](http://www.digchip.com)

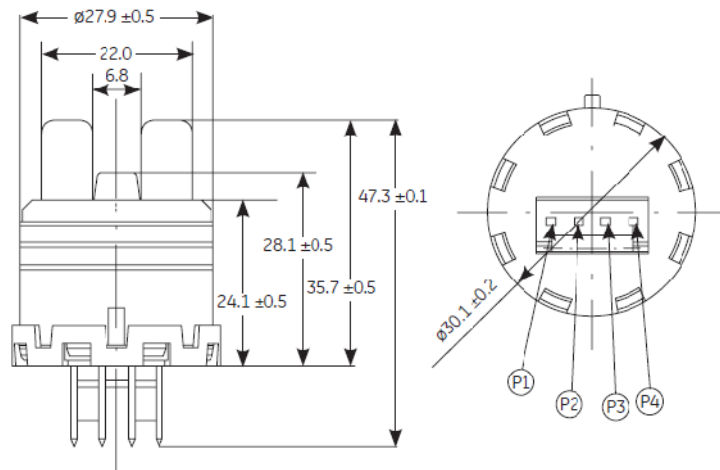
El sensor opera cuando la luz pasa a través de la muestra de agua, la cantidad de luz transmitida depende de la cantidad de partículas de sólidos en el agua.



**Figura 3.22 Diagrama eléctrico de sensor de turbidez**  
Fuente: G&E (2015). Sensor de turbidez. Recuperado de [www.digchip.com](http://www.digchip.com)

### Datos técnicos

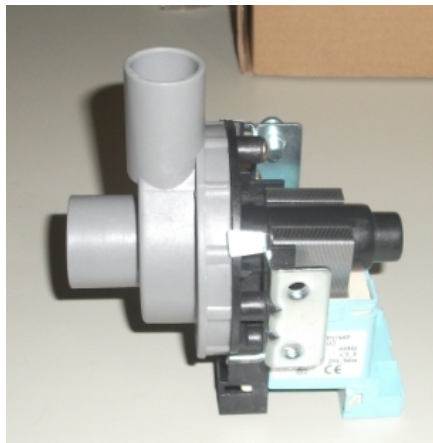
- Voltaje de operación: 5 V dc entre pin 4 y tierra.
- Voltaje diferencial: 2.9 V dc +/- 20%
- Rango de medición: 0 – 4000 NTU
- Temperatura de operación: -30° C – 80° C



**Figura 3.23 Medidas sensor de turbidez**

**Fuente: G&E (2015). Sensor de turbidez. Recuperado de [www.digchip.com](http://www.digchip.com)**

Para poder recircular el fluido se cuenta con una bomba drenaje de agua para lavadora de 110 VAC, 35 W, 0.54 A, 20L/Min.



**Figura 3.24 Bomba de agua para recirculación de agua.**

## Dispositivos de control

Para marchar los motores del elevador y banda horizontal se usan relés que son activados por la señal de salida del PLC, existe dos relés a 24 VDC para la marcha del elevador de cangilones y uno de 110 V AC para la banda horizontal.



Figura 3.25 Relés a 24 VDC



Figura 3.26 Relé a 110 VAC



El circuito de medición de humedad posee un relé de estado sólido que permitirá conmutaciones frecuentes sin el peligro que presenta los relés electromecánicos de daños en los contactos.



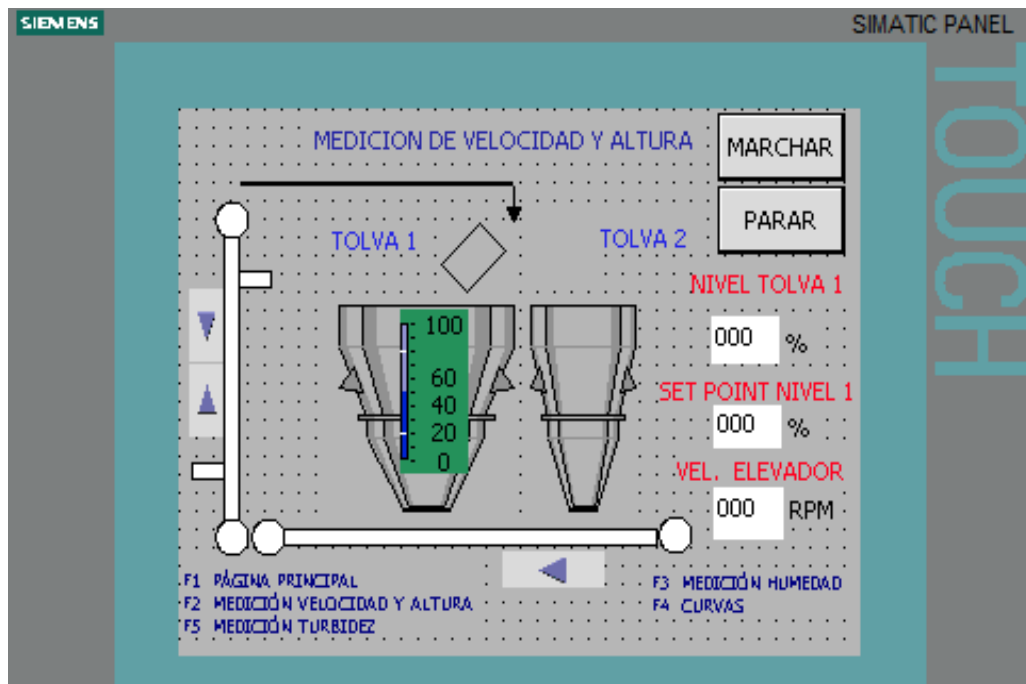
**Figura 3.27 Relé de estado sólido**

### **3.5 Descripción funcional del banco de pruebas.**

El presente banco de pruebas presenta tres procesos bien diferenciados:

- Medición de velocidad y altura de la tolva 2.
- Medición de humedad de la tolva 2.
- Medición de turbidez del agua.

### 3.5.1 Descripción funcional de la etapa de medición de velocidad y altura.



**Figura 3.28 Scada de medición de velocidad y altura**

Para iniciar la marcha del sistema de medición de velocidad del tambor conducido y la medición de la altura de la tolva 1, se necesita ingresar un set point para la tolva 1 mayor a la señal actual que registre la tolva 1, una vez que se ingresa la referencia se procede a marchar el sistema, en primer lugar la compuerta está representada por un rectángulo en la pantalla y se puede observar gráficamente la posición de la compuerta hacia que tolva se encuentra, cuando se oprime el botón marchar, el elevador de cangilones es el primero en arrancar, después de 5 segundos arranca la banda horizontal.

La banda horizontal permanece 2 segundos en marcha y 5 segundos parada, así alternadamente.

El elevador de cangilones presenta un sensor inductivo que supervisa el movimiento del tambor inferior, si el controlador no detecta en un tiempo de cinco segundos un cambio de estado del sensor, entonces se ordena detener el elevador y la banda horizontal, y se visualiza en la pantalla un aviso de falla de sensor de movimiento, y

a continuación el elevador gira en sentido contrario visualizándose en pantalla una flecha del sentido de giro.

El elevador permanece girando 5 segundos en sentido inverso, después para y vuelve a girar con el sentido normal de operación.

Cuando el sistema funcione de manera normal se puede visualizar la señal de nivel de la tolva 1 y la velocidad del elevador de cangilones en rpm.

### 3.5.2 Descripción funcional de la etapa de medición de humedad.

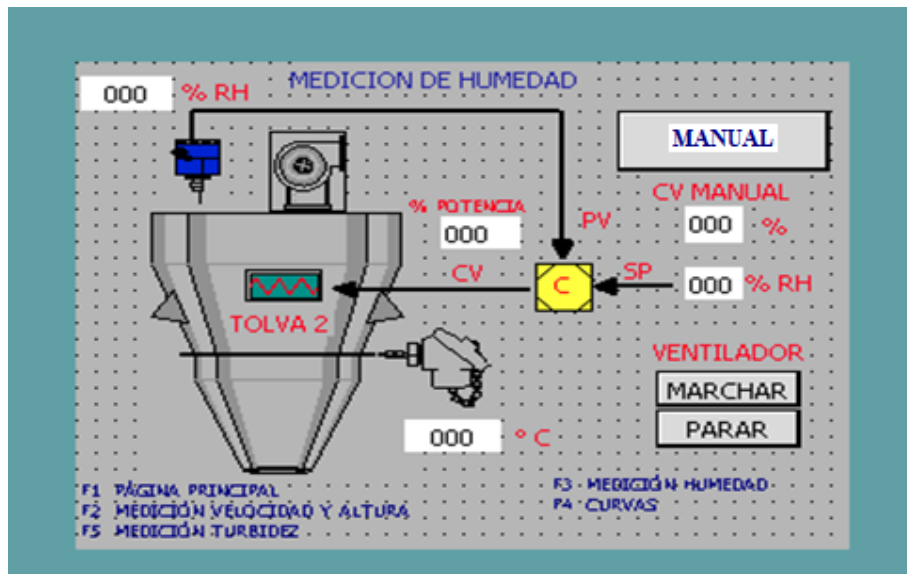


Figura 3.29 Scada de medición humedad

El sistema de medición de humedad controla la humedad de manera manual o automático, para tal objetivo existe un botón en la parte superior derecha de la pantalla.

Antes de comenzar a controlar la humedad se tiene que marchar el ventilador, el cual recircula aire a temperatura ambiente dentro de la tolva 2.

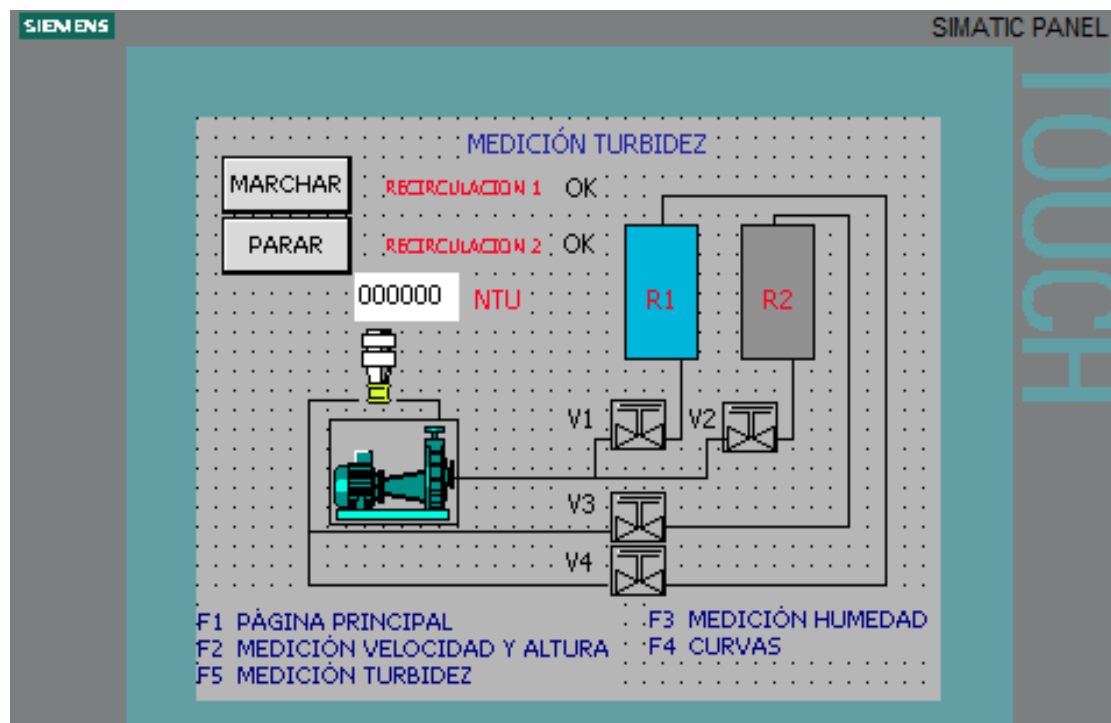
En el momento en que se selecciona el control en forma manual se despliega un recuadro en donde se ingresa el valor en porcentaje de la variable manipulada o CV, el valor que se puede ingresar corresponde de 0 – 60 %.

Cuando se ingresa valores en la CV se energiza en función del tiempo la resistencia que se encuentra dentro de la tolva.

Si se selecciona la manera automática de control se tiene que ingresar valores de set point inferiores al valor real de medición, la resistencia se energiza de manera temporizada hasta alcanzar el set point ingresado.

En la pantalla se visualiza las señales de porcentajes de la humedad relativa, la variable manipulada, y de la temperatura dentro de la tolva.

### 3.5.3 Descripción funcional de la etapa de medición de turbidez.



**Figura 3.30 Scada de medición de turbidez**

El sistema de medición de turbidez consta de dos circuitos de recirculación y funcionan uno a la vez por el motivo que comparten la misma bomba de agua.

En la parte superior de la pantalla se observa el estatus de cada circuito de recirculación.

Las válvulas cuando están abiertas presentan un recuadro verde en su contorno.

Para habilitar la recirculación 1 hay que abrir las válvulas 1 y 4 y mantener cerradas las válvulas 2 y 3 cuando se cumple esta condición el estado en el texto de recirculación 1 es OK.

Para habilitar la recirculación 2 hay que abrir las válvulas 2 y 4 y mantener cerradas las válvulas 1 y 4 cuando se cumple esta condición el estado en el texto de recirculación 2 es OK.

Cuando cumple las condiciones anteriormente mencionadas se puede encender la bomba de agua por medio del botón marchar.

Al recircular el agua de los reservorios se puede ver que la señal de turbidez varía según el líquido que este siendo analizado.

### **3.6. Desarrollo de la programación para el banco de pruebas**

La red ProfiBus que se diseña servirá para enlazar el PLC con la ET-200 y la KTP 600DP.

El PLC utilizado es una CPU 315-2DP que tienen un puerto MPI y ProfiBus.

El software que se utiliza para la programación de la CPU es el administrador Simatic, y el WinCC flexible 2008 para programar el HMI.

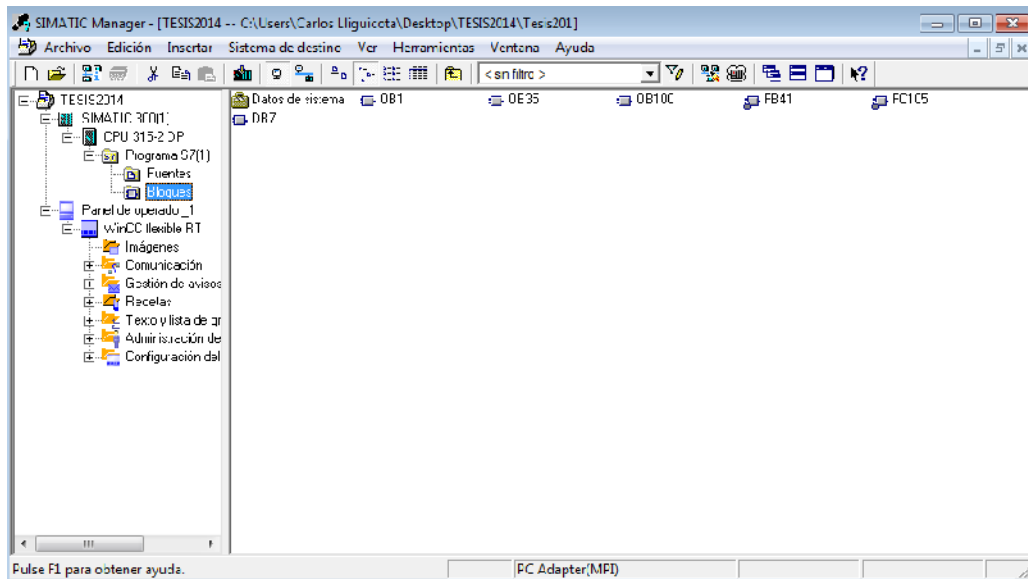


En el momento que se haya seleccionado todas las tarjetas en el software se carga el programa y se compila.

Ahora se procede a cargar en el PLC.

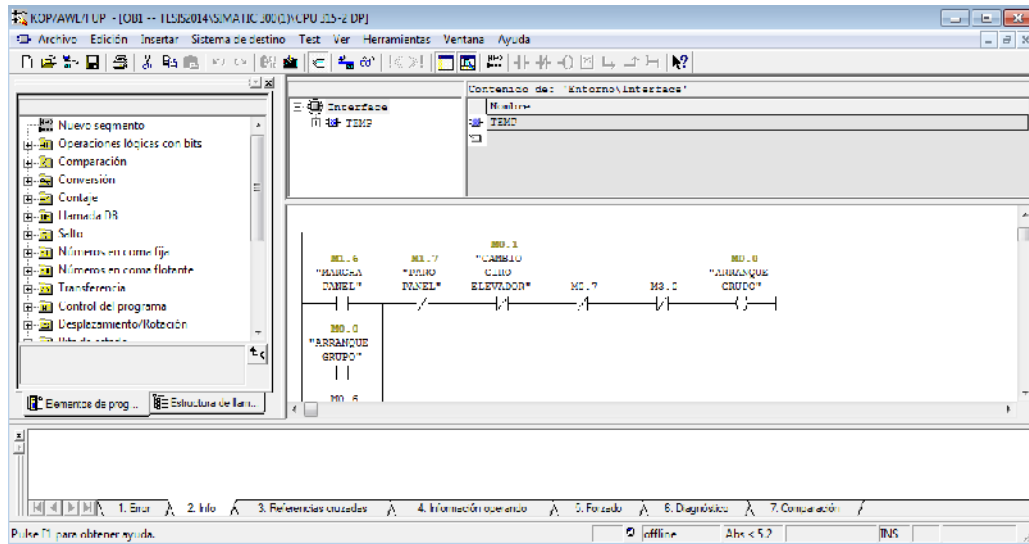
### 3.6.1 Edición de OB1

Para abrir el bloque de organización OB1, se selecciona en el árbol del software el comando bloque, aparece en la parte derecha todos los bloques que contiene el proyecto.



**Figura 3.33** Bloque de organización

Seleccionar OB1 dando doble clic y abrirá la programación que contenga.

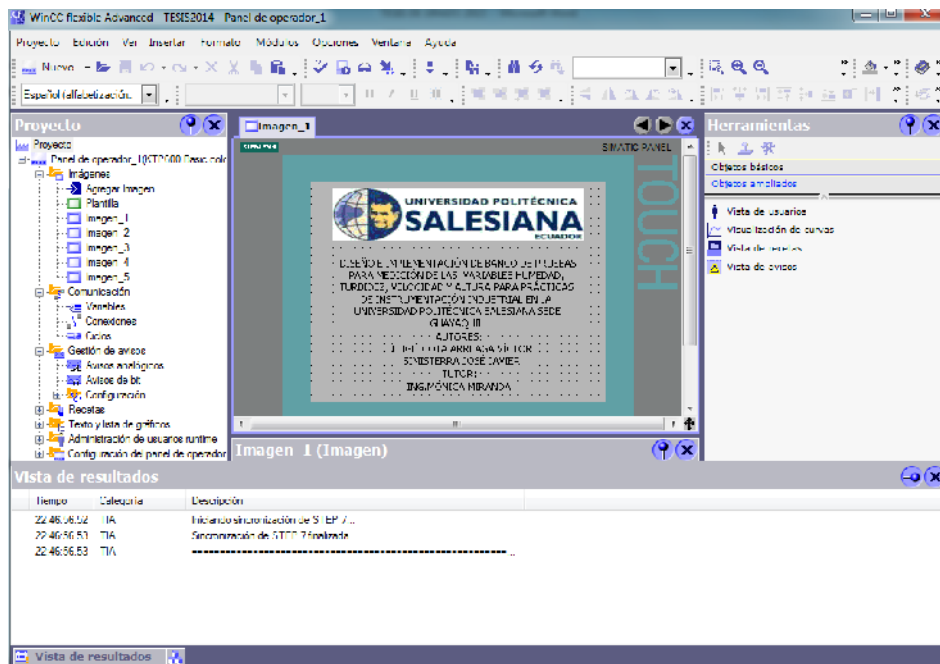


**Figura 3.34 Bloque de organización abierto**

La programación que contiene el OB1 se adjunta en los ANEXOS 1-8

### 3.6.2 Configuración de pantalla KTP 600DP.

Para programar el HMI se requiere del software WinCC flexible 2008, seleccionar software dando doble clic, aparecerá un wizard para crear el proyecto.



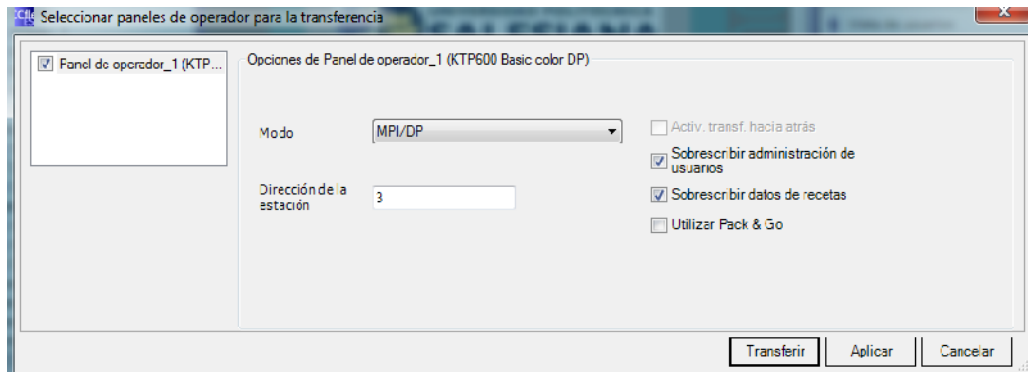
**Figura 3.35 Diseño de imágenes en WinCC flexible 2008**



Al ingresar al proyecto se puede comenzar a crear las pantallas, y hacer uso de la librería que ofrece el software.

Para transferir las pantallas creadas hacia el HMI, seleccionar en el menú de comando proyecto transferir.

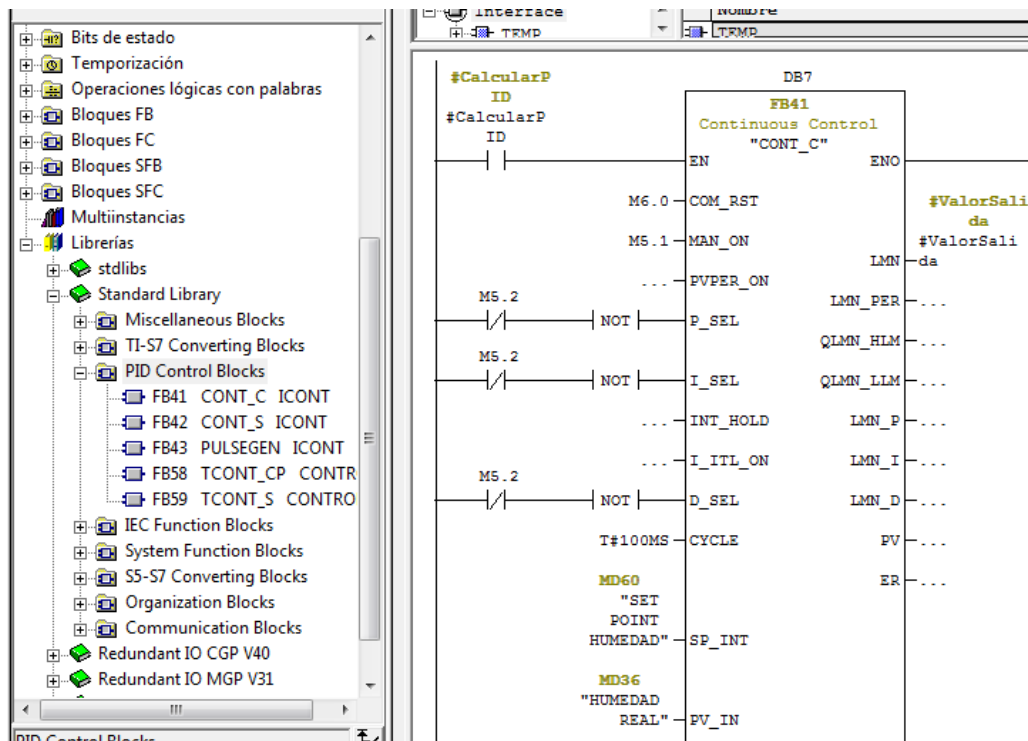
Configurar la interface MPI en la computadora como en la HMI, dirección 3 con una velocidad de 187,5 Kbd.



**Figura 3.36 Transferencia del proyecto**

### **3.6.3. Bloque de función FB41 (CONT C).**

En la programación PID del control de humedad de la Tolva 1 se emplea el FB41(CONT C) que se encuentra en la librería estándar del administrador simatic.



**Figura 3.37 El bloque organización OB35.**

**Fuente:** Siemens AG (2015), Bloque de función PID FB 41 “CONT\_C” en el contorno STEP7. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/250434073/Regulacion-PID-en-Siemens#scribd>

Tal y como se puede apreciar en todo el bloque, los parámetros se pueden clasificar en dos grupos:

Los parámetros de la izquierda del bloque serán las “ENTRADAS”: algunos sólo son de lectura, por ejemplo, el valor del sensor (PV\_PER), otros son de lectura y escritura GAIN (Kp), los parámetros de regulación TI y TD, los límites, la configuración del PID, los valores de normalización, etc.

En cambio, todos los parámetros de la derecha son “SALIDAS” del bloque de función y, en este caso, todos son de sólo lectura. El bloque proporciona la información de la regulación que está realizando, por ejemplo, el porcentaje de salida del regulador (parámetro LMN) o el valor de la señal analógica que actúa sobre el actuador correspondiente (parámetro LMN\_PER).

Al examinar el diagrama de bloques del regulador CONT\_C de la figura 4, se pueden distinguir las tres zonas siguientes:

Zona superior: Realiza la comparación entre el valor de consiga y el valor real del proceso normalizado, y crea el error de regulación.

Zona intermedia: Aplica un tipo de regulador diferente (P, PI, PID) al error originado en la zona anterior, establece los valores de los parámetros de cada uno, lee la salida que corresponde a cada parámetro y, teniendo en cuenta la perturbación DISV, origina la salida real del regulador.

Zona inferior: Utiliza la salida que origina el regulador manual o automáticamente, para establecer límites y preparar la salida definitiva como número real (%) y en formato de periferia.

A continuación se describen los parámetros que contiene el bloque de función 41(FB 41).

**SP\_INT:** con este parámetro se fija la consigna del bucle de regulación; se trata de un número real y, normalmente, de un porcentaje (del -100.0 % hasta el 100.0 %). De todas formas, se puede introducir directamente el valor de la magnitud física, por ejemplo, 0.45 Atm. si se trata de presión, o 75 lit. si se trata de nivel o volumen, o 1.2 l/s si se trata de caudal. En el caso en que la consigna sea una magnitud física, hay que adaptar los parámetros PV\_FAC y PV\_OFF de la función PV\_NORM, tal y como se estudia posteriormente. El valor inicial de este parámetro es cero, y es de lectura-escritura.

**PVPER\_ON:** mediante este parámetro binario se define el modo de lectura de la variable de proceso (PV). Si es "0", el valor del PV es el parámetro PV\_IN; si es "1", PV es el parámetro PV\_PER. Es un valor de lectura-escritura e inicialmente es "0".

**PV\_IN:** Si se utiliza esta entrada se tiene que adaptar el valor entero que proporciona el sensor con las demás funciones del autómatas para convertirlo en valor real, y para que, de este modo, la función realice una correcta comparación con SP\_INT. Se utiliza cuando el valor del PV es real (entre el -100.0 % y el 100.0 %) o haya sido adaptado al valor de la magnitud física (en formato real DWORD).

**PV:** es la lectura de la variable de proceso y es un número real que representa un porcentaje(-100.0%...0... 100.0%) o cualquier otra magnitud. Es una variable de sólo lectura.

**ER:** Error de regulación. Es la diferencia entre el valor de consigna y la variable de proceso PV. Su valor es un número real de sólo lectura.

**GAIN:** es la ganancia proporcional del regulador y puede adquirir cualquier valor real positivo o negativo.

Cuando se requiere una acción “directa” en la regulación del proceso, el parámetro GAIN debe tener un valor positivo y, cuando se trate de una acción inversa, un valor negativo.

**ACCIÓN DIRECTA:** Es la acción que se realiza, por ejemplo, al controlar un caudal del agua que pasa por un tubo mediante la apertura o el cierre de una válvula. También al controlar la consigna de velocidad de una motobomba.

Si sube el valor de la consigna para el control del caudal del agua, habrá que abrir más la válvula o subir la consigna de la velocidad de la motobomba. Por eso se denomina acción directa, porque cuando se quiere incrementar el valor del PV del proceso, también incrementa la salida del regulador (existe relación directa).

**ACCIÓN INVERSA:** Es la acción que se realiza, por ejemplo al controlar la presión de un gas en un depósito mediante la apertura o el cierre de una válvula colocada en la salida. Si se abre la válvula, la presión del depósito disminuye y, si se cierre, aumenta.

Si el valor de la consigna del regulador para controlar la presión aumente, la válvula debe cerrarse. Por eso se denomina acción inversa, porque cuando se quiere incrementar el valor de PV del proceso, la salida del regulador debe disminuir (existe una relación contraria o inversa).

Si el parámetro GAIN es cero, la salida del regulador es cero, independientemente de los valores TI y TD.

**Función INT:** esta función proporciona la salida del regulador correspondiente al efecto integral, según los parámetros TI, IN\_HOLD, I\_ITL\_ON, I\_ITLVAL.

**TI:** es el tiempo de la acción integral y su unidad se fijará en segundos. El valor mínimo de este parámetro está relacionado con el parámetro CYCLE ( $TI \geq CYCLE$ ) y tiene un valor inicial de 20 segundos (T#20S).

**TD:** el tiempo y la unidad de la acción derivativa; se fija en segundos. El valor mínimo de este parámetro está relacionado con el parámetro CYCLE ( $TD \geq CYCLE$ ) y tiene un valor inicial de 10 segundos (T#10S).

**MAN\_ON:** todos los reguladores pueden funcionar en manual o en automático. Si este bit es “1”, el valor del parámetro MAN se transfiere a la salida del regulador. Por ejemplo, si  $MAN = 50.0$ , en la salida se obtienen 5 V.

Cuando el parámetro MAN\_ON es “0”, el regulador está en modo automático y calcula la salida según la fórmula indicada anteriormente:

$$LMN(t) = GAIN \cdot \left[ ER + \frac{1}{TI} \int ER \cdot dt + TD \cdot \frac{d(ER)}{dt} \right] \quad (11)$$

**CYCLE:** Este parámetro informa al regulador de cuál es el periodo de muestreo. Su valor debe estar relacionado con la frecuencia con la que se realiza la llamada al bloque FB41.

**COMRST:** si se asigna un valor “1” a este parámetro la función FB CONT\_C se reinicia (reset). Esta asignación se puede realizar en cualquier momento, pero lo más adecuado es programarlo en el bloque OB100 (cuando el autómata pasa de STOP a RUN). Después del reinicio, los valores acumulados en los parámetros LMN\_P, LMN\_I y LMN\_D se ponen en cero y, por consiguiente, la salida del regulador

también es cero. Si el valor de este bit se mantiene en “1”, el regulador queda bloqueado, por lo que resulta necesario ponerlo “0”.

El OB 35 que contiene el programa desarrollado para el banco de pruebas adquiere la variable de proceso a través la entrada análoga PEW 250 que se normaliza dentro de la variable real MD36, para lograr el control de la variable manipulada por medio del control PID se desarrolla una programación mediante comparadores para lograr una activación temporizada y controlada por medio del bloque FB41.

La programación del O35 se puede observar en los ANEXOS 9-11. (Siemens, 2015).

## Capítulo 4: Desarrollo de las prácticas.

### 4.1 Reconocimiento del hardware utilizado para la adquisición y monitoreo de señales del banco de pruebas.

#### Objetivo:

Identificar el controlador y pantalla táctil utilizada en el banco de pruebas para el procesamiento de señales. El controlador utilizado en el proyecto corresponde a un s7-300 con comunicación ProfiBus y memoria extraíble.



**Figura 4.1 Controlador s7-300**

El controlador se alimenta de 24 VDC, el cual es suministrado por una fuente logo de 24 VDC.



**Figura 4.2 Fuente 24 VDC**

La señales llegan a una periferia descentralizada et 200s donde se comunicarán con el controlador vía ProfiBus.

La visualización de las señales y ejecución de acciones se realizará por medio del panel operador KTP 600 DP.



**Figura 4.3 KTP 600 DP**



## 4.2 Reconocimiento y puesta en marcha del equipo de medición de velocidad.

### Objetivo:

Conocer el funcionamiento del equipo de medición de velocidad.



**Figura 4.4. Banda Transportadora**

La banda transportadora u horizontal, está conformada por un motor con alimentación de 12 VDC

El motor arranca cuando se activa la salida Q1.0 del PLC



**Figura 4.5 Sensor Inductivo**

La funcionalidad del sensor inductivo en la banda transportadora u horizontal es evitar un posible resbalamiento de la banda, detectando en un tiempo de 5 segundos alguna falla en el caso que no reconozca un cambio de estado en el sensor.

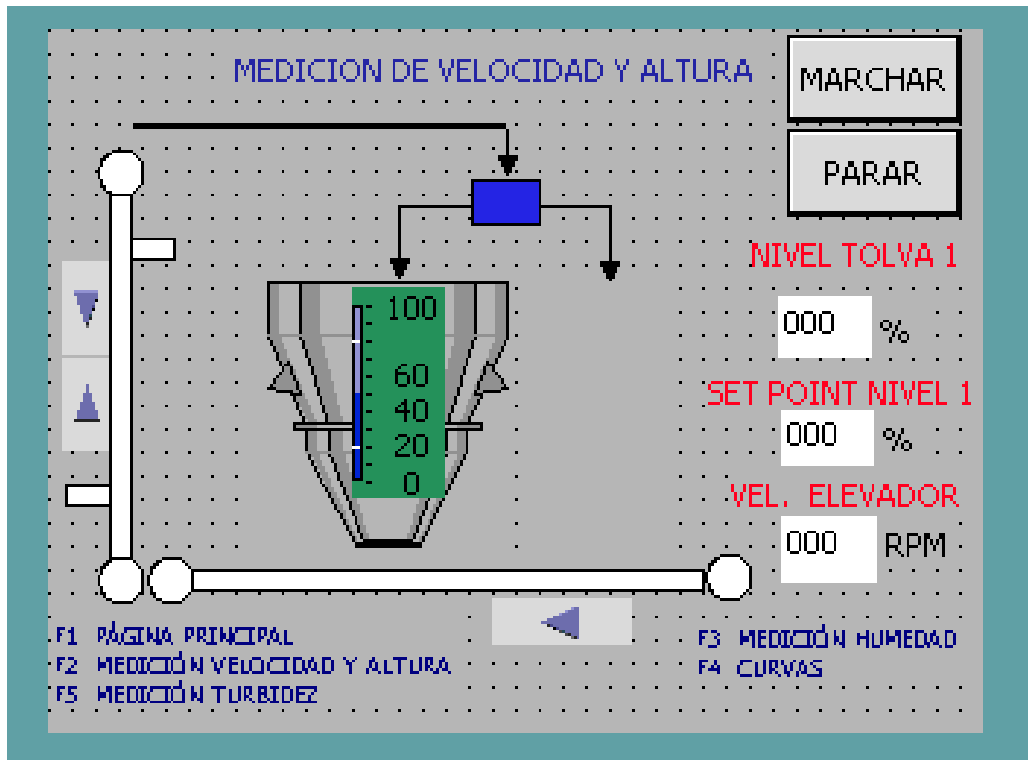


Figura 4.6 Scada de Medición de Velocidad

#### 4.3 Medición de la señal de salida del generador de pulso utilizado para la medición de velocidad.

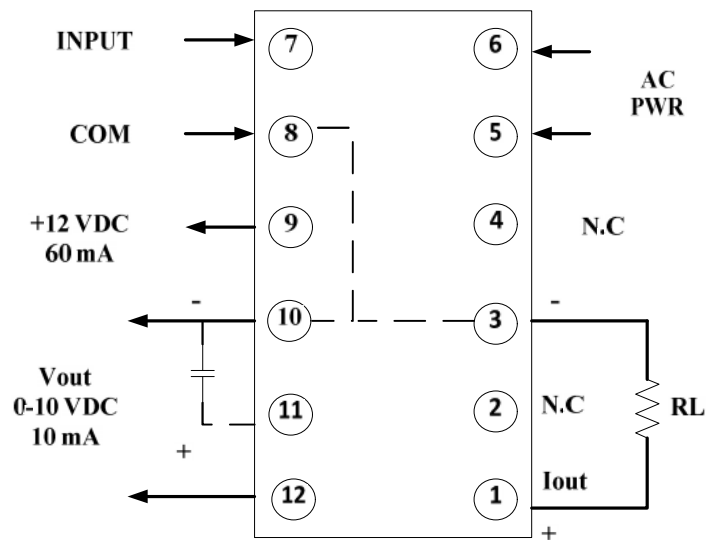
##### Objetivo:

Verificar el voltaje generado a la salida del generador de pulso o tacómetro.



**Figura 4.7** Generador de pulso para medición de velocidad

Para tal objetivo hay que abrir el compartimiento de control del módulo y ubicar el convertidor de pulso y realizar las mediciones respectivas en los bornes.



**Figura 4.8** Esquema de conexión

**Fuente:** RedLion (2014). Convertidor de Pulsos MFV915. Recuperado de [www.RedLion.com](http://www.RedLion.com).

Para tal objetivo en el compartimiento eléctrico del banco de prueba forzar por medio del accionamiento mecánico del relé k1 que además está identificado con el nombre marcha elevador para de esta forma marche el elevador y poder realizar la medición.

#### 4.4 Reconocimiento y puesta en marcha del equipo de medición de altura

##### Objetivo:

Conocer el funcionamiento del equipo de medición de altura.



**Figura 4.9 Sistema para medición de altura**

El sistema consta de un motor de 12 VDC y un sensor inductivo que permite detectar el movimiento del elevador de cangilones.

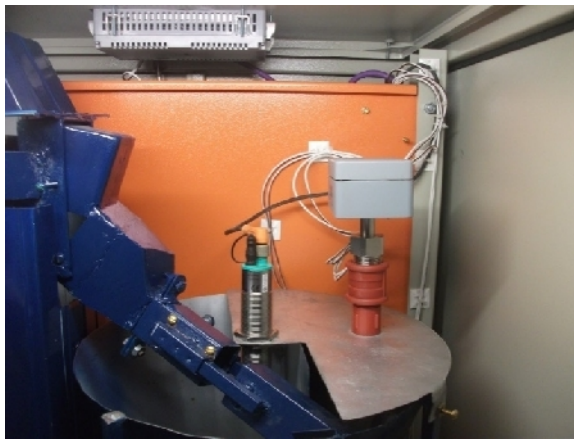


**Figura 4.10 Motor 12 VDC**



**Figura 4.11 Sensor de nivel ultrasónico**

El sensor de nivel ultrasónico se encuentra ubicado en la tolva 1, para la medición del material que se incluirá.



**Figura 4.12 Compartimiento de Tolva 1 y Tolva 2**

Su funcionamiento es llevar el material hacia el canalón en el cual se distribuirá hacia la tolva 1 o la tolva 2 según como se encuentre seleccionado.

Si se selecciona la caída del material hacia la tolva 1 se observara un incremento en la medición de nivel o altura del material.

Si se selecciona la caída del material en la tolva 2 se observara una disminución de nivel o altura del material en la tolva 1.

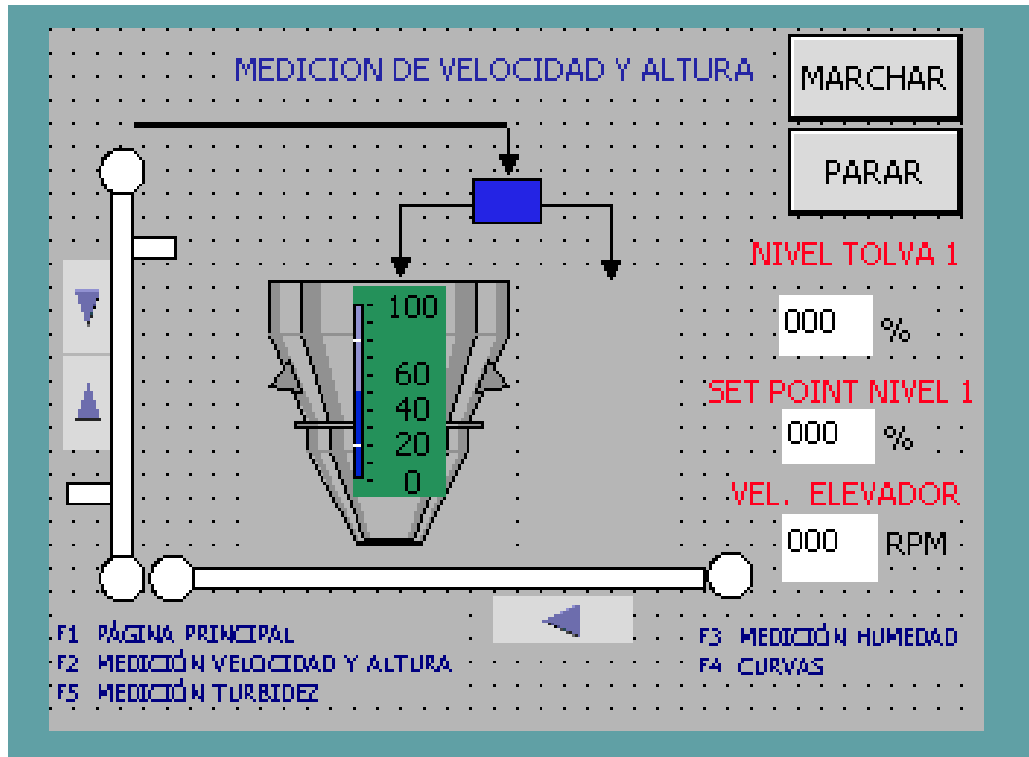


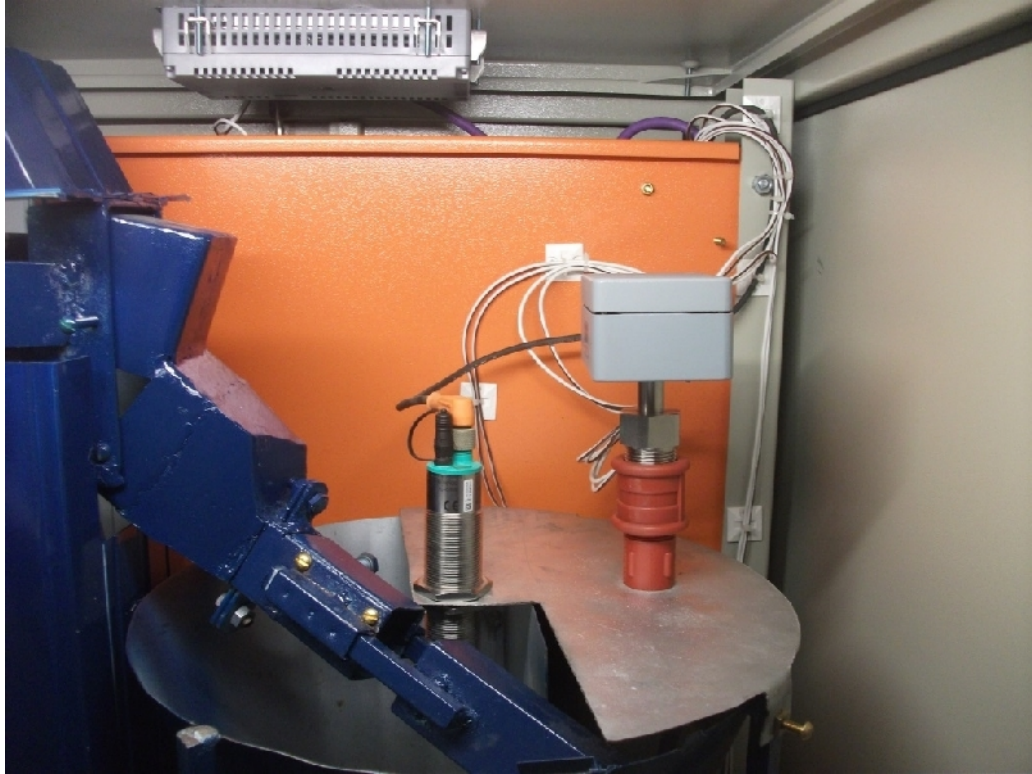
Figura 4.13 Scada de Medición de Velocidad

#### 4.5 Reconocimiento y puesta en marcha del equipo de medición de humedad

##### Objetivo:

Conocer el funcionamiento del equipo de medición de humedad.





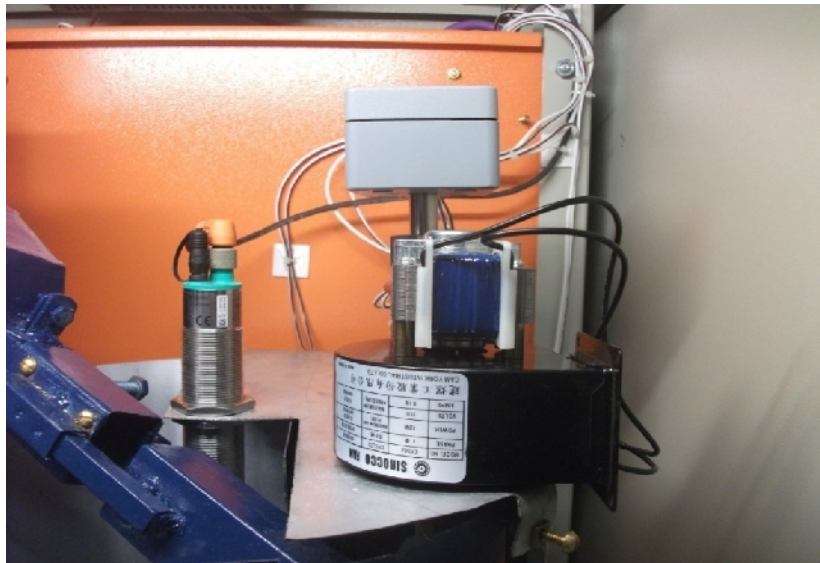
**Figura 4.14 Sensor de Humedad**

El sensor de humedad GDHO-420 se encuentra ubicado en la parte superior de la tolva No. 2. La función específica es medir la humedad que se encuentra en el ambiente de la tolva. El sensor está alimentado por una fuente de 24 VDC obtenida desde el compartimiento eléctrico, su salida es de 4-20 mA y se encuentra conectada en la tarjeta 9 del canal 1 de la ET200.



**Figura 4.15 Ventilador**

Junto al sensor de humedad se encuentra ubicado un ventilador, con la finalidad que se mantenga una temperatura regulada dentro de la tolva 2. El ventilador es controlado desde el panel operador, en la pantalla de medición de humedad.



**Figura 4.16 Ubicación de Ventilador**







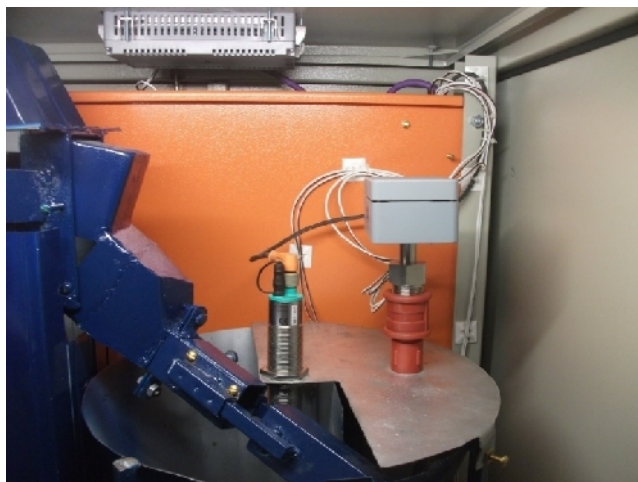
**Figura 4.18 Resistencia calefactora.**

#### **4.7 Reconocimiento y funcionamiento automático del sistema de control de humedad.**

##### **Objetivo:**

Identificar la operación automática de los dispositivos que controlan la humedad relativa dentro de la tolva 2.

El sistema cuenta con la opción de operar y controlar de manera automática la humedad. El sistema deshumidifica dentro de la tolva 2 por esta razón solo se podrá ingresar como set point valores inferiores al valor real de medición.



**Figura 4.19**Control automático de humedad

#### **4.8 Reconocimiento de los equipo de medición de turbidez.**

##### **Objetivo:**

Identificar los componentes del sistema de medición de turbidez

El sistema cuenta con dos sistemas de recirculación de agua con diferentes niveles de turbidez.



**Figura 4.20** Sistema de medición de turbidez

Existen dos llaves de cierre rápido en cada recirculación que con un sensor inductivo como testigo para determinar cuando la llave está en posición cerrada.



**Figura 4.21** Llaves de cierre rápido y sensores inductivos

El sistema posee una bomba de agua que permite recircular el agua de los diferentes reservorios según la vía que seleccione el estudiante.

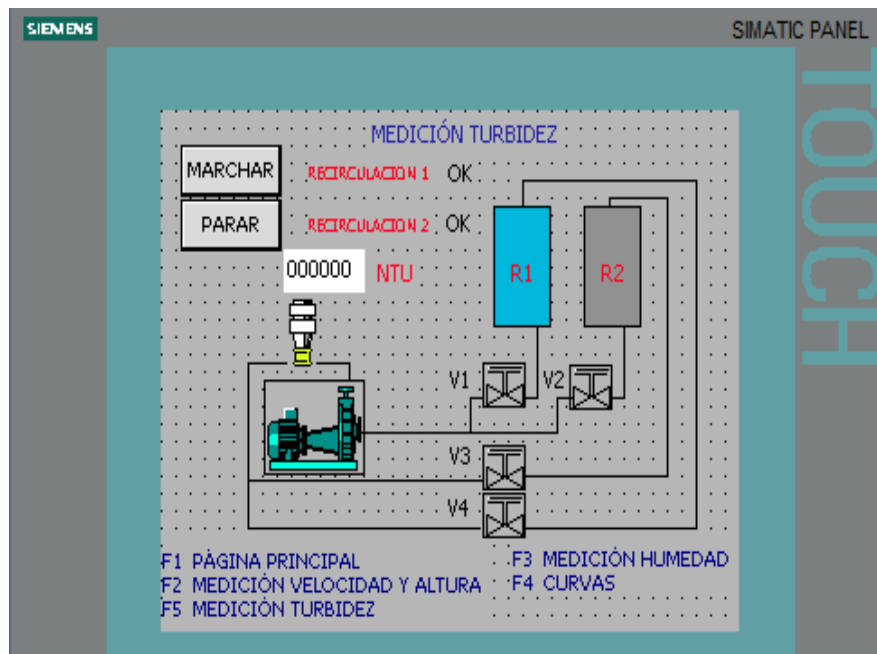


**Figura 4.22** Bomba de agua ubicada en banco de prueba.

#### 4.9 Puesta en marcha del sistema de medición de turbidez

##### Objetivo:

Identificar los diferentes circuitos de recirculación para medición de turbidez. Para poner en marcha el sistema se ubica en el panel operador y se selecciona la pantalla de medición de turbidez.



**Figura 4.23 Scada medición de turbidez**

El sistema de recirculación 1 está conformado por el reservorio 1, la llave de cierre rápido v1 y la v4.



**Figura 4.24 Estructura de circuitos de recirculación**

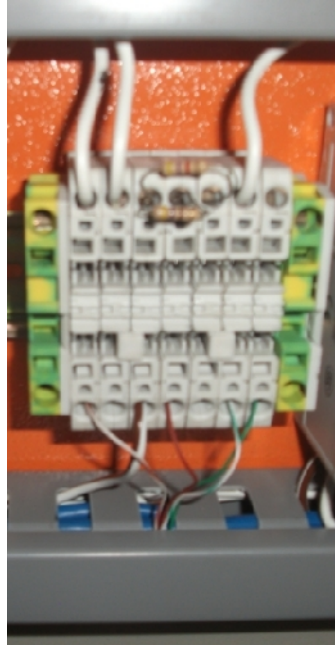
El sistema de recirculación 2 está conformado por el reservorio 2, la llave de cierre rápido v2 y La v3.

#### **4.10 Medición y comparación de señal generada por el sensor de turbidez en el momento de marchar los circuitos de recirculación.**

##### **Objetivo:**

Medir voltaje en borneras de panel eléctrico correspondiente al circuito de turbidez.

La señal del sensor de turbidez se mide en las borneras 2 y 6 correspondiente a la medición de turbidez. La señal generada por el sensor es de 0 a 5 vdc, la cual será transformada de 4- 20 mA por medio de un convertidor.



**Figura 4.25** Conexión de señal de turbidez

El sensor de turbidez en línea cuando se marcha el circuito de turbidez 1 o el circuito 2.



**Figura 4.26** Sensor de turbidez

## **Capítulo 5: Formato de prácticas**

### **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

#### **INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

**Práctica # 1: Reconocimiento del hardware utilizado para la adquisición y monitoreo de señales en banco de pruebas.**

#### **Objetivo:**

Conocer los diferentes equipos existentes en el banco de prueba para su normal funcionamiento.

#### **Instrucciones:**

Para esta primera práctica el estudiante aprenderá a distinguir los sensores y ubicación de cada uno en el banco de prueba.





**Figura 5.1. Panel eléctrico de banco de pruebas**

**Desarrollo:**

El banco de pruebas funciona con alimentación de 110vac, la cual será suministrada por la UPS, la energía eléctrica llega a las borneras 1 y 2 del grupo de borneras -X0, desde ese punto se distribuye voltaje hacía el interruptor principal -Q1, de donde se suministrará voltaje a todos los componentes que los requieran. El PLC se alimenta con 24 VDC suministrado por la fuente -G1, desde la bornera de conexión del controlador está conectado en paralelo la ET-200 la cual necesita de 24 VDC. En el grupo de bornera -X0 existe 24 VDC la cual viene desde la fuente -G1. Las señales de entradas y salidas proceden de la ET-200S.

Las señales de entrada están configuradas en el controlador para que funcionen con 110 V AC, mientras las salidas son contacto de libre potencial. Los relé -K3, -K5, -K6 son de 110 AC, y los relé -K1, -K2 son de 24 VDC.

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

**Práctica # 2: Reconocimiento y puesta en marcha del equipo de medición de velocidad.**

### **Objetivo:**

Conocer el funcionamiento del equipo de medición de velocidad.

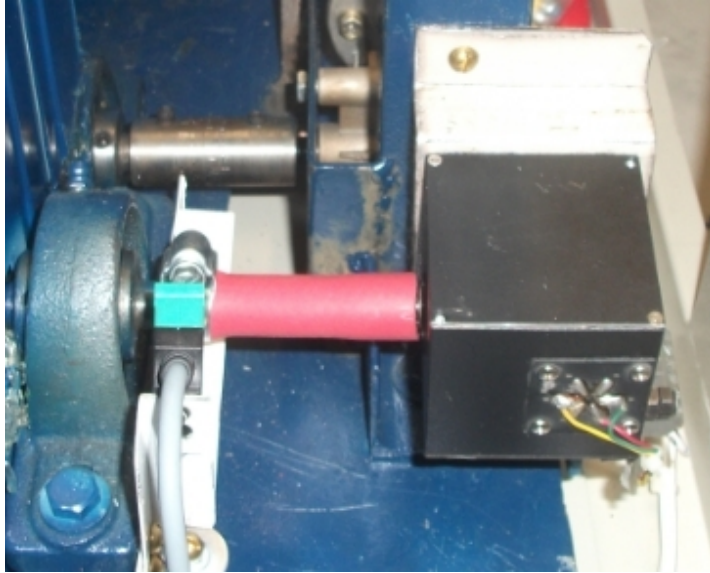
### **Instrucciones:**

- 1.- Energizar banco de pruebas poniendo interruptor -Q1 en posición ON.
- 2.- Esperar unos 30 segundos hasta que HMI cargue totalmente.
- 3.- Seleccionar en pantalla HMI con F2 que corresponde a la pantalla para práctica de velocidad.

### **Desarrollo:**

En esta pantalla se encuentra un PI&D del sistema de recirculación de material en el cual se observa un elevador de cangilones y una banda horizontal que alimenta dicho elevador.

En el tambor conducido del elevador se encuentra un generador de pulso, que enviará señales al convertidor de pulsos ubicado en el panel eléctrico. En la parte superior del elevador se encuentra un motor de 12 VDC que es el que permite mover el elevador de manera vertical, dicho motor se alimenta desde el panel eléctrico por medio de una fuente de 12 VDC.



**Figura 5.2. Generador de pulsos en tambor tensor de elevador**

En la pantalla de medición de velocidad y altura está representada la señal real de la velocidad del elevador en el momento que se oprime el botón de marcha del sistema.

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

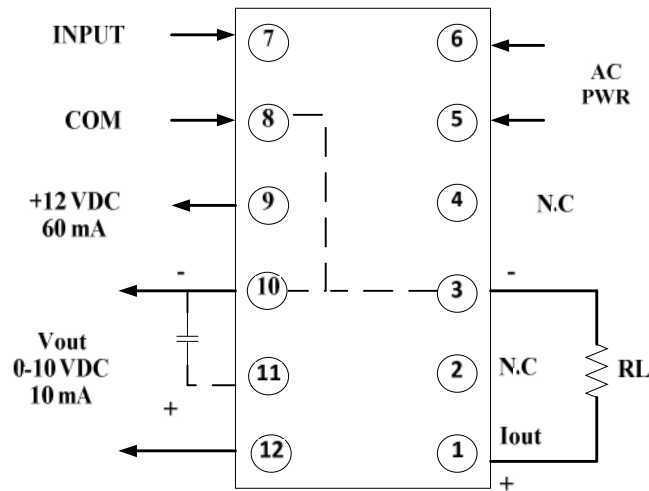
**Práctica # 3: Medición de la señal de salida del generador de pulso utilizado para la medición de velocidad.**

**Objetivo:**

Verificar el voltaje generado a la salida del generador de pulso o tacómetro, ubicado en el panel eléctrico, nombrado como el MFV915.

**Instrucciones:**

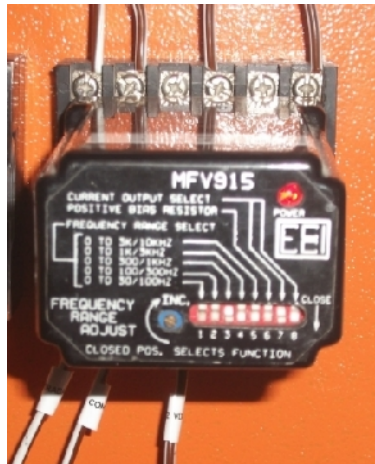
- 1.- Utilizar multímetro para medición de voltaje continuo.



**Figura 5.3. Diagrama de conexión de convertidor de pulso MFV915.**  
**Fuente: RedLion (2014). Convertidor de Pulsos MFV915. Recuperado de [www.RedLion.com](http://www.RedLion.com).**

### Desarrollo:

En la pantalla de medición de velocidad y altura, marchar el sistema. Una vez que ha marchado el elevador de cangilones y se haya estabilizado la señal de medición de velocidad, acceder al panel eléctrico y ubicar el convertidor de pulso.



**Figura 5.4** Convertidor de pulsos

Por los bornes 5 y 6 entra 110 VAC para energizar convertidor, 1 y 6 es la salida de 4 a 20 mA y va a una entrada analógica del PLC y en los bornes 7, 8 y 9 va conectado el generador de pulso que se encuentra acoplado al eje del tambor conducido del elevador.

En el multímetro seleccionar la opción para medir voltaje continuo y con las puntas medir en los bornes 7 y 8 del convertidor de pulsos.

**Tabla 4** Registro de señal de velocidad de elevador de cangilones

| TIEMPO DE MARCHA(s) | VELOCIDAD (rpm) | VOLTAJE(VDC) |
|---------------------|-----------------|--------------|
| 30                  |                 |              |
| 60                  |                 |              |
| 120                 |                 |              |
| 150                 |                 |              |
| 180                 |                 |              |

**Nota:** Registro de valores prácticos de velocidad y voltaje

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

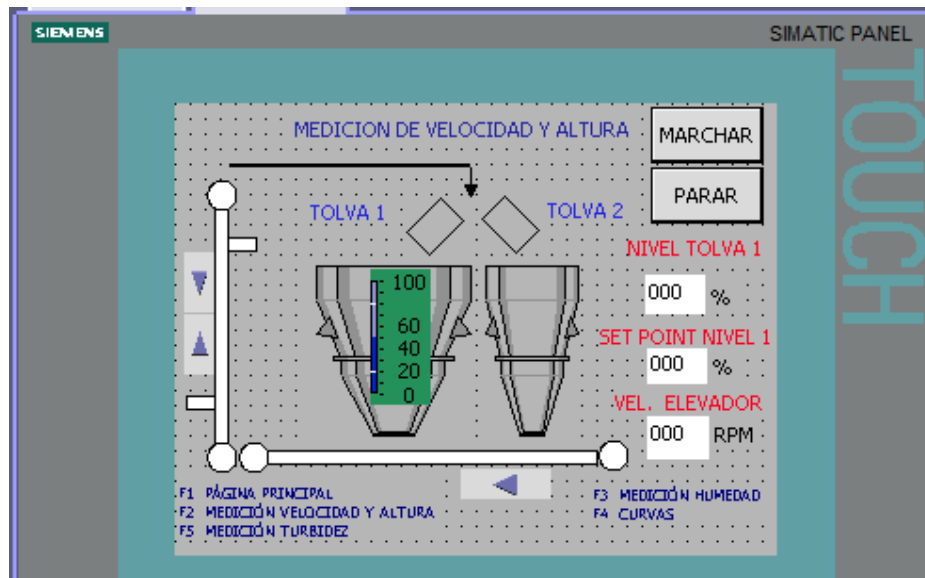
**Práctica # 4: Reconocimiento y puesta en marcha del equipo de medición de altura de la tolva 1.**

**Objetivo:**

Conocer el funcionamiento del equipo de medición de altura.

**Instrucciones:**

- 1.- Energizar banco de pruebas poniendo interruptor -Q1 en posición ON.
- 2.- Esperar unos 30 segundos hasta que HMI cargue totalmente.
- 3.- Seleccionar en pantalla HMI con F2 que corresponde a la pantalla para práctica de velocidad.



**Figura 5.5.**Scada de medición de velocidad y altura de la tolva 1.

**Desarrollo:**

En la pantalla de medición de velocidad y altura de la tolva 1, primero se tiene que posicionar la compuerta hacia la tolva 1 o la tolva 2, luego con el botón marchar arranca el sistema. En la parte superior de la tolva 1 existe un sensor ultrasónico que mide la altura en la tolva 1. El nivel de llenado de la tolva 1 se ingresa colocando el valor que se desee en la indicación set point nivel 1.

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

**Práctica # 5: Reconocimiento y puesta en marcha del equipo de medición de humedad.**

**Objetivo:**

Conocer el funcionamiento del equipo de medición de humedad.

**Instrucciones:**

1.- Energizar banco de pruebas.

**Desarrollo:**

En el banco de pruebas se tiene el equipo de medición de humedad, este sistema está conformado por un transmisor de humedad ubicado en la parte superior de la tolva 2.





**Figura 5.6. Sistema de medición de humedad**

En la parte superior existe un ventilador que sirve para recircular aire al ambiente dentro de la tolva. En la parte interna de la tolva 2 se encuentra una resistencia de 40 vatios a 110 VAC que sirve de variable manipulada para regular la humedad relativa dentro de la tolva.

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

**Práctica # 6: Reconocimiento y funcionamiento manual del sistema de medición de humedad.**

**Objetivo:**

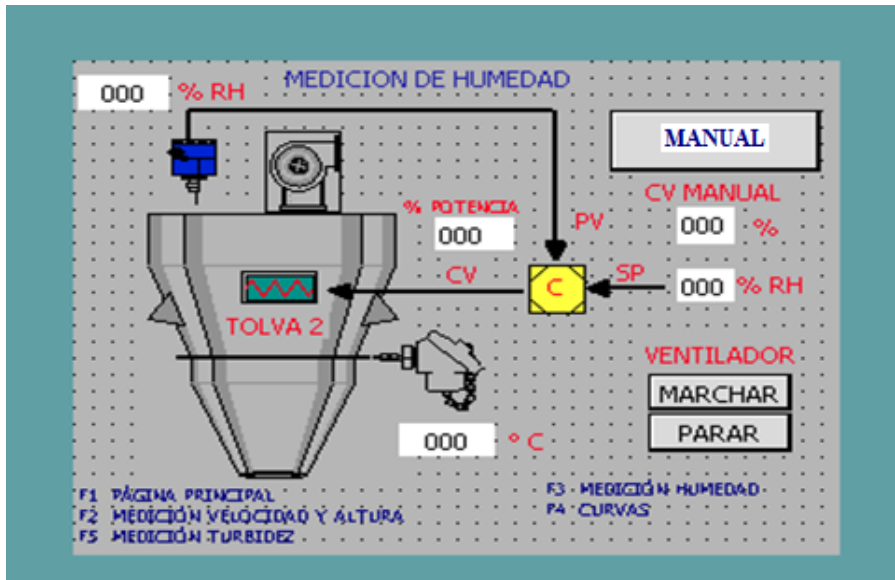
Identificar la operación manual de los dispositivos que controlan la humedad relativa dentro de la tolva 2.

**Instrucciones:**

Seleccionar la pantalla de medición de humedad mediante la tecla F3 de la pantalla.

**Desarrollo:**

En la pantalla de medición y control de humedad existe un botón para control manual o automático de la humedad, se selecciona el modo manual.



**Figura 5.7. Scada de medición de humedad**

Luego activar el ventilador de recirculación de aire fresco por medio del botón marchar. Con el botón de selección en modo manual se podrá ingresar el valor que se desee en la variable manipulada la cual está en porcentaje (CV MANUAL).

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

**Práctica # 7: Reconocimiento y funcionamiento automático del sistema de medición de humedad.**

**Objetivo:**

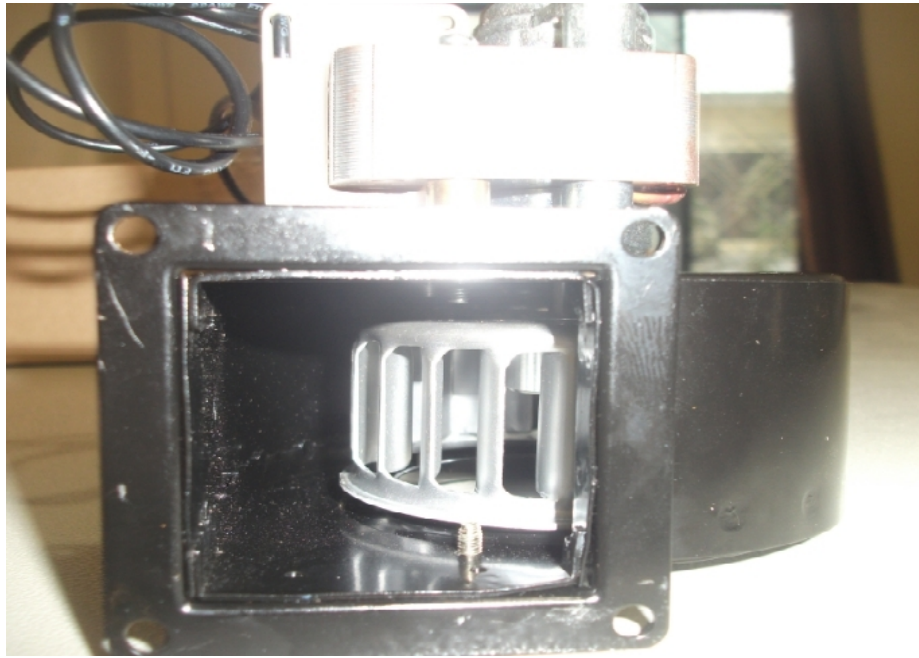
Identificar la operación automática de los dispositivos que controlan la humedad relativa dentro de la tolva 2.

**Instrucciones:**

Seleccionar la pantalla de medición de humedad mediante la tecla F3 de la pantalla.

**Desarrollo:**

En la pantalla de medición de humedad se marcha el ventilador de recirculación de aire fresco.



**Figura 5.8. Ventilador de banco de pruebas**

Seleccionar el botón de operación del control de humedad a modo automático, una vez seleccionado el modo automático, se puede ingresar el set point de control que el estudiante desee definir(%Rh). Cabe recalcar que solo se podrá ingresar valores por debajo del valor real de medición de ese momento, a este tipo de control de humedad se le conoce como deshumidificación.

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

**Práctica # 8: Reconocimiento de los equipos de medición de turbidez.**

**Objetivo:**

Identificar los componentes del sistema de medición de turbidez.

**Instrucciones:**

Seleccionar la pantalla de medición de turbidez mediante la tecla F5 de la pantalla.

**Desarrollo:**

El sistema consta de dos circuitos de recirculación, cada circuito posee un reservorio donde existe agua con distinto grado de turbidez.



**Figura 5.9. Sistema de medición de turbidez**

Cada circuito de recirculación posee dos llaves de cierre rápido con sensores inductivos para indicar la posición cerrada de cada elemento. En la línea que es común para los dos circuitos de recirculación, está ubicado el sensor de turbidez con señal de salida de 0- 5 VDC para valores comprendidos entre 10000- 0 NTU. El sistema posee una bomba de 110 VAC y 20 L/ min.

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL**

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

**Práctica # 9: Puesta en marcha del sistema de medición de turbidez.**

**Objetivo:**

Identificar los diferentes circuitos de recirculación para medición de turbidez.

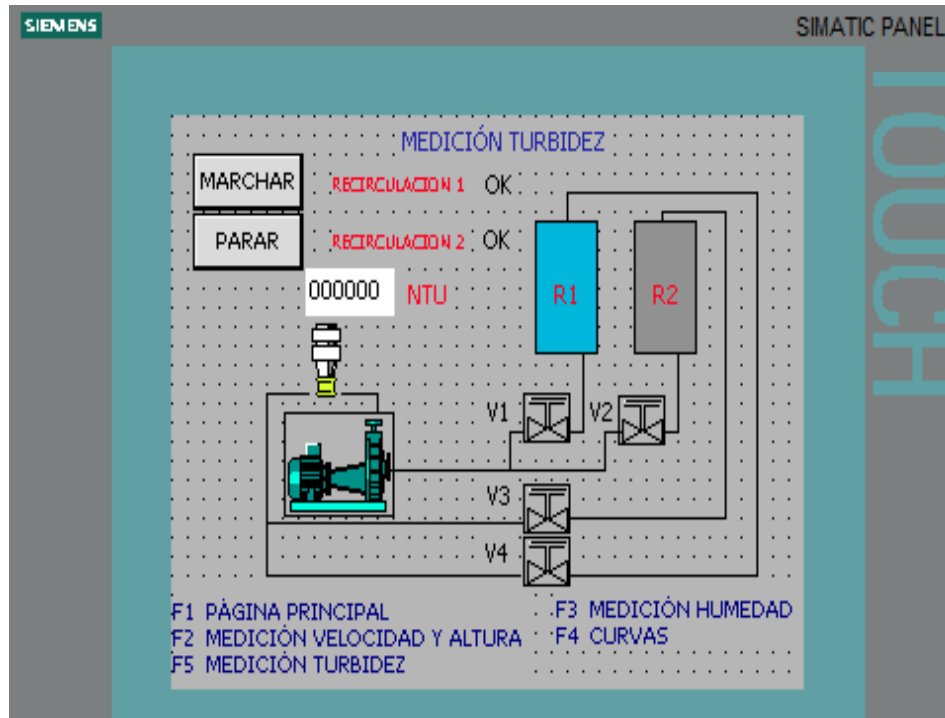
**Instrucciones:**

Seleccionar la pantalla de medición de turbidez mediante la tecla F5 de la pantalla.

**Desarrollo:**

En la pantalla de medición de turbidez arrancar el sistema por medio del botón de marcha.





**Figura 5.10. Scada de medición de turbidez**

Antes de marchar el sistema observar en la parte superior de la pantalla, dependiendo de la recirculación que se elija (recirculación 1 o recirculación 2) debe presentar el estado de ok, caso contrario no podrá marchar la bomba de agua. Cada sistema de recirculación tiene enclavamiento lógico registrado por los sensores inductivos de posición, lo que quiere decir que si el juego de válvulas no corresponde a una correcta recirculación, entonces no se podrá operar el sistema, hasta que se corrijan la posición de las válvulas.

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

## INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL

NOMBRE:

FECHA:

PROFESOR:

**Práctica # 10: Medición y comparación de la señal generada por el sensor de turbidez, en el momento de marchar los circuitos de recirculación.**

### **Objetivo:**

Medir voltaje en borneras de panel eléctrico correspondiente al circuito de turbidez.

### **Instrucciones:**

- 1.- Seleccionar la pantalla de medición de turbidez mediante la tecla F5 de la pantalla.
- 2.- Utilizar multímetro para medición de voltaje continuo.

### **Desarrollo:**

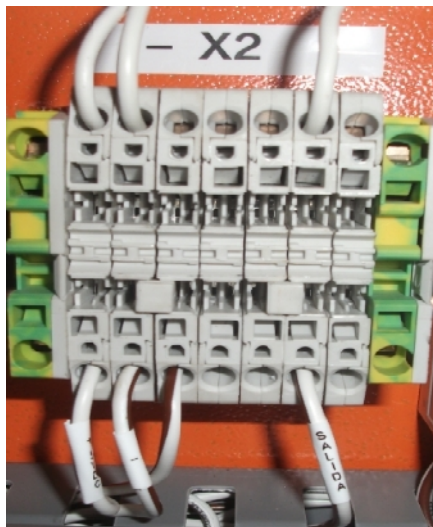
Definir la recirculación a utilizar y una vez que el estatus sea ok, se podrá arrancar la recirculación seleccionada.

Observar en la pantalla que la señal se estabilice, con el multímetro se dirige al tablero eléctrico y se ubica el grupo de borneras –X2.

**Tabla 5 Registro de señal de turbidez del banco de pruebas**

| TIEMPO DE MARCHA(seg) | TURBIDEZ (NTU) | VOLTAJE(VDC) |
|-----------------------|----------------|--------------|
| 30                    |                |              |
| 60                    |                |              |
| 120                   |                |              |
| 150                   |                |              |
| 180                   |                |              |

**Nota: Tabla de registros de mediciones**



**Figura 5.11. Borneras de conexión de sensor de turbidez**

Seleccionar en el multímetro la posición de medición de voltaje continuo. Con las puntas del multímetro se coloca en los bornes donde se identifica los cables con la marquilla salida y voltaje 0 (marquilla negativa). Comparar los valores obtenidos en voltios con el rango que registra en pantalla.

## **Conclusiones**

Por medio del banco de pruebas descrito, los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica tendrán una mejor noción de la ubicación de los sensores industriales y equipos de instrumentación en una planta real o campo laboral.

Se logra obtener un conocimiento más claro del comportamiento de las diferentes variables que se presentan en los sistemas industriales y sus variaciones a través del tiempo o condiciones del proceso.

Con el presente proyecto, los docentes pueden impartir sus asignaturas relacionadas con la automatización industrial, para esto se adjunta diez prácticas desarrolladas en el presente manual.

Finalmente se aspira que este proyecto de titulación represente gran ayuda a los docentes y futuros estudiantes de la carrera ingeniería electrónica, los mismos que podrán ampliar o modificar el presente, con otras variables.

## **Recomendaciones.**

El presente proyecto es muy didáctico por lo cual presenta la flexibilidad de añadir subsistemas adicionales, por tal motivo se recomienda a los estudiantes realizar las investigaciones pertinentes para que a futuro adicione nuevos elementos de control y la consulta respectiva al docente encargado.

Es recomendable revisar las hojas de datos técnicos (datasheet) de cada uno de los elementos que se están usando en el proyecto, así evitaremos los daños o mal funcionamiento de los mismos.

## Cronograma.

**Tabla 6 Cronograma de actividades**

| MES    | ACTIVIDADES   |
|--------|---|
| feb-14 | Diseño parte mecánica de banco de pruebas.                                  |
| mar-14 | Fabricación de tambores motriz y tensores de elevador de cangilones.        |
| abr-14 | Montaje estructural de banco de pruebas.                                    |
| may-14 | Diseño y pegado de bandas transportadora.                                   |
| jun-14 | Fabricación de módulo que contiene banco de pruebas.                        |
| jul-14 | Montaje de parte mecánica de banco de prueba en módulo.                     |
| ago-14 | Pruebas con etapa de medición de velocidad e inicio de redacción tesis.     |
| sep-14 | Montaje de tablero eléctrico y conexión de instrumentos.                    |
| oct-14 | Programación de banco de pruebas con software Simatic Manager Step 7.       |
| nov-14 | Programación de banco de pruebas con software Simatic Manager Step 7.       |
| dic-14 | Programación de banco de pruebas con software Simatic Manager Step 7.       |
| ene-15 | Diseño y montaje de etapa de turbidez y finalización de redacción de tesis. |
| feb-15 | Pruebas finales en banco de pruebas.  |

Nota: Programa de ejecución de proyecto

**Presupuesto.**

El costo del presente banco de pruebas fue cubierto por los autores. Todos los equipos y sensores para medición se encuentran en el mercado nacional sin problema alguno para ser adquirido en el momento que se necesite.

**Tabla 7 Presupuesto**

| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                     | <b>CANTIDAD</b> | <b>VALOR UNITARIO</b> | <b>VALOR TOTAL \$</b> |
|--|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Tablero para tolva de 80x65x65 cm                      | 1               | 446                   | 446,00                |
| Fabricación tolva y elevador (pernos etc.)             | 1               | 200                   | 200,00                |
| Chumacera UCP201-08                                    | 8               | 8,74                  | 69,92                 |
| Fabricación tambor motriz de acero de 80mm de diámetro | 2               | 150                   | 300,00                |
| Fabricación tambor motriz de acero de 25mm de diámetro | 2               | 75                    | 150,00                |
| Canaleta ranurada 25x40 mm dexson                      | 2               | 4,72                  | 9,44                  |
| Riel din 1mt   | 1               | 1,39                  | 1,39                  |
| Rollo de cable flexible # 18 Cu                        | 1               | 14,33                 | 14,33                 |
| Motor pluma cv luv 91-98(IJ-WM1132B)                   | 1               | 24,16                 | 24,16                 |

|  |    |       |          |
|--|----|-------|----------|
| Motor sube vidrio  | 1  | 50    | 50,00    |
| Pantallahmi basic<br>KTP 600 DP 5,7 "<br>tactil                    | 1  | 1210  | 1.210,00 |
| Fabricación de<br>acople para motor<br>de banda                    | 1  | 25    | 25,00    |
| Fabricación de<br>acople para motor<br>de elevador                 | 1  | 20    | 20,00    |
| Plaqueta adhesiva<br>blanco<br>dexson(3200b)                       | 50 | 0,126 | 6,30     |
| CPU 315-2DP  | 1  | 2480  | 2.480,00 |
| Periferia<br>descentralizada<br>ET200S(6ES7<br>151-1AA05-<br>0AB0) | 1  | 442   | 442,00   |
| Módulo de<br>potencia(6ES7<br>138-4CB11-<br>0AB0)                  | 2  | 62    | 124,00   |
| Módulo entrada<br>digital (6ES7 131-<br>4EB00-0AB0)                | 3  | 62    | 186,00   |
| Módulo de salida<br>digital(6ES7 132-<br>4HB01-0AB0)               | 3  | 60    | 180,00   |
| Módulo de entrada<br>analógica(6ES7                                | 3  | 298   | 894,00   |



|  |     |      |        |
|--|-----|------|--------|
| 134-4MB02-0AB0)  |     |      |        |
| Módulo de salida analógica(6ES7 135-4GB01-0AB0)                        | 1   | 222  | 222,00 |
| Módulo terminal para módulo de potencia (6ES7 193-4CC30-0AA0)          | 2   | 15   | 30,00  |
| Módulo terminal para módulo digitales/analógicos (6ES7 193-4CA30-0AA0) | 10  | 17,8 | 178,00 |
| Cable para comunicación ProfiBus(metros)                               | 1,5 | 3,4  | 5,10   |
| Conector ProfiBus(6ES7 972-0BB52-0XA0)                                 | 3   | 90   | 270,00 |
| Fuente de poder LOGO (6EP 1332-1SH43)                                  | 1   | 93   | 93,00  |
| Breakers sobrepuesto termomagnéticos de 1 polo(5SX11)                  | 1   | 9,3  | 9,30   |
| Bornera de 1 polo Fast Connect   | 40  | 1,48 | 59,20  |

|                                   |   |    |          |
|-----------------------------------|---|----|----------|
| Sensor de turbidez<br>165D604P003 | 1 | 40 | 40,00    |
| <b>TOTAL</b>                      |   |    | 7.739,14 |

**Nota: Costos de material usado en el banco de pruebas**

## Referencias

Creus, A.(2010),instrumentacion industrial, Barcelona, España, 8va edicion.

Carletti, J.(2007), sensores-humedad. Recuperado de [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_humedad.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_humedad.htm)

Abreu,J. (1990),Analisis de señales ultrasonicas para la definicion de entornos en el campo de la robotica, Madrid, España

Rashid, M. (2004), electronica de potencia, Mexico, 3era edicion

Carletti, J.(2007), sensores-conceptos generales. Recuperado de [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_general.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_general.htm).

Lenntech(2015), Que es la turbidez.Recuperado de <http://www.lenntech.es/turbidez.htm>

Moreno, M, Automatizacionmicromecanica, controlador logicoprogramable (PLC), recuperado de <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/299013/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>

Siemens AG 2015.Recuperado de [www.siemens.com](http://www.siemens.com)

Ogata, K., (2010), Ingenieria de control moderna, 5ta edicion, Madrid

Universidad Carlos II de Madrid, (2014). Elevadores de cangilones. Recuperado de [http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/elevadores\\_cangilones.pdf](http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/elevadores_cangilones.pdf)

Siemens AG (2015), Bloque de función PID FB 41 “CONT\_C” en el contorno STEP7. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/250434073/Regulacion-PID-en-Siemens>

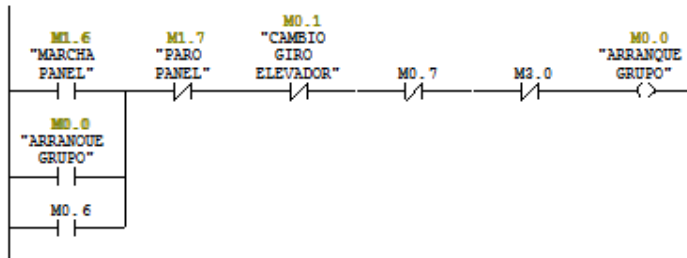
## ANEXOS

### Anexo 1 Bloque de organización segmentos 1-2

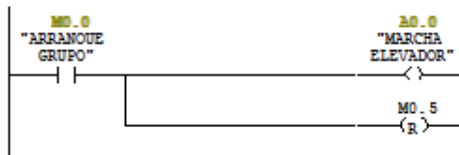
| Nombre         | Tipo de datos | Dirección | Comentario  |
|----------------|---------------|-----------|---|
| TEMP           |               | 0.0       |   |
| OB1_EV_CLASS   | Byte          | 0.0       | Bits 0-3 - 1 (Coming event), Bits 4-7 - 1 (Event class 1) |
| OB1_SCAN_1     | Byte          | 1.0       | 1 (Cold restart scan 1 of OB 1), 3 (Scan 2-n of OB 1)     |
| OB1_PRIORITY   | Byte          | 2.0       | Priority of OB Execution                                  |
| OB1_OB_NUMER   | Byte          | 3.0       | 1 (Organization block 1, OB1)                             |
| OB1_RESERVED_1 | Byte          | 4.0       | Reserved for system                                       |
| OB1_RESERVED_2 | Byte          | 5.0       | Reserved for system                                       |
| OB1_PREV_CYCLE | Int           | 6.0       | Cycle time of previous OB1 scan (milliseconds)            |
| OB1_MIN_CYCLE  | Int           | 8.0       | Minimum cycle time of OB1 (milliseconds)                  |
| OB1_MAX_CYCLE  | Int           | 10.0      | Maximum cycle time of OB1 (milliseconds)                  |
| OB1_DATE_TIME  | Date_And_Time | 12.0      | Date and time OB1 started                                 |

Bloque: OB1 "Main Program Sweep (Cycle)"

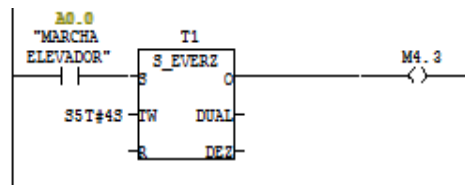
Segm. : 1



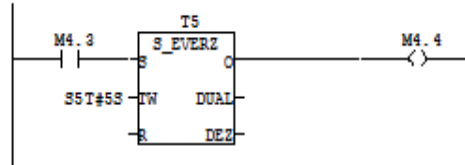
Segm. : 2



## Anexo 2 Bloque de organización segmentos 3-7

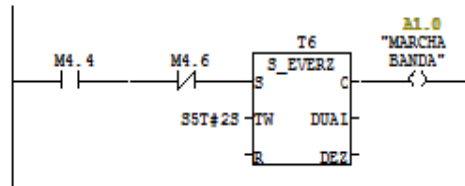


Segm. : 4



Segm. : 5

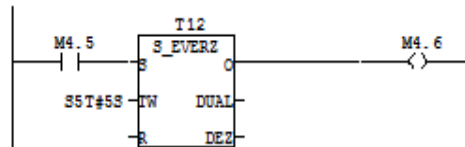
MARCHA BANDA HORIZONTAL



Segm. : 6

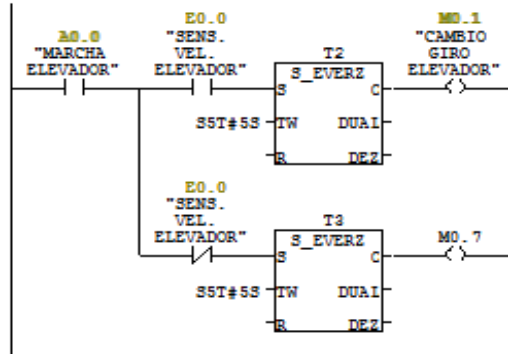


Segm. : 7



### Anexo 3 Bloque de organización segmentos 8-11

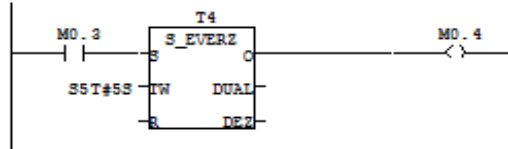
MONITOREO DE VELOCIDAD ELEVADOR



Segm. : 9



Segm. : 10



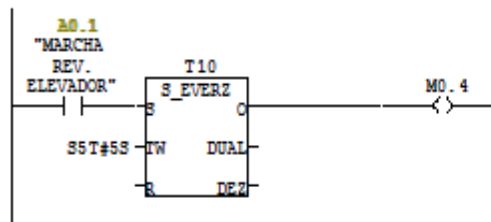
Segm. : 11

MARCHA BANDA HORIZONTAL

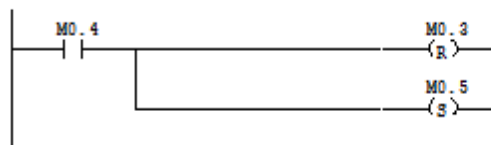


## Anexo 4 Bloque de organización segmentos 12-15

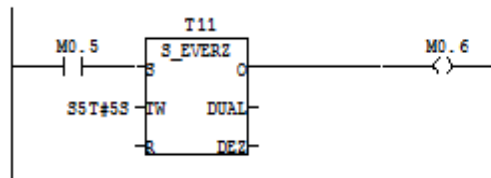
Segm. : 12



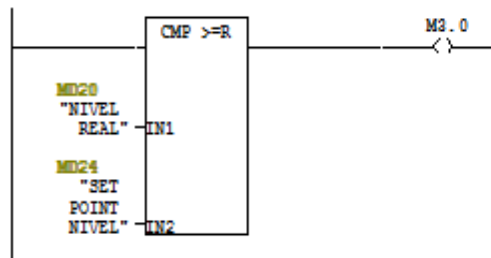
Segm. : 13



Segm. : 14

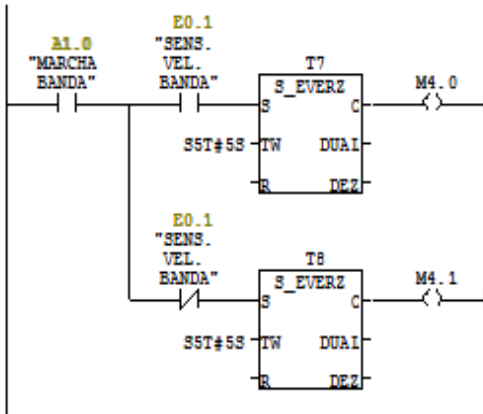


Segm. : 15



## Anexo 5 Bloque de organización segmentos 16-18

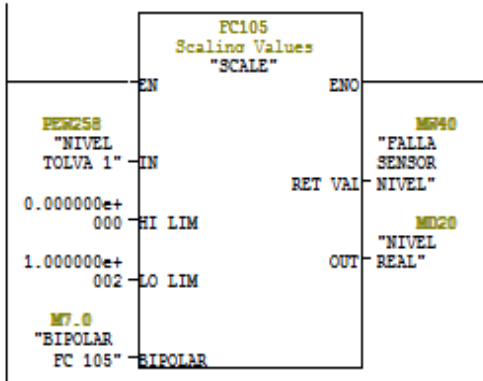
Segm.: 16  
 MONITOREO DE VELOCIDAD BANDA HORIZONTAL



Segm.: 17

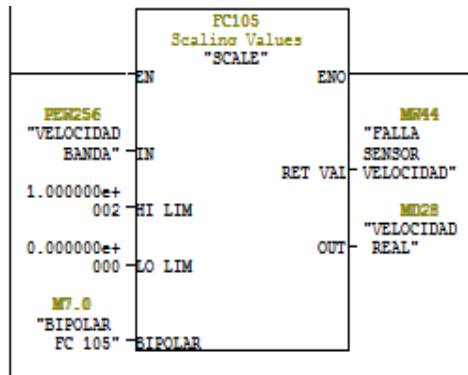


Segm.: 18  
 MEDICION DE NIVEL



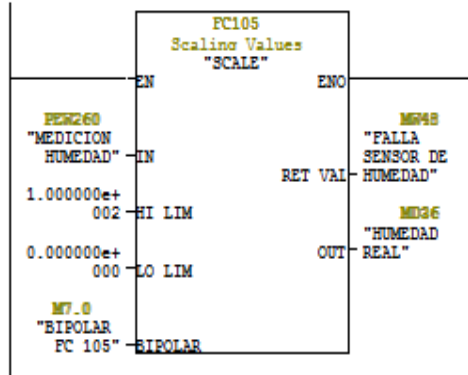


## Anexo 6 Bloque de organización segmentos 19-21



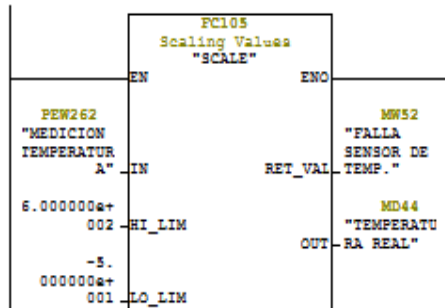
Segm. : 20

MEDICION DE HUMEDAD

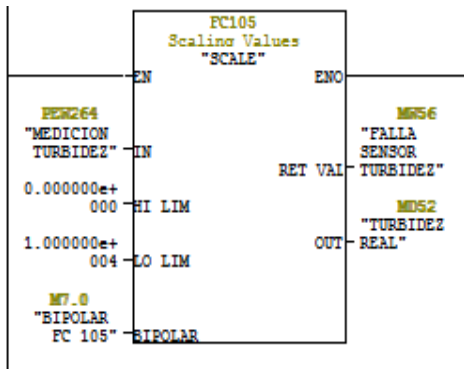


Segm. : 21

MEDICION DE TEMPERATURA

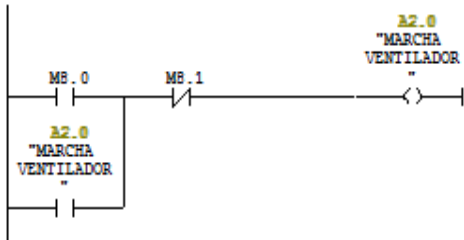


## Anexo 7 Bloque de organización segmentos 22-25



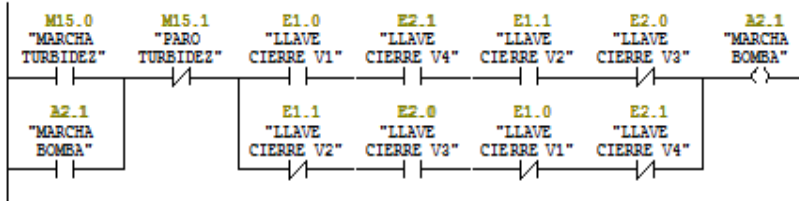
Segm. : 23

MARCHA/PARO VENTILADOR

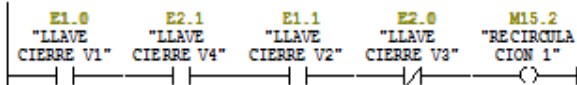


Segm. : 24

CONTROL DE TURBIDEZ

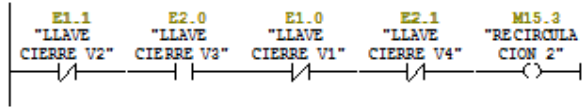


Segm. : 25



## Anexo 8 Bloque de organización segmento 26

Segm. : 26



## Anexo 9 Bloque de organización 35 segmento 1

300(1)\CPU 315-2 DP\...\OB35 - <offline>

### OB35 - <offline>

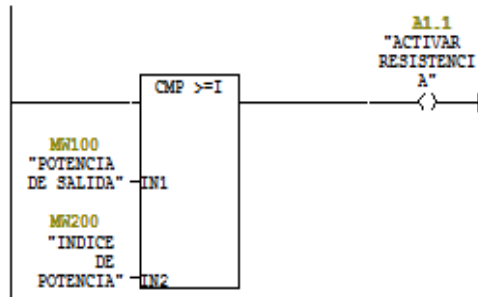
"CYC\_INT5" Cyclic Interrupt 5  
 Nombre: Familia:  
 Autor: Versión: 0.1  
 Versión del bloque: 2  
 Hora y fecha Código: 08/01/2015 06:58:48  
 Interface: 14/12/2014 10:07:03  
 Longitud (bloque / código / datos): 00450 00312 00036

| Nombre            | Tipo de datos | Dirección | Comentario  |
|-------------------|---------------|-----------|---|
| TEMP              |               | 0.0       |   |
| OB35_EV_CLASS     | Byte          | 0.0       | Bits 0-3 - 1 (Coming event), Bits 4-7 - 1 (Event class 1) |
| OB35_START_INF    | Byte          | 1.0       | 16#36 (OB 35 has started)                                 |
| OB35_PRIORITY     | Byte          | 2.0       | Priority of OB Execution                                  |
| OB35_OB_NUMBR     | Byte          | 3.0       | 35 (Organization block 35, OB35)                          |
| OB35_RESERVED_1   | Byte          | 4.0       | Reserved for system                                       |
| OB35_RESERVED_2   | Byte          | 5.0       | Reserved for system                                       |
| OB35_PHASE_OFFSET | Word          | 6.0       | Phase offset (msec)                                       |
| OB35_RESERVED_3   | Int           | 8.0       | Reserved for system                                       |
| OB35_EXC_FREQ     | Int           | 10.0      | Frequency of execution (msec)                             |
| OB35_DATE_TIME    | Data_And_Time | 12.0      | Date and time OB35 started                                |
| ValorSalida       | Real          | 20.0      |   |
| ValorDI           | DInt          | 24.0      |   |
| CalcularPID       | Bool          | 28.0      |   |

Bloque: OB35 "Cyclic Interrupt"

Segm.: 1

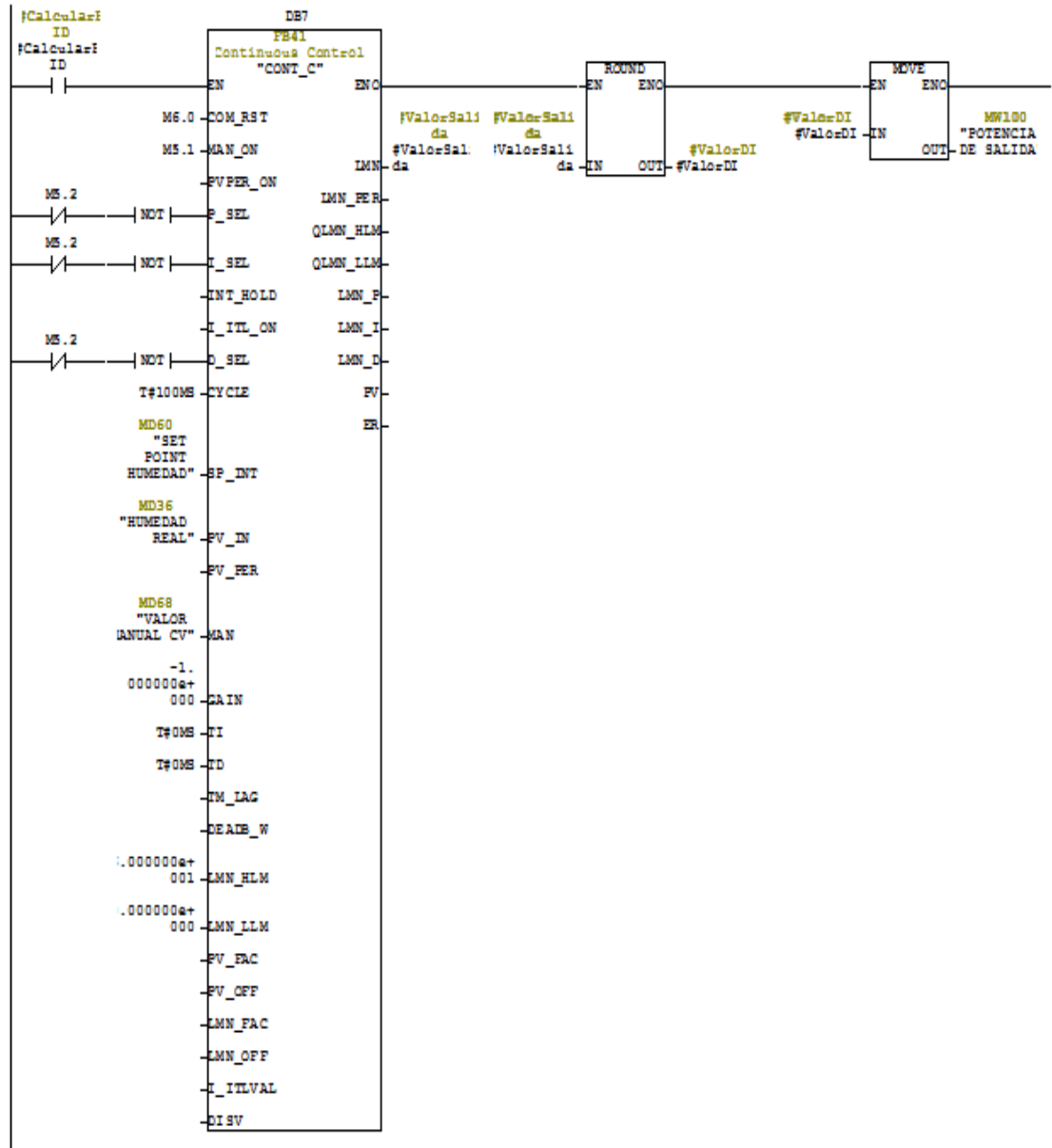
COMPARAMOS NUESTRO INDICE CON EL % PARA ACTIVAR O NO LA SALIDA






































## Anexo 11 Bloque de organización 35 FB41

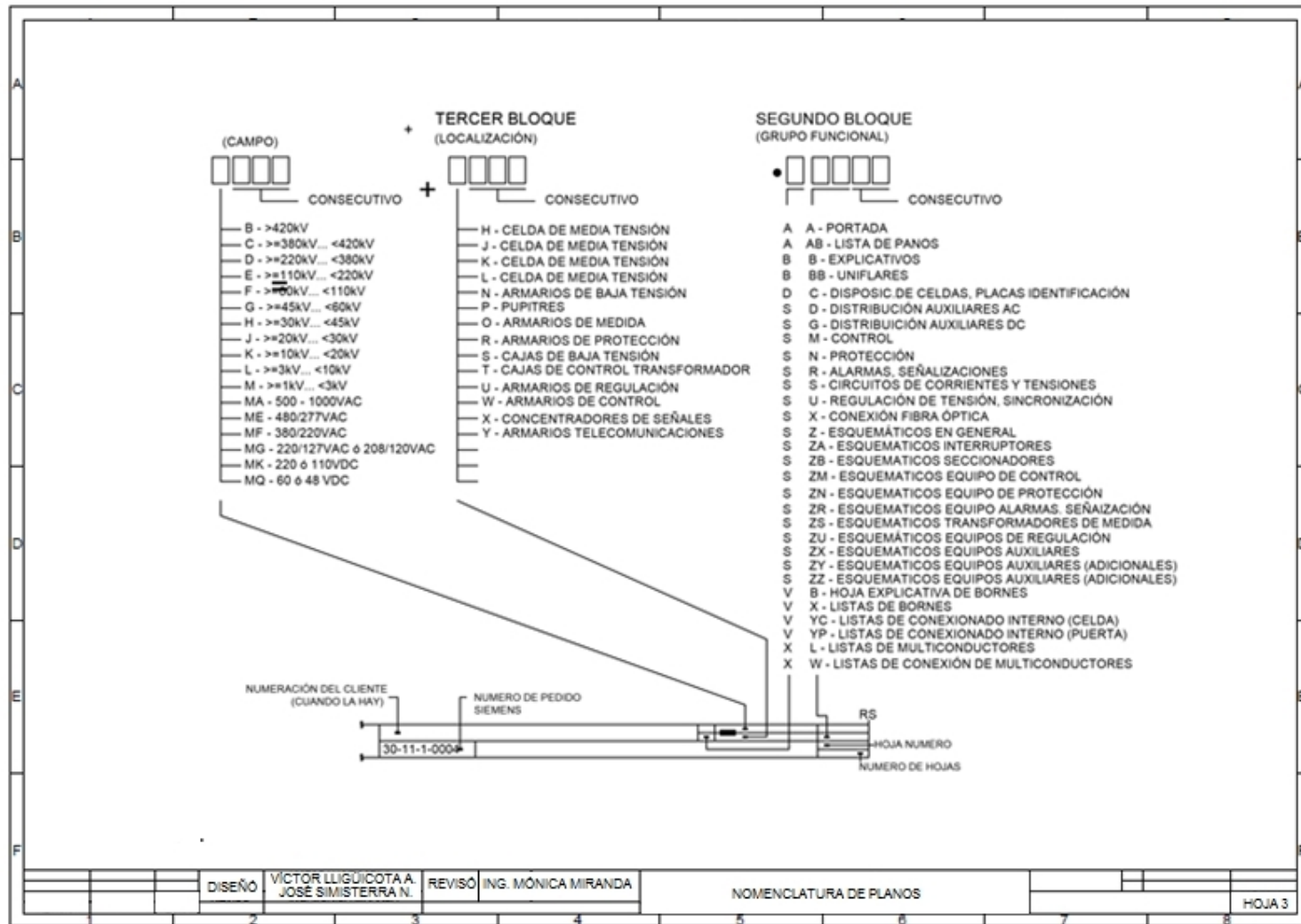
Segm.: 4





|        | SÍMBOLO   | DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO   | DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO   | DESCRIPCIÓN                |
|--------|---|--|---|--|---|----------------------------|
| A      |    | INTERFAZ DE COMUNICACIÓN                                     |    | FUNCIÓN VERIFICACIÓN DE SINCRONISMO                                |    | DISCO FLEXIBLE             |
|        |    | FUNCIÓN EMISIÓN DISPARO DIRECTO TRANSFERIDO                  |    | FUNCIÓN SOBRECORRIENTE INSTANTANEO                                 |    | MOUSE (RATÓN)              |
| B      |    | LOCALIZADOR DE FALLAS  |    | FUNCIÓN SOBRECORRIENTE TEMPORIZADO                                 |    | PANTALLA DE VIDEO A COLOR  |
|        |    | CENTRAL TELEFÓNICA   |    | FUNCIÓN FALLA INTERRUPTOR  |    | ENLACE POR FIBRA ÓPTICA    |
| C      |    | TELEPROTECCIÓN DISPARO TRANSFERIDO CON SOBREALANCE PERMISIVO |    | FUNCIÓN SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL N. NEUTRO                       |    | CONECTOR RS 232            |
|        |    | TELEPROTECCIÓN DISPARO TRANSFERIDO CON SUBALANCE PERMISIVO   |    | FUNCIÓN DE RECERRE   |    | TECLADO ALFA NUMÉRICO      |
| D      |    | FUNCIÓN RECEPCIÓN DISPARO DIRECTO TRANSFERIDO                |    | RELE DE DISPARO MAESTRO  |    | MODEM                      |
|        |    | REGISTRADOR DE FALLAS  |    | FUNCIÓN DIFERENCIAL B. BARRAS, T.TRANSFORMADOR, R.REACTOR, L.LÍNEA |    | DISCO DURO                 |
|        |    | SISTEMA DE CONTROL DE SUBESTACIÓN                            |    | FUNCIÓN SOBRETENSIÓN   |    | COMPARTIDOR DE PERIFÉRICOS |
| E      |  | FUNCIÓN SUPERVISIÓN DEL CIRCUITO DE DISPARO                  |  | REGULACIÓN DE TENSIÓN  |  | IMPRESORA                  |
|        |  | MICROCOMPUTADOR  |  | PARALELISMO TRANSFORMADORES  |   |                            |
| F      |  | FUNCIÓN DISTANCIA P. PRINCIPAL, R. RESPALDO                  |   |  |   |                            |
| DISEÑO |   | VÍCTOR LLIGÜICOTA A.<br>JOSÉ SIMISTERRA N.                   | REVISÓ  | ING. MÓNICA MIRANDA  | SIMBOLOGÍA CIRCUITOS ELÉCTRICOS<br>DIAGRAMA DE CIRCUITO                               |                            |
|        |   |  |   |  |   | HOJA 2                     |





|   | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN   | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN                              |
|---|---------|---|---------|---|---------|--|
| A |         | INTERRUPTOR DE POTENCIA   |         | FUNCIONES DE MEDIDA<br>INCLUIDAS EN LA UNIDAD<br>CONTROLADOR DE BAHIA |         | DETECCIÓN NIVEL DE ACEITE                |
|   |         | SECCIONADOR   |         | EQUIPO DE ONDA PORTADORA  |         | DEVANADO ESTRELLA                        |
| B |         | SECCIONADOR CON OCHILLA<br>DE PUESTA A TIERRA                               |         | UNIDAD DE ACOPLE  |         | DEVANADO ESTRELLA CON<br>NEUTRO A TIERRA |
|   |         | TRANSFORMADOR DE<br>CORRIENTE ESQUEMA UNIFILAR                              |         | RECEPTOR DE RELOJ<br>SINCRONIZADO POR SATELITE                        |         | DEVANADO DELTA                           |
|   |         | PARARRAYOS  |         | TRAMPA DE ONDA  |         | BUJE DE CONEXIÓN SF6-ARE                 |
| C |         | TRANSFORMADOR DE TENSÓN<br>DE ACOPLE CAPACITIVO, 2<br>DEVANADOS SECUNDARIOS |         | CONEXIÓN DE NEUTRO  |         | DEVANADO ZIC-ZAC                         |
|   |         | TRANSFORMADOR   |         | GRUPO ELECTROGENO DE<br>EMERGENCIA                                    |         | COMPUERTA "AND"                          |
| D |         | REACTOR   |         | BANCO DE BATERIAS   |         | COMPUERTA "OR"                           |
|   |         | AUTOTRANSFORMADOR   |         | DETECCIÓN NIVEL<br>TEMPERATURA  |         | ENTRADA NEGADA                           |
| E |         | FUSIBLE   |         | RELE DE BAJA TENSÓN   |         |  |
|   |         | CONVERTIDOR FUENTE  |         |   |         | CABLE COAXIAL APANTALLADA                |
| F |         |   |         |   |         |  |

|        |  |        |                     |   |        |
|--------|--|--------|---------------------|---|--------|
| DISEÑO | VICTOR LLIGÜICOTA A.<br>JOSÉ SIMISTERRA N. | REVISÓ | ING. MÓNICA MIRANDA | SIMBOLOGÍA CIRCUITOS ELÉCTRICOS<br>DIAGRAMA DE CIRCUITO | HOJA 4 |
|--------|--|--------|---------------------|---|--------|

|   | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN  | SÍMBOLO                                 | DESCRIPCIÓN                                 | SÍMBOLO             | DESCRIPCIÓN   |        |
|---|---------|--|---|---|---------------------|---|--------|
| A |         |  |   | CONTACTO N.C.                               |                     | ELEMENTO A TIERRA   |        |
|   |         | INTERRUPTOR AUTOMÁTICO CON PROTECCIÓN TÉRMICA MECÁNICA |   | CONTACTO N.A. RETARDADO AL CIERRE           |                     | ELEMENTO A MASA   |        |
| B |         | POTENCIÓMETRO  |   | CONTACTO N.C. RETARDADO A LA APERTURA       |                     | SECCIONADOR DE TRES POSICIONES                              |        |
|   |         | LÁMPARA INCANDESCENTE                                  |   | RESISTENCIA                                 |                     | INDICADOR CAPACITIVO DE TENSIÓN                             |        |
| C |         | TIMBRE   |   | FIN DE CARRERA                              |                     | INDICADOR DE PRESENCIA DE CORTO CIRCUITO                    |        |
|   |         | BOCINA   |   | BORNERA FUSIBLE                             |                     | ELEMENTO CAPACITIVO PARA INDICACIÓN DE PRESENCIA DE TENSIÓN |        |
| D |         | TOMA DE CORRIENTE                                      |   | TRANSFORMADOR DE CORRIENTE ESQUEMA TRIPOLAR |                     | BOBINA SOLENOIDE  |        |
|   |         | TERMOSTATO   |   | TRANSFORMADOR DE POTENCIAL Y DE FUERZA      |                     | SENSOR INDUCTIVO PNP  |        |
|   |         | BOBINA   |   | DIODO "EMISOR DE LUZ"                       |                     | ELECTROVÁLVULA SIMPLE 3-2                                   |        |
| E |         | BOBINA (RELE DE TIEMPO) CIERRE RETARDADO               |   | VARISTOR                                    |                     | ELECTROVÁLVULA DOBLE 5-2                                    |        |
|   |         | BOBINA (RELE DE TIEMPO) APERTURA RETARDADA             |   | CONECTOR (TOMA)                             |                     | VÁLVULA PROPORCIONAL  |        |
| F |         | CONTACTO N.A.  |   | BORNE                                       |                     |   |        |
|   |         | DISEÑO   | VÍCTOR LLIGÜICOTA A. JOSÉ SIMISTERRA N. | REVISÓ                                      | ING. MÓNICA MIRANDA | SIMBOLOGÍA CIRCUITOS ELÉCTRICOS                             |        |
|   |         |  |   |   |                     | DIAGRAMA DE CIRCUITO  | HOJA 5 |

