

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE  
TUXTLA GUTIÉRREZ**

**RESIDENCIA PROFESIONAL**

ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL DE LA TEMPERATURA DE  
ACEITE PARA LA HERRAMIENTA DE CORTE DE UNA  
RECTIFICADORA EX-CELL-O X6 681.

**LICENCIATURA:**  
INGENIERÍA MECÁNICA

**PRESENTA:**  
AMILCAR MOGUEL OROZCO

**NUMERO DE CONTROL:**  
14270796

**EMPRESA:**  
OUT HELPING INDUSTRIAL S.A DE C.V

**PERIODO DE REALIZACION:**  
AGOSTO-DICIEMBRE DEL 2018

## Contenido

3.0 INTRODUCCIÓN .....	3
4.0 JUSTIFICACIÓN .....	4
5.0 OBJETIVOS.....	5
5.1 GENERAL .....	5
5.2 ESPECIFICOS .....	5
6.0 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE PARTICIPO .....	6
7.0 PROBLEMAS A RESOLVER.....	7
8.0 ALCANCE Y LIMITACIONES .....	8
8.1 ALCANCE.....	8
8.2 LIMTACIONES .....	8
9.0 FUNDAMENTO TEORICO .....	9
9.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN .....	9
9.1.1 COMPONENTES PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	11
9.2 AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO .....	11
9.2.1 COMPONENTES PARA LA AUTOMATIZACIÓN.....	12
9.3 PROGRAMACIÓN DE PLC.....	14
9.3.1 SIMULACIÓN DE PLC.....	15
9.4 PROCESO DE MANUFACTURA .....	16
9.4.1 RECTIFICADO .....	17
9.5 CONOCIMIENTO DEL PRODUCTO .....	18
10.0 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS .....	20
10.1 CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y RECONOCIMIENTO DE LA EMPRESA.....	20
10.2 CENSO DE LAS TEMPERATURAS DE LA MÁQUINA PARA ANÁLISIS Y CÁLCULOS .....	20
10.3 REDISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA .....	22
10.4 REDISEÑO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	24
10.5 CAPACITACIÓN EN LA PROGRAMACIÓN DE PLC .....	26
10.6 PROGRAMACIÓN DE PLC PARA SENSAR Y CONTROLAR LA TEMPERATURA .....	27
10.6.1 PROGRAMACIÓN EN FLUIDSIM .....	27
10.6.2 PROGRAMACIÓN STEP 7.....	29
10.7 SIMULACIÓN EN SOFTWARE PARA LA PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	33
10.8 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y DE REFRIGERACIÓN .....	35
10.9 VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y DE REFRIGERACIÓN .....	39
11.0 RESULTADOS .....	40
12.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
12.1 CONCLUSIONES .....	43
12.2 RECOMENDACIONES .....	44
13.0 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	45

### **3.0 INTRODUCCIÓN**

Los constantes cambios en la industria y las exigencias de los clientes, conducen cada vez más a nuevas tecnologías para poder cumplir en tiempo y forma las peticiones de los clientes, siendo una de estas inclinaciones a la automatización de las máquinas y equipos en los procesos industriales.

La empresa Nexteer Automotive es líder en el sector de control de movimiento intuitivo, el cual el mercado donde se encuentra existe una gran demanda de nuevas tecnologías y de aplicaciones necesarias para satisfacer a los clientes.

Dentro de este marco de referencia, el proyecto estuvo dirigido a la automatización para el control de temperatura de aceite en la herramienta de corte de una máquina rectificadora, con el fin de optimizar costos de producción, cumplir con los requerimientos de las piezas manufacturadas y minimizar el riesgo de operarios y técnicos de la empresa.

Los pasos en el proceso de control en el proyecto, inician con el sensor de la temperatura del aceite cuando la máquina esté funcionando, para obtener temperaturas críticas, con la intención de tener un margen para el sensor que se implementara, así mismo para detallar el presupuesto. Los datos de la temperatura se usan también para el análisis térmico, con la finalidad de obtener un sistema de refrigeración apropiado y óptimo para la máquina.

Para poder realizar la programación de PLC se simuló con ayuda de LabVIEW y otro software de control lógico, para poder implementar el PLC en la máquina.

Por lo anteriormente expuesto, se hace impredecible la automatización de la máquina que permita controlar los parámetros de temperatura, medir los resultados y evaluar las variaciones de medidas en las piezas, a fin de simplificar y estandarizar los procesos de producción.

#### **4.0 JUSTIFICACIÓN**

Automatizar la rectificadora está justificada por el retraso en los procesos de producción y manufactura, fallas en el control de actividades, cambios de especificaciones en las piezas, lo cual llega a no cumplir las metas propuestas por la empresa y no satisfacer la demanda del mercado. También se busca evitar paros continuos en la línea de producción.

Controlando la temperatura del aceite del herramental de la rectificadora se evitara las variaciones en las piezas manufacturadas asi como el diámetro de ranura, vertex fuera de especificación, lo que ocasiona rechazo por el departamento de calidad, al no cumplir las medidas especificadas, al igual se evitan daños en la bomba de aceite por la elevada temperatura, asi como prevenir fugas de aceite en las mangueras o daños en los husillos de la rectificadora.

De lo antes mencionado, puede tomarse que con la automatización de la rectificadora se cumplirán mejor las metas de producción, asi como evitar paros en la máquina y daños parciales o totales.

## **5.0 OBJETIVOS**

### **5.1 GENERAL**

Implementar un sistema automatizado para el control de la temperatura de aceite usado como refrigerante en la herramienta de corte de una rectificadora, controlado por un PLC para mejorar el sistema de refrigeración del aceite.

### **5.2 ESPECIFICOS**

- Analizar periódicamente la temperatura del aceite, para obtener datos necesarios el cual mostrara los picos y el rango en el aceite.
- Elaborar un sistema de control de temperatura para el aceite de corte, monitoreado por un PLC
- Mejorar el sistema de refrigeración del aceite, con la implementación de nuevos equipos auxiliares y quitar materiales.
- Programar el PLC para sensar y controlar la temperatura.

## **6.0 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE PARTICIPO**

El proyecto se realizó en el área de manufactura de la empresa Nexteer Automative, pero al igual abarco otras áreas como la control de sistemas lógicos, mantenimiento, calidad y producción.

El área de manufactura está dividida en tres partes, en maquinados, ensambles y cuarto gris. El área de maquinado fue específicamente donde se desarrolló el proyecto, pero al igual se trabajó en las demás áreas, enfocado más en la parte de producción. En el área de maquinados el ingeniero de manufactura debe verificar y cumplir las especificaciones de las piezas que solicita el cliente, supervisando la fabricación de las piezas, checando que las maquinas estén trabajando adecuadamente, que se estén realizando los mantenimientos preventivos adecuados, verificar que los programas de CNC(Control Numérico Computarizado) estén en los parámetros establecidos.

## **7.0 PROBLEMAS A RESOLVER**

Para este proyecto se plantearon varias problemáticas que se buscan resolver con la implementación del sistema de control en la rectificadora, los cuales abarca problemas en la producción, maquinado de las piezas, seguridad industrial, mayor vida útil en el herramental, aseguramiento de la máquina y principalmente reducir costos y tiempos. A continuación se detallara los problemas más importantes.

- **Maquinado de la pieza**

La alta temperatura del aceite en el herramental, presenta un problema a la hora de rectificar la pieza, este inconveniente afecta en la variación de diámetro en las ranuras de la pieza, al igual que el ángulo de contacto (en la empresa lo denominan Vertex), lo cual causa el rechazo a la hora que se verifica en uno o más gages.

Estos defectos ocasionados a la pieza se debe que en algunas ranuras, se rectifica de más o lo contrario, por lo tanto el maquinado no es el correcto, lo cual causa problemas con la producción, se genera pérdidas de material y de tiempo.

- **Vida útil del herramental**

Se busca aumentar la vida útil de la piedra abrasiva que se utiliza, ya que el aceite que sale en forma de chorro y golpea directamente a la piedra, puede ocasionar estragos en la superficie del material si la temperatura y velocidad del chorro no es la adecuada.

Usualmente una piedra tiene vida útil estimada de 350 a 400 piezas, por lo cual se busca mejorar esto en un 20% con la implementación de un sistema de control de temperatura.

- **Evitar paros o daños en la maquina**

Evitar cualquier daño que pueda ser ocasionado por la alta temperatura del aceite, como algún daño en la bomba de aceite, en lo husillos de la rectificadora, como también sus porta herramientas (conocido como quill en la maquina), así evitando daños que podrían poner la maquina en paro temporal o permanente.

## **8.0 ALCANCE Y LIMITACIONES**

### **8.1 ALCANCE**

Este proyecto involucra a todo el personal de producción y manufactura del área de Half-shaft, la línea de producción donde se realizara la mejora de la máquina , manteniendo un compromiso y valorando las aportaciones y conocimientos , dando a conocer al proyecto a todo el personal, esto beneficiara a la empresa en los tiempos de producción, en la reducción de material defectuoso, en seguridad del operario, al igual que la vida útil del herramental de maquinado, como también que la maquina trabaje sin paros o fallas.

### **8.2 LIMTACIONES**

A lo largo del proyecto se presentaron ciertas limitaciones, que complicaron la automatización de la refrigeración del herramental tales como:

- La rectificadora la cual se va adecuar el sistema de control, es vieja, por lo cual naturalmente se dificulta hacer cambios tan modernos, por lo mismo se optaron por mejoras que fueran compatibles con la máquina, sin que presente algún problema.
- La demanda del cliente, afecta en un sentido ya que para implementar las mejoras, la maquina debe estar en paro, por lo cual se debe esperar que la línea de producción cumpla con los pedidos que se establezcan, para que se puedan hacer las adecuaciones.



## **9.0 FUNDAMENTO TEORICO**

La automatización industrial es una herramienta importante para optimizar procesos, disminuir los costos de operación e incrementar la productividad, razón por la cual la decisión de llevarla a cabo debe estar precedida de un análisis de costo/beneficio.

Las primeras aplicaciones se basaron en la lógica del cableado estructurado, que responde a la interacción eléctrica entre cables y equipos electrónicos de instrumentación (equipos de control y equipos que se controlan).

La propuesta planteada exige conocimientos sólidos en distintas áreas de refrigeración, termodinámica, Ingeniería en Electrónica, conocimientos fundamentales en Sistemas de Control, Control Industrial e instrumentación Industrial que son necesarios. Así también, toma un rol importante el conocimiento de instalaciones eléctricas.

Al ser un proyecto dedicado para la industria de producción privada del país, la propuesta parte de un análisis exhaustivo de los distintos beneficios de contar con el sistema de automatización, presentado inicialmente en un proyecto y evaluado por la empresa. Por esta razón, conocimientos en Formulación y Evaluación de Proyectos son de vital importancia.

### **9.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

Un sistema de refrigeración es aquel que permite conservar una temperatura adecuada conforme la aplicación lo requiera, generalmente se emplea en aplicaciones tales como: conservación de alimentos, confort ambiental y últimamente, con el avance de la tecnología, para control de temperatura en equipos.

El ciclo de refrigeración consta de los siguientes elementos:

#### **a). Compresión**

Proceso de reducción de volumen de un fluido mediante la aplicación de presión, para este proceso se emplea un compresor. Este es una máquina cuya función consiste en entregar energía a un fluido compresible mediante la aplicación de presión.

### **b). Condensación**

La condensación no es nada más que el cambio de la materia desde el estado gaseoso al estado líquido ocasionado generalmente por una reducción de temperatura; es decir, la densidad de dicha materia se incrementa a medida en que esta se enfría. La condensación es la responsable de que existan las nubes, así como de las gotas de agua que se forman fuera de un vaso con bebida fría en un día caluroso. Para este procedimiento se emplea un condensador.

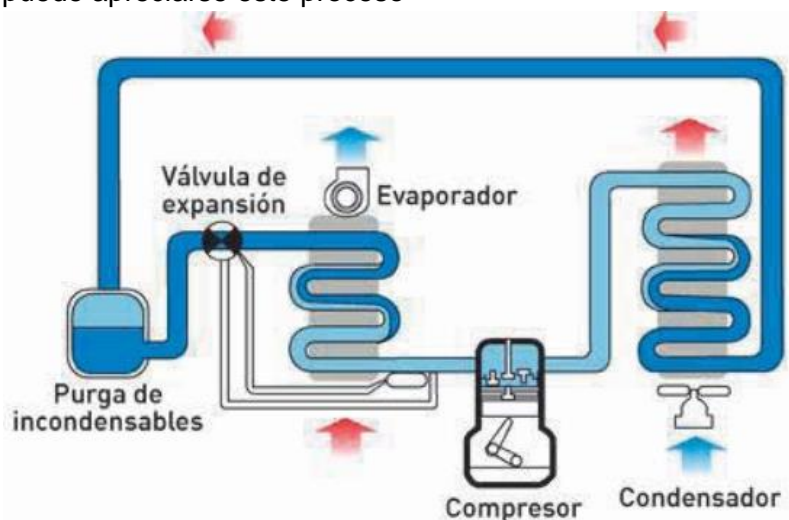
### **c). Expansión**

La expansión es una característica de los gases. Al incrementar la temperatura de un gas las partículas que lo componen incrementan su energía y tienden a moverse con mayor facilidad, por tal razón su volumen es superior a que cuando su temperatura era menor. Para este proceso se emplea la válvula de expansión. Esta generalmente controla el líquido refrigerante que se inyecta al evaporador.

### **d). Evaporación**

El evaporador es un intercambiador de calor donde se produce la transferencia térmica entre el ambiente a refrigerar y el líquido refrigerante que circula en él.

Al efectuarse dicha transferencia térmica el líquido refrigerante se evapora debido a que absorbe el calor del medio y al mismo tiempo se enfría, ayudando además a combatir la humedad que existe para evitar la emisión de pequeñas partículas de agua cristalizadas por la baja temperatura. En la ilustración 1 puede apreciarse este proceso



**Ilustración 1 Ciclo de refrigeración**

### **9.1.1 COMPONENTES PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

#### **a) Válvula Solenoide**

Es el componente que se utiliza más a menudo para controlar el flujo de refrigerante. Esta válvula posee una bobina magnética que, cuando tiene corriente, levanta el émbolo de su interior. Estas válvulas pueden ser del tipo normalmente abierto o normalmente cerrado. La primera no abre hasta que recibe corriente, y la de tipo normalmente abierto se halla siempre así, y no cierra hasta que llega corriente a la misma.

#### **b) Tubo y carcasa**

Haz de tubos dentro de una carcasa cilíndrica, con presencia de deflectores para generar turbulencia y soportar los tubos. El arreglo de tubos es paralelo al eje longitudinal de la carcasa y puede estar fijo o ser de cabezal flotante. Tubos internos lisos o aleteados

#### **c) Deflectores o baffles**

Usualmente se instalan deflectores (placas) del lado de la carcasa, bien sea transversal o longitudinalmente. Los deflectores longitudinales se usan cuando se requieren dos o más pasos por la carcasa o para sustituir a dos carcasas tipo E en serie. Estos deflectores son denominados también divisores de paso. El arreglo de los divisores de paso en un intercambiador de pasos múltiples es aleatorio, aunque se trata de colocar un número aproximadamente igual de tubos por paso para minimizar la diferencia de presión, complejidad de fabricación y costo.

#### **d) Placa de tubos**

Es generalmente una placa que ha sido perforada y acondicionada (juntas de expansión) para soportar los tubos, las empaaduras, las barras espaciadoras, etc. La placa de tubos además de cumplir con los requerimientos mecánicos, debe soportar el ataque corrosivo por parte de ambos fluidos y debe ser químicamente compatible con el material de los tubos.

### **9.2 AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO**

La automatización del proceso de refrigeración para el herramental con la que cuenta la maquina en la empresa de Nexteer Automative, está directamente ligada con la necesidad de garantizar el buen estado de los productos elaborados a más de contribuir con la optimización en la operación de los componentes del sistema. El control del sistema por personal de la fábrica en base a horarios de trabajo y condiciones de

temperatura está sujeto a posibles errores o descuidos lo que sin duda trae grandes problemas al tomar en cuenta la gran cantidad de productos que son generados al día, por lo cual se debe tomar acción y así poder cumplir con la demanda del cliente.

### 9.2.1 COMPONENTES PARA LA AUTOMATIZACIÓN

Los principales componentes que se emplea para la automatización del sistema de refrigeración son:

#### a) *Sensor de Temperatura*

RTD (Resistance Temperature Detector), también conocido como termoresistencia, es un dispositivo que basa su funcionamiento en la variación de la resistencia de un conductor frente a la variación de la temperatura. La variación de resistencia está dada por la siguiente ecuación (1):

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (1)$$

Dónde:

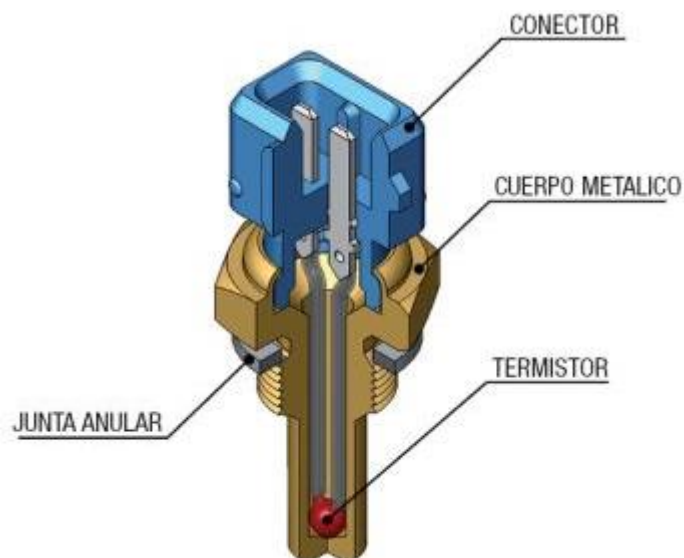
**R<sub>0</sub>**: Resistencia inicial del elemento ( $\Omega$ )

**$\alpha$** : Coeficiente de temperatura del conductor

**$\Delta T$** : Variación de temperatura

Empleando un bloque de acondicionamiento de señal la variación de resistencia es comúnmente expresada en variación de voltaje, así también existen módulos industriales que incluyen el acondicionamiento de la señal.

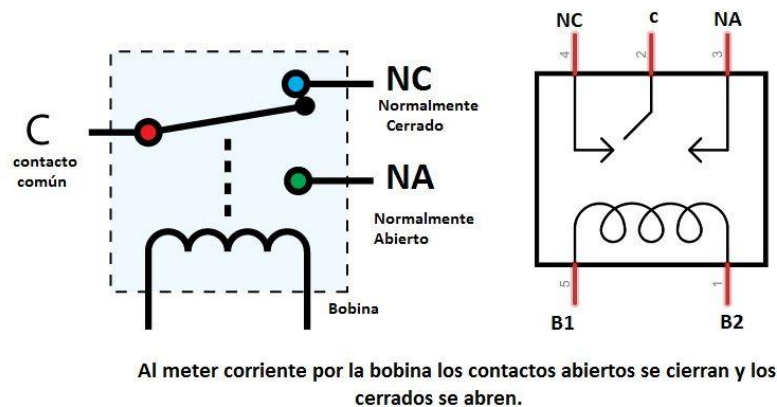
Los materiales más utilizados para la elaboración de este tipo de sensor son el níquel, el platino y el cobre (ver la ilustración número 2).



**Ilustración 2 Sensor de temperatura**

### **b) Relevador o relé industrial**

Es un aparato eléctrico que funciona como un interruptor, abrir y cerrar el paso de la corriente eléctrica, pero accionado eléctricamente. El relé permite abrir o cerrar contactos mediante un electroimán, por eso también se llaman relés electromagnéticos o relevador. Ver la siguiente imagen y para explicar su funcionamiento.



**Ilustración 3 Relevador**

Vemos que el relé de la figura de abajo tiene 2 contactos, uno abierto (NC) y otro cerrado (NO) (pueden tener más). Cuando hacemos circular una corriente por la bobina, esta crea un campo magnético creando un electroimán que atrae los contactos haciéndolos cambiar de posición, el que estaba abierto se cierra y el que estaba normalmente cerrado se abre. El contacto que se mueve es el C y es el que hace que cambien de posición los otros dos.

### **c) El PLC (Controlador Lógico Programable)**

PLC o Controlador Lógico Programable es un dispositivo electrónico muy usado en Automatización Industrial. Un PLC controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control. Programmable Logic Controller o Controlador lógico programable.

Se trata de un equipo electrónico, que, tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales

### 9.3 PROGRAMACIÓN DE PLC

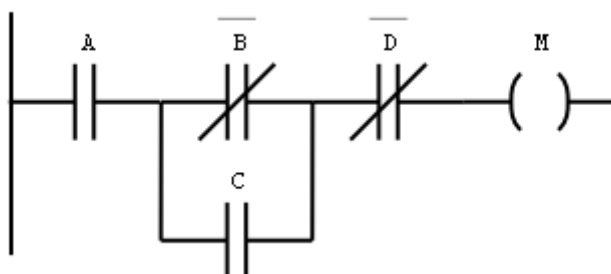
Un lenguaje de programación es un lenguaje formal diseñado para expresar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como puede ser un ordenador. En el caso de los PLCs, los lenguajes de programación surgieron al mismo tiempo que la aparición del primer PLC, en 1968. Así se explica porque no se utilizaron para este fin lenguajes de programación de alto nivel como Pascal y C y, en su lugar, se emplearon otros lenguajes más simples y fáciles de entender.

De este modo se definieron los siguientes cinco lenguajes:

- **Diagrama de Funciones Secuenciales (SFC)** – un lenguaje de bloques de funciones secuenciales;
- **Diagrama de Bloques de Funciones (FBD)** – un lenguaje de diagramas de bloques secuenciales;
- **Diagramas de Tipo Escalera (LAD)** – un lenguaje de diagramas de relés (denominado de tipo escalera);
- **Texto Estructurado (ST)** – un lenguaje de alto nivel como el del tipo de texto estructurado (similar a C y, sobre todo a Pascal);
- **Lista de instrucciones (IL o STL)** – lenguaje de tipo ensamblador con uso de acumuladores.

La programación que se llevó a cabo en el proyecto fue con diagrama de tipo escalera **LAD**.

También denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje (ver la ilustración 4).



**Ilustración 4 Programación ladder**

### 9.3.1 SIMULACIÓN DE PLC

Para la simulación del PLC del proyecto se utilizó el software de **STEP7 MICROWIN** y **SIMATIC S7-PLCSIM**, estos softwares son de gran ayuda para probar diagramas de ladder, que pueden ir de sencillos a diagramas más complejos, al igual que nos permite experimentar y analizar los programas de control que queremos implementar.

Los sistemas de simulación proporcionan un soporte eficaz en el desarrollo de programas y la siguiente aplicación real. En el entorno de automatización, un entorno de prueba simulado que incluye PLC y proceso reduce los tiempos de inicio y, por lo tanto, los costes, por ejemplo.

La detección temprana de errores de programación y la optimización de las secciones de programa permiten el uso optimizado y sin errores de los programas en el sistema real. Si se modifica un programa, se puede probar antes de cargarlo en el sistema de control de la planta.

**STEP7 MICROWIN** domina el mercado de lenguajes de programación según la norma DIN EN 61131-3 disponiendo de tres lenguajes de programación:

- **FBS** - *Funktionsbausteinsprache FUP Funktionsplan*, diagrama de funciones
- **KOP** - *Kontaktplan englisch LD* o LAD, diagrama de contactos
- **AWL** - *Anweisungsliste englisch STL*, lista de instrucción<sup>1</sup>

Según la norma EN 61131-3 (Engineering Tools):

- **S7 SCL** (*Structured Control Language*) Lenguaje de texto estructurado
- **S7-Graph** (*grafisch programmierbare*) Gráficos Programables

Además:

- **S7 HiGraph**
- **S7 CFC** (Continuous Function Chart)

AWL o lista de instrucciones es similar al lenguaje ensamblador. Al igual que SCL está basado en la programación en texto. Todas las herramientas de programación son interfaces de programación gráfica.

Todas las operaciones están centralizadas y permiten funcionar con cualquier tipo de datos.

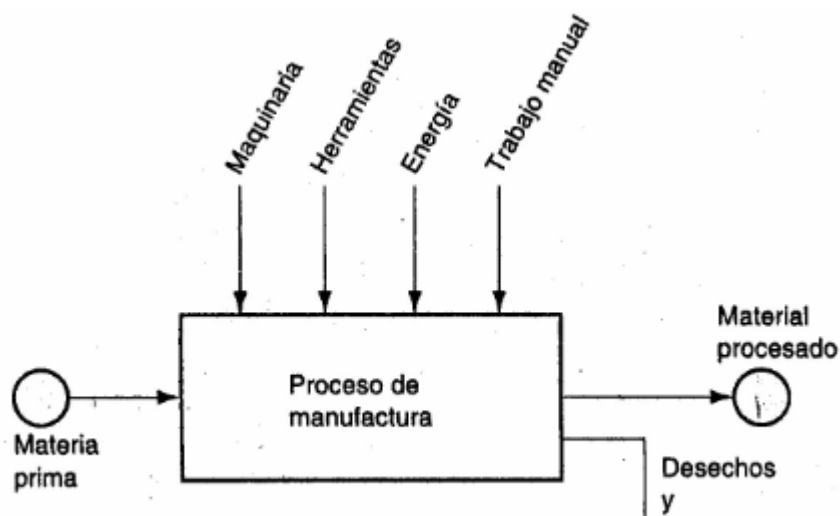
**SIMATIC S7-PLCSIM** simula un controlador para la comprobación funcional de bloques de usuario y programas para S7-300 y S7-400 en el dispositivo de programación/PC. El acceso en línea y las funciones de prueba de las herramientas de programación se pueden llevar a cabo exactamente de la misma manera que con un controlador real. La posibilidad de simular la comunicación a través de MPI, PROFIBUS DP y TCP/IP es nueva y garantiza un alto grado de flexibilidad en la simulación.

Ahora el **FluidSim** es una aplicación pensada para la creación, simulación, instrucción y estudio electro neumático, electrohidráulico y de circuitos digitales. El programa nos permitirá crear circuitos muy fácilmente mediante el clásico procedimiento de arrastrar y soltar. Sólo tenemos que llevar los elementos del circuito de un lugar a otro y conectarlos manualmente. En cualquier caso, Fluid SIM incluye una importante sección didáctica desde la que ver algunos principios de neumática (en la versión completa hay más disponibles). De esta manera, no tendremos que saber de memoria muchas de las funciones de los circuitos. FluidSIM es una herramienta peculiar. Pocos usuarios querrán adentrarse en el mundo del electro neumático, pero los interesados lo tendrán bastante fácil.

#### 9.4 PROCESO DE MANUFACTURA

La manufactura es una actividad importante desde el punto de vista tecnológico, económico e histórico. Se puede definir la tecnología como una aplicación de la ciencia que proporciona a la sociedad y a sus miembros aquellos bienes que son necesarios o deseados.

La manufactura, como campo de estudio en el contexto moderno, puede definirse de dos maneras: tecnológica y económica (ver la ilustración 5).



**Ilustración 5 Proceso de manufactura**



Tecnológicamente es la aplicación de procesos químicos y físicos que alteran la geometría, las propiedades, o el aspecto de un determinado material para elaborar partes o productos terminados. Los procesos para realizar la manufactura involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual. La manufactura se realiza casi siempre como una sucesión de operaciones. Cada una de ellas lleva al material cada vez más cerca del estado final deseado.

#### **9.4.1 RECTIFICADO**

El proceso de rectificado se lleva a cabo en una máquina denominada **rectificadora**. Esta realiza mecanizados de piezas por abrasión, eliminando material de una pieza a fin de darle forma y modelarla. Para ello, utiliza unas herramientas abrasivas llamadas muelas.

El rectificado es habitualmente un proceso de acabado de piezas, utilizándose en la etapa final de fabricación, tras el torneado o fresado, para mejorar la tolerancia dimensional y el acabado superficial del producto. El rectificado es una operación de mecanizado realizada en piezas que demandan medidas y tolerancias exigentes, ya sean geométricas, dimensionales o de acabado superficial.

Las máquinas rectificadoras para piezas metálicas consisten en un bastidor que contiene una muela giratoria compuesta de granos abrasivos muy duros y resistentes al desgaste y a la rotura, cada grano abrasivo está encargado de arrancar una pequeña cantidad de material de pieza, de forma similar a como lo hace un filo de corte en una fresa.

El tipo de material abrasivo de la muela se selecciona en función del material rectificado. Los más convencionales son:

- Óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ), para el **rectificado de aceros**.
- Carburo de silicio (SiC), también denominado carborundum, para el **rectificado de metales no férricos, cerámicas, fundiciones**, etc.

Y superabrasivos:

- Nitruro de boro cúbico (CBN), para el rectificado a alta velocidad de férricos de alta dureza, aleaciones termo-resistentes, herramientas de corte,
- Diamante, para el rectificado a alta velocidad y precisión de cerámicas y metal duro.

Según las características de las piezas a rectificar se utilizan diversos tipos de rectificadoras. Existe una amplia gama de máquinas rectificadoras en el mercado. Las más destacadas son:



El mantenimiento más prudente para estos sistemas es mantener la integridad de las botas de la junta CV, que son mangas de goma alrededor de las juntas de velocidad constante. Las botas mantienen la grasa dentro y los escombros fuera. Una bota rota o que falte permite un desgaste acelerado.

El semieje o semieje es el eje de un vehículo a lo largo del cual se envía potencia desde la transmisión final a una rueda motriz o a un par de ruedas. En cada semieje hay un engranaje cónico que se engrana con dos pequeños piñones cónicos en el interior de la corona, uno en la parte superior y otro en la inferior.

El semieje debe soportar las cargas de flexión impuestas por el peso del vehículo, así como transmitir el par.

## **10.0 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

### **10.1 CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y RECONOCIMIENTO DE LA EMPRESA.**

Para tener un conocimiento básico y esencial de la empresa, se nos impartió un curso al personal de nuevo ingreso, donde se nos enseñó temas y detalles que debíamos de conocer antes de laborar en la planta, como cuestiones de seguridad e higiene industrial, también como conocimientos de los productos elaborados en la planta, como a nivel mundial en la empresa.

Al igual un entrenamiento para cada área, en mi caso particular, estuve en el área de manufactura en maquinados, por lo cual se hizo un recorrido por las zonas de maquinados, donde me explicaron lo básico de las máquinas, los procesos de manufactura, tiempos de producción, conocer el personal de la empresa como técnicos, operadores, supervisores y auditores. También de los programas de CNC y los PLC's que manejaban cada máquina, se me asignaron las actividades esenciales que como practicante tenía que cumplir, al igual de la asignación del proyecto.

### **10.2 CENSO DE LAS TEMPERATURAS DE LA MÁQUINA PARA ANÁLISIS Y CÁLCULOS**

Se tomaron lecturas de temperatura del aceite de corte cuando la rectificadora estaba operando, para obtener el promedio que alcanzaba, al igual que el máximo y mínima temperatura. Con la ayuda de los operarios y ajustadores encargados del área. La temperatura se midió con un termómetro infrarrojo marca FLUKE.

Uno de los factores que afectaba el rectificado de la pieza, era la temperatura del aceite, por lo cual se registraron las medidas de los diámetros de ranura de las piezas, con la finalidad de saber cuánto influía la temperatura con el rectificado

La temperatura de aceite, debe ser mantenido dentro de los límites especificados por el fabricante. El aceite debe tener la viscosidad correcta y la temperatura se debe mantener por debajo del punto de combustión. La temperatura deseada es de 25°C a 32°C.

Las características del aceite que se usaba anteriormente, era del Mobil velocite 3, esto son algunos de sus datos técnicos.

**Tabla 1 Datos técnicos Mobil Velocite 3**

Mobil Velocite Oil Numbered Series	No 3
Grado de viscosidad ISO	2
cSt @ 40°C	2.1
cSt @ 100°C	0.95
Total Acid Number (TAN), ASTM D 974, mgKOH/g	0.06
Corrosión al cobre 3 hrs @ 100°C, ASTM D 130	1A
Características de herrumbre, Proc A, ASTM D 665	Pass
Punto de congelación, °C, ASTM D 97	-36
Punto de inflamación, °C, ASTM D 92	84
Densidad @ 15°C, ASTM D 4052, kg/L	0.802

Los datos que se obtuvieron son los diámetros de ranura son de diferentes piezas, las unidades se encuentran en micras  $\mu\text{m}$ , con esto se obtuvo la desviaciones de esta, que se calculaba restando el diámetro más grande de la pieza con la más chica, esta debe de estar debajo de los límites de control establecidos por la empresa Nexteer que son **30  $\mu\text{m}$** , aunque los límites de especificación del cliente son a partir de **35  $\mu\text{m}$** .

Se tomó la temperatura del aceite durante el proceso de rectificado para encontrar una relación con la alta temperatura y el problema de la desviación de ranura.

### 10.3 REDISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA

Para realizar la automatización del control de temperatura del aceite de corte se empleó un intercambiador de calor mediante el uso un Controlador Lógico Programable (PLC) S7200 Siemens (como se puede apreciar en la ilustración 8).



**Ilustración 8 SIEMENS S7-200**

La programación de la maquina consta de dos modos de funcionamiento, en el modo automático, el controlador lógico programable (PLC) controla la temperatura de salida del intercambiador mediante una estrategia de control PID en cascada temperatura-flujo. En el modo manual; se permite la manipulación de la válvula proporcional con el fin de efectuar pruebas de funcionamiento de la maquina en lazo abierto.

El sistema de control en cascada regula la temperatura del fluido frío del intercambiador de calor manipulando el caudal del fluido caliente que pasa por el tubo, así manteniendo la temperatura del aceite deseado.

La señal de salida del proceso es la temperatura del aceite de corte frío, que será comparada con la señal de referencia establecida en el programa, que para este caso sería la temperatura en la cual el aceite debe estar trabajando, si hay diferencias entre las señales comparadas, se generara una retroalimentación en el sistema, con esto la señal de salida del controlador ajustaría la posición de la válvula solenoide, así permitiendo corregir las variaciones de temperatura mediante el control del caudal del intercambiador de calor.

Se utilizó un contacto Telemecanique LA1 D20 componente como se indica en la ilustración 9, sostendrá el enclavamiento inicial para el pulsador de encendido y este pueda trabajar en perfecto orden.



**Ilustración 9 Telemecanique LA1 D20**

Se usó un contacto Telemecanique LC1 D253, que se encargara del cierre del circuito de potencia por contactos en el sistema del enfriamiento del aceite del herramental (ver la ilustración 10).



**Ilustración 10 Telemecanique LC1 D253**

Para obtener el rango de temperatura se utilizó un sensor RTD(Pt100), la característica más importante de los elementos Pt100 es que están fabricados con platino con una resistencia eléctrica de 100 ohmios a una temperatura de 0 °C y es con diferencia el tipo más común de sensor RTD (como se muestra en la ilustración 11).



**Ilustración 11 Sensor de temperatura PT100**

#### 10.4 REDISEÑO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Los cambios más importantes que se hicieron en el sistema de refrigeración, fue cambiar el aceite que se usa en el herramental de la rectificadora, se consultó con un proveedor de la empresa Delta SPECIALTY LUBRICANTS, el aceite es FERCOR 52 M, es un aceite ligero de color claro, transparente. Fabricado con bases parafínicas altamente refinadas y aditivos (polares y de extrema presión) de gran estabilidad química. El costo del aceite es un poco más caro comparado al antiguo, pero el gasto se justifica por los problemas ocasionados en la máquina y en producción. Algunas características que les confieren excelentes condiciones de corte, gran rendimiento, buena conservación de máquinas y un bajo impacto ambiental. A continuación se dan las siguientes características:

##### CARACTERÍSTICAS.-

Color.....	Amarillento
Densidad a 20°C .....	0,87±0,01 g/ml
Viscosidad a 40°C .....	14 -17 cSt
Tipo .....	Activo a temperatura elevada
Cloro.....	No contiene
Punto Inflamación (mín.).....	175°C
Punto de Congelación (máx.).....	-10°C

##### *Ilustración 12 Características aceite FERCOR 52M*

Posteriormente se reemplazó el intercambiador de calor que tenía la maquina rectificadora, por uno que se usaba en una roladora, esta actividad fue realizada por el personal de mantenimiento. La rectificadora trabaja dos turnos al día, por lo cual el cambio se realizó en el tercer turno, para no afectar la producción de la empresa. Dicho intercambiador se muestra en la ilustración 13.



*Ilustración 13 Intercambiador de calor ALFA LAVAL*



Como consecuencia del cambio del intercambiador de calor, se cambiaron la tubería de agua y las mangueras del aceite a enfriar. La tubería de agua paso a ser de 2.5 pulgadas a 4 pulgadas de diámetro, el de las mangueras de aceite se cambió a 2 pulgadas de diámetro, por lo cual el caudal aumento, siendo esto importante para así poder intercambiar más calor en el proceso. Esto se muestra en la imagen 14.



**Ilustración 14 Conexiones de tubería del intercambiador**

Estas son las tuberías del intercambiador, la de entrada de agua fría es la que está en el círculo verde, la salida del agua caliente es la que está en color azul, y en el caso del aceite que se va a enfriar, la entrada del aceite es de la manguera amarilla, la cual sale después de pasar por los filtros para retirar el lodo metálico, el de la salida de aceite frío es de la manguera negra que encerrada en el círculo rojo, la cual después se deposita en el tanque de aceite de corte para volver a circular en la máquina.



**Ilustración 15 Depósito de aceite de corte**

## **10.5 CAPACITACIÓN EN LA PROGRAMACIÓN DE PLC**

La capacitación que recibí por parte de mi asesor y por cursos que imparte la empresa Nexteer. Tenía conocimiento previo de diagramas de escaleras, por lo visto en transcurso de la escuela, por lo cual entendía ya algunos conceptos, como una memoria, un enclavamiento, etc.

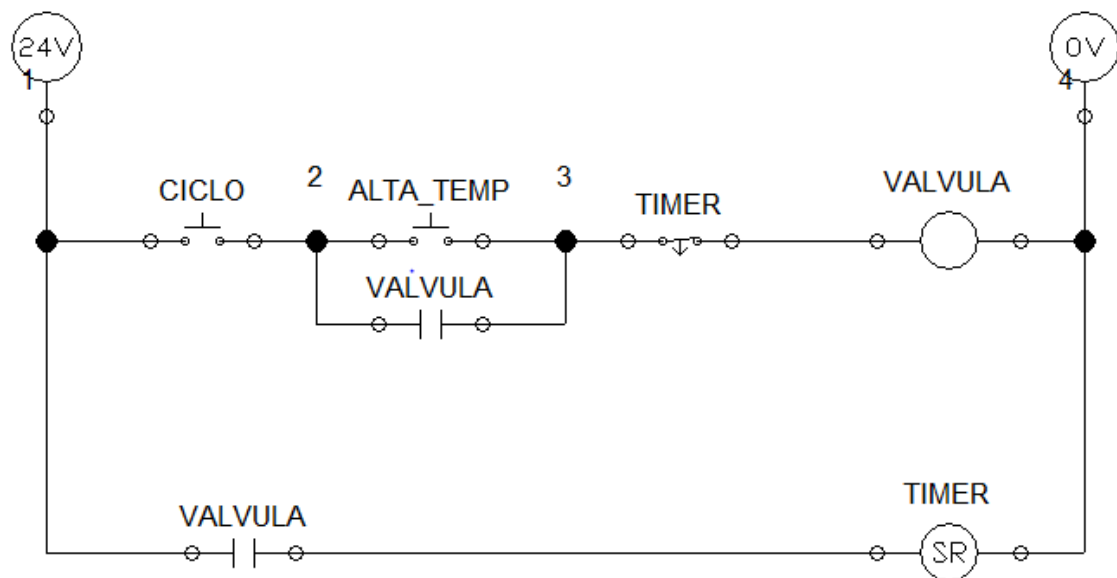
Empecé aprendiendo, leyendo diagramas de escalera un poco más complejos, que tuvieran timers, un flujo de cascada. Al igual aprender los diferentes tipos de PLC's que hay, en el caso de la empresa donde realice el proyecto, manejan una variedad de marcas, en las líneas que me toco usaban el PLC de SIEMENS, unos más viejos como el PLC de GE FANUC, PLC OKUMA. Por lo cual tuve que familiarizarme con todos los programas, usualmente todos trabajan de la misma manera, la gran diferencia que encontré fue en la conexión de contactos, como se cargaba el PLC, al igual de como modificar y editar el PLC en la máquina, hay algunos que se pueden editar desde la máquina, si son cambios pequeños, y otros que simplemente requieren computadoras, algunas muy antiguas, para hacer los cambios.

En la parte de la programación, la capacitación fue para usar el software SIMATIC STEP 7 que es de SIEMENS, que es el PLC más usado en la empresa, el cual es el que usa la rectificadora en donde se va a realizar el proyecto, se vieron temas de tipos de conexiones, leer diagramas de escaleras, conexiones de contactos en la salida y entradas del PLC

## 10.6 PROGRAMACIÓN DE PLC PARA SENSAR Y CONTROLAR LA TEMPERATURA

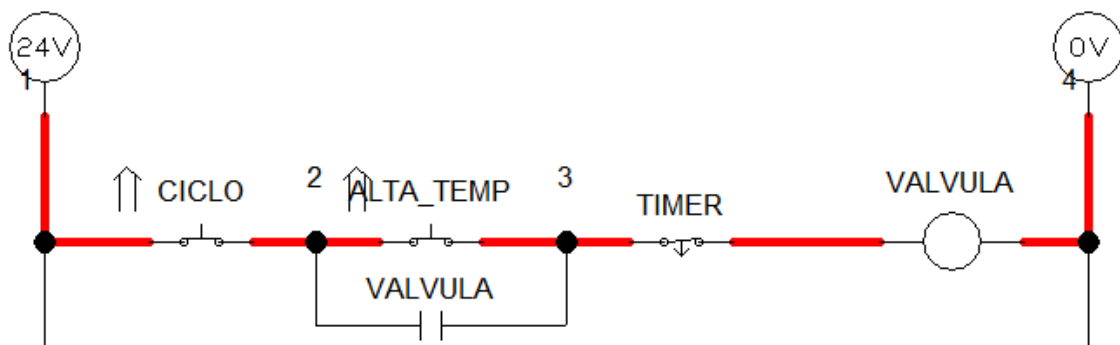
### 10.6.1 PROGRAMACIÓN EN FLUIDSIM

En la programación de PLC empecé con el programa de FluidSim, para entender la lógica del sistema a querer implementar en la rectificadora, la función que se requiere que haga el PLC es activar la una válvula solenoide eléctrica, la cual activara una válvula solenoide neumática para abrir el paso del caudal de agua fría (ver la imagen 16).



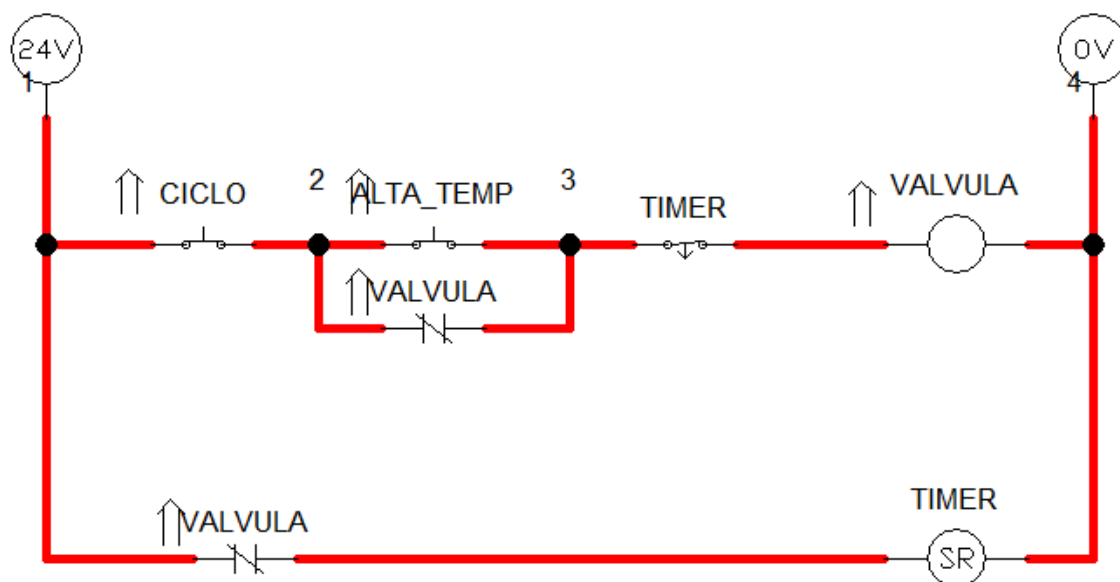
**Ilustración 16 Programación general**

El botón pulsador con la marca de ciclo representa el ciclo automático de la rectificadora, lo que significa que si la maquina no está operando el sistema no va a entrar en funcionamiento, al entrar el ciclo activa a la relé de la válvula. El botón pulsador es el que activa el sistema, cuando el aceite alcance una temperatura de 30 °C, se activara el botón, iniciando el proceso (ver la imagen 17).



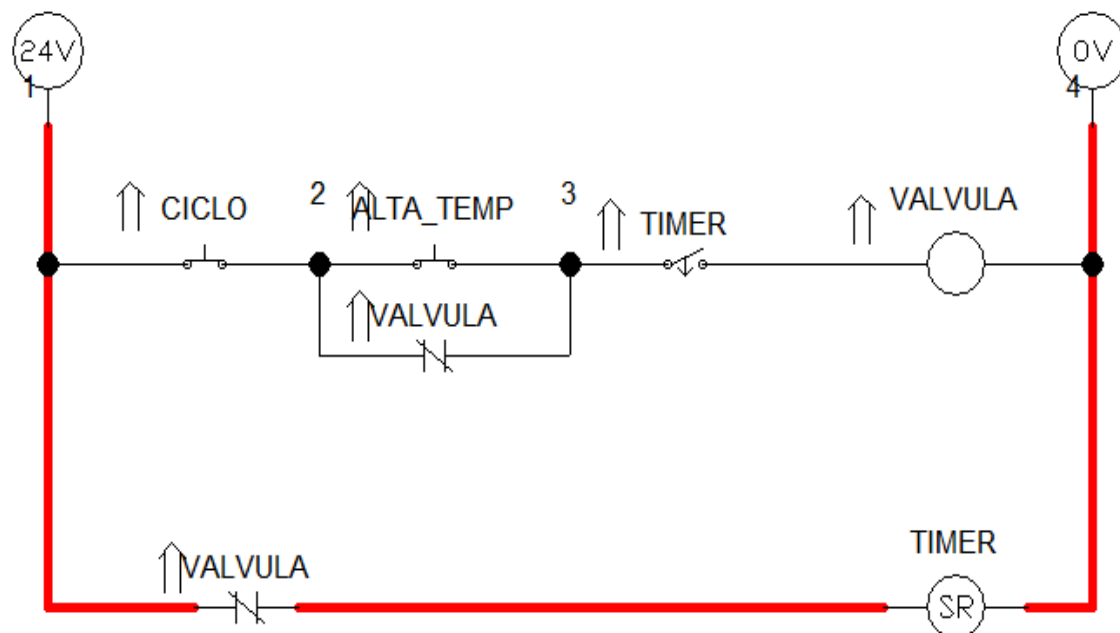
**Ilustración 17 Activación de la temperatura alta**

El relé de la válvula, al igual que los contactos de la válvula, sirve para activar el timer del programa (ver la ilustración 18).



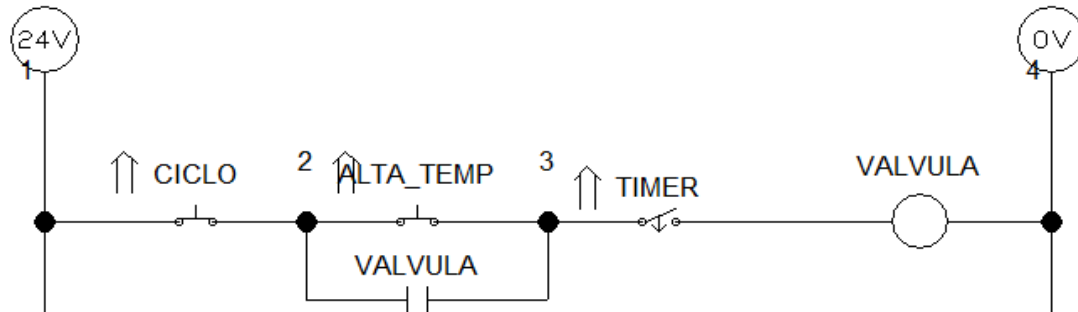
**Ilustración 18 Activación del timer**

El timer es un relé con retardo a la desconexión, lo que significa a la hora que se activa el relé, tiene un temporizador que al concluir se desactiva, en este caso se estimó que el tiempo suficiente para enfriar al aceite de corte fuera 30 segundos (ver la ilustración 19).



**Ilustración 19 Desactivación del timer**

A la hora de la desactivación la bobina del timer se abre el contacto, lo cual ocasiona la desactivación de la válvula y se abre el enclavamiento de la válvula del sistema (ver la ilustración 20).

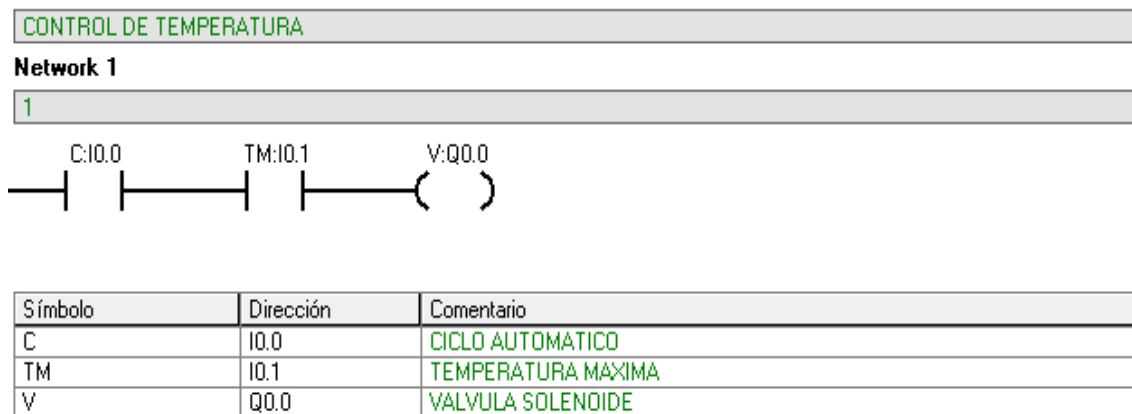


**Ilustración 20 Reset**

El sistema se resetea, así esperando a que se active otra vez el botón de la temperatura alta, como un sistema de retroalimentación, así manteniendo el control de la temperatura por medio de la activación de la válvula, para liberar el flujo del caudal.

### 10.6.2 PROGRAMACIÓN STEP 7

Se utilizó el programa de Step 7 MICROWIN, para programar la lógica del PLC que implemento en el control de temperatura de la rectificadora, primero se empezó configurando el network 1.



**Ilustración 21 Activación de la válvula solenoide**

Se necesita de dos botones pulsadores para activar la válvula solenoide, primero debe ser el ciclo de la máquina, la cual debe siempre estar en funcionamiento para que el sistema se active, después se debe activar la señal de la temperatura máxima o alta, la cual solo se desactivara hasta que el temporizador alcance una temperatura en el rango deseado y establecido anteriormente, esto es muy parecido a

lo programado en el FluidSim, sin embargo ya no se necesita un enclavamiento al aplicarlo en el PLC, solo se representó así en FluidSim para demostración.

Las direcciones que se le pusieron son de entrada y salida en el primer network 1, el ciclo automático representado con el símbolo **C** es una entrada y se le puso la dirección **I0.0**, siendo la principal considerándolo así, la temperatura alta representado como **TM**, es una entrada con la dirección **I0.1**, siendo esta la entrada más importante porque es la que se quiere controlar, y por último la salida que sería el actuador, la válvula solenoide representada con el símbolo de **V**, con la dirección de **Q0.0**.

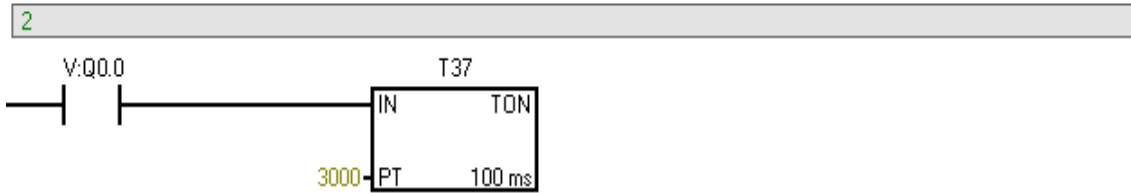
Posteriormente se usó un temporizador en el sistema, la operación Temporizador de retardo a la conexión (TON) cuenta el tiempo al estar activada (ON) la entrada de habilitación. Si el valor actual (Txxx) es mayor o igual al valor de preselección (PT), se activa el bit de temporización (bit T). El valor actual del temporizador de retardo a la conexión se borra cuando la entrada de habilitación está desactivada (OFF).

La resolución viene determinada por el número del temporizador que muestra la tabla siguiente. El valor actual resulta del valor de conteo multiplicado por la base de tiempo. Por ejemplo, el valor de conteo 50 en un temporizador de 10 ms equivale a 500 ms (como se muestra en la ilustración 22).

Temporizador	Resolución	Valor máximo	Nº de temporizador
TONR	1 ms	32,767 s	T0, T64
	10 ms	327,67 s	T1-T4, T65-T68
	100 ms	3276,7 s	T5-T31, T69-T95
TON, TOF	1 ms	32,767 s	T32, T96
	10 ms	327,67 s	T33-T36, T97-T100
	100 ms	3276,7 s	T37-T63, T101-T255

**Ilustración 22 Resolución del temporizador**

## Network 2



Símbolo	Dirección	Comentario
V	Q0.0	VALVULA SOLENOIDE

### **Ilustración 23 Conexión del temporizador T37**

Para este sistema se utilizó un temporizador T37, la cual es activada por la válvula solenoide, el temporizador se programó para en 30 segundos se desactive con una conexión que resetea la bobina de la válvula.

El valor actual de un temporizador de 100 ms se actualiza únicamente si se ha ejecutado la operación del mismo. Por consiguiente, si un temporizador de 100 ms está habilitado, pero la correspondiente operación no se ejecuta en cada ciclo, no se actualizará el valor actual de ese temporizador y disminuirá el tiempo. Por otra parte, si se ejecuta una misma operación con un temporizador de 100 ms varias veces en un ciclo, el valor de 100 ms acumulado se sumará también varias veces al valor actual del temporizador, con lo cual se prolonga el tiempo. Debido a ello, es recomendable utilizar los temporizadores con una resolución de 100 ms sólo cuando se ejecute exactamente una operación de temporización en cada ciclo.

Al terminar el conteo del temporizador T37 se activa un contacto, lo cual hace que entre una bobina de reseteo, que esta activada a la bobina de la válvula de la Network 1.

## Network 3



Símbolo	Dirección	Comentario
V	Q0.0	VALVULA SOLENOIDE

### **Ilustración 24 Activación del reset del sistema**

Para cargarlo en el simulador se debe pasar en archivo en AWL, para que pueda correr el sistema (como se puede ver en la ilustración 25).

**Network 1** Título de segmento

Comentario de segmento

```
LD C:I0.0
A TM:I0.1
= V:Q0.0
```

Símbolo	Dirección	Comentario
C	I0.0	CICLO AUTOMATICO
TM	I0.1	TEMPERATURA MÁXIMA
V	Q0.0	VALVULA SOLENOIDE

**Network 2**

```
LD V:Q0.0
TON T37, 3000
```

Símbolo	Dirección	Comentario
V	Q0.0	VALVULA SOLENOIDE

**Network 3**

```
LD T37
R V:Q0.0, 1
```

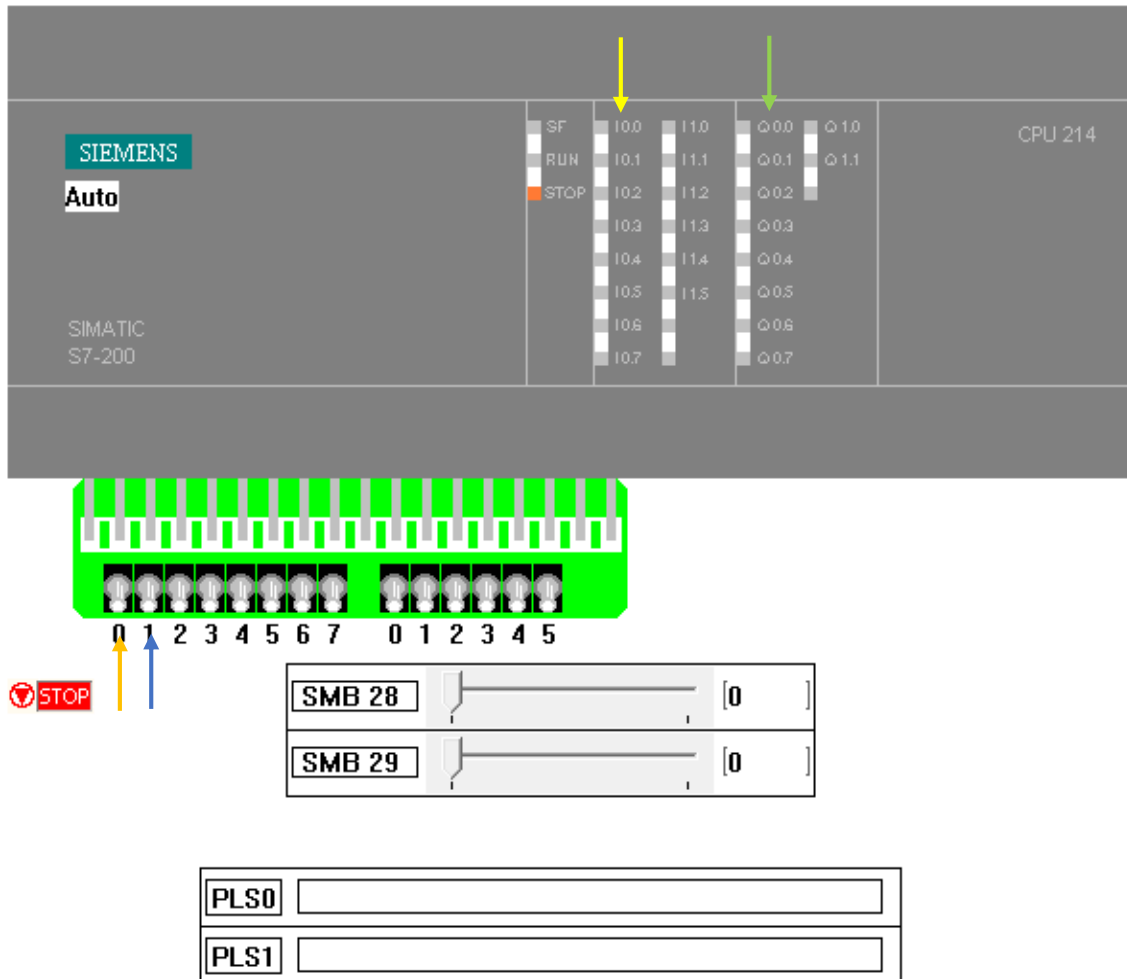
Símbolo	Dirección	Comentario
V	Q0.0	VALVULA SOLENOIDE

**Ilustración 25 Visualización del programa**



## 10.7 SIMULACIÓN EN SOFTWARE PARA LA PROGRAMACIÓN DEL PLC

Para la simulación del PLC se usó el programa de SIMATIC S7 200 para SIEMENS, en el programa se carga el PLC que se programó en el software de Step7 MicroWin.



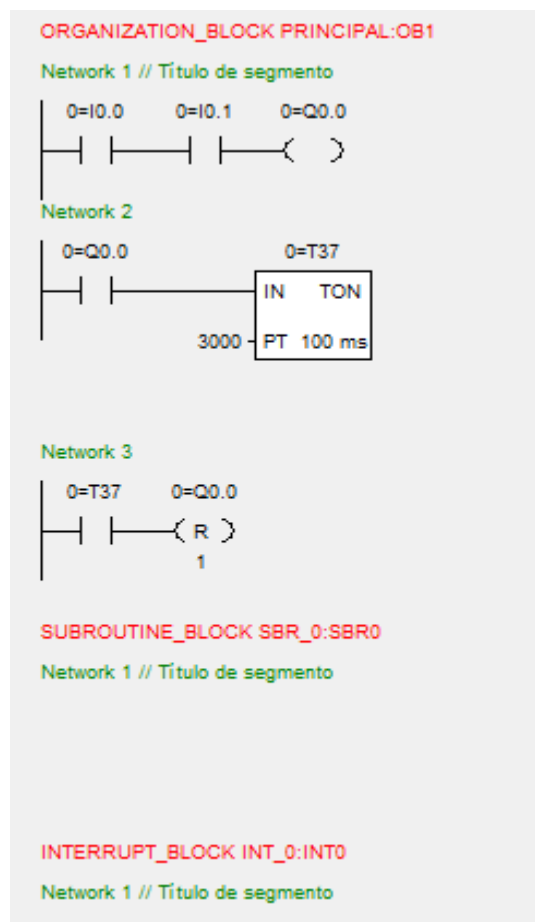
**Ilustración 26 Simulación del PLC SIMATIC S7-200**

La ilustración 26 representa al PLC S7-200 de SIEMENS, El SIMATIC S7-200 es ciertamente un micro-PLC al máximo nivel: es compacto y potente particularmente en lo que atañe a respuesta en tiempo real, rápido, ofrece una conectividad extraordinaria y todo tipo de facilidades en el manejo del software y del hardware.

La flecha amarilla señala las entradas del PLC, en este caso el programa utiliza **I0.0** y **I0.1**, los cuales son el ciclo automático de la rectificadora y la señal de temperatura alta o máxima del aceite de corte del herramienta.

La flecha verde señala la salida del PLC, la cual es la señal de la válvula solenoide, que tiene la función de dar el paso del caudal, para así poder iniciar el proceso de enfriamiento del aceite de corte. Tiene la dirección de **Q0.0**, al salir esta señal activa el timer del sistema.

La flecha naranja y azul son los botones pulsadores en el programa, que se ven representados también en la señal de entrada, en la máquina estas son activadas por una corriente eléctrica, La del ciclo automático es la naranja, que entra en función al principio del encendido de máquina y a la hora de ponerlo en modo automático. La flecha azul es la de temperatura alta, que se activa cuando el sensor de temperatura manda la señal eléctrica, cuando se pasa del rango de temperatura (ver la ilustración 27).



**Ilustración 27 Conexiones del sistema**

## 10.8 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y DE REFRIGERACIÓN

Se empezó conectando el sensor de temperatura, este sensor ofrece una entrada a un sistema (indicador, regulador u otros dispositivos) que se usa para determinar la temperatura de un proceso o ubicación específico. Esto requiere que el sensor esté conectado al instrumento de modo que se pueda recibir la señal. Esta conexión se puede hacer mediante un cable de longitud extendida desde el sensor que está fijado al instrumento (ver la ilustración 28).



**Ilustración 28 Sensor de temperatura**

El cable de extensión, que conecta el sensor al sistema, proporciona la corriente de operación y devuelve la señal del sensor, tiene un conector de estilo de receptáculo. Este conector puede ser un conector moldeado o un conector ensamblado mecánicamente. En la ilustración 29 puede apreciarse el conector al depósito de aceite.



**Ilustración 29 Conector al depósito del aceite**



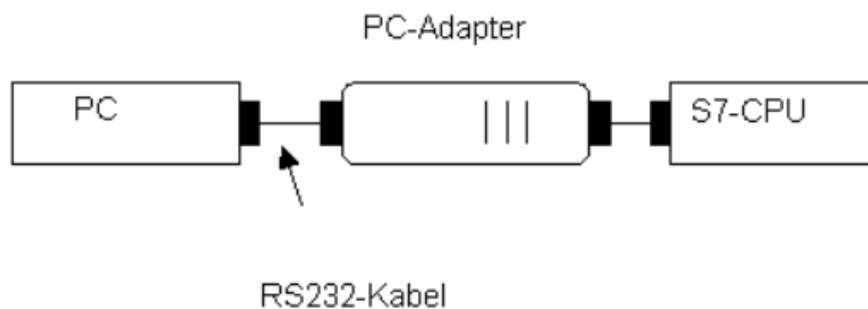
**Ilustración 30 Conexión del sensor al interfaz**

Enseguida se conectó la salida del sensor al interfaz del módulo del PLC, para que registren los datos obtenidos, al igual que se puedan proyectar en la pantalla principal de la máquina, se debe hacer una variable que servirá que el operador esté atento a la temperatura del aceite, y si llega ocurrir alguna anomalía, o que se encuentre fuera del rango, se resuelva de manera rápida (ver la ilustración 30).



**Ilustración 31 Intercambiador**

Para modificar el PLC se usó un adaptador RS-232 y se utiliza para el adaptador para comunicar un PC con el modulo, en este caso S7-CPU, la comprobación del montaje se representa de la siguiente manera.

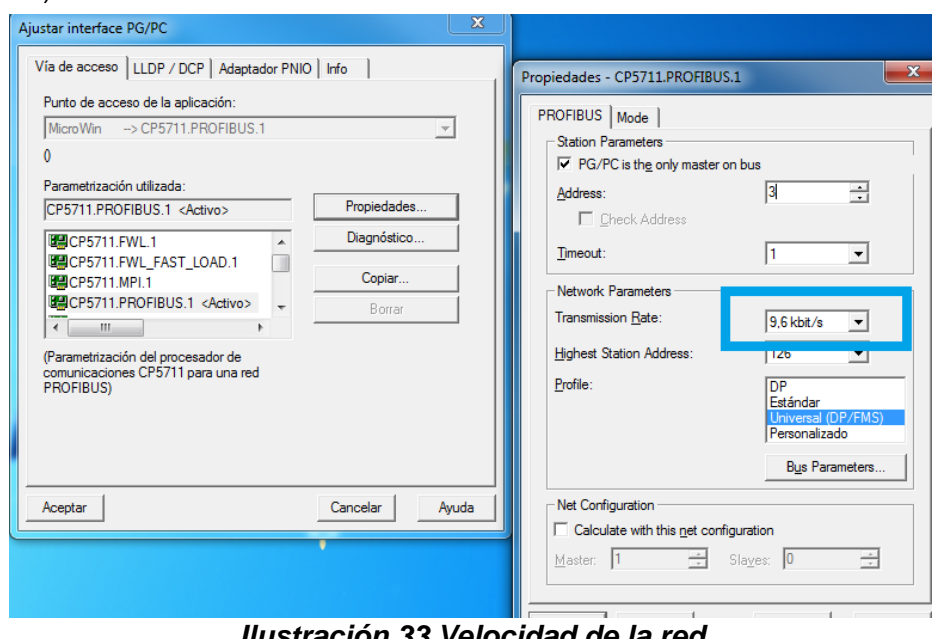


**Ilustración 32 Comprobación del montaje**

El programa del PLC se desarrolló en STEP7 MICROWIN, para establecer con el S7-200, se debe conectar con el PLC y transferir los datos del programa o poder cargar los datos del PLC, establecer la conexión vía online y una conexión total. Antes de la transferencia se determinó la comunicación de nuestro PLC con el proyecto MICROWIN que se creó.

Se selecciona la interfaz de comunicación, en nuestro caso una **CP5711**, y a continuación se realizó fue seleccionar el número de estación que queremos asignarle a nuestro ordenador dentro de la red, al PLC S7-200 se le asignó la dirección 2 y al PC la dirección 3.

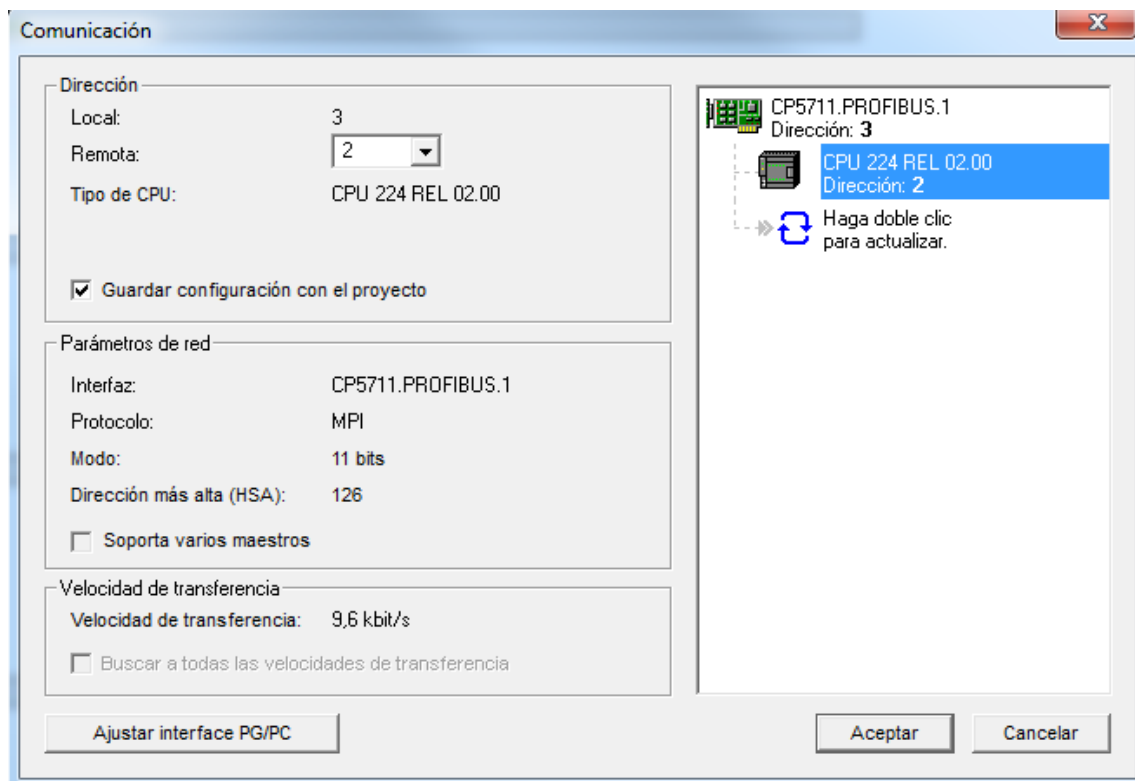
Se conecta a una red PPI, y se establece la velocidad de la red, acuerdo a la velocidad que puede manejar el PLC, en este caso se puso en 9.6 kbits/s (ver la imagen 33).



**Ilustración 33 Velocidad de la red**

Posteriormente se configuro la cantidad de estaciones en el sistema, para este caso se estableció que fuera menor de 126. Al utilizar la configuración de CP5711 se tenía varia opciones para el profibus DP y otras opciones estandarizadas, para el programa se puso el Universal DP/FMS para establecer la comunicación S7-200 en el PPI.

Después de toda la configuración de la conexión de la PC al PLC, desde el programa de MICROWIN, se selecciona en el botón de comunicación y se busca el dispositivo, en este caso se encontrara un PLC S7-200 que tenemos conectado y tiene la dirección número 2 (se puede apreciar en la imagen 34).



**Ilustración 34 Conexión al dispositivo S7-200**

Después de lograr la conexión se carga el programa del PLC, donde se agregó la parte modificada que controla la temperatura del aceite de corte del herramental.

## **10.9 VERIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y DE REFRIGERACIÓN**

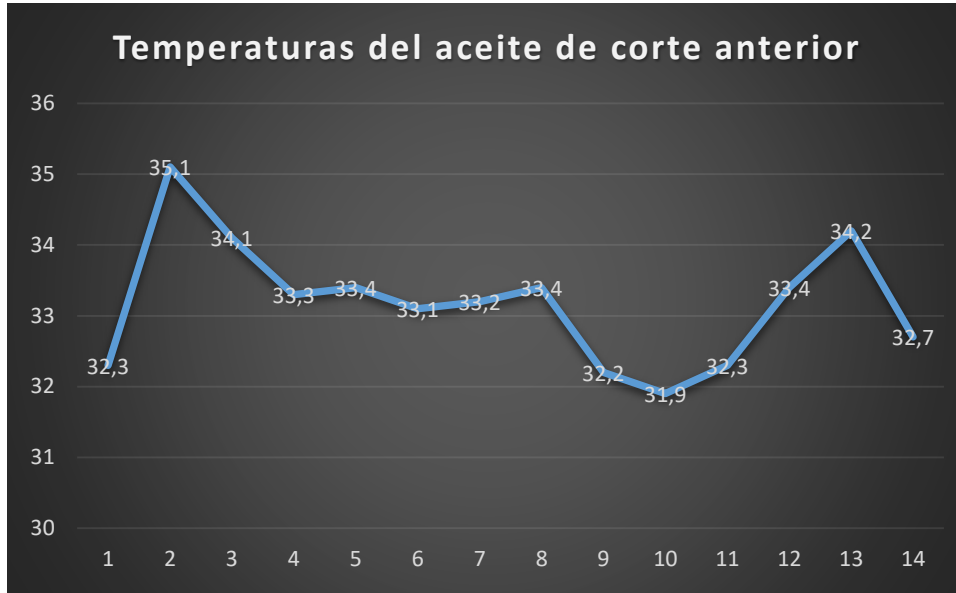
Para la verificación de los sistemas de control y de refrigeración, consistió en la evaluación de los procedimientos de control oficiales y de lo acordado para cada programa con la finalidad de comprobar si son coherentes y permiten conseguir los objetivos que tiene cada control en función de lo establecido en las normativas correspondientes.

Por último se realizó una auditoria, por el equipo de calidad y el de controles, por la parte de calidad que se trabajó en las especificaciones de las piezas maquinadas, con el nuevo sistema de refrigeración, para verificar el proyecto realizado, se realizó una corrida de 150 piezas, las cuales fueron medidas por metrología.

El sistema implementado funciono de acuerdo lo planeado, por lo cual no se tuvieron que hacer correcciones en el sistema, donde se trabajó más fue el rango del sensor de temperatura, para verificar que los datos que mandaba fueron los más exactos posibles. Con estas pruebas de campo damos por concluido el proyecto de residencia.

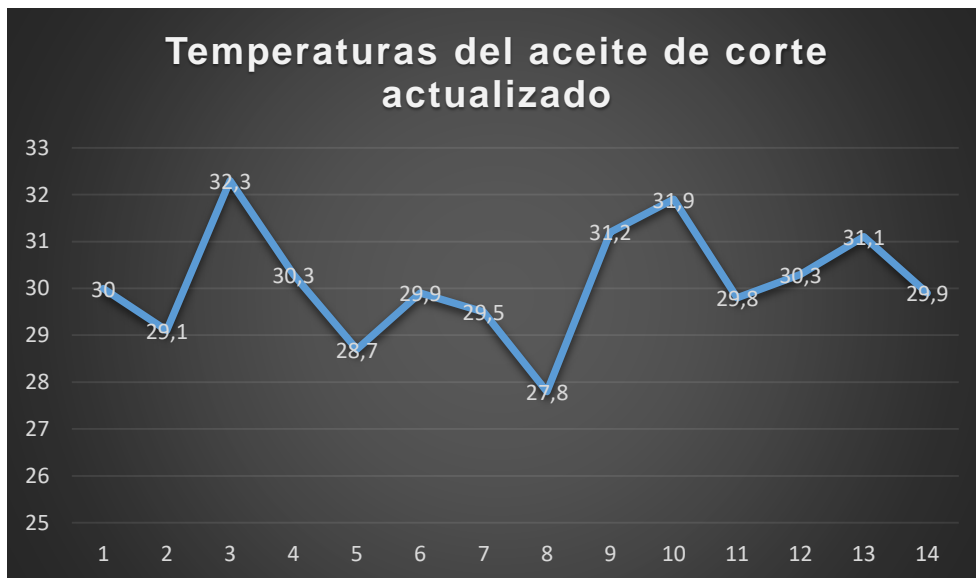
## 11.0 RESULTADOS

La rectificadora Excello, cumplió con los objetivos establecidos en el proyecto, la prioridad fue reducir la temperatura del aceite de corte, automatizando el sistema de control y de refrigeración.



**Ilustración 35 Grafico de la temperatura promedio**

En la ilustración 35 se muestra la temperatura promedio del aceite del corte durante 14 días, antes de haberse implementado la automatización del sistema de la máquina.



**Ilustración 36 Grafico de la temperatura actualizada**



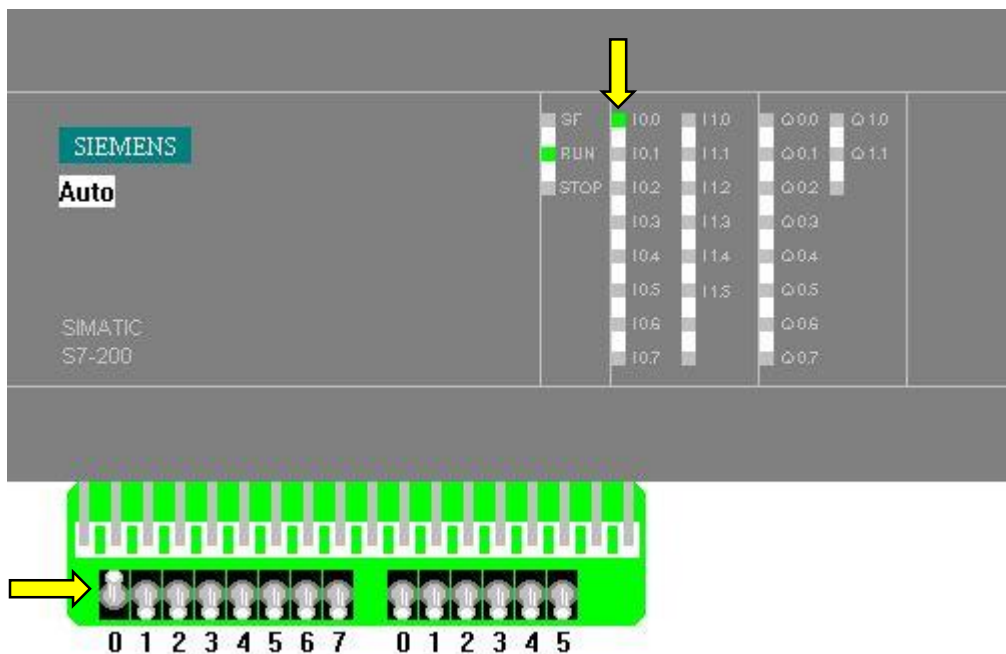
Como se puede apreciar hubo una mejora notable en la temperatura del aceite de corte, reduciendo en la mayoría de casos más de 4 grados Celsius.

El programa de PLC se desarrolló en microwin, donde se simuló con otro programa, el SIEMENS S7-200, el cual es el PLC que usa la máquina.

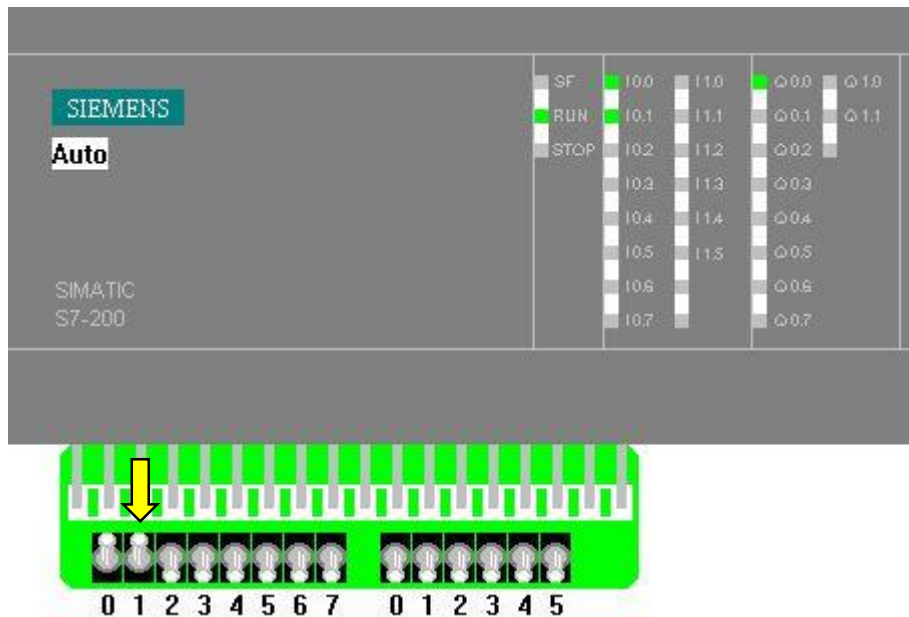


**Ilustración 37 Modulo de PLC de la maquina**

En el programa se utilizaron las direcciones de entrada **I0.0** e **I0.1**, la primera representaba el ciclo automático de la máquina, sin esta no entra en funcionamiento el programa.



**Ilustración 38 Entrada del ciclo**



**Ilustración 39 Funcionamiento del sistema**

Como se muestra en la ilustración 39, aquí es donde el sensor de temperatura entra y manda la señal para activar la válvula solenoide, para así dar paso al flujo de agua fría y reducir el calor generado por el aceite de corte, manteniendo el control de la temperatura deseada del aceite.



**Ilustración 40 Panel de control**

En el panel de control se enciende una lámpara cuando el sistema entra en funcionamiento, como se puede ver en la ilustración 40, esto dará conocimiento al operador de la máquina, por si las piezas maquinadas salen con fallos.

## **12.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **12.1 CONCLUSIONES**

Finalmente hemos llegado al último capítulo, es decir, es momento de hacer valoraciones de todo el trabajo realizado durante estos últimos meses y si con este trabajo hemos conseguido los objetivos establecidos inicialmente.

Conocer y entender el proceso de refrigeración implementado en la rectificadora, fue una parte fundamental para identificar cada uno de los dispositivos necesarios para la ejecución de dicho proceso, adquiriendo el conocimiento suficiente para determinar cada una de las variables que intervienen en el mismo.

Se seleccionó el sistema de control adecuado como parte fundamental para la realización del proceso de mejoramiento en la automatización del proceso de refrigeración. Teniendo en cuenta que tanto las rutinas de supervisión y control como las de accionamiento de los dispositivos, debían optimizar el desarrollo del proceso a un bajo costo y flexibilidad en cuanto a futuras ampliaciones del sistema se refiere.

Se describieron los controladores lógicos programables que, en la actualidad, se encuentran comercialmente disponibles de diferentes fabricantes. Conocer sus diversas características, funcionalidades y modos de programación permitió un uso apropiado del PLC utilizado y explotando al máximo sus posibilidades. El diseño del sistema, desde el punto de vista de la programación del PLC, se logró de la manera más simple posible, dicha programación se desarrolló el software Step7 microwin.

La principal razón para impulsar este proyecto fue la ubicación de fallos en la máquina por sobrecalentamiento de los husillos, defectos y parámetros fuera de especificación de las piezas maquinadas, por lo cual el proyecto propuesto se enfocó en sectorizar estas fallas, lo cual facilita el mantenimiento y disminuye los tiempos muertos en fabricación por motivo de averías en el proceso de enfriamiento.

## **12.2 RECOMENDACIONES**

Como este proyecto se realizó como una propuesta correctiva, se recomienda utilizar este sistema de control con otras máquinas que usen algún soluble o aceite como refrigerante, en este caso como preventivo para evitar problemas que se enfrentaron en la rectificadora.

Actualmente con el avance de la tecnología se cuentan con módulos PID, externos al PLC que están especialmente diseñados para regular el flujo de agua helada según el censado de temperatura con gran precisión, que pueden manejar gran cantidad de entradas y salidas, es recomendable que se estudie las características del sistema a fondo y de acuerdo a la precisión requerida evaluar si es más factible utilizar un solo módulo PID que reemplazaría los 4 módulos analógicos de salida y el módulo de entrada.

### 13.0 FUENTES DE INFORMACIÓN

- 1) PIEDRAFITA, R. (2004) Ingeniería de la Automatización Industrial, 3ra Ed, Madrid. Editorial Alfaomega.
- 2) BECERRA, Jhonatan (2007). Trabajo de Grado: Automatización, control y supervisión remota del sistema central de aire acondicionado (agua helada) para un edificio. U.C.V Ing. Mecánica.
- 3) MARÍN ITURRIARTE, Aitziber. (2012). Control de PLCs Siemens S7-1200 mediante el protocolo MODBUS a través del programa LABVIEW para realización de prácticas de comunicación industrial. Proyecto fin de carrera, Universidad Pública de Navarra
- 4) OGATA, Katsuhico. (1995). Ingeniería de Control Moderna. Editorial Prentice-Hall, Inc. Tercera Edición, México D.F.
- 5) SIEMENS SWITZERLAND LTD. Accionadores Eléctricos, modelo SQX62. Manual de Instrucciones, 2006