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

# **CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SELLADORA ELECTRO-NEUMÁTICA DE FÁCIL MANIPULACIÓN Y BAJO COSTO**

Luis Fernando González García

Tecnología en Electromecánica

Wimar Alberto Moreno Silva

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**11 de Abril de 2016**

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

## RESUMEN

---

Se construyó un prototipo de selladora electro-neumática para hacer de ella una herramienta versátil, económica y de fácil manipulación, transporte y de operación sencilla. Este prototipo consta de un primer cilindro que avanza a 0,5m/s y un segundo cilindro que lleva anclada una plancha, la cual se calienta mediante una resistencia a la temperatura determinada por el usuario, calculada mediante una PT 100, este segundo cilindro avanza a una velocidad de 0,15m/s . Este prototipo posee dos finales de carrera; uno está ubicado en uno de los extremos de la base con el fin de sensar la llegada del primer cilindro, detectar su presencia y parar en el momento adecuado. El segundo está ubicado debajo de la base donde verticalmente baja el cilindro. El programa es maniobrado desde una pantalla TOUCH de SIEMENS, un PLC y un controlador de temperatura que muestra la misma. El material que se utilizó para dicho prototipo es el aluminio tradicional, el cual posee una conductividad térmica de 237 W/(K·m), esto contribuyó a que la selladora sea liviana y de fácil movilización. Las dimensiones del prototipo fueron 1 m de ancho x 30 cm de alto, respecto a las características de los cilindros a usar y a la distancia de desplazamiento de los mismos. Este sistema tiene comunicación con una HMI (Human Mechanic Interface).

Este prototipo fue probado con neumático de bicicleta perforado y funcionó exitosamente al usar temperaturas de calentamiento de la plancha entre 40- 60°C.

**Palabras clave:** Selladora electro-neumática, Controlador Lógico Programable (PLC), Interfaz Hombre-Máquina (HMI), lenguaje de programación LADDER.

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

## RECONOCIMIENTOS

---

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a la institución Universitaria ITM por haberme apoyado con el préstamo de los materiales, equipos, software y asesoramiento necesarios para llevar a cabo la culminación de este proyecto de grado, especialmente al profesor Wimar Alberto Moreno Silva por su dedicación, acompañamiento y colaboración durante la ejecución del presente, a mi familia por haber confiado en mí y por impulsarme a seguir adelante hasta cumplir mis objetivos académicos y a los ingenieros Daniel Felipe Tobón Espinosa y Viviana Ramírez Ríos por su colaboración y asesoramiento en la escritura de este informe final de proyecto de grado.

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

# ACRÓNIMOS

---

*PT 100* → Tipo de dispositivo termo resistivo

*Pantalla TOUCH* → pantalla táctil

*W/ (k.m)* → Vatio/ (kelvin. Metro)

*HMI* → Human Mechanic Interface (Interfaz Hombre-Máquina)

*PLC* → Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable)

*Mpa* → Megapascal

$\rho$  → Resistividad

$\Omega$  → Ohmio

$\delta$  → Densidad

*J/ (K.kg)* → Joule/ (kelvin.kilogramo)

*Gpa* → Gigapascal

*LADDER* → Lenguaje de programación gráfico

*Psi* → Pounds-force per square inch (libra-fuerza por pulgada cuadrada)

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

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	8
3. METODOLOGÍA.....	10
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO .....	21
REFERENCIAS .....	23
APÉNDICE.....	24

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

# 1. INTRODUCCIÓN

---

En el mercado colombiano existen varias selladoras que pueden ayudar a optimizar la eficiencia y la eficacia de los procesos de empaque y sellado involucrados en las industrias de alimentos, bolsas y parchado de neumáticos perforados, debido a la automatización de los mismos, convirtiendo el proceso de sellado en un factor importante para la determinación de la calidad y costo del producto.

Sin embargo las selladoras utilizadas en estos tipos de industrias suelen ser grandes, pesadas y a veces complicadas para su manipulación y movilización (Guevara, 2007), o simplemente se emplean técnicas remotas, como por ejemplo las aún usadas para el parchado de neumáticos perforados, las cuales se basan en el sumergimiento del neumático en un tanque con agua para identificar donde se encuentra el orificio, una vez identificado el orificio se procede al pegado de un pedazo de neumático encima del orificio y se debe esperar a que se seque, siendo este proceso muy lento, poco eficaz y engorroso para su fin (Vásquez, 2010a).

Este tipo de técnicas obsoletas suelen ser utilizadas especialmente en las pequeñas industrias colombianas, donde hay escasez de sistemas de sellado que integren la economía, eficacia, eficiencia, fácil manipulación, movilización y versatilidad de uso en cualquier tipo de industria que involucre procesos de sellado, obligándolas a invertir alto capital en la compra de equipos de sellado, conllevando a una deficiencia en la producción debido al incremento en los costos de operación y por consiguiente a un incremento en el precio de sus productos (Serrano, 2000) o para aquellas pequeñas empresas que no pueden acceder a la compra de estos sofisticados sistemas de sellado, solo queda continuar con el uso de procesos remotos.

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

Este tipo de problemáticas exige el desarrollo de soluciones accesibles, rápidas, eficaces y fáciles de implementar. Por estos motivos el objetivo de este proyecto fue construir y probar un prototipo de una máquina selladora electro-neumática de fácil manipulación como una forma de dar solución a los problemas que surgen en este tipo de industrias. Este prototipo trabaja relativamente rápido (sellado de bolsas entre 0,5 a 1 minuto y de neumáticos entre 1,5 y 2 minutos) es de bajo costo, fácil manipulación y movilización, lo cual lo convierte en un dispositivo con alto potencial a escalar, en comparación con los métodos tradicionales de sellado. Además esta herramienta podría usarse de una forma eficiente en las industrias de plásticos, de alimentos, entre otras.

## OBJETIVOS

### General:

Construir y probar un prototipo de selladora electro-neumática de fácil manipulación y bajo costo.

### Específicos:

- Diseñar el prototipo de selladora de forma manual y posteriormente usando el programa AUTOCAD.
- Simular el movimiento de los cilindros y funcionamiento del prototipo mediante PLC- S7300 de SIEMENS.
- Ensamblar el prototipo de selladora electro-neumática
- Probar el funcionamiento del prototipo, realizando las respectivas conexiones y pruebas con neumáticos y bolsas plásticas.

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

## 2. MARCO TEÓRICO

---

Las maquinas selladoras fueron inspiradas en el funcionamiento de la imprenta, que inicialmente se basaban en sellos y tampones para imprimir sobre arcilla pero que con el paso de los años se fue perfeccionando y ajustando a diferentes usos, como: empaquetamiento de productos y sellado de neumáticos (Frías, Alcalá, Mendoza, Gómez, Govea, y Chávez, 2012). Las maquinas selladoras aprovechan la deformación plástica del material para crear mediante la aplicación de calor una determinada forma del material o sellamiento de poros u orificios (Serrano, 2000).

Actualmente, las maquinas selladoras se han convertido en una de las herramientas más usadas en las grandes y pequeñas industrias para realizar procesos de sellado de sus productos y asegurar su preservación y transporte, además de satisfacer el uso fácil y los bajos costos (Verdugo, 2010).

El empaquetamiento térmico de productos, especialmente alimenticios, pretende prevenir su contaminación con bacterias, toxinas, oxígeno y humedad, así como también prevenir la fuga de gases, incluyendo olores desde los productos empacados. Sin embargo, para el año 2005 se estimó que el 80% del tamaño total del mercado de materiales para empaquetamiento, se encuentra en los Estados Unidos, Japón y Unión Europea, los cuales representan solo el 12% de la población mundial. El 88% restante, no pueden beneficiarse del empaquetamiento térmico de plásticos, principalmente debido a los altos costos de las avanzadas tecnologías de empaquetado (Hishinuma, 2007); un ejemplo es el empaquetado por ultrasonido; técnica innovadora que utiliza la frecuencia ultrasonido para unir molecularmente dos materiales entre sí, la cual aunque es una técnica más amigable con el ambiente y es más eficiente, resulta ser extremadamente costosa (Serrano, 2000). No obstante, el empaquetamiento térmico, tecnología más usada, presenta inconvenientes

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

como: temperaturas de operación insuficientes y rotura de las partes termo-selladoras (debido al sobrecalentamiento) (Hishinuma, 2007).

Otra de las técnicas convencionales de sellado y aún usada especialmente en el parchado de neumáticos de algunos vehículos como bicicletas y motos, es el sellado adhesivo, técnica que involucra el empleo de pegamentos y sustancias adhesivas para la unión de partes plásticas, pero que son en su mayoría de alto riesgo para la salud humana. No obstante, el sellado adhesivo es un método fácil y no requiere una máquina controlada para su implementación, uso y mantenimiento (Verdugo, 2010).

Innovar en los procesos de sellado para solucionar los problemas presentados por las técnicas de sellado térmico y por ultrasonido, implica aumentar la eficiencia en los ciclos de producción, mejorar la calidad de la máquina selladora, monitorear el estado del sellado, aumentar la seguridad en el proceso y disminuir costos de producción (Verdugo, 2010).

Un sistema que integra estas características de sellado eficiente, es el sellado mediante maquinaria electro-neumática, basado en un sistema arrastre que comprende el movimiento del material a sellar junto con el cilindro, el cual es conseguido mecánica o neumáticamente, gracias al uso de motores o grupos freno embrague (Verdugo, 2010), dicho movimiento es controlado mediante el uso de dispositivos de interfaz hombre-máquina basados en la programación lógica (Vásquez, 2010a) Figura1.

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



**Figura 1.** Selladora electro-neumática comercial.

## 3. METODOLOGÍA

---

### 3.1. Materiales usados

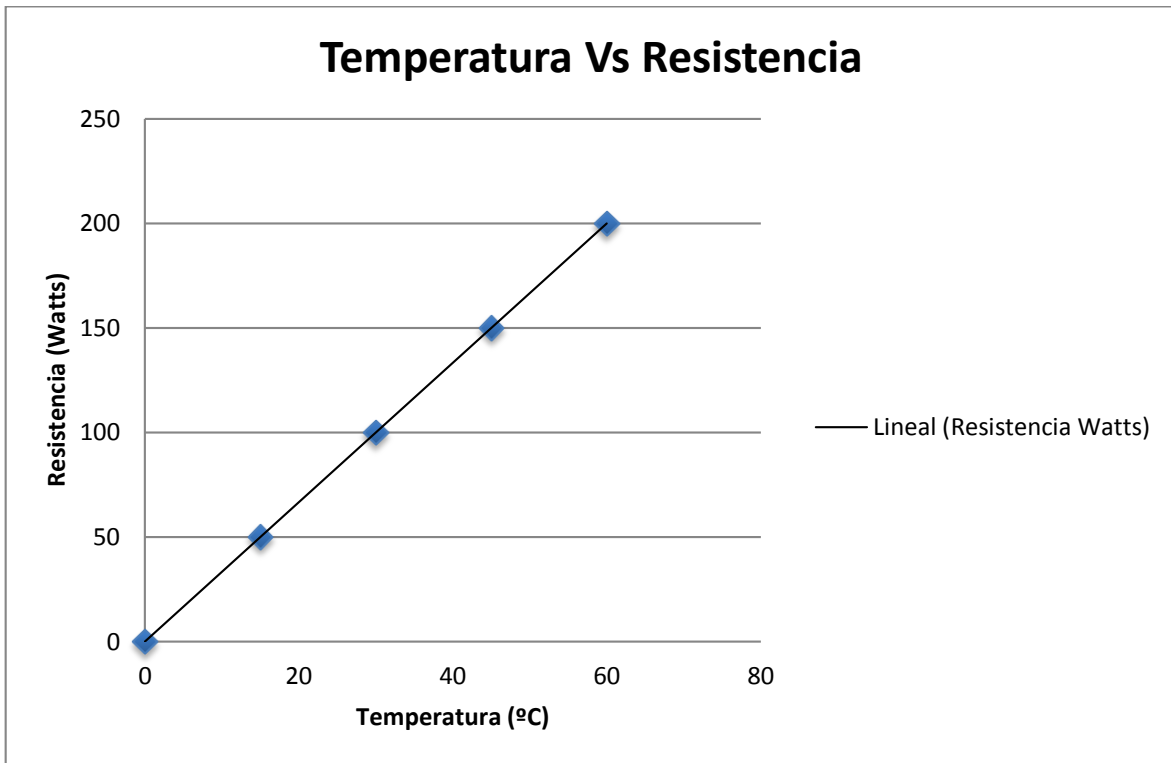
Para la construcción del prototipo se utilizó como materia prima el aluminio, debido a sus propiedades químicas que lo hacen un excelente conductor térmico ( $237 \text{ W/ (K}\cdot\text{m)}$ ) y además es un material reciclable y económico. Otras de las propiedades que hacen del aluminio un metal tan provechoso son: su ligereza; un tercio del peso del cobre y el acero, resistencia a la corrosión (característica muy útil para aquellos productos que requieren de protección y conservación), mecánica (hasta los 690 Mpa) y a la tracción (442 MPa). Adicionalmente, no es magnético ni tóxico, buen reflector de luz (idóneo para la instalación de tubos fluorescentes o bombillas), impermeable e inoloro, y muy dúctil. Además, el gran atractivo es que se trata de un metal 100% reciclable, es decir, se puede reciclar indefinidamente sin que pierda sus cualidades. Algunas de las propiedades más importantes del aluminio son mencionadas a continuación:

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

- ✓ Aluminio: Resistividad  $\Rightarrow \rho = 0.0260 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$
- ✓ Densidad  $\Rightarrow \delta = 2.7 \text{ kg/dm}^3$
- ✓ Fuerza a la tracción:  $\Rightarrow \chi = 14 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Dureza Mohs: 2,75
- ✓ Punto de fusión: 933,47 K (660 °C)
- ✓ Punto de ebullición : 2792 K (2519 °C)
- ✓ Calor específico: 900 J/(K·kg)
- ✓ Conductividad eléctrica:  $37,7 \times 10^6 \text{ S/m}$
- ✓ Conductividad térmica: 237 W/(K·m)
- ✓ Módulo elástico: 70 GPa

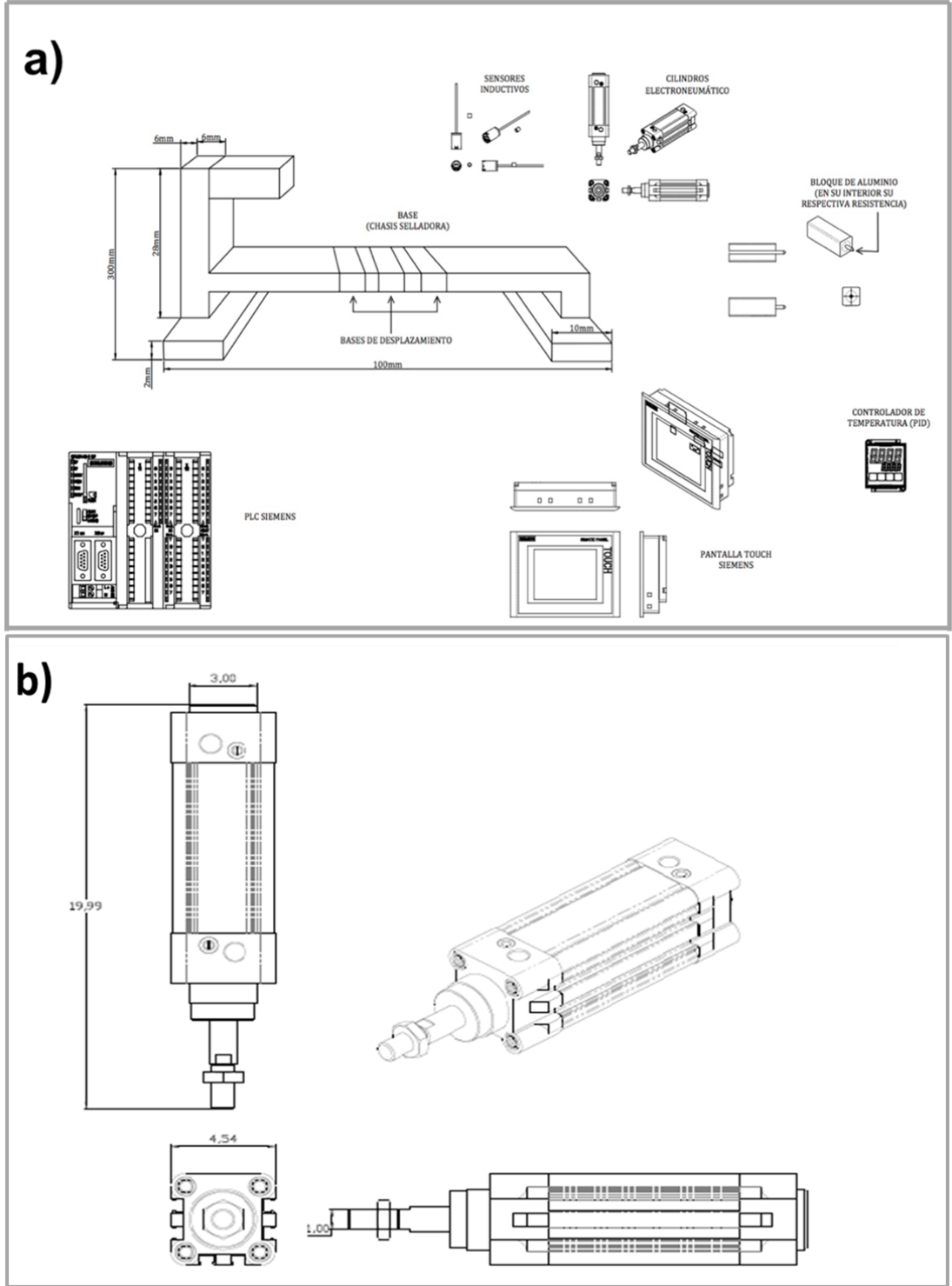
Los cilindros neumáticos usados para la construcción del prototipo fueron facilitados por la Universidad (ITM). Estos cilindros de la marca FESTO, eran de acero inoxidable de simple efecto, con un desplazamiento de 125 mm y resisten una presión de 7 Bar, con una presión de trabajo de 50psi. Para el suministro del aire que impulsa los cilindros se utilizó un compresor con una capacidad de 50 PSI facilitado por la Universidad.

Para la programación en LADDER con la cual se secuenciaron los cilindros, se utilizó el PLC de SIEMENS S7 300, el cual también fue prestado por el laboratorio de PLC de la universidad. Adicionalmente, se usó el controlador de temperatura de SIEMENS para monitorear lo sensado por la PT 100 ubicada en el interior del bloque de aluminio, la cual se calienta previamente por una resistencia bajo 150-200W con un voltaje entre 100-120 V, con el fin de calentar el bloque de aluminio que lleva el cilindro vertical, encargado de sellar, esta relación entre temperatura y resistencia es mostrada en la figura 2. Por otro lado, Los sensores inductivos usados para accionar el desplazamiento de los cilindros también fueron facilitados por la universidad igual que la Pantalla TOUCH de SIEMENS usada para llevar a cabo la operación de toda la cadena de eventos que realiza el prototipo.



**Figura 2.** Relación lineal entre las variables temperatura y resistencia probadas para el calentamiento de la plancha del prototipo de selladora electro-neumática.

El diseño del prototipo de selladora electro-neumática se realizó mediante un dibujo a mano y posteriormente se llevó a planos usando el programa AUTOCAD electrical 2016. La figura 3a, ilustra todos los elementos que componen el prototipo de selladora incluyendo: Los cilindros electro-neumáticos, los sensores inductivos, barra de aluminio, resistencia, PLC, pantalla touch y el controlador de temperatura. Adicionalmente, en la figura 3b, se muestra el diseño mecánico de los cilindros electro-neumáticos usados para la construcción del prototipo de selladora.



**Figura 3. a)** Componentes del prototipo de selladora electro-neumática. **b)** Diseño mecánico de los cilindro electro-neumáticos.

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

### 3.2. Cálculo de dimensiones y condiciones de operación

- **Distancia del recorrido:**

$$D = V * t$$

**Donde:**

**D**= distancia (metros)

**V**= velocidad (m/s)

**T**= tiempo (segundos)

- **Velocidad de recorrido de los cilindros:**

$$V = \frac{(df - di)}{(tf - ti)}$$

**Donde:**

**di**= distancia inicial (metros)

**df**= distancia final (metros)

**ti**= tiempo inicial (segundos)

**tf**= tiempo final (segundos)

La temperatura de calentamiento de la resistencia, se determina dependiendo del material a sellar y se programa en el PLC (temperatura no superior a los 60°C).

### 3.3. Ensamble del prototipo:

Teniendo en cuenta las dimensiones de los cilindros y las condiciones de operación, se ensambló el prototipo, para lo cual fue necesario unir las partes mediante soldadura y

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

posteriormente se pintó para mejorar su apariencia. El prototipo construido es mostrado en la sección de resultados.

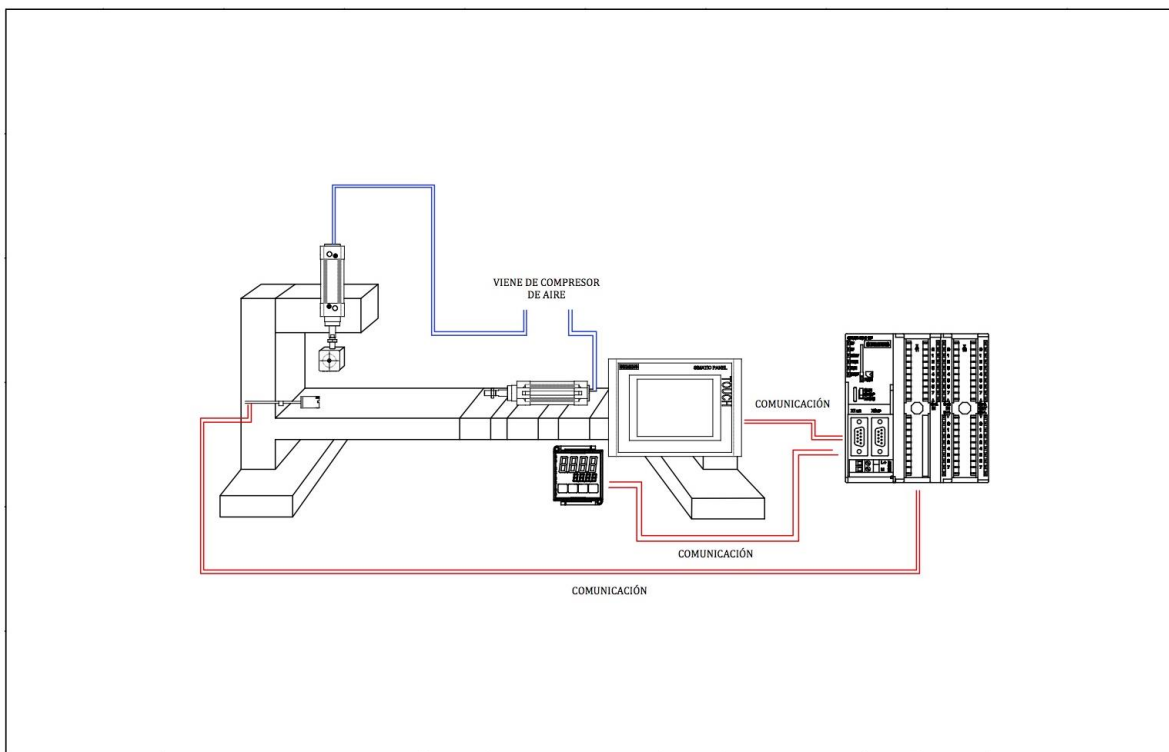
#### **3.4. Simulación y prueba del prototipo:**

El programa creado y definido en el STEP S7 300 de SIEMENS se pasó mediante el computador al PLC usando un puerto HMI, en el cual quedaron grabados los parámetros de operación del prototipo listo para simular y probar el sellado de neumáticos y bolsas plásticas.

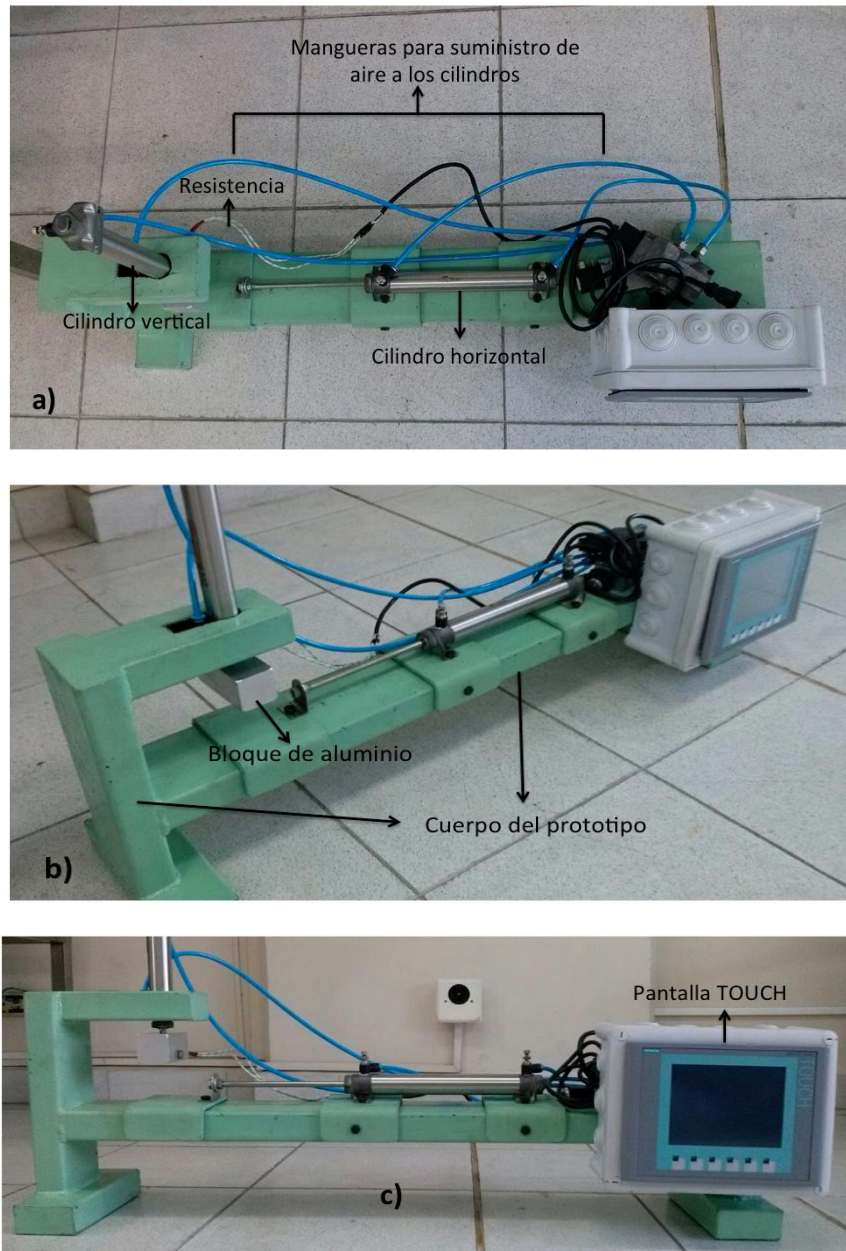
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el mercado de la maquinaria de empaque y sellado de alimentos se encuentra una variada oferta de equipos, sin embargo, no existe actualmente una variada oferta de máquinas selladoras de neumáticos perforados en el mercado, que además de sellar eficientemente cumpla con característica como: tamaño pequeño, rápida, tecnológica, económica y de fácil manipulación, características las cuales pueden apreciarse en el prototipo de selladora electro neumática presentada en este trabajo, como puede observarse en las figuras 4 y 5.



**Figura 4.** Planos del prototipo de selladora electro-neumática ensamblado con las respectivas conexiones de los elementos que lo componen.



**Figura 5.** Prototipo de selladora electro-neumática construido. **a)** ubicación de los cilindros y de la resistencia. **b)** ubicación del bloque de aluminio encargado de sellar y estructura del cuerpo del prototipo. **c)** ubicación de la pantalla TOUCH de SIEMENS para la fácil manipulación del prototipo.

Lo más cercano a la selladora electro-neumática aquí presentada, son selladoras únicamente útiles para la industria de alimentos, las cuales sellan bandejas de diferentes

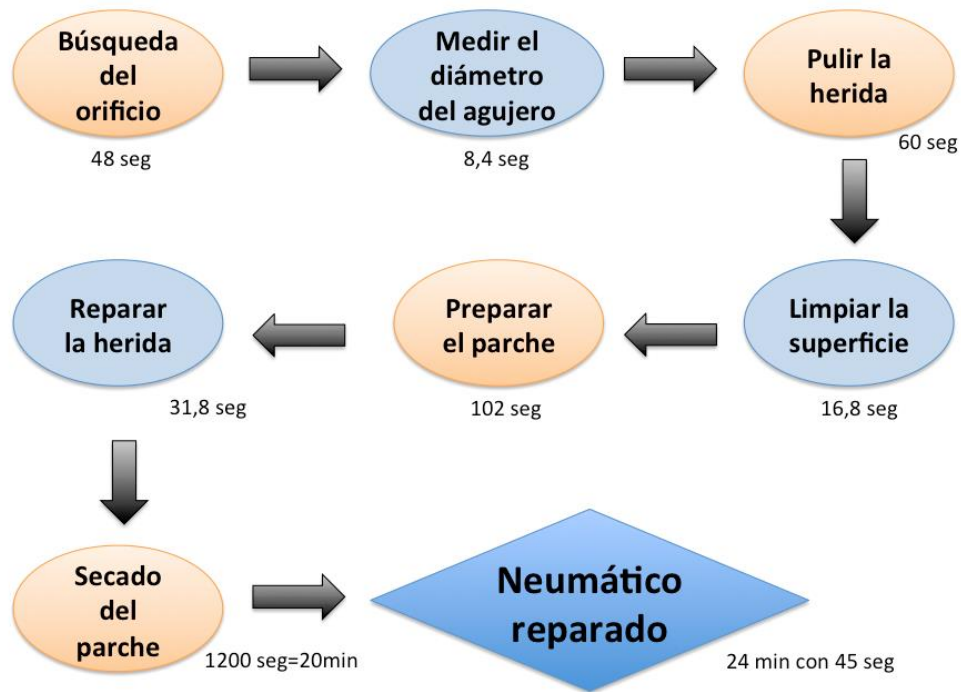
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

tamaños con diseños higiénicos que cumplen con los estándares de calidad. Dentro de este tipo de selladora se encuentra la termo-selladora TS 500E que puede apreciarse en la figura 6, la cual aunque es muy versátil en cuanto a tamaño de bandejas procesadas y materiales con los que trabaja, no es útil para el sellado de neumáticos perforados (Henaó Carvajal, 2011).



**Figura 6.** Termo-selladora TS500E de bandejas en lámina.

Es necesario además tener una clara idea del tiempo que se invierte para sellar algún material, por esta razón se realizó una toma de tiempos del cual se puede extraer el tiempo promedio usado para empacar y de esta manera informar acerca de los rendimientos de la selladora electro-neumática y poder comparar los tiempos con los métodos comúnmente empleados para dichos fines. El tiempo promedio de calentamiento de la plancha para sellar un neumático fue de 1,8 minutos y la velocidad recorrida de recorrido del cilindro fue de 2 segundos, esto suma un tiempo promedio total de operación de 2 minutos, no obstante, cuando se trató de sellar bolsas plásticas, el tiempo promedio de calentamiento de la plancha fue de 30 segundos. En comparación con las técnicas de sellado o parchado de neumáticos perforados, el uso de la selladora electro-neumática resulta ser mucho más eficiente en cuanto a tiempos, pues el proceso de parchado convencional resulta ser tedioso y demorado, con una duración aproximada de 24,45 minutos, como se observa en el diagrama de flujo de parchado de neumáticos (Figura 7).



**Figura 7.** Diagrama de flujo del proceso de parchado convencional de neumáticos con las respectivas estimaciones de duración en tiempo. Datos tomados de Moscoso Paredes, 2010.

Para observar la comparación en tiempos de duración de sellado de materiales se puede ver la Tabla 1. Estos datos sugieren que es necesario tener en cuenta que el tiempo de sellado va a diferir dependiendo del material a sellar, el cual puede alterar drásticamente el rendimiento y tiempo de sellado de la máquina.

**Tabla 1.** Comparación de tiempos de sellado dependiendo del material y la técnica usada

<i>Material</i>	<i>Técnica</i>	<i>promedio tiempo de sellado/unidad (Min)</i>
Neumático	Parchado convencional	24,45
Neumático	Prototipo Selladora electro-neumática	2
Plástico	Selladora-Henao Carvajal, 2011	2,8
Plástico	Prototipo Selladora electro-neumática	0,53

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

Los resultados generados en este proyecto, resultan un abrebocas para la realización de nuevas propuestas enfocadas a mejorar este prototipo de maquina selladora electro-neumática, sin embargo, es limitada la información previa de otros estudios para realizar una discusión mas amplia del tema. Esto se ve a continuación ampliado en las conclusiones.

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

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

- Este proyecto se realizó bajo los conocimientos y herramientas adquiridas durante el proceso de enseñanza dado durante el transcurso de la carrera tecnológica.
- El prototipo de selladora electro-neumática construido, resultó ser económico, rápido, de fácil manipulación para el sellado de materiales neumáticos y bolsas plásticas.
- Esta máquina fue diseñada con la necesidad de aumentar la producción y reducir los costos de mano de obra en la operación, además de fomentar la automatización en el proceso de sellado de neumáticos.
- Los tiempos de sellado de neumáticos con el prototipo son más cortos en comparación con los métodos convencionales de parchado de neumáticos, sin embargo el tiempo de sellado difiere dependiendo del material a sellar.
- La automatización es importante en la mayoría de industrias y actualmente muchas empresas tienen automatizados sus procesos mediante el uso de robots, brazos mecánicos y etapas automatizadas en máquinas, los cuales son gobernados por dispositivos como PLC's (controladores lógicos programables, de sus siglas en ingles) y micro-controladores, en los que la capacitación entrenamiento y desarrollo de los estudiantes en estas áreas, abren grandes oportunidades en la vida laboral y en el desarrollo autónomo para la creación de ideas propias e innovadoras para realizar algún diseño o maquina con las capacidades y especificaciones necesarias para un determinado proceso a realizar.

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

- Se profundizó en el conocimiento de diseño de partes mecánicas, movibles y estructuras complejas mecánicas.
- Se recomienda escalar el prototipo a escala piloto y determinar rendimientos de producción.
- Es recomendable profundizar en el manejo de bases de datos bibliográficas, debido a que el mayor limitante para la realización de este proyecto fue la búsqueda de estudios previos para una mejor discusión de los resultados, pues además de no contar con los conocimientos necesarios para la búsqueda de información en las bases de datos de las áreas electrónica y mecánica, la existente es escasa.

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

## REFERENCIAS

---

Frías , R., Alcalá, M., Mendoza, C., Gómez, E., Govea, E., & Chávez, R. (2012). Diseño de una empaadora neumática para la enseñanza en Ingeniería. *Memorias Congreso Internacional Anual de la SOMIM*, (pp. 553-557). México.

Guevara, G. (2007). *Diseño y simulación de un sistema para empaque, pesado y sellado de papa a la francesa precocida*. Proyecto de grado, Universidad de la Salle, Bogotá-Colombia.

Henao Carvajal, E. (2011). *Sistema de empaque en la sección de sellado de ALICO S.A.* Trabajo de grado, Universidad EAFIT, Antioquia, Medellín.

Hishinuma, K. (2007). *Heat Sealing Technology and Engineering for Packaging: Principles and Applications*. (D. publications, Ed.) Pennsylvania, U.S.A.

Moscoso Paredes, F. (2010). *Manual de especificaciones técnicas y estándares de trabajo para el reencauche de neumáticos*. Trabajo de grado, Universidad del Azuay, Cuenca.

Serrano, N. (2000). *Neumática*. A. Paraninfo.

Vásquez, R. D. (2010a). *Control Lógico programable* (Vol. 0). Fondo editorial Itm.

Verdugo, C. I. (2010). *Diseño e implementación del sistema de control y monitoreo para la maquina de corte y sellado de fundas Tepack*. Proyecto de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador.

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

## APÉNDICE

---

- **Velocidad de recorrido del cilindro vertical (con plancha anclada):**

$$V = \frac{(df - 0)}{(0 - ti)}$$

**Donde:**

**di**= distancia inicial = 0 m

**df**= distancia final =0,975 m

**ti**= tiempo inicial= 0 segundos

**tf**= tiempo final = 0,65 segundos

Reemplazando en la fórmula:

$$V = \frac{(0,975m - 0m)}{(0,65s - 0s)}$$

$$V = 0,15 \text{ m/seg}$$

- **Velocidad de recorrido del cilindro horizontal**

**Donde:**

**di**= distancia inicial = 0 m

**df**= distancia final =0,3 m

**ti**= tiempo inicial= 0 segundos

**tf**= tiempo final = 0,6 segundos

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

Reemplazando en la fórmula:

$$V = \frac{(0,3 - 0)}{(0,6 - 0)}$$

$$V = 0,5 \text{ m/seg}$$

- **Distancia del recorrido vertical:**

$$D = V * t$$

**Donde:**

**D=** distancia (metros)

**V=** velocidad = 0,15m/s

**T=** tiempo = 0,65 seg

$$D = 0,15 \text{ m/seg} * 0,65 \text{ seg}$$

$$D = 0,975 \text{ m}$$

- **Distancia del recorrido horizontal:**

**Donde:**

**D=** distancia (metros)

**V=** velocidad = 0,3m/s

**T=** tiempo = 0,6 seg

$$D = 0,5 \text{ m/seg} * 0,6 \text{ seg}$$

$$D = 0,3 \text{ m}$$

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

- A continuación se muestra la programación del PLC realizada para la operación del prototipo de selladora electro-neumática:

### Programación LADDER en STEP S7300 SIEMENS

- ✓ Sincronización cilindros:

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Comentario:

Segm. 1: Título:

Comentario:



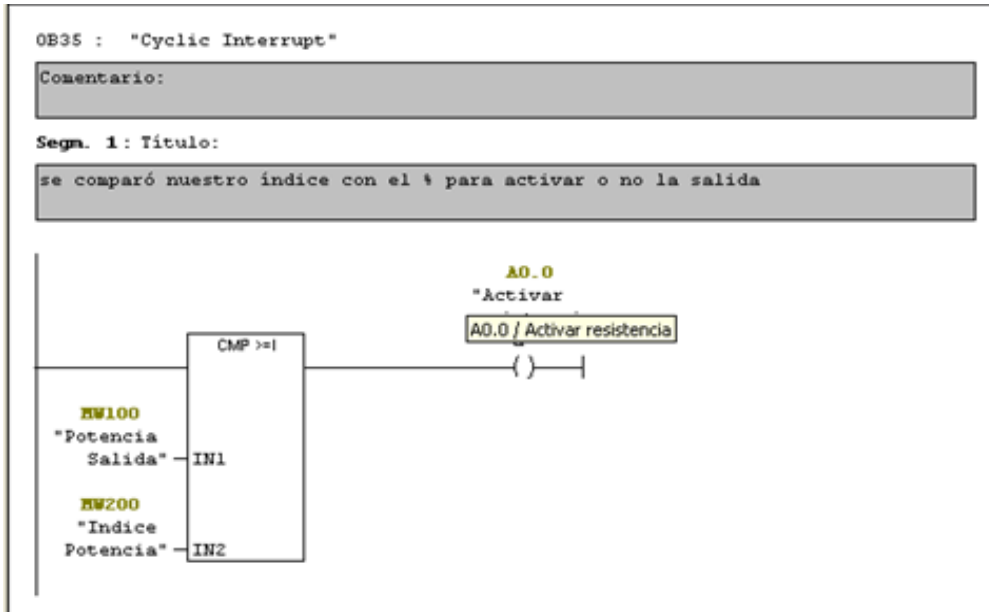
Segm. 2: Título:

Comentario:



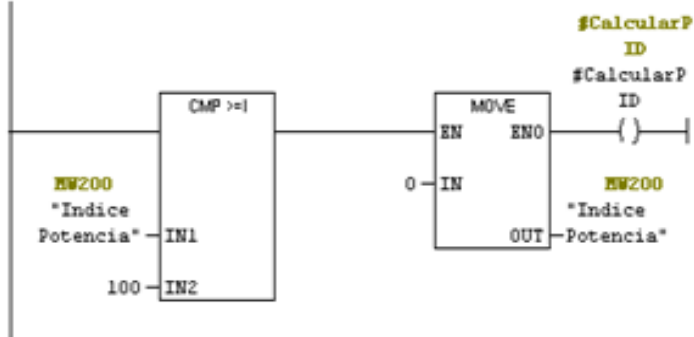
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

✓ Controlador PID



Segn. 2 : Reseteamos el indice al llegar a 100

Comentario:



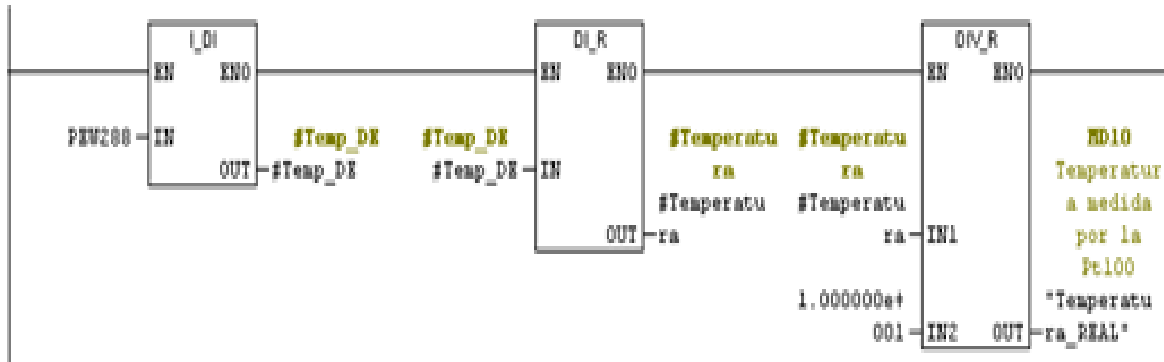
Segn. 3 : Título:

El índice de potencia se moverá entre 1 y 100



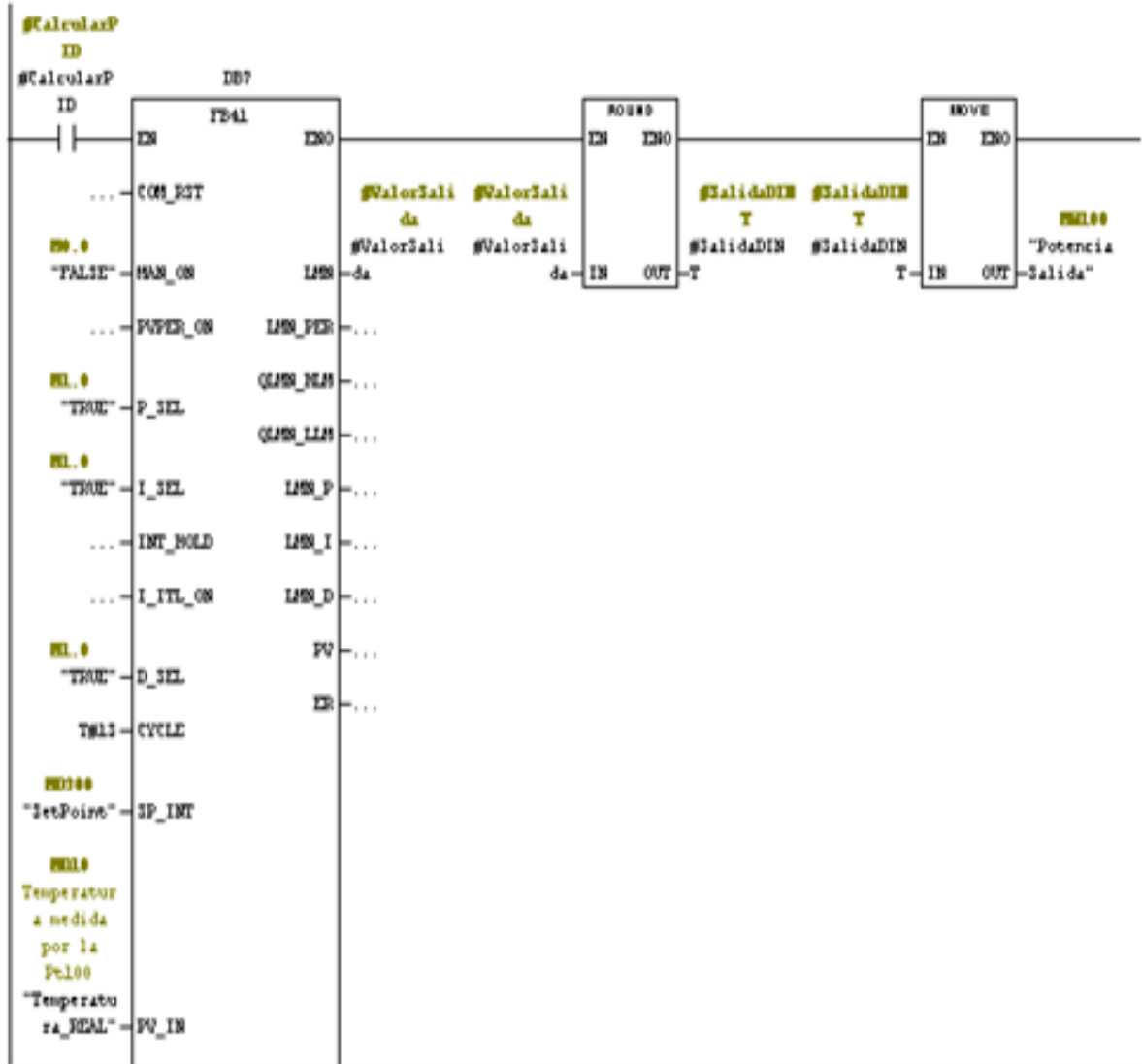
Segn. 4 : Temperatura de la Pt100 en real

se tomó la entrada de periferia y la pasamos a real.  
 La medida que nos da la periferia leida directamente es la temperatura directamente en grados multiplicada por 10.



Segn. 5 : Título:

Comentario:



4.000000e+000	GAIN
T#0M	TI
T#2M	TD
...	TM_LAG
...	DEADB_W
1.000000e+002	LIM_HLM
0.000000e+000	LIM_LLM
...	FG_FAC
...	FG_OFF
...	LIM_FAC
...	LIM_OFF
...	I_ITLVAL
...	DISV



Código	FDE 089
Versión	03
Fecha	2015-01-22

```
U      #CalcularPID          #CalcularPID
SPENB _004

CALL FB  41 , DB?
COM_RST :=
MAN_ON  :=FALSE
FOOPER_ON:=
P_SEL   :=TRUE
I_SEL   :=TRUE
INT_HOLD:=
I_ITL_ON:=
D_SEL   :=TRUE
CYCLE   :=T#100MS
SP_INT  :=#D24
FO_IN   :=#D766
FO_PER  :=
MAN     :=
GAIN    :=4.000000e+000
TI      :=T#6M
TD      :=T#3M
TM_LAG  :=
DEADB_G :=
LIM_HLM :=1.000000e+002
LIM_LLM :=0.000000e+000
FO_FAC  :=
FO_OFF  :=
LIM_FAC :=
LIM_OFF :=
I_ITLVAL:=
DISV    :=
LIM     :=#D772
LIM_PER :=
QLIM_HLM:=
QLIM_LLM:=
LIM_P   :=
LIM_I   :=
LIM_D   :=
FO      :=
ER      :=
_004: NOP  0
```

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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