



**Automatización de la máquina universal de ensayos con interfaz gráfica
para la medición de esfuerzos a compresión y tensión en probetas**

Nicolás Sánchez Chacón

20441521522

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Electrónica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Villavicencio, Colombia

2021

**Automatización de la máquina universal de ensayos con interfaz gráfica
para la medición de
esfuerzos a compresión y tensión en probetas**

Nicolás Sánchez Chacón

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Electrónico

Director:

Dr. Luis Fernando Castañeda Melo

Línea de Investigación:

Automatización y Control

Semillero de Investigación:

Semillero de Investigación en Tecnologías Analógicas y Digitales

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Electrónica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Villavicencio, Colombia

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado Automatización de la máquina universal de ensayos con interfaz gráfica para la medición de esfuerzos a compresión y tensión en probetas, Cumple con los requisitos para optar Al título de Ingeniero Electrónico.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Villavicencio, 02 de noviembre de 2021.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	15
1. ANTECEDENTES.....	17
1.1 MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS	17
1.1.1 Propiedades mecánicas.....	17
1.1.2 Deformación.....	18
1.2 SISTEMA SCADA.....	19
1.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).....	19
1.3.1 Funciones básicas de los PLC's	20
1.3.2 Diagrama de alimentación y conexiones del PLC.....	20
1.4 ENSAYOS DE TENSIÓN Y COMPRESIÓN	22
1.5 ENSAYO DE TENSIÓN	23
1.5.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN.....	24
1.6 VÁLVULA DIRECCIONAL 4/3 VÍAS CON SOLENOIDES	26
1.6.1 Funcionamiento	26
2. OBJETIVOS.....	28
2.1 OBJETIVO GENERAL	28
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28

3. JUSTIFICACIÓN.....	29
4. MARCO TEÓRICO	30
4.1 MARCO HISTÓRICO	30
4.1.1 Primeros autómatas.....	30
4.2 MARCO CONTEXTUAL.....	31
5. DISEÑO METODOLÓGICO	34
5.1 FASE 1: IMPLEMENTAR UN CÓDIGO EN PLC LOGO DE SIEMENS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE DESPLAZAMIENTO LINEAL DEL CILINDRO DE LA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS Y LA OBTENCIÓN DE DATOS DE FUERZAS GENERADAS POR EL CILINDRO HIDRÁULICO.....	34
5.2 FASE 2: DISEÑAR UNA INTERFAZ GRÁFICA EN PC CON CONEXIÓN A PLC LOGO DE SIEMENS.....	46
5.2.1 Pantalla Logo TDE.....	46
5.2.2 Configuración de la programación para interfaz en la pantalla LOGO TDE	47
5.3 FASE 3: COMPROBAR EXPERIMENTALMENTE LA RESISTENCIA DE UN MATERIAL ESTÁNDAR CON LA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS .	55
5.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN.....	55
5.4.1 Ensayo de tensión	57
5.5 FASE 4: ELABORAR TRES GUÍAS DE USUARIO, UNA PARA VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO, UNA SEGUNDA GUÍA PARA LA PRUEBA DE SENSORES Y DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS Y UNA TERCERA PARA COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO	59
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADO	61
6.1 FASE 1: IMPLEMENTAR UN CÓDIGO EN PLC LOGO DE SIEMENS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE DESPLAZAMIENTO LINEAL DEL CILINDRO DE LA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS Y LA OBTENCIÓN DE DATOS DE FUERZAS GENERADAS POR EL CILINDRO HIDRÁULICO.....	61

6.2 FASE 2: DISEÑAR UNA INTERFAZ GRÁFICA EN PC CON CONEXIÓN A PLC LOGO DE SIEMENS.....	64
6.3 FASE 3: COMPROBAR EXPERIMENTALMENTE LA RESISTENCIA DE UN MATERIAL ESTÁNDAR CON LA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS .	66
6.4 FASE 4: ELABORAR TRES GUÍAS DE USUARIO, UNA PARA VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO, UNA SEGUNDA GUÍA PARA LA PRUEBA DE SENSORES Y DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS Y UNA TERCERA PARA COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO.....	67
7. CONCLUSIONES	69
ANEXOS	70
BIBLIOGRAFÍA.....	71

Lista de Figuras

	Pág.
Fig. 1-1. Diagrama del circuito de potencia para la conexión del PLC. [9].....	21
Fig. 1-2 .Conexiones de alimentación, entradas y salidas del PLC. [10]	22
Fig. 1-3. Ensayo de tracción. [11].	23
Fig. 1-4. Diagrama de Fluencia del Acero. [11].....	24
Fig. 1-5. Ensayo de compresión. [11]	25
Fig. 1-6. Diagrama esfuerzo deformación-compresión [11]	26
Fig. 1-7. Esquema de válvula direccional. [13].....	27
Fig. 4-1. Muñeco construido en 1805. [14].....	31
Fig. 4-2. Modelo estructural de un sistema automatizado. [15].....	32
Fig. 4-3. Niveles de la automatización. [16]	33
Fig. 5-1. Nuevo proyecto. [Imagen propia]	35
Fig. 5-2. Arranque, paro y protección del motor. [Imagen propia]	36
Fig. 5-3. Accionamiento de válvula direccional. [Imagen propia]	37
Fig. 5-4. Configuración del comparador. [Imagen propia]	38
Fig. 5-5. Configuración del selector de umbral. [Imagen propia]	39
Fig. 5-6. Escalado de sensores. [Imagen propia]	40
Fig. 5-7. Amplificador análogo. [Imagen propia]	41
Fig. 5-8 Instrucción aritmética. [Imagen propia]	42
Fig. 5-9. Programación para sensores de presión análogos. [Imagen propia]	43
Fig. 5-10. Conexión del temporizador. [Imagen propia]	44

Fig. 5-11. Adquisición de datos. [Imagen propia]	44
Fig. 5-12. Transferencia de programación de pc a logo. [Imagen propia]	45
Fig. 5-13. Pantalla logo TDE. [17]	46
Fig. 5-14. Instrucciones para textos de aviso. [Imagen propia]	48
Fig. 5-15. Conexión de textos de aviso. [Imagen propia]	49
Fig. 5-16. Cuadro de configuración para los textos de aviso para compresión. [Imagen propia]	50
Fig. 5-17. Configuración de la barra animada para compresión. [Imagen propia]	51
Fig. 5-18. Cuadro de configuración para los textos de aviso para tensión. [Imagen propia]	52
Fig. 5-19. Conexión del texto de aviso introductorio. [Imagen propia]	53
Fig. 5-20. Pantalla de visualización inicial. [Imagen propia]	53
Fig. 5-21. Pantalla de visualización para compresión. [Imagen propia]	54
Fig. 5-22. Pantalla de visualización para tensión. [Imagen propia]	54
Fig. 5-23 Medidas del cilindro de concreto. [Imagen propia]	56
Fig. 5-24. Medidas para la probeta de tensión. [Imagen propia]	58
Fig. 6-1 Resultado de escalamiento de sensores. [Imagen propia]	62
Fig. 6-2. Operación aritmética análoga. [Imagen propia]	63
Fig. 6-3. Pantalla de visualización introductoria para el usuario [Imagen propia]	64
Fig. 6-4. Pantalla de visualización para ensayos de compresión. [Imagen propia]	65
Fig. 6-5. Pantalla de visualización para ensayos de tensión. [Imagen propia]	65
Fig. 6-6. Gráfica adquisición de datos para compresión. [Imagen propia]	66

Fig. 6-7. Gráfica de adquisición de datos para tensión. **[Imagen propia]** 67

Lista de tablas

	Pág.
TABLA 5-1. Datasheet de la pantalla logo TDE.....	47
TABLA 5-2. Dosificación de concretos	55
TABLA 5-3. Adquisición de datos para ensayo de compresión	57
TABLA 5-4. Adquisición de datos para ensayos de tensión	59
TABLA 6-1. Adquisición de datos en desplazamiento del cilindro	63

Agradezco a cada uno de mis seres queridos por su apoyo incondicional en cada momento de dificultad durante este largo proceso de aprendizaje y formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradecerles primeramente a mis padres, Pedro Giovanni Ruiz Camacho y Martha Lucia Chacón Izquierdo, por darme la vida, por brindarme su apoyo incondicional en cada uno de mis propósitos y por ayudarme a culminar de manera exitosa este ciclo universitario, logrando así, cumplir el sueño de ser un profesional.

Agradecerle a mi pareja Laura Julieth Muñoz Cubillos por estar siempre presente en mi proceso de formación profesional, por su orientación en este proyecto, ya que no fue fácil, pero estuvo conmigo motivándome y apoyándome, y finalmente por enseñarme cada día a ser una mejor persona.

Agradecerle a mi director de tesis Dr. Luis Fernando Castañeda Melo y al ingeniero Alberto Alfonso Villarraga Baquero que estuvieron presentes en la formulación de este proyecto, los cuales me permitieron adquirir nuevos conocimientos que me serán útiles en mi vida profesional. Por último, agradecer al personal directivo de la universidad Antonio Nariño sede Villavicencio, los cuales siempre estuvieron a disposición para ofrecer los servicios que la universidad tiene para poder llevar a cabo la totalidad de mi formación.

RESUMEN

La Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio, cuenta con una máquina prototipo de ensayos para compresión y tensión; esta máquina carece de una secuencia programada que le permita realizar un proceso automatizado, en vista de ello, la presente propuesta de trabajo de grado se desarrolló pensando en los estudiantes del programa de ingeniería electromecánica, para que estos puedan contar con las herramientas de estudios como lo es una máquina universal de ensayos a la cual se le adecua la automatización enfocada en el funcionamiento de dicha máquina usando como entorno principal un controlador lógico programable [PLC], y a su vez se complementa con una interfaz gráfica que permite una interacción con el usuario y para realizar la automatización, fue necesario ejecutar 4 fases, las cuales se describen en la metodología.

La visualización de los datos y resultados arrojados por los sensores de presión se observan por medio de una interfaz Hombre - Máquina [HMI] que es de referencia TDE LOGO, los cuales se ajustan de manera eficiente a las fichas técnicas de cada dispositivo usado.

Se utilizarán dos sensores principales, que son denominados transductores de presión, en donde se realizan escalados a la señal que proporciona el sensor los cuales son encargados de linealizar los valores, y así, poder configurarlos por medio del software de programación los datos que se mostrarán, además al utilizar dispositivos de referencia LOGO se debe utilizar solo el software denominado logosoft v8.

Los resultados obtenidos en éste proyecto no fueron los esperados ya que no se pudo realizar ensayos viables debido a la falta de un diagnóstico inicial en la propuesta del proyecto enfocado al estado de la máquina, además el director de la propuesta inicial y los jurados no previeron la situación de fallas que presentaba el dispositivo, pero sin embargo, se logró desarrollar el proyecto hasta un punto en donde que no se pudieron ejecutar más soluciones dadas las circunstancias de tiempo y por las gravedad de fallas que presentaron los componentes mecánicos.

Palabras clave: [interfaz HMI, transductor de presión, PLC, automatización, logo].

ABSTRACT

The Antonio Nariño University, Villavicencio, has a prototype testing machine for compression and tension; This machine lacks a programmed sequence that allows it to carry out an automated process, in view of this, the present proposal of degree work was developed thinking of the students of the electromechanical engineering program, so that they can have the study tools such as It is a universal testing machine to which automation focused on the operation of said machine is adapted using a programmable logic controller [PLC] as the main environment, and in turn is complemented with a graphical interface that allows interaction with the user and to carry out the automation, it was necessary to execute 4 phases, which are described in the methodology.

The visualization of the data and results produced by the pressure sensors are observed by means of a Man - Machine interface [HMI] that is a TDE LOGO reference, which are efficiently adjusted to the technical specifications of each device used.

Two main sensors will be used, which are called pressure transducers, where scaling is made to the signal provided by the sensor which is in charge of linearizing the values, and thus, being able to configure them through the programming software the data that will be displayed. Furthermore, when using LOGO reference devices, only the software called logosoft v8.

The results obtained in this project were not as expected since viable tests could not be carried out due to the lack of an initial diagnosis in the project proposal focused on the state of the machine, in addition the director of the initial proposal and the juries did not foresee the situation of failures that the device presented, but nevertheless, the project was developed to a point where no more solutions could be executed given the time circumstances and the severity of failures that the mechanical components presented.

Keywords: [HMI interface, pressure transducer, PLC, automation, logo].

INTRODUCCIÓN

Es importante que los nuevos ingenieros obtengan el conocimiento suficiente para que puedan desempeñarse en los diferentes campos de la ingeniería, entre estos, en sistemas de control y automatización industrial, instrumentación y otros. Es fundamental que, para lograr la automatización de máquinas universales se deba contar con el dominio en el área de la electrónica y electrónica de potencia. Torres y Redondo [1] señalan que: “la máquina universal de ensayos ha sido diseñada para la compresión de cuerpos y de cómo ellos responden a la acción de cargas o fuerzas aplicadas” [p,2] .

Una máquina universal de ensayos, es un dispositivo mecánico o hidráulico empleado para aplicar fuerzas controladas sobre un material de tipo probeta, estos ensayos pueden ser mecánicos o destructivos, y determinar las propiedades que componen ese material. [1].

La máquina universal de ensayos con la que cuenta la Universidad Antonio Nariño, sede Villavicencio, no dispone de un sistema que permita realizar procesos de medición con materiales (de tipo probeta) de manera automatizada o semiautomatizada. Sin embargo, dispone de los diferentes elementos físicos para realizar la acción del proceso, esto es: sensor de fuerza, cilindro hidráulico, controlador lógico programable Logo 230RC, estructura metálica, entre otros. Esto hace necesario intervenir en la realización de una automatización para garantizar la funcionalidad, utilizando el entorno de programación de logosoft v8.

La máquina universal de ensayos está compuesta por dos cabezales móviles, un cilindro hidráulico, al cual se le realizará una programación enfocada al desplazamiento lineal, dos sensores encargados de transformar la energía mecánica en eléctrica, y un centro de mandos enfocado a una interfaz HMI. [2]

Partiendo de lo mencionado anteriormente éste proyecto es desarrollado en un software denominado LogoSoft v8, en el cual se realiza la programación que sirve para la configuración de las variables de entrada y salida del PLC Logo 230RC con módulo de ampliación análogo AM2; las variables de entrada están conformadas por pulsadores y las variables de salida están conformadas por sensores de presión, una electroválvula; además de esto se cuenta con una pantalla de referencia TDE LOGO a la cual se le diseñó la interfaz Hombre – Máquina [HMI] y es la encargada de controlar y visualizar eventos del proceso del sistema.

Fue necesario diseñar una interfaz que permitiera al usuario monitorear, manipular y ajustar el proceso a los ensayos acordes al desplazamiento lineal del cilindro hidráulico, enfocado a una máquina universal de ensayos, es por eso que se llevaron a cabo una serie de procesos enfocados a soluciones extremas debido a la carencia de diagnósticos iniciales que influyeron en resultados finales para la obtención de los ensayos, lo cuales se encuentran reflejados en los capítulos que integran éste proyecto.

En el capítulo 1 se mencionan los conceptos de los antecedentes que se incorporan en el proyecto, y también se mencionan prácticas que facilitan la comprensión del tema que se desarrolla; en el capítulo 2 se exponen los objetivos planteados a ejecutar dentro del proyecto; en el capítulo 3 se justifica el porqué a la máquina se le realizó la automatización enfocada al problema principal; en el capítulo 4 se mencionan antecedentes teóricos enfocados en un marco conceptual con énfasis en la automatización que es la línea de trabajo a la que pertenece éste proyecto; en el capítulo 5 se llevan a cabo las fases descriptivas que permiten explicar los métodos utilizados de cómo se logró desarrollar el proyecto, y se tiene como base características de componentes reales los cuales se relacionan e interactúan cumpliendo con la finalidad del proyecto teniendo en cuenta el problema que se le encontró a la máquina universal evitando realizar en su totalidad los ensayos de resistencia en materiales; en el capítulo 6 se describen los resultados que se obtuvieron en las fases anteriores por medio de los métodos usados, cumplimiento con el objetivo del proyecto; y finalmente en el capítulo 7 se indican las conclusiones obtenidas del proyecto y se indican recomendaciones para futuros trabajos enfocados a la máquina universal. Al final de éste documento se encuentran los anexos como información adicional para comprender de manera más detallada el dispositivo, software y ensayos.

1. ANTECEDENTES

1.1 MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS

Una máquina universal es un dispositivo semejante a una prensa hidráulica o mecánica, la cual tiene unas capacidades para someter materiales a ensayos de tensión, compresión o flexión que permitan determinar sus propiedades físicas, la máquina puede realizar pruebas en materiales como hormigón, madera, plástico, madera y de otros diversos materiales. [3]

La máquina dispone de una electroválvula que controla la velocidad del flujo del aceite a presión por medio de un bombeado dirigido directamente al cilindro hidráulico, el cambio de velocidad se ve reflejado cuando se aplica una carga y automáticamente se produce el cambio de voltaje en la señal que proporciona la celda de carga. [2]

1.1.1 Propiedades mecánicas

Hibbeler [2019] afirma que, la mecánica de materiales es una ramificación de la mecánica que investiga los efectos del esfuerzo y la deformación de cuerpos sólidos que se encuentran sometidos a una carga externa, además, el esfuerzo se encuentra asociado con la resistencia en un material el cual deriva la deformación, que es una medida de alargamiento o el cambio de tamaño y forma que experimenta el cuerpo al someterle una fuerza externa. [4]

[Mora,2019] señala que:

Las propiedades mecánicas se presentan por medio de los diferentes ensayos realizados a los materiales, el desarrollo de los ensayos de tensión y compresión permiten establecer varias propiedades mecánicas importantes de un material; además, el resultado de estas pruebas puede determinar el comportamiento de los distintos materiales cuando se sujetan a cargas o esfuerzos externos, permitiendo al diseñador acogerse a un tipo de selección de materiales de materiales preciso. [5, p,22]

1.1.2 Deformación

En el momento que se aplica una fuerza a un material, éste sufre una transformación que puede ser visible o casi imperceptible en la forma y el tamaño. Por ejemplo “una banda de goma (liga) experimentará una deformación muy grande al estirarse. En cambio, en un edificio solo ocurren deformaciones ligeras en sus elementos estructurales cuando las personas caminan dentro del mismo.” [4]

Las deformaciones se analizan respecto a los cambios que la estructura puede presentar a causa de las cargas que se le aplican, Valencia (2015) señala con un ejemplo que, “una barra sometida a una fuerza axial de tracción aumentará su longitud inicial, igualmente se puede observar que, bajo la misma carga, pero con una longitud mayor se producirá un alargamiento de la estructura {...} como consecuencia de la carga aplicada.” [P, 40]

Valencia [2015] señala que:

Se puede definir la deformación (ϵ) como el cociente entre el alargamiento δ y la longitud inicial L . lo que indica que sobre la barra la deformación es la misma porque si aumenta L también aumentará la fuerza.

Se llama alargamiento (δ) al cambio de longitud que sufre un cuerpo debido a las cargas axiales aplicadas al mismo. [P,41].

- **Deformación unitaria:**

La deformación unitaria se presenta en la relación existente entre la deformación total y la longitud inicial del elemento y esto es lo que permite establecer la deformación del elemento que se encuentra sujeto a un esfuerzo de tensión. [5]

- **Deformaciones permanentes:**

Cuando se presentan las deformaciones permanentes es porque el material ha cumplido el límite de elasticidad, y esto sucede porque son sometidos a esfuerzos bajo una carga repetida, el material deja de tener un comportamiento elástico, por lo que las deformaciones se vuelven permanentes. [6]

- **Curva esfuerzo-deformación:**

Valencia [2015] señala que “es la curva resultante graficada con los valores del esfuerzo y la correspondiente deformación unitaria, calculados a partir de los datos de un ensayo de tensión o de compresión.” [P,44]

Valencia [2015] señala que:

La zona elástica se caracteriza por que las deformaciones producidas en esta sección son de carácter elástico, es decir, que desaparecen si se retira la carga aplicada, durante el primer segmento, esta zona exhibe un comportamiento lineal hasta el límite de proporcionalidad, a partir del cual cambia su tendencia. [P,44]

1.2 SISTEMA SCADA

Los sistemas SCADA son herramientas de control y automatización, diseñados con la capacidad de supervisar y controlar procesos a distancia. Se funda en la adquisición de datos.

Estos sistemas son diseñados para manipular el control de producción, y proporcionar la comunicación con los dispositivos (controladores, autómatas programables, etc.).

Los sistemas SCADA controlan los procesos de manera automática por medio de una pantalla. También, permiten la información generada del proceso a los usuarios, es decir, que permite la observancia de otras áreas, tales como: el control de calidad, supervisión y mantenimiento. Las áreas de supervisión y control se relacionan con el software SCADA, ya que el operador puede visualizar y monitorear en la pantalla cada estación remota conformadas en el sistema, los estados, alarmas y se pueden tomar acciones sobre algún equipo o dispositivo lejano. [7]

1.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

En la industria se han desarrollado controladores lógicos programables denominados, más conocido en sus siglas en inglés PLC [Programmable Logic Controller], las cuales significan que son definidos como aquellos instrumentos o dispositivos electrónicos capaces de controlar el funcionamiento de sistemas de producción, y que garantizan la calidad del producto y mejoran servicios de procesos controlados. Estos dispositivos a lo largo del tiempo han adquirido popularidad y se encuentran presentes en la mayoría de procesos automatizados. [8]

1.3.1 Funciones básicas de los PLC's

Las funciones básicas de los dispositivos PLC son bastantes amplias, pero se destacan las siguientes:

- **Detección**

Es encargada de leer señales de los dispositivos del sistema. [8]

- **Mando**

Elabora y envía acciones al sistema. [8]

- **Diálogo hombre-máquina**

Es la comunicación entre los operarios de producción, que envían comandos de señales para obedecer e informar los estados del proceso. [8]

- **Programación**

Permite la implantación de un programa con secuencia lógica del funcionamiento de un proceso. [8]

1.3.2 Diagrama de alimentación y conexiones del PLC

El diagrama muestra, las conexiones acordes para arranque del motor por medio de un PLC. [Fig.1-1]

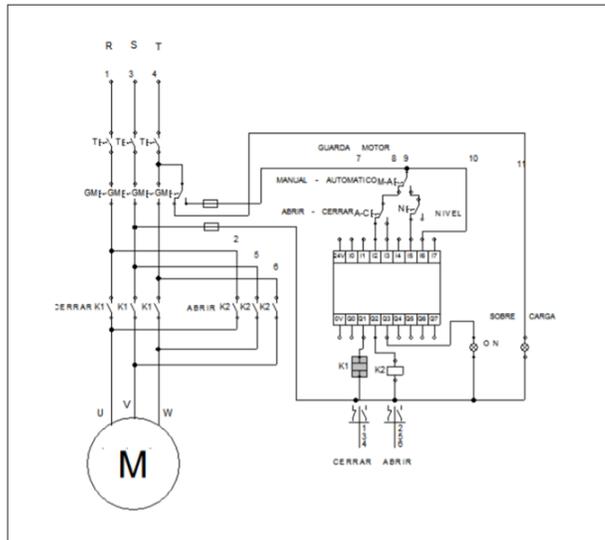


Fig. 1-1. Diagrama del circuito de potencia para la conexión del PLC. [9]

La conexión para el voltaje, entradas y salidas del PLC se indica a continuación [Fig. 1-2]

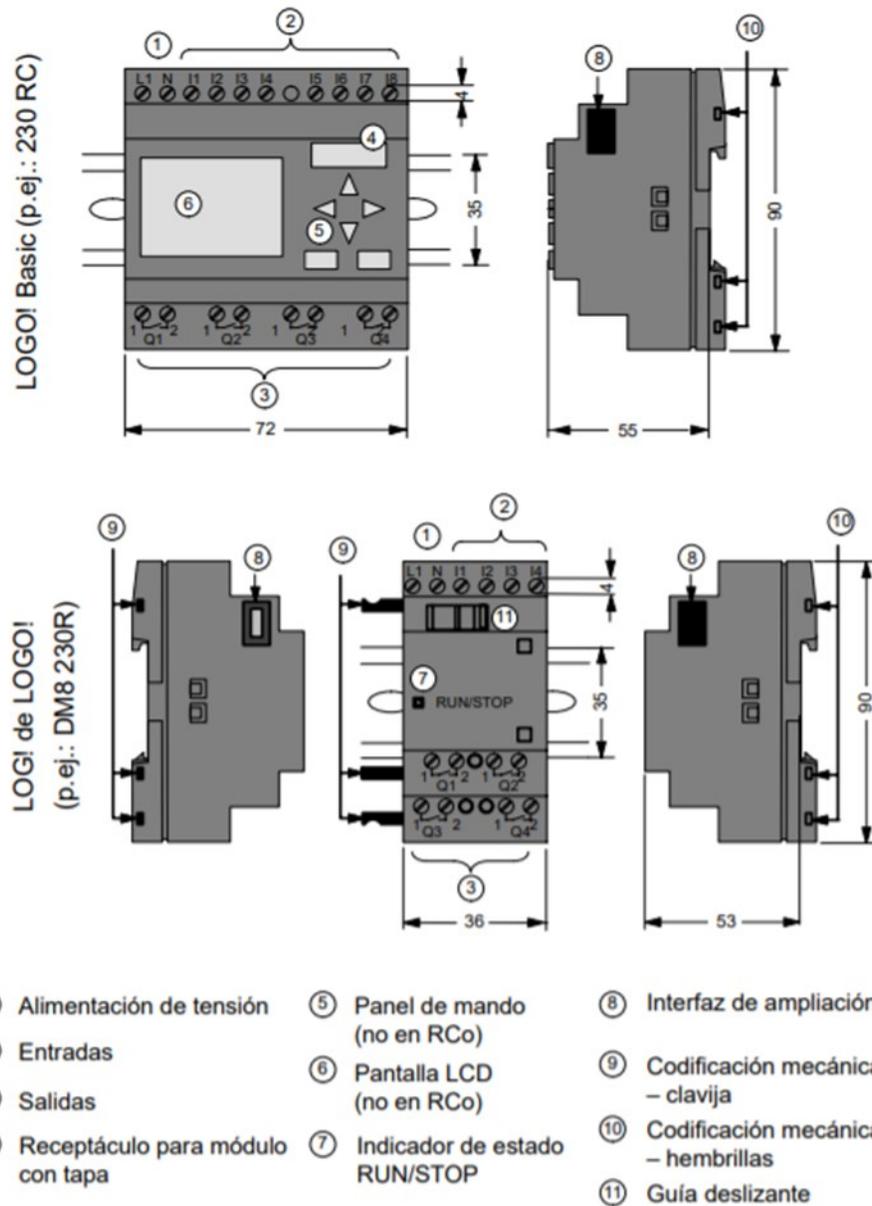


Fig. 1-2 .Conexiones de alimentación, entradas y salidas del PLC. [10]

1.4 ENSAYOS DE TENSIÓN Y COMPRESIÓN

La resistencia de un material depende de su capacidad para soportar una carga excesiva sin presentar deformación o falla. Esta propiedad es inherente al propio

material y debe determinarse mediante la experimentación. Una de las pruebas más importantes a este respecto es el ensayo de tensión o compresión. [4]

1.5 ENSAYO DE TENSIÓN

El ensayo de tracción o tensión es aquel que mide las propiedades mecánicas, cuando es sometido a fuerzas opuestas.

Mora [2019], señala que:

Se puede observar que el ensayo se ejecuta mediante el posicionamiento de los elementos, el primer paso lo realiza el cabezal central móvil desplazándose verticalmente hasta alinear y colocar la probeta en las mordazas del cabezal fijo superior. Mediante la acción del cilindro hidráulico se emplea una carga constante axial, la cual se transmite hacia los cabezales fijos y ejes lisos. Esta fuerza se calcula mediante la celda de carga que se encuentra en la parte superior del área de ensayo, a medida que la carga aumenta gradualmente el espécimen va sufriendo cambios longitudinales y transversales hasta llegar a la rotura [11,p,23]. [Fig. 1-3]

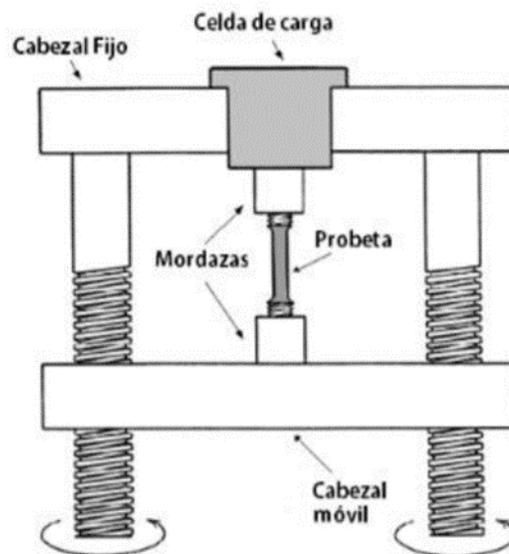


Fig. 1-3. Ensayo de tracción. [11].

Conforme a lo anterior se evidencia las distintas propiedades mecánicas de un material, como lo son la resistencia del material, el cual se presenta ante la acción de una carga o fuerza. Para realizar estos ensayos se deben de tener en cuenta los estándares que existen para especificar las medidas, las formas y las condiciones de las probetas y de la máquina. [11]

El esfuerzo y la deformación, señalando las fases que experimenta el material, al momento de exponerse a cargas graduales. [Fig. 1-4]

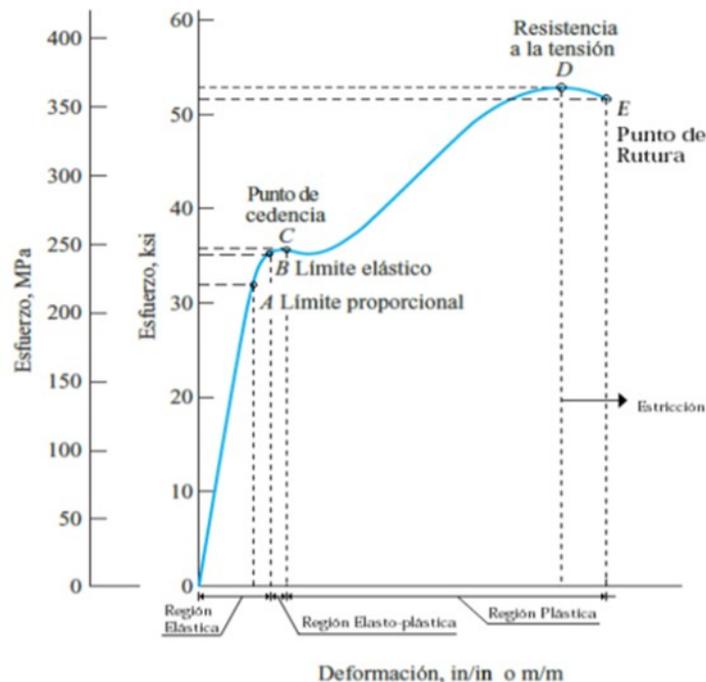


Fig. 1-4. Diagrama de Fluencia del Acero. [11]

1.5.1 ENSAYO DE COMPRESIÓN

Es un ensayo que se realiza con el fin de determinar la resistencia un material, o también para determinar la deformación frente a esfuerzos de compresión; normalmente estos ensayos se realizan mediante la presencia de una carga axial

uniforme y exclusivamente se llevan a cabo para determinar la resistencia de materiales que se encuentran sometidos a cargas constantes muy grandes. [12], [Fig. 1-5]

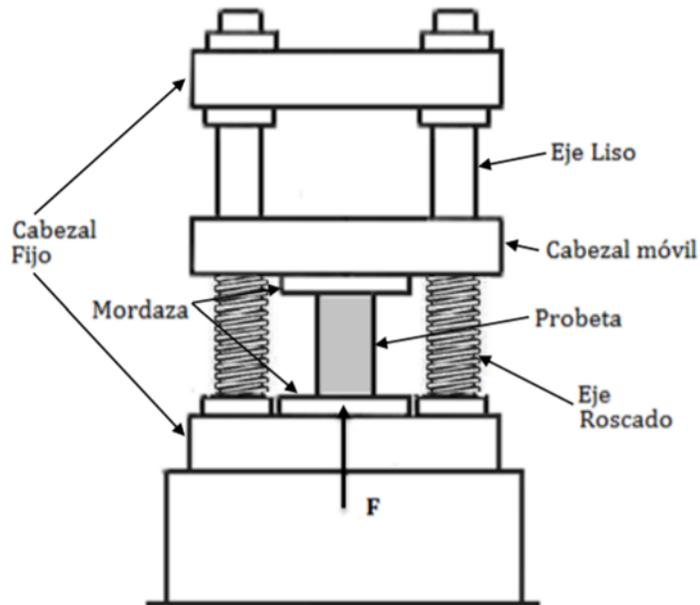


Fig. 1-5. Ensayo de compresión. [11]

El diagrama que se enseña a continuación explica la deformación por ensayos, en la cual se observan las propiedades mecánicas de un material, donde se comprime la probeta para lograr la ruptura. Este tipo de ensayos es importante ya que representa las propiedades de los materiales que son expuestos a cargas. [Fig. 1-6]

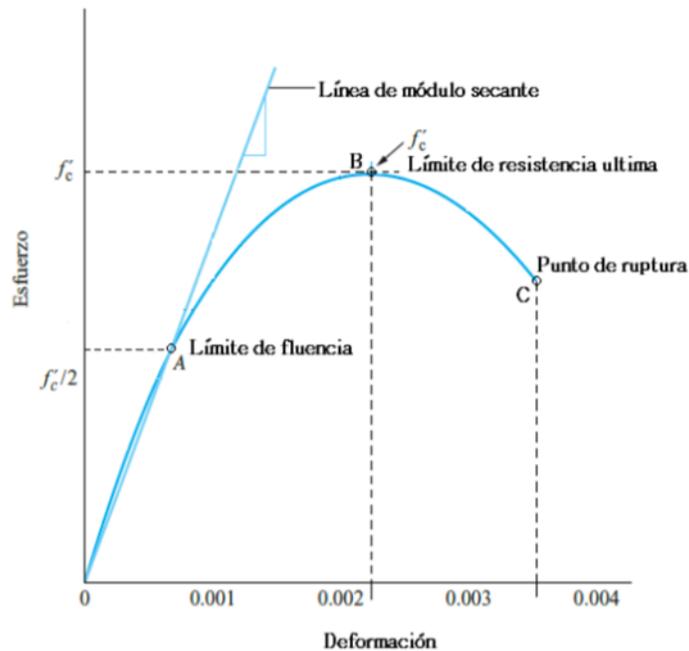


Fig. 1-6. Diagrama esfuerzo deformación-compresión [11]

1.6 VÁLVULA DIRECCIONAL 4/3 VÍAS CON SOLENOIDES

Las válvulas direccionales son unos dispositivos de corredera que funcionan por medio del accionamiento del solenoide y controlan el arranque, el paro y la dirección de un caudal. [13]

1.6.1 Funcionamiento

Como lo menciona Rexroth [2012] en el esquema se muestra una válvula direccional que tiene numerada cada una de sus partes las cuales se explican a continuación: 1. Las válvulas direccionales están compuestas por una carcasa, 2. Uno o dos solenoides, 3. Un pistón de mando, 4. Uno o dos resortes de retorno. Cuando las válvulas se encuentran en el estado de reposo, el pistón de mando se deber mantener en posición media o de salida por los resortes de retorno. El accionamiento del pistón de mando se efectúa mediante el solenoide en baño de aceite; y para llevar a cabo un correcto funcionamiento sin que se presenten contratiempos es importante tener en cuenta que la cámara de presión del solenoide se encuentre llena de aceite, para que la fuerza del solenoide actúa mediante el impulsor sobre el pistón de mando para desplazarse de su posición de reposo hasta la posición final deseada así, de esta manera se habilita el sentido de caudal

deseado o requerido (de P hacia A y de B hacia T o de P hacia B y de A hacia T); cuando el solenoide se desexcita, el pistón de mando nuevamente vuelve a tomar la posición de reposo por el resorte de retorno. [13] [Fig. 1-7]

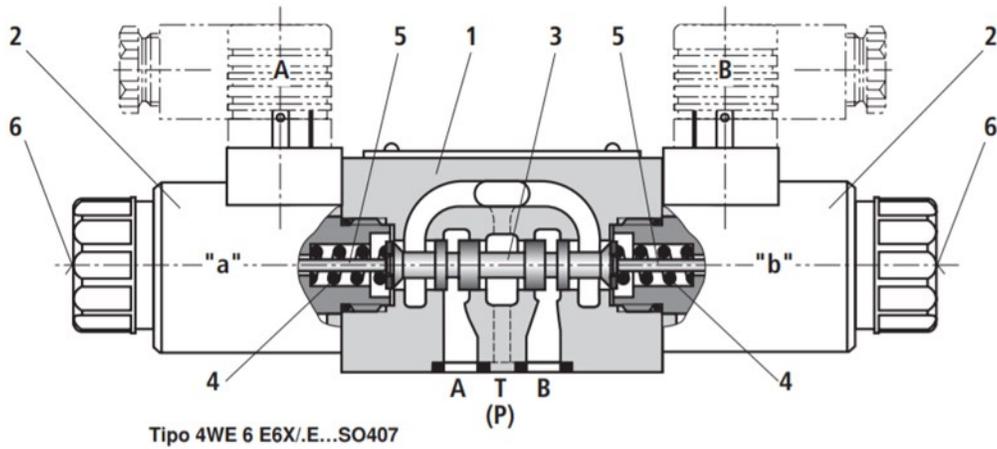


Fig. 1-7. Esquema de válvula direccional. [13]

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Automatizar una máquina universal de ensayos con interfaz gráfica para la medición de esfuerzos de compresión y tensión

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar un código en PLC logo de siemens para la automatización de desplazamiento lineal del cilindro de la máquina universal de ensayos y la obtención de datos de fuerzas generadas por el cilindro hidráulico.
- Diseñar una interfaz gráfica en PC con conexión a PLC logo de siemens.
- Comprobar experimentalmente la resistencia de un material estándar con la máquina universal de ensayos.
- Elaborar tres guías de usuario, una para verificación del funcionamiento, una segunda guía para la prueba de sensores y de la adquisición de datos y una tercera para comprobación de funcionamiento.

3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en la Universidad Antonio Nariño sede Villavicencio cuenta en los pregrados de ingeniería, con unos espacios de laboratorio los cuales carecen de una máquina universal de ensayos automatizada, la cual es requerida tanto por los estudiantes como por los docentes, para emplear pruebas de ensayos en compresión y tensión, facilitando así una enseñanza más completa en la resistencia de materiales, para los programas de mantenimiento y tecnología electromecánica.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 MARCO HISTÓRICO

Los orígenes de la automatización se ubican en la Prehistoria, como lo mencionan Agudelo, Tano y Vargas que “el desarrollo de las máquinas simples que minimizan la fuerza que debían hacer las personas. La energía animal o humana, con el tiempo, comenzó a reemplazarse por energías renovables (como la energía eólica o la energía hidráulica).” [14, p,1]

El ser humano con el transcurrir de los años hombre ha buscado técnicas que le permitan reducir los tiempos de procesos y mejorar la calidad de los mismos; desde el siglo XX se comenzó a implementar la automatización para procesos aquellos procesos complejos y se aplicaron elementos mecánicos y electromecánicos como los son motores, temporizadores, y contadores; desde esa época se han generado mejoras de automatización y hoy en día se cuenta con tecnologías avanzadas de control y comunicación con redes de producción autómatas de gran variedad. [14]

4.1.1 Primeros autómatas

Se trataba de robots mecánicos diseñados para un propósito específico que era la diversión, y Jacques de Vaucansos fue la primera persona que construyó músicos del tamaño de un humano a mediados del siglo XVIII. [14]

Henri Maillardet fue un suizo que en el año 1805 construyó una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos. Estos inventos mecánicos de forma humana son considerados como inversiones que reflejaron el genio de hombres que se anticiparon a su época. [14] [Fig. 4-1]

La fabricación automatizada surgió de relacionado con las fuerzas económicas e innovaciones técnicas como lo fue la división del trabajo, la transferencia de energía y la mecanización de las fábricas, y con el desarrollo de las máquinas de transferencia y sistemas de alimentación.



Fig. 4-1. Muñeco construido en 1805. [14]

4.2 MARCO CONTEXTUAL

Según el ingeniero Cruz, [2017] afirma que:

El concepto de automatización se asocia con la eliminación o disminución de la participación humana en los diferentes procesos productivos teniendo en cuenta la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y computarizados, con el fin de operar y controlar la producción con mayor eficiencia y eficacia. Adicionalmente, dicho concepto significa la integración, con fines estratégicos, de un amplio abanico de información avanzada y descubrimientos de ingeniería de punta en los procesos de producción. En ese sentido, la automatización está compuesta por una parte operativa encargada de la ejecución de las diferentes actividades que hacen parte de un proceso a través de los diferentes elementos que lo conforman; y una parte de control que se encarga de coordinar las actividades del proceso entre las cuales se encuentra

el control de calidad, la gestión de herramientas y las operaciones de supervisión. [15, p, 11]

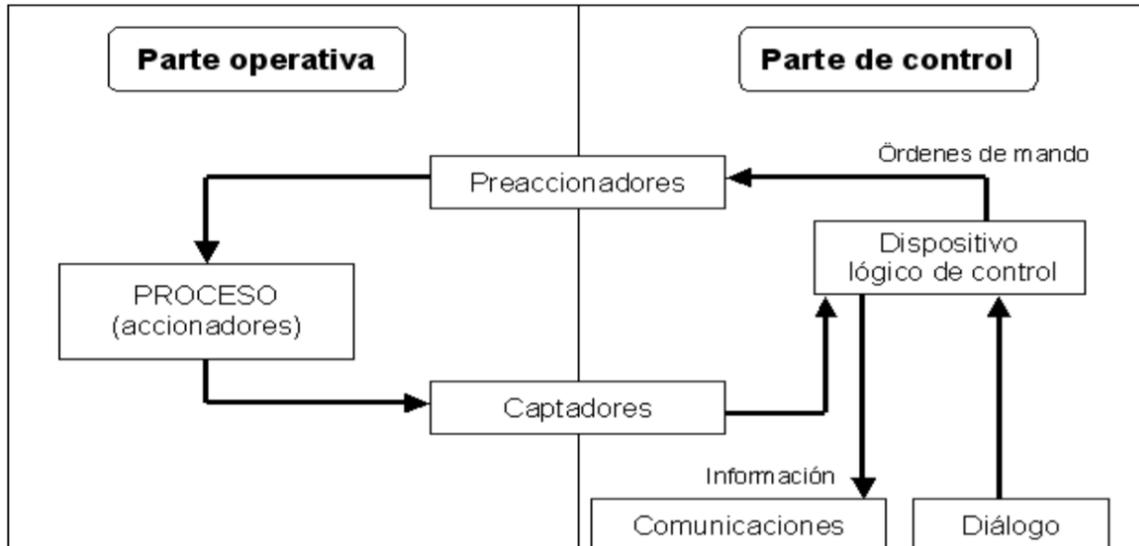


Fig. 4-2. Modelo estructural de un sistema automatizado. [15]

Se muestra el esquema de un sistema automatizado y se reflejan las partes que lo conforman. [Fig. 4-2]

Los pre accionadores son elementos usados para activar el accionador que va a permitir llevar a cabo los movimientos dentro de un sistema, estos pueden ser de tipo neumático, hidráulico o eléctrico. Por otra parte, los captadores son elementos encargados de recibir la señal para enviarla al dispositivo de control. Dependiendo del nivel o el sistema elegido para la automatización el control puede ser de tipo neumático o de tipo electrónico, y según la aplicación el valor puede ser fijo que hace referencia a constante o puede tener un valor variable que hace referencia a que cambia en el tiempo. [15]

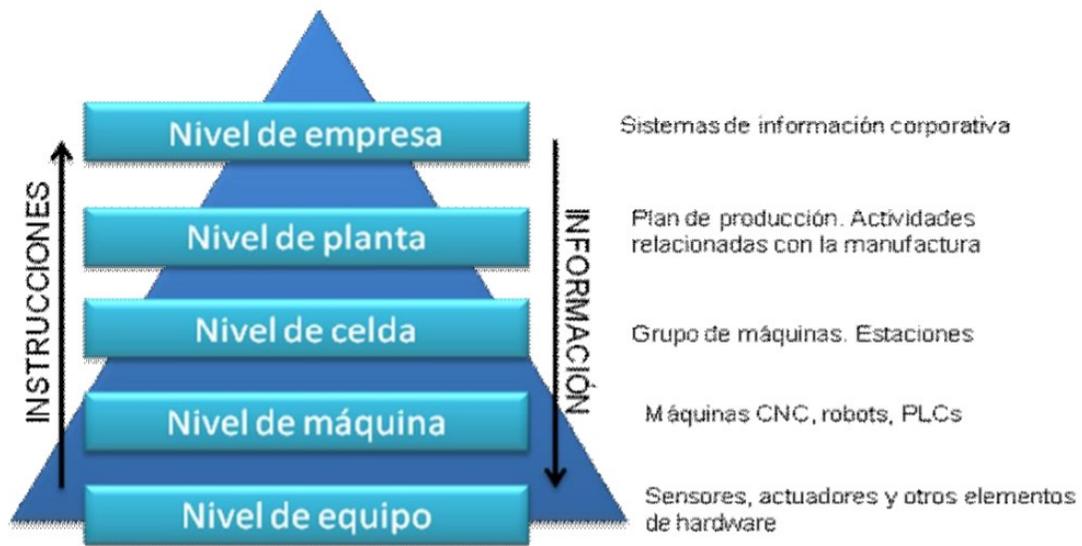


Fig. 4-3. Niveles de la automatización. [16]

Se debe tener en cuenta las necesidades que se requieran para un proyecto determinado, porque existen diferentes niveles de la automatización. [Fig. 4-2] Existen diferentes tipos de tecnologías utilizadas en los procesos de automatización y se destaca la neumática, hidráulica, mecánica y electrónica.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

Como se ha mencionado, el enfoque de éste proyecto es garantizar la funcionalidad por medio de automatización, para una máquina universal de ensayos; para llevarlo a cabo se establece en la metodología un análisis e identificación de componentes, softwares de programación compatible con el controlador lógico programables [PLC] instalado, con los cuales se pueden configurar variables de entrada y salidas, también de componentes, para así, desarrollar una interfaz de comunicación entre Hombre – Máquina [HMI], con la finalidad de manipular, visualizar y determinar datos en ensayos que servirán para entender la resistencia de un material.

La metodología planteada se divide en las siguientes fases:

5.1 FASE 1: IMPLEMENTAR UN CÓDIGO EN PLC LOGO DE SIEMENS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE DESPLAZAMIENTO LINEAL DEL CILINDRO DE LA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS Y LA OBTENCIÓN DE DATOS DE FUERZAS GENERADAS POR EL CILINDRO HIDRÁULICO

Para el diseño de la programación en el software compatible con el controlador lógico programable [PLC] fue necesario diseñar etapas, las cuales se exponen de manera separada para cada acción que desempeñarán los componentes de la máquina universal.

Lo primero que se debe hacer es crear un nuevo proyecto en el Logo Soft V8, para esto se selecciona “archivo” ubicado en la parte superior izquierda donde se debe seleccionar nuevo, después se despliega un cuadro con tres tipos de lenguajes de programación, y en este caso se elige el diagrama de funciones (FUP) debido a su facilidad y versatilidad en el uso. [Fig. 5-1]

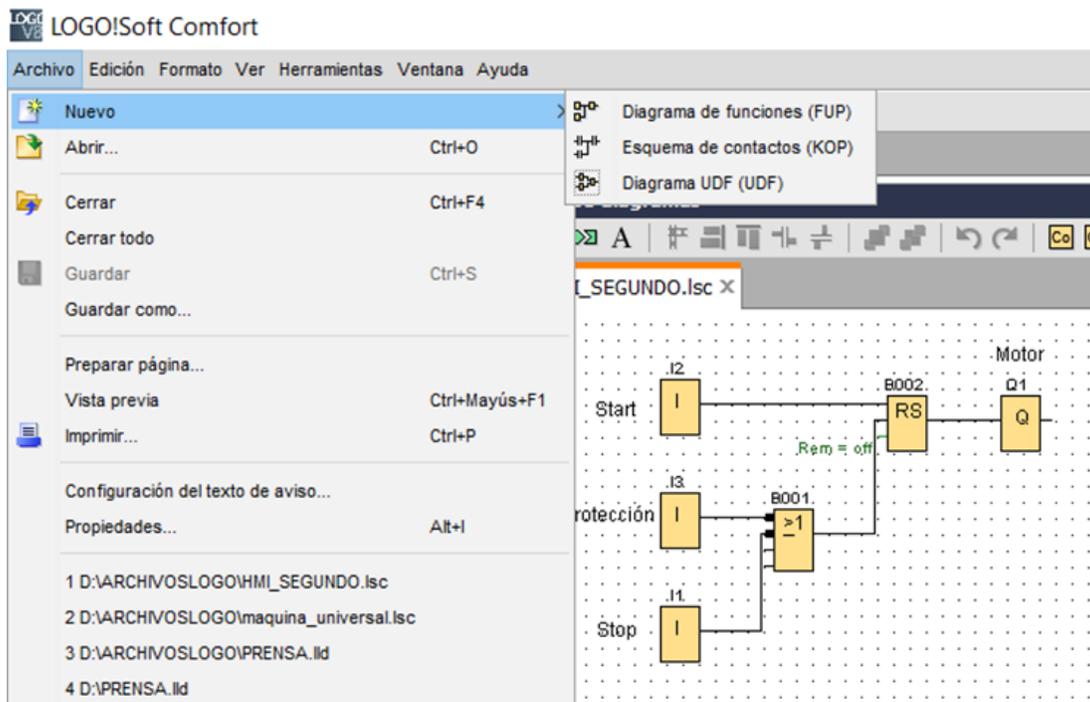


Fig. 5-1. Nuevo proyecto. [Imagen propia]

Se muestra el proceso para el arranque del motor, para el paro y también una protección para el motor en caso de presentarse fallas en el mismo [Fig. 5-2], este proceso es denominado inicio o marcha, donde se debe realizar la detección y análisis de las entradas que están conectadas al PLC. Las entradas son determinadas y explicadas [Fig. 5-1]

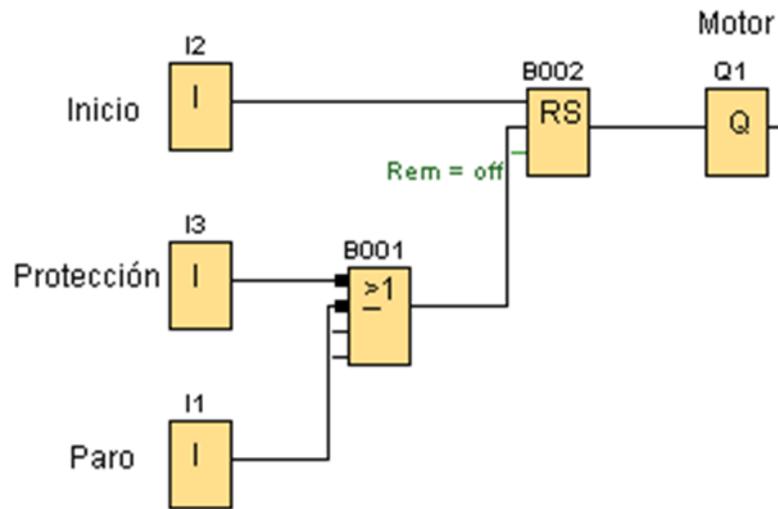


Fig. 5-2. Arranque, paro y protección del motor. [Imagen propia]

Las variables I1, I2, I3 se refieren a las entradas que maneja el dispositivo para manipular las acciones del motor, estas se conectan bajo la condición que al dar inicio al funcionamiento del motor las otras variables no deben accionarse y en caso de que alguna reciba una señal, se desactive el motor.

La entrada I3 es la encargada de manejar una protección en caso de que el motor tenga fallas internas o externas y estas fallas tienden a afectar la máquina universal, y al ser activado no dejará que inicie la máquina hasta que se revise esa falla. Se puede observar la etapa de accionamiento de la válvula direccional, en donde se determinan las salidas que están conectadas al PLC, las cuales son dos solenoides de activación y desactivación. [Fig. 5-3]

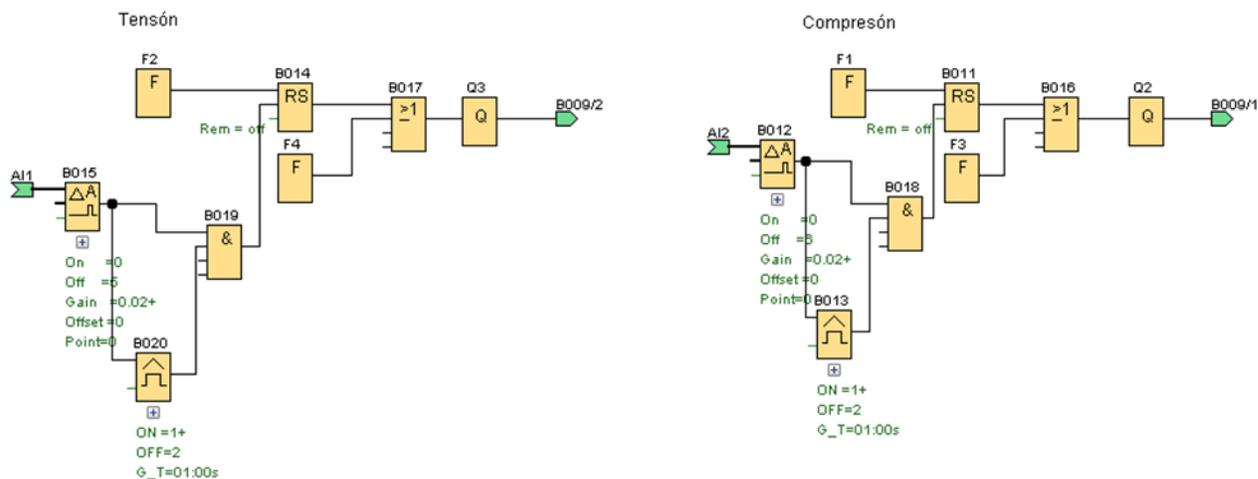


Fig. 5-3. Accionamiento de válvula direccional. [Imagen propia]

A la válvula se le programaron unas funciones para que su proceso sea automático, eso se logró por medio del bloque BO15 y BO18 los cuales son los encargados de comparar una señal, y estos otorgan una lógica que al presionar F2 se inicia el programa automático, si la presión baja a cero el desplazamiento del cilindro debe detenerse, además se le agregó un botón que es F4 y F3 los cuales cual al oprimirlos también inicia el proceso de desplazamiento pero de forma manual y cuando se deja de oprimir instantáneamente el proceso se detiene y desactiva la salida Q3 o Q2 dependiendo del ensayo que es el solenoide de la válvula direccional.

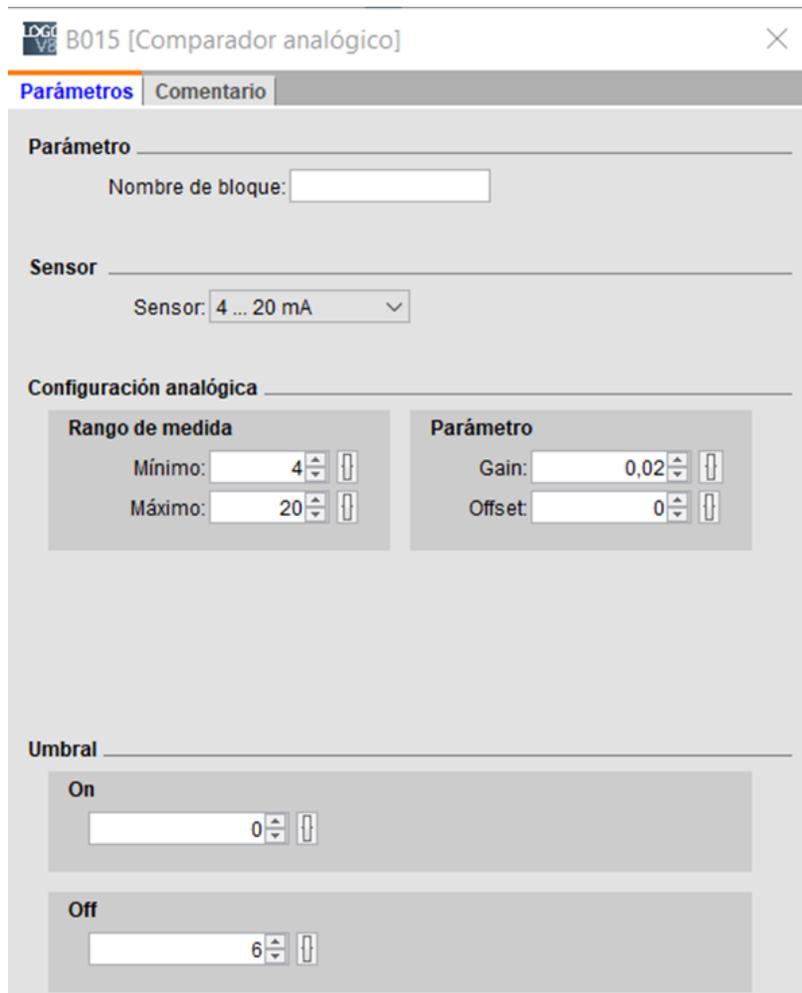


Fig. 5-4. Configuración del comparador. [Imagen propia]

El comparador se configura conforme a una salida de 4 a 20 miliamperios [mA], que será el rango de lectura, la entrada del comparador será conectada a la variación de escala del sensor, la cual será explicada en la tercera etapa de la programación. El umbral va a indicar en qué momento se activa y se desactiva (se dejó en 6 mA lo que es equivalente a 313 libra por pulgada cuadrada [Psi] que es el mínimo valor de presión que maneja la máquina universal), esto garantiza que al llegar al valor del umbral se active y pueda detenerse el cilindro; realizado lo anterior se anexó un selector que está conectado a una puerta lógica [AND] esto garantiza que cuando ambos valores se encuentren activos reseteara la salida estando el contador activo después de 1 milisegundo [ms]. [Fig. 5-5]

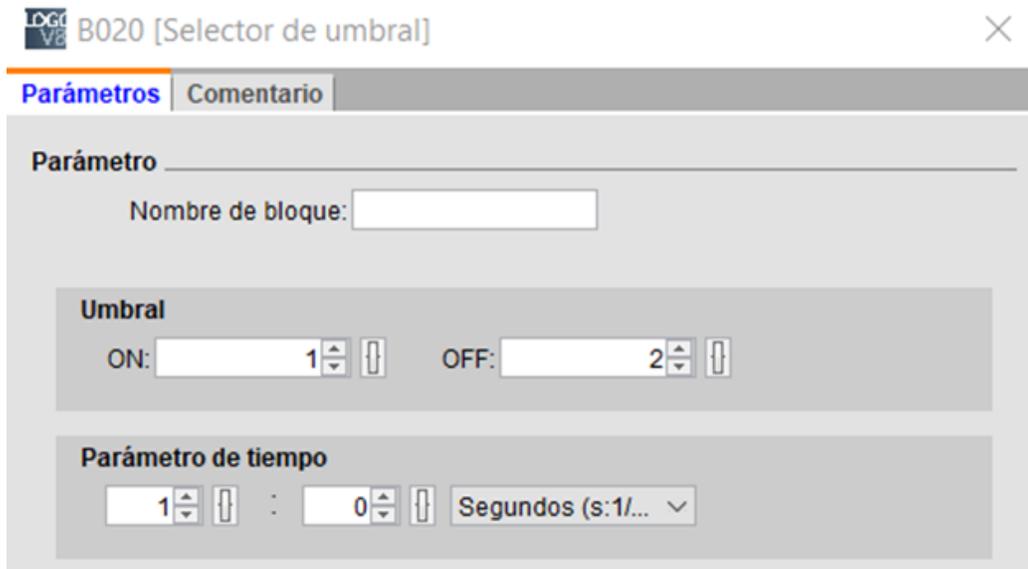


Fig. 5-5. Configuración del selector de umbral. [Imagen propia]

Para la tercera etapa que es la encargada de configurar los sensores, se sabe que proporcionan una salida de 4-20 miliamperios [mA], a este valor se le realiza un escalamiento que es él encarga de convertir esos valores de corriente en valores de presión lineal, esto garantiza poder visualizar cambios de presión a un rango entre 0-5000 libras por pulgada cuadrado [PSI]. [Fig. 5-6]

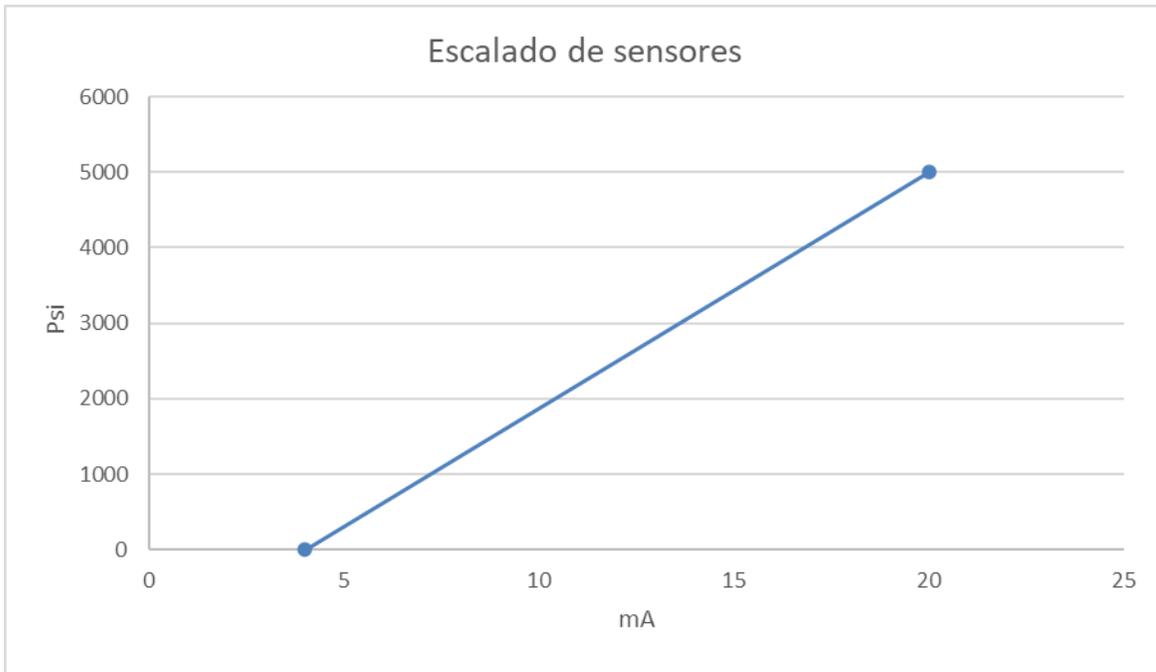


Fig. 5-6. Escalado de sensores. [Imagen propia]

Anteriormente se mostró la gráfica del escalado, pero para determinar esos rangos se utilizó la ecuación matemática de la pendiente, que fue necesaria para establecer la ecuación principal que se integró en la programación de ambos sensores [ver Ecuación [5.1]]

$$m = \frac{y_1 - y_2}{x_2 - x_1} \quad [5.1]$$

La ecuación anterior se necesita incorporar en la ecuación de la recta, y se deben asignar los valores a cada una de las variables que componen dicha ecuación, estos valores se asignan por medio de la gráfica de escalamiento en sus ejes correspondientes. [ver Ecuación [5.2] y [ver Ecuación [5.3]]

$$y - y_1 = m * (x - x_1) \quad [2.2]$$

$$y - 0 = \frac{5000 - 0}{20 - 4} * (x - 4) \quad [2.3]$$

El valor de X es un bloque de programación análogo, y es el encargado de determinar la salida del sensor, arrojando como finalidad los rangos de trabajo principales para ambos ensayos. [Fig. 5-7]

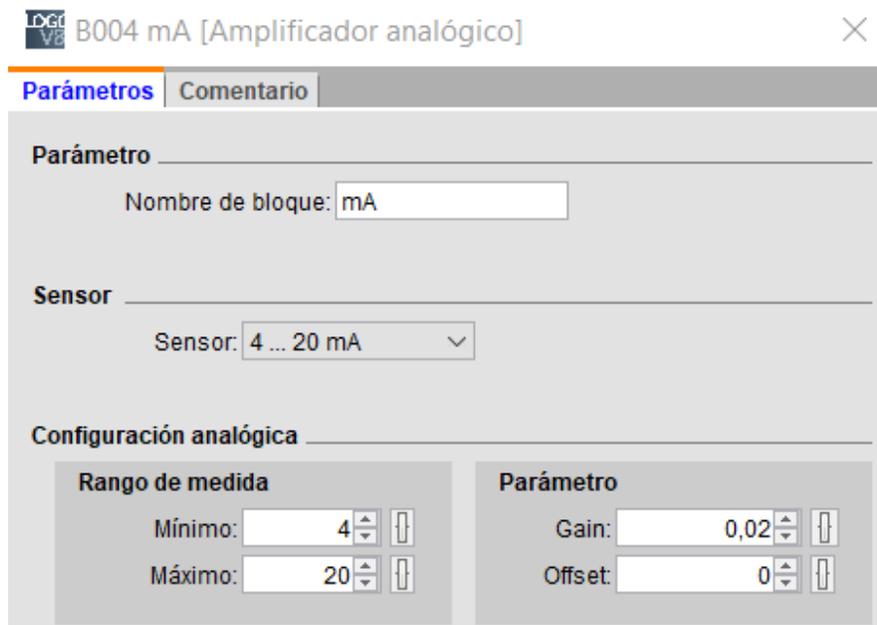


Fig. 5-7. Amplificador análogo. [Imagen propia]

Al tener escalados y configurados los bloques de ambos ensayos, se realiza una programación que está enfocada a garantizar la visualización de los valores en presión o Psi, y para ello es necesario conectar las entradas análogas al bloque, luego se debe incorporar la ecuación de la recta en un bloque de instrucción aritmética análogo, escalando en el programa la salida de corriente en salida de presión lineal. [Fig. 5-8]

LOGO VE B003 Psi [Instrucción aritmética] X

Parámetros Comentario

Parámetro

Nombre de bloque: Psi

Instrucción

V1

B004 mA [Amplifica...]

Operador 1: - Prioridad 1: H

V2

4

Operador 2: × Prioridad 2: M

V3

5000

Operador 3: ÷ Prioridad 3: L

V4

16

Posiciones decimales

Decimales en el texto de aviso: 0 +12345

Salida

Si En="0", la salida es:

0 Último valor

Fig. 5-8 Instrucción aritmética. [Imagen propia]

Se observa la programación completa para los dos sensores que son los encargados de recibir los cambios de presiones en el flujo hidráulico. [Fig. 5-9]

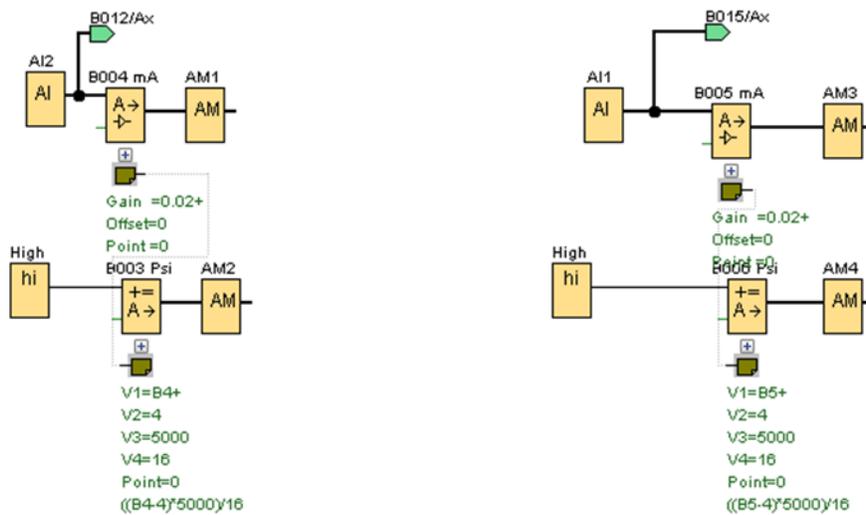


Fig. 5-9. Programación para sensores de presión análogos. [Imagen propia]

Los bloques AM1, AM2, AM3 y AM4 se colocaron como una marca obligatoria, los cuales van a mostrar las variaciones de 4-20 mA porque sin esto el programa no realiza ninguna acción, también el bloque High se colocó por qué dará el estado alto a la función aritmética haciendo que el programa entienda la ecuación de la recta. Para llevar a cabo la última etapa, se debe realizar la programación de una adquisición de datos, los cuales son realizados por medio de un módulo de registro de datos que el PLC tiene integrado, este módulo se acopla a la etapa de los sensores y la de accionamiento, ya que los sensores indican los cambios de presiones que debe guardar y el accionamiento en qué momento activarse para empezar la adquisición, esto se programó por un temporizador a 10 ms entre cada muestra. [Fig. 5-10]

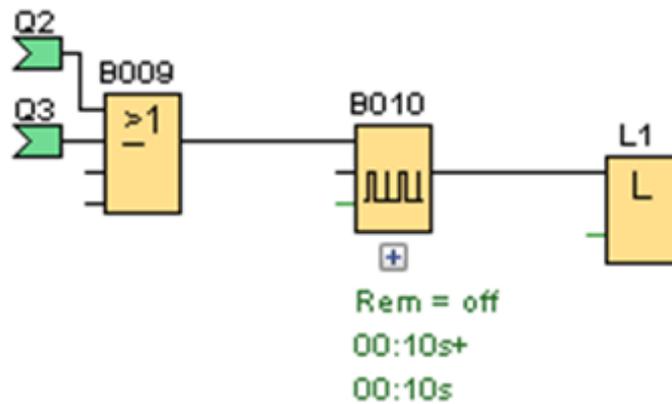


Fig. 5-10. Conexión del temporizador. [Imagen propia]

El bloque B009 es una puerta lógica OR encargada de que al activar Q2 o Q3 que son variables, se active el registro de datos que es L1, esto también activa el bloque B010 que es el tiempo entre cada muestra de presión.

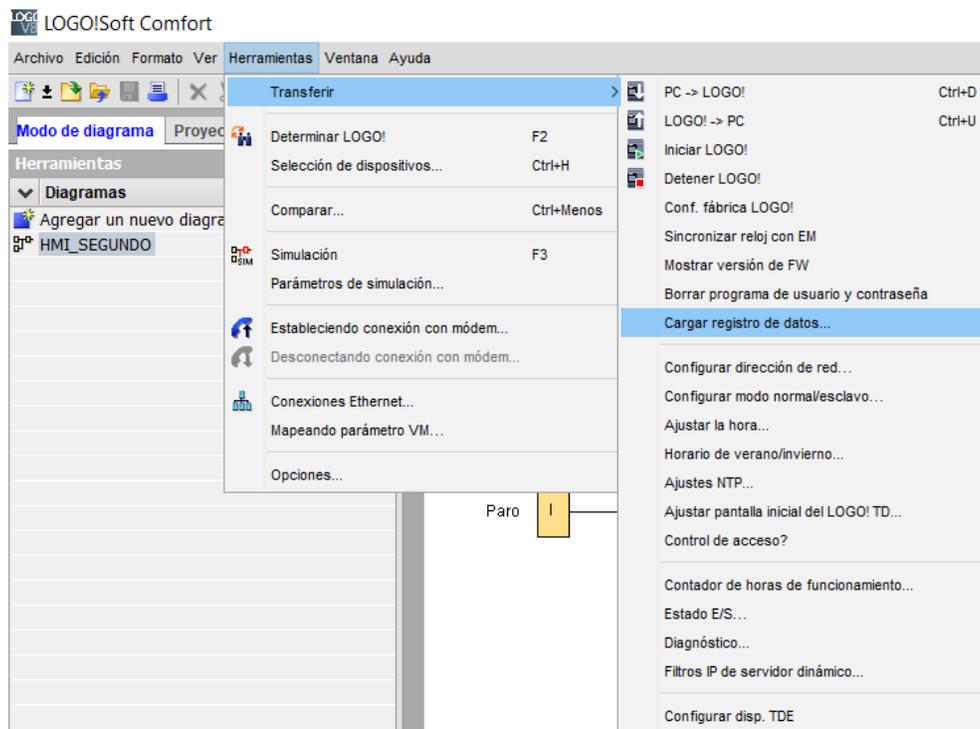


Fig. 5-11. Adquisición de datos. [Imagen propia]

Para adquirir los datos tomados del registro de presiones y exportarlos a un computador, después de realizar el ensayo deseado se debe dirigir a la parte superior donde se encuentra el encabezado de “herramientas” al dar clic en esta pestaña se despliega un cuadro en donde se debe seleccionar “transferir” y éste a su vez arroja otro cuadro donde se debe seleccionar “cargar registro de datos”. [Fig. 5-11]

Para transferir la programación al PLC físico se necesita de dirección IP que se encuentra en la parte de red del PLC [dentro del PLC], para determinar de forma automática esta dirección, se necesita colocar un cable ethernet del computador al autómeta.

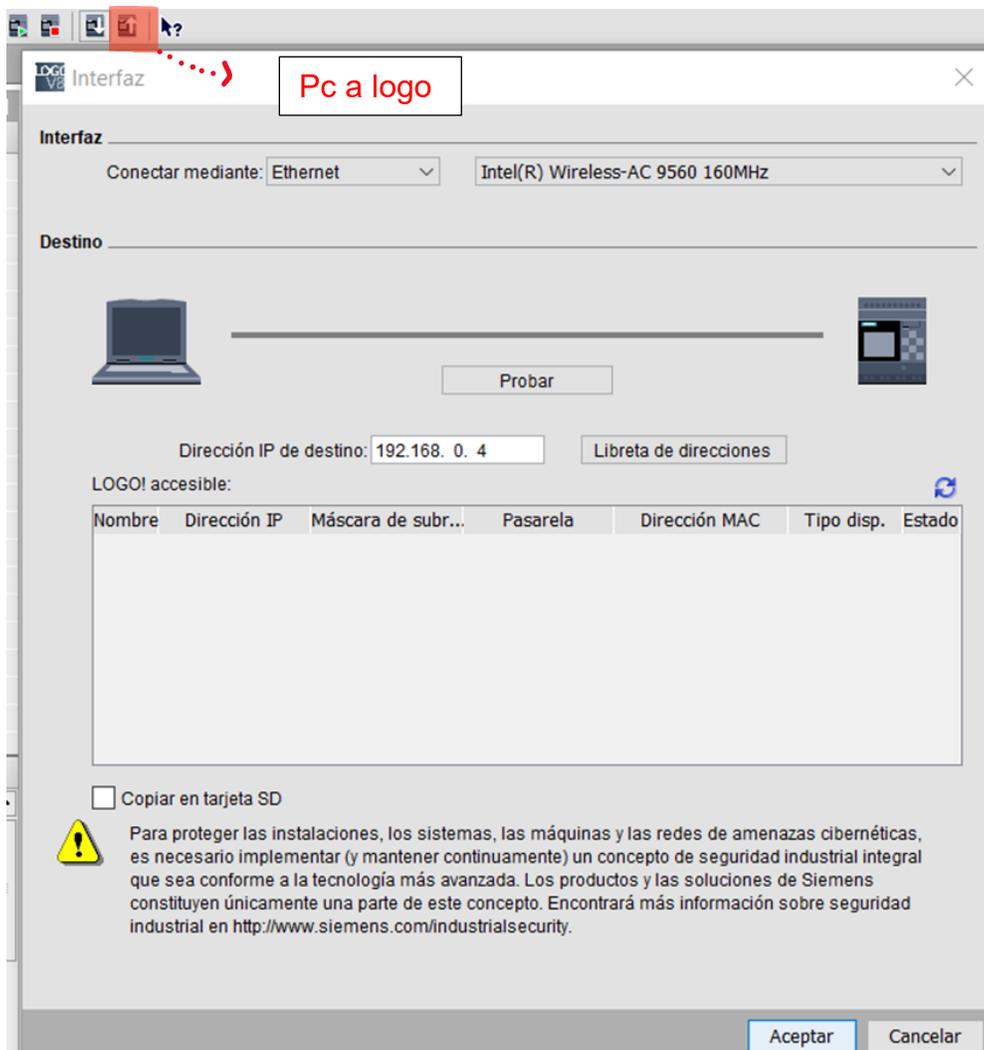


Fig. 5-12. Transferencia de programación de pc a logo. [Imagen propia]

Se selecciona en la parte superior del programa que es la barra de tareas el icono que esté sombreado de rojo que es la transferencia del pc a logo, cuando se da clic se despliega un cuadro de interfaz la cual detecta automáticamente la dirección IP habilitada para a conexión, al selecciona “probar” se enlazan e inicia un proceso de carga de datos. [Fig. 5-12]

5.2 FASE 2: DISEÑAR UNA INTERFAZ GRÁFICA EN PC CON CONEXIÓN A PLC LOGO DE SIEMENS

Una vez realizada la programación para el funcionamiento de la máquina, es necesario utilizar una interfaz de visualización y manipulación para poder realizar los ensayos de tensión y compresión y que se puedan mostrar valores reales de los cambios, para esto se utilizó una pantalla Logo TDE que está conectada vía ethernet al PLC; esta interfaz se configura por medio del software de logo incorporándose a la programación en conjunto con la fase 1.

5.2.1 Pantalla Logo TDE

Se observa la pantalla a la cual se le diseña la interfaz, y se determinan las entradas de voltaje para alimentar el componente y las entradas del cable de comunicación al PLC. [Fig. 5-13]

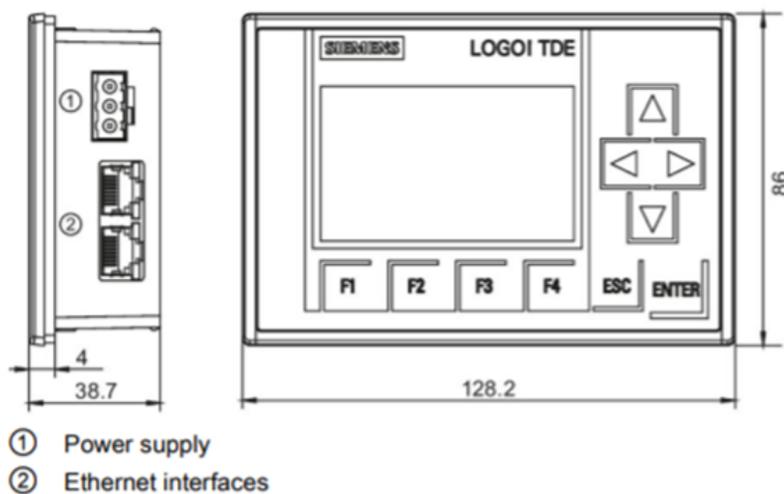


Fig. 5-13. Pantalla logo TDE. [17]

La pantalla incluye cuatro teclas programables, las cuales son para realizar los ensayos de tensión y compresión, también incluye cuatro teclas de cursor que sirven para desplazar las pantallas y lograr visualizar cual es la que se requiere en cada ensayo; tiene una tecla de entre que se utiliza en caso de necesitar navegar por el PLC; y una tecla de **esc** que se utiliza en caso que se desee retroceder.

TABLA 5-1. Datasheet de la pantalla logo TDE

Tensión de alimentación	
Tipo de tensión de alimentación	AC/DC
Valor nominal (DC)	12 V; 12/24 V DC, 24 V AC
Configuración	
Herramienta de configuración	¡LOGO! Soft Comfort V8
dimensiones	
ancho	128.2 mm
alto	86 mm
profundo	38.7 mm
Profundidad total	38.7 mm

Nota. Características de la pantalla logo TDE [18]

Se utiliza el datasheet del dispositivo para proceder a verificar conexiones y herramienta para configuración de la interfaz. [Tabla 5-1]

5.2.2 Configuración de la programación para interfaz en la pantalla LOGO TDE

Para configurar la pantalla de visualización, lo primero que se debe hacer, es iniciar el programa principal del funcionamiento, ahí dentro se dirige a la etapa de escalamiento que es donde se van a ubicar los bloques de funciones que son los encargados de la visualización.

Los bloques de visualización se ubican en la parte inferior izquierda del programa, en un cuadro desplegable llamado “instrucciones”, ahí se debe desplazar el cursor

hacia abajo hasta encontrar la parte llamada “otros” y se busca la función con el nombre “textos de aviso”. [Fig. 5-14]

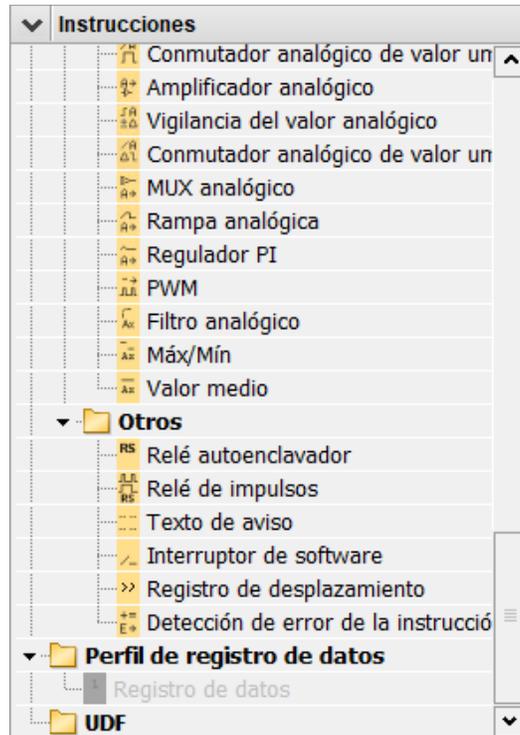


Fig. 5-14. Instrucciones para textos de aviso. [Imagen propia]

Una vez realizado los pasos anteriores, se incorpora en el programa, y se conecta a la etapa de escalamiento para poder configurar la visualización de los valores de presión en la pantalla, además a esto, se le incorpora un conector abierto ya que sin éste el programa no funciona, lo que hará el conector es dar finalidad a la función del texto indicando al programa que debe activar la función al iniciar a correr el PLC.

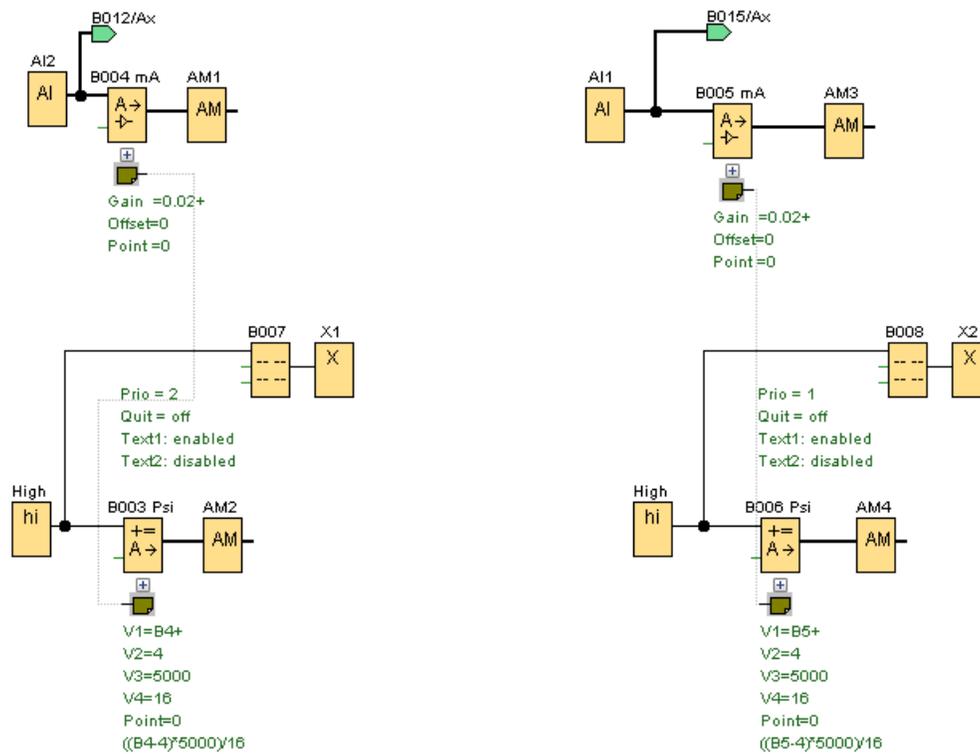


Fig. 5-15. Conexión de textos de aviso. [Imagen propia]

Los bloques B007 y B008 son los nuevos componentes incorporados los cuales se configuran, y se hacen dos pantallas, que son una para cada ensayo. [Fig. 5-15]

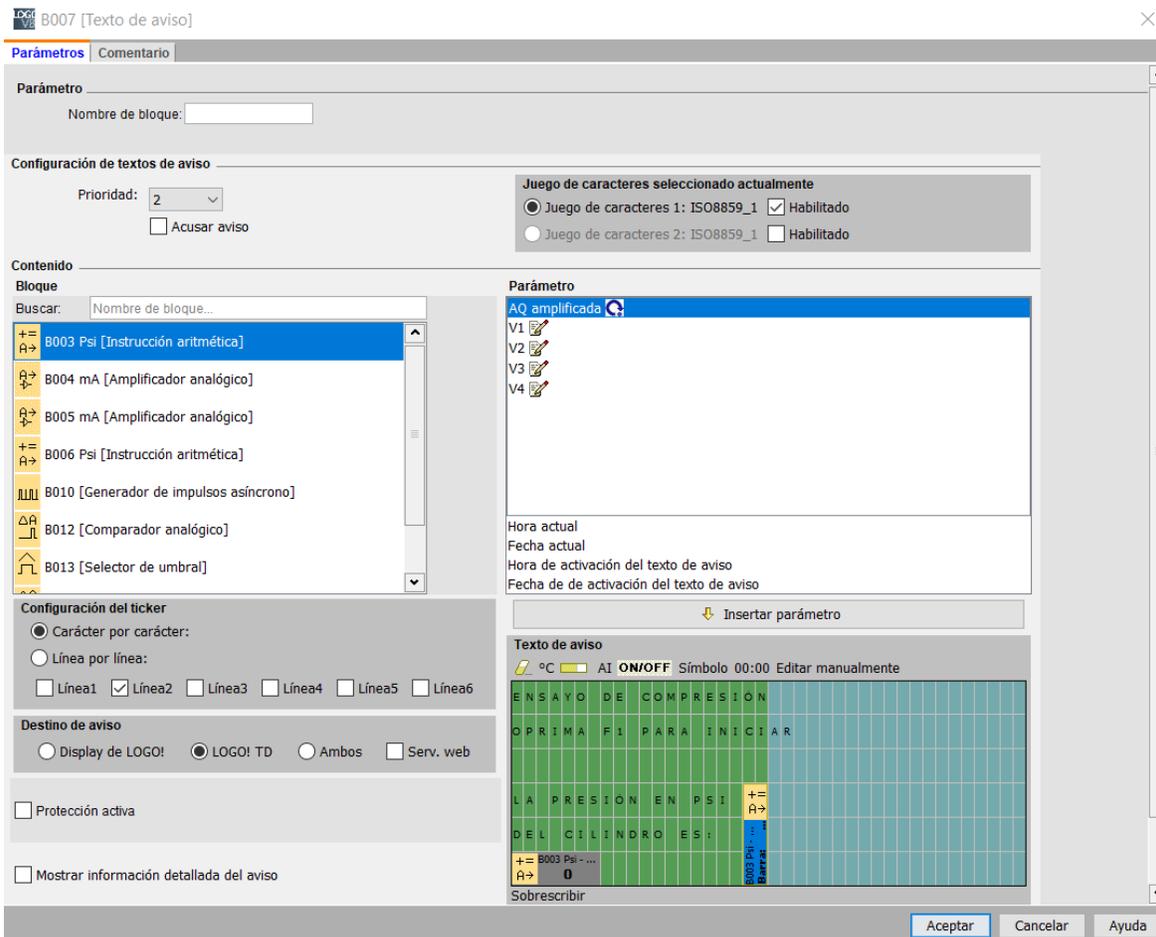


Fig. 5-16. Cuadro de configuración para los textos de aviso para compresión. [Imagen propia]

Al seleccionar el componente se despliega un cuadro de configuración, y en este cuadro se muestran los valores y comandos que estarán reflejados en la pantalla LOGO, esto se encuentra en la parte inferior derecha. Para iniciar se debe escribir qué tipo de ensayo se desea realizar y con qué botón se va a iniciar el ensayo; también se debe mencionar la presión que va a ejercer a máquina y se mencionan dos valores aritméticos.

Los recuadros con nombres B003 Psi indican el valor que se asignó, y en éste caso fue el valor de presión del ensayo de compresión; para realizar esto, se muestra una sección llamada “bloque” y se selecciona la instrucción que se quiera mostrar; en el ensayo realizado se utilizó la de compresión escalada que hace referencia a la instrucción aritmética; al seleccionar en la parte superior derecha se abre un cuadro con los valores que componen la instrucción, al ser una ecuación de recta integrada en la programación como se explicó en la fase 1, se debe seleccionar el

resultado que se llama AQ amplificada, ya que con esto se posicionan en la parte deseada del texto. [Fig. 2-16]

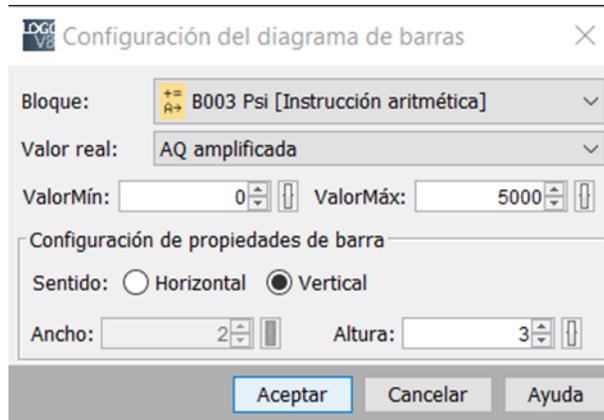


Fig. 5-17. Configuración de la barra animada para compresión. **[Imagen propia]**

Se realiza la configuración de una barra que muestra de manera animada el cómo se desplaza el cilindro; también se le direcciona el bloque de instrucción aritmética escalada en valores de presión, arrojando unos rangos de 0-5000 Psi y una altura de 3 que será la posición adecuada. [Fig.5-17]

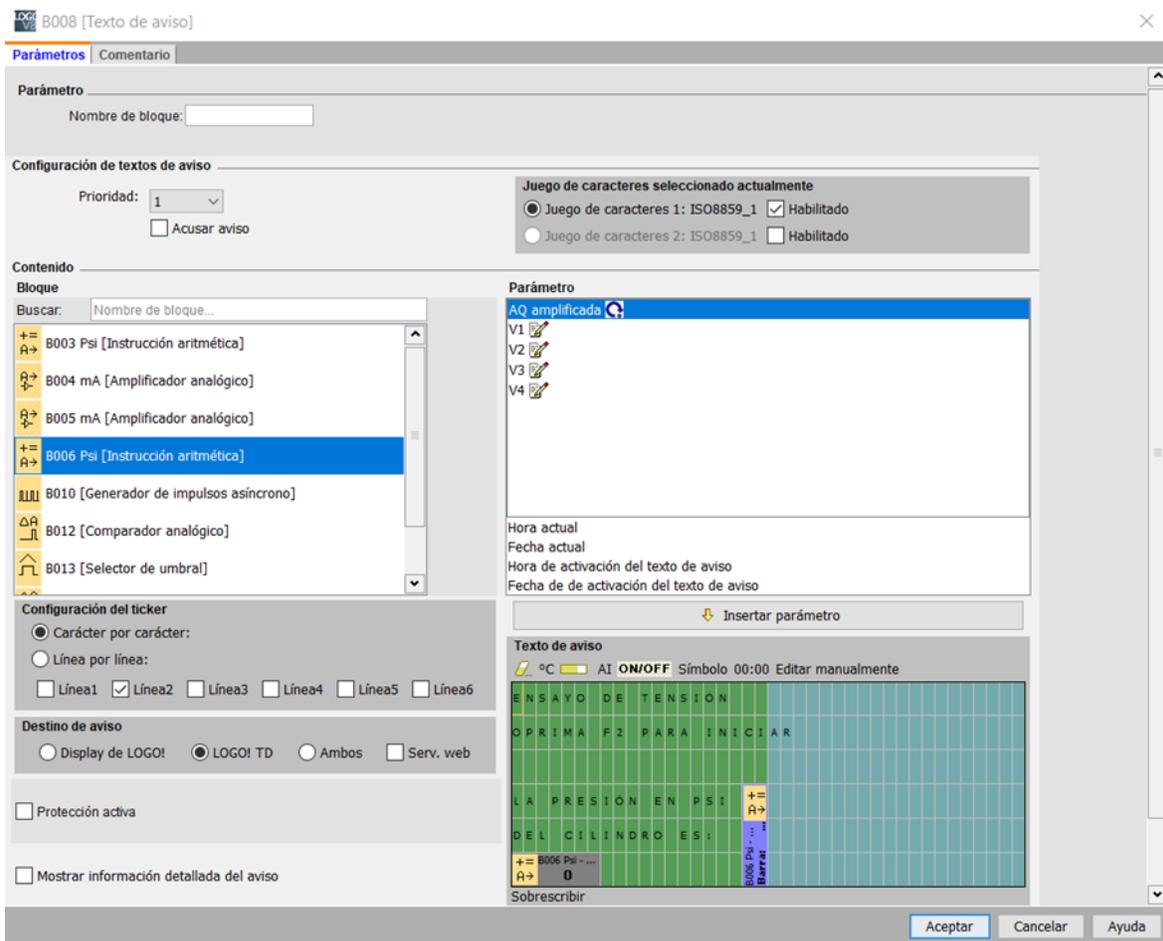


Fig. 5-18. Cuadro de configuración para los textos de aviso para tensión. [Imagen propia]

De igual manera como se muestra el proceso para el ensayo de tensión, sólo que en ese momento ya no se usa el bloque de función aritmética B003, si no el bloque de B006 ya que éste es el encargado del valor de presión escalado para un ensayo de tensión. [Fig. 5-18]

Se le realizó una tercera pantalla, que es la encargada de dar un inicio introductorio a la máquina para que esta se desplace entre ensayos, y también explica el movimiento manual del cilindro con dos botones programados y la conexión del texto en la parte de arranque de la máquina universal. [Fig. 5-19]

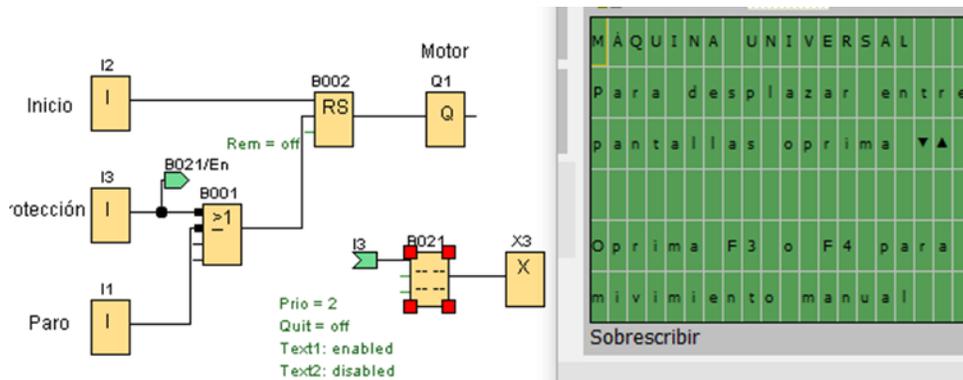


Fig. 5-19. Conexión del texto de aviso introductorio. [Imagen propia]

Ya para finalizar se muestra de forma simulada en el software, el cómo se va a ver al prender la máquina universal.

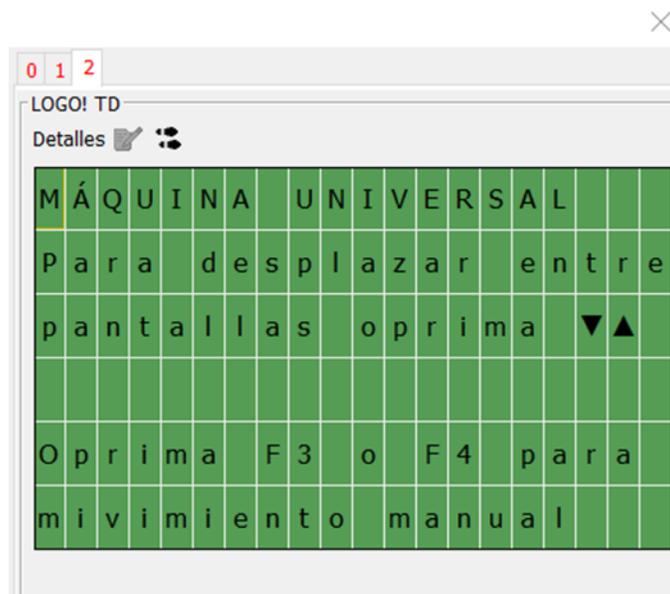


Fig. 5-20. Pantalla de visualización inicial. [Imagen propia]

Se muestra la pantalla inicial como base introductoria. [Fig. 5-20]

5.3 FASE 3: COMPROBAR EXPERIMENTALMENTE LA RESISTENCIA DE UN MATERIAL ESTÁNDAR CON LA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS

Para realizar pruebas de resistencia de materiales fue necesario conseguir dos tipos de piezas con características especiales las cuales garantizan un buen estudio al momento de adquirir los datos y realizar la gráfica de esfuerzos.

5.4 ENSAYO DE COMPRESIÓN

Para iniciar el ensayo fue necesario conseguir un cilindro de concreto con unas especificaciones en su elaboración para poder garantizar una ruptura a presiones de 3000 libras por pulgada cuadrada (psi), en donde especifica cantidades de cemento, arena, grava y agua. [Tabla 5-2]

TABLA 5-2. Dosificación de concretos

Cantidades (cmt-ar-gr)	Resistencia PSI	Cemento (cmt)	Arena mt3 (ar)	Grava mt3 (gr)	Agua Lts (promedio)
1-2-2	4000	27	420	0,67	190
1-2-2,5	3555	24	380	0,76	180
1-2-3	3224	22	350	0,84	170
1-2-3,5	3000	20	320	0,90	170
1-2-4	2850	19	300	0,95	158
1-2,5-4	2700	18	280	0,89	158
1-3-3	2400	16	300	0,72	158
1-3-4	2275	15	260	0,83	163
1-3-5	2000	14	230	0,92	148
1-3-6	1700	12	210	1,00	143

Nota. Cantidades de materiales para elaborar cilindros de concreto [19]

El cilindro de concreto que se adquirió se buscó que encaje con la base del cilindro hidráulico. [Fig. 5-23]

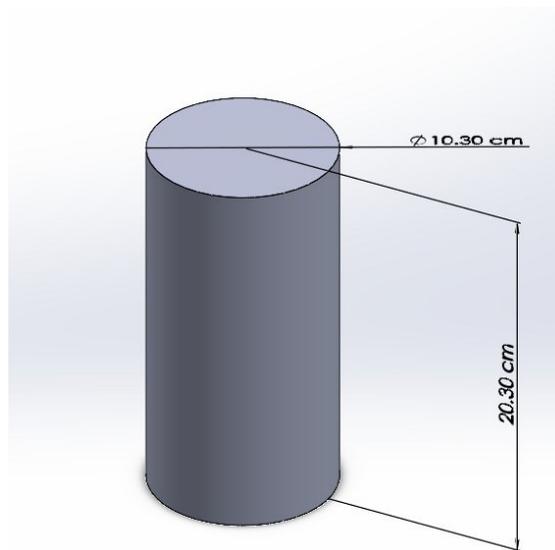


Fig. 5-23 Medidas del cilindro de concreto. [Imagen propia]

Para iniciar el ensayo, es necesario ubicar el cilindro en el centro del soporte de la máquina universal, luego se debe prender la máquina y se debe verificar que se encuentre programado el PLC como se indicó en la fase 1 y en la fase 2; teniendo esto se inicia un ensayo automático en donde el cilindro hidráulico se va a desplazar hacia abajo hasta que haya rotura y este se detenga.

Al momento de realizar este ensayo se observó un problema debido a que la máquina no rompió el cilindro de concreto y llegó solamente a una presión constante; esta situación llevó a que se realizará una segunda prueba de compresión la cual también resultó fallida por la misma razón a causa de esto se procedió a realizar la adquisición de datos de los valores en ese último ensayo, donde se evidencio que el sensor de presión estaba arrojando datos escalonados y generaba problemas al graficar el esfuerzo de compresión y también se evidencio que la máquina universal presenta fallas en uno o en más de dos componentes que la integran y que debido a este problema no puede ejercer una presión mayor a 1250 psi, lo cual es un valor muy pequeño para poder realizar pruebas en ensayos de materiales. [Tabla 5-3]

TABLA 5-3. Adquisición de datos para ensayo de compresión

Fecha (mes-día-año)	Hora	Presión de compresión (psi)	Muestra
10/04/2021	9:59:07	0	1
10/04/2021	9:59:07	313	2
10/04/2021	9:59:07	625	3
10/04/2021	9:59:08	938	4
10/04/2021	9:59:08	938	5
10/04/2021	9:59:08	938	6
10/04/2021	9:59:08	1250	7
10/04/2021	9:59:08	1250	8
10/04/2021	9:59:09	1250	9
10/04/2021	9:59:09	1250	10
10/04/2021	9:59:09	1250	11
10/04/2021	9:59:09	1250	12
10/04/2021	9:59:09	1250	13
10/04/2021	9:59:10	1250	14
10/04/2021	9:59:10	1250	15
10/04/2021	9:59:10	1250	16
10/04/2021	9:59:10	1250	17
10/04/2021	9:59:10	1250	18
10/04/2021	9:59:11	1250	19
10/04/2021	9:59:11	1250	20
10/04/2021	9:59:11	1250	21
10/04/2021	9:59:11	1250	22
10/04/2021	9:59:11	1250	23
10/04/2021	9:59:12	1250	24
10/04/2021	9:59:12	1250	25
10/04/2021	9:59:12	1250	26
10/04/2021	9:59:12	1250	27
10/04/2021	9:59:12	1250	28
10/04/2021	9:59:13	1250	29
10/04/2021	9:59:13	1250	30

Nota. Recopilación de datos por medio del PLC [Tabla propia]

5.4.1 Ensayo de tensión

Para iniciar el ensayo de tensión fue necesario realizar el estudio de una probeta la cual es indispensable para realizar un ensayo de tensión, para esto, la probeta se mandó a hacer bajo unas medidas específicas. [Fig. 5-24]

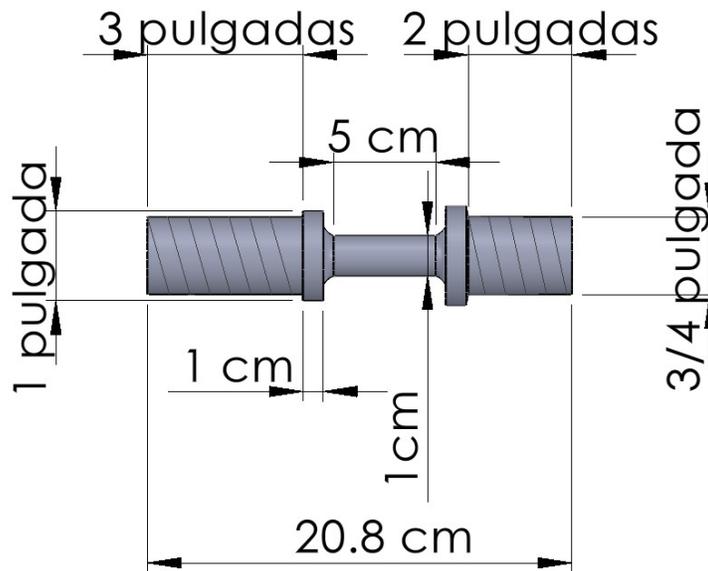


Fig. 5-24. Medidas para la probeta de tensión. [Imagen propia]

El material en el que se diseñó la probeta fue aluminio, y se utilizó un material dúctil y a su vez frágil esto significa que a mínimas presiones el material va a romperse fácilmente.

Para la mecanizada de la barra de aluminio se le implementaron roscas en los extremos, donde la primera era de 2 pulgadas por $\frac{3}{4}$ de pulgadas y la otra era de 3 pulgadas por $\frac{3}{4}$ de pulgadas, esto con el fin de garantizar que se enrosque en los extremos de la máquina universal y se sujetará a estos para que el esfuerzo que se fuera a generar se realizará de manera homogénea; para la parte interna se dejó un espesor de 1 centímetro con un largo de 5 centímetros y también se diseñaron unas curvas de 0.5 centímetros y un alto de la curva al tornillo de 1 centímetro.

Al colocar la probeta en la máquina universal, se determinó que el PLC estuviera programado de la misma manera que el ensayo de compresión, y al momento de realizar el ensayo se ejecutó de manera manual para verificar la rotura y si el sensor tomaba cambios de presión razonables al sostener la probeta, sin embargo, se notó que el sensor estaba dañado ya que al momento de hacer esto no oscilo entre ningún valor y solo se quedó constante en 3438 psi, desde el inicio hasta el fin. De esta situación se concluyó que la máquina no era capaz de realizar ensayos de tensión por daños de uno o más componentes, además, el sensor también estaba dañado y no se podía visualizar esos cambios de presión así llegara a las 1250 psi.

Aunque la probeta se rompiera de manera favorable, era incapaz de proporcionar datos completos para graficar el ensayo de tensión por cuestiones de fallas en el sensor, esto recabó valores constantes con poca eficiencia. [Tabla 5-4]

TABLA 5-4. Adquisición de datos para ensayos de tensión

Fecha (mes-día-año)	Hora	Muestra	Presión de tensión (psi)
9/30/2021	11:50:57	1	3438
9/30/2021	11:50:57	2	3438
9/30/2021	11:50:57	3	3438
9/30/2021	11:50:57	4	3438
9/30/2021	11:50:57	5	3438
9/30/2021	11:50:57	6	3438
9/30/2021	11:50:57	7	3438
9/30/2021	11:50:57	8	3438
9/30/2021	11:50:57	9	3438
9/30/2021	11:50:57	10	3438

Nota. Recopilación de datos por medio del PLC [Tabla propia]

5.5 FASE 4: ELABORAR TRES GUÍAS DE USUARIO, UNA PARA VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO, UNA SEGUNDA GUÍA PARA LA PRUEBA DE SENSORES Y DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS Y UNA TERCERA PARA COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Para la elaboración de las guías de usuario o manuales de usuario, se procede a realizar un análisis y funcionamiento de la máquina universal, esto para garantizar si los componentes están en óptimas condiciones tras haber realizado los debidos procesos desde el encendido de la máquina hasta el apagado realizando ensayos, movimientos y adquisición de datos.

En la primera guía se destaca el funcionamiento de la máquina, se explica el encendido, la alimentación, lo que compone la caja de mandos para realizar ensayos, los paros de emergencia, el arranque del motor, el paro de los ensayos, los botones para realizar compresión o tensión de manera automática y manual.

La segunda guía es de pruebas de sensores y adquisición de datos, pero se presentó problemas ya que la máquina carece de total funcionamiento en sus

componentes de presión y sensores, esto indica que la máquina al adquirir datos desde el primer sensor que sería el de compresión arroja valores con saltos escalonados y estos valores al graficar no son capaces de generar una gráfica para estudio de esfuerzos, además, para el ensayo de tensión el sensor presento un problema en donde tocaba reemplazarlo por uno nuevo por que arrojaba un valor constante el que indicaba una presión así el material no estuviera colocado, por esta razón fue imposible cumplir con la realización de la guía.

La tercera guía destaca el funcionamiento basado en los ensayos, se presentó grandes problemas debido a que la máquina carece de presión; al realizar los ensayos la máquina no fue capaz de cumplir con sus parámetros de diseño e implementación mecánica, lo cual provocó que llegara solo a 1250 psi, esto en compresión no capaz de arrojar valores óptimos ni tampoco de roturar un cilindro de concreto, en donde se evidencio que la maquina no solo tiene daños los sensores sino que también tiene dañado un componente que es el encargado de bombear presión constante para aplastar o tensionar materiales y realizar pruebas mediante esfuerzos.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADO

Los resultados que se obtuvieron para la automatización de la maquina universal de ensayos, se dividen en 4 fases, las cuales determinan el programa, la interfaz, la veracidad de los ensayos e instrucciones prácticas para los usuarios.

Las fases establecen los valores y métodos paso a paso para la obtención eficaz de la automatización.

6.1 FASE 1: IMPLEMENTAR UN CÓDIGO EN PLC LOGO DE SIEMENS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE DESPLAZAMIENTO LINEAL DEL CILINDRO DE LA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS Y LA OBTENCIÓN DE DATOS DE FUERZAS GENERADAS POR EL CILINDRO HIDRÁULICO

La programación implementada en las etapas internas de la metodología de funcionamiento general, fue satisfactoria y se divide internamente en 4 secciones para evaluar los resultados.

La primera es la etapa del arranque enfocado al motor, la cual funcionó de manera eficiente y se garantiza encender el motor para acumular la energía en la aplicación de fuerza del cilindro hidráulico, además el paro y protección también realizan la acción eficiente en caso de que se necesite.

La segunda etapa explica el accionamiento de la válvula direccional y se garantiza el desplazamiento automático y manual, obteniendo los resultados esperados mediante las configuraciones de los componentes, los cuales son el comparador análogo y el selector de umbral.

La tercera etapa se basa en los dos sensores de presión a los cuales se les diseñó todo un proceso de escalamiento y del cual se obtuvo una gráfica para convertir los valores de salida con unidades corrientes a presión. [Fig. 6-1]

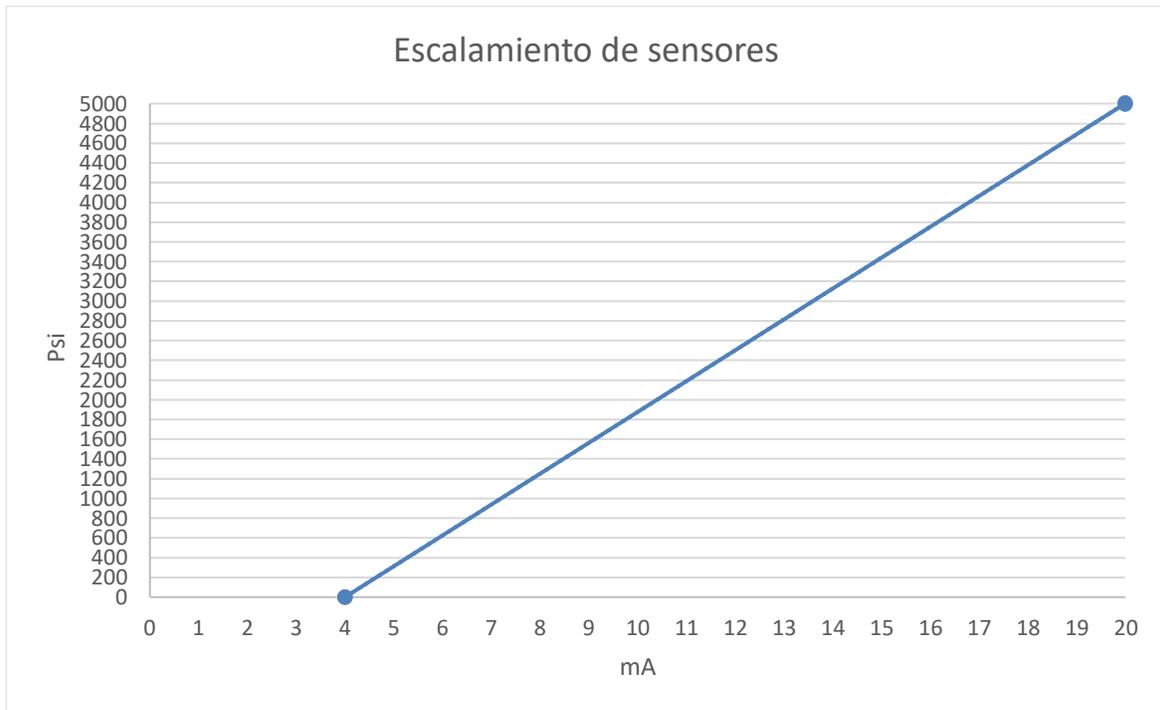


Fig. 6-1 Resultado de escalamiento de sensores. [Imagen propia]

Esto garantizo que los sensores entendieran los cambios de corriente, como cambios en los flujos de aceite hidráulico a presión, por medio del mecanismo de conversión de energía para garantizar el valor adecuado sobre los ensayos, además, todo eso se obtuvo de una ecuación de la recta en donde los valores se integraron en los campos de operaciones aritméticas de la programación. [Fig. 6-2]

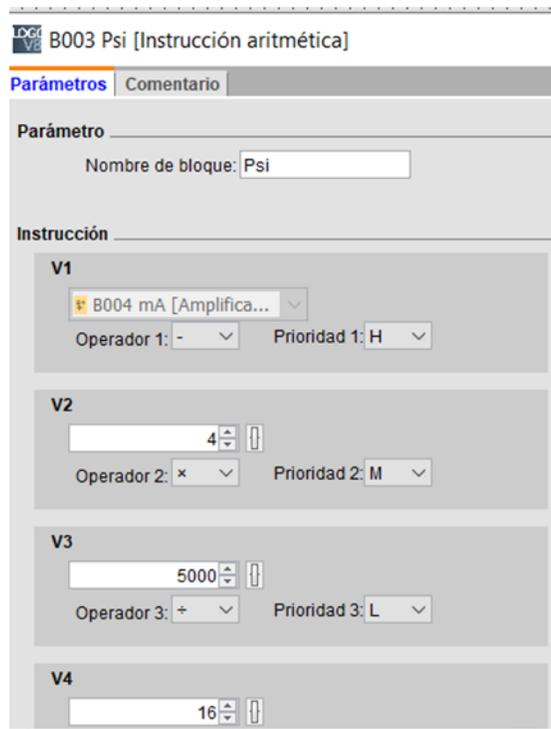


Fig. 6-2. Operación aritmética análoga. **[Imagen propia]**

Para la cuarta y última etapa se garantiza la adquisición de datos por medio de una conexión vía ethernet del PC al autómata programable logo, la cual enfatiza en cómo realizar la extracción y exportación de valores tomados por los sensores al momento de ejercer las presiones, con base a esto, también se explicó cómo se transfiere la programación deseada al autómata configurando la IP interna del PLC sin cambiarla o modificarla para evitar errores.

TABLA 6-1. Adquisición de datos en desplazamiento del cilindro

Fecha (mes-día-año)	Hora	Psi Compresión	Psi Tensión
09/30/2021	11:28:53	0	3438
09/30/2021	11:28:57	313	3438
09/30/2021	11:28:58	313	3438
09/30/2021	11:28:59	313	3438
09/30/2021	11:29:05	938	3438

Nota. Recopilación de datos para la prueba del desplazamiento del cilindro en ambas direcciones **[Tabla propia]**

En el ensayo y adquisición de los datos se muestran fechas y horas seguidas de las presiones en donde se ve que la programación es satisfactoria, aunque la presión no supera los 938 Psi [Tabla 6-1].

6.2 FASE 2: DISEÑAR UNA INTERFAZ GRÁFICA EN PC CON CONEXIÓN A PLC LOGO DE SIEMENS

Para poder obtener los resultados de la interfaz, se llevó a cabo una programación en donde se conectaron funciones de textos de aviso a las etapas análogas y la etapa de arranque para que el PLC las comprendiera y se pudieran mostrar en la pantalla LOGO TDE; también se tuvo que realizar la configuración a cada una de las pantallas.

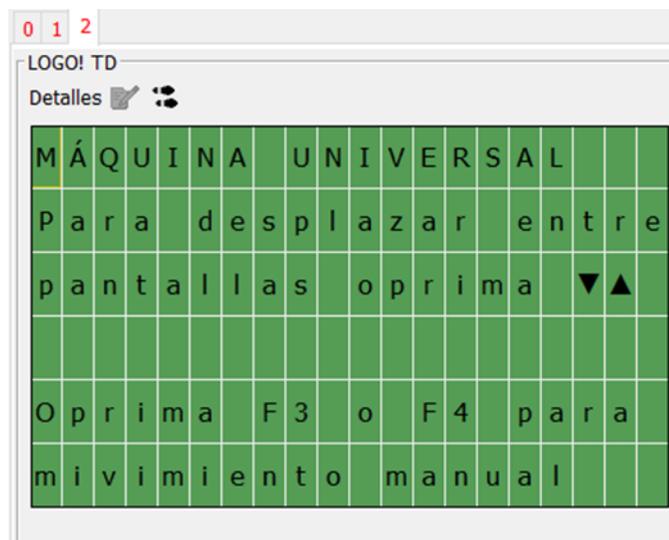


Fig. 6-3. Pantalla de visualización introductoria para el usuario [Imagen propia]

Se expone la interfaz realizada por PC en donde se obtuvieron resultados esperados; la pantalla responde de manera eficiente y garantiza que el usuario pueda comprender como usar la máquina y como se debe mover entre cada una de sus 2 visualizaciones; además que se explicó que hay dos botones que pueden servir para posicionar el cilindro de manera manual esto para dejarle claro al usuario que se debe hacer al momento de realizar un ensayo. [Fig. 6-3]

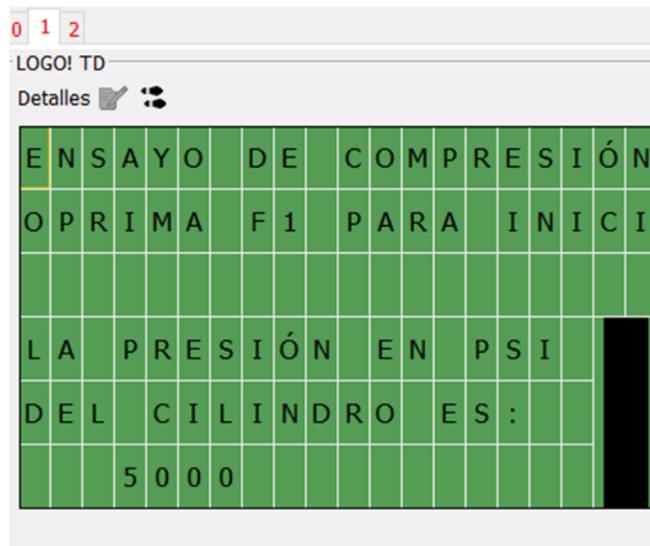


Fig. 6-4. Pantalla de visualización para ensayos de compresión. [Imagen propia]

Para la segunda pantalla, se obtuvieron resultados esperados; la barra reacciona a los cambios de presión, además el indicador de variaciones oscila entre los rangos que detecta el sensor de presión. [Fig. 6-4]

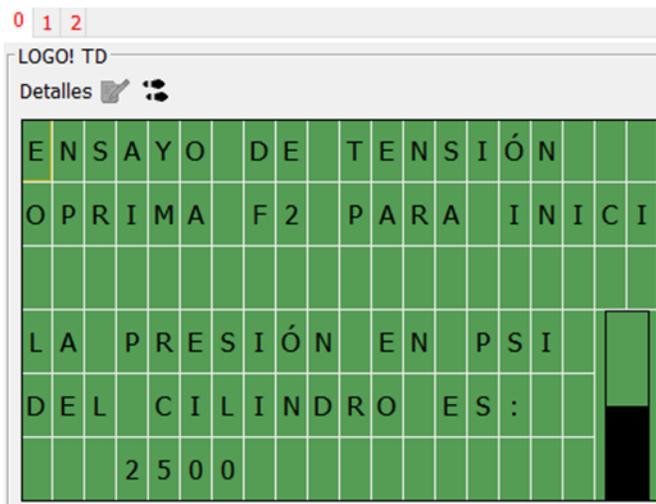


Fig. 6-5. Pantalla de visualización para ensayos de tensión. [Imagen propia]

Para la tercera y última pantalla se muestran los cambios de presión en un ensayo de tensión, además se obtuvieron resultados satisfactorios que garantizan la

programación de la interfaz visual, mostrando los cambios de valores en unidades de presión, de manera lineal y así mismo la barra de animación. [Figura 3-5]

6.3 FASE 3: COMPROBAR EXPERIMENTALMENTE LA RESISTENCIA DE UN MATERIAL ESTÁNDAR CON LA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS

Para el ensayo que se realizó de compresión no se pudo obtener ningún resultado debido a que la máquina presentó varios problemas al momento de ejercer la presión, y además los valores que proporcionó el sensor de presión fueron escalonados o presentaban saltos uno entre otro, lo que significa que al momento de graficar los esfuerzos o las presiones se generó un escalón constante donde solo se llegó a un valor máximo de 1250 psi por cuestiones físicas de los componentes que integra la máquina. [Fig.6-6]

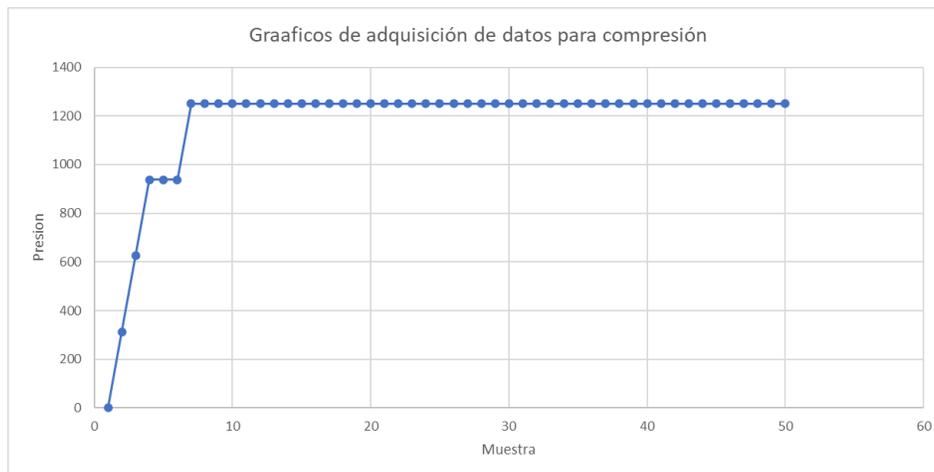


Fig. 6-6. Gráfica adquisición de datos para compresión. [Imagen propia]

Para el ensayo de tensión que se realizó no se pudo obtener ningún resultado debido a que la máquina presentó varios problemas al momento de ejercer la tensión, porque los valores que proporcionó el sensor fueron constantes y reflejaban un valor de 3438 psi lo que significa que el sensor se encuentra dañado y es necesario reemplazarlo por uno nuevo, y por esta razón al momento de graficar las presiones se generó una gráfica constante, además la máquina presenta el mismo problema del ensayo de compresión el cual es que no ejerce presión más allá de 1250 psi lo que significa que jamás podría llegar el sensor a 3438 psi. [Fig. 6-7].

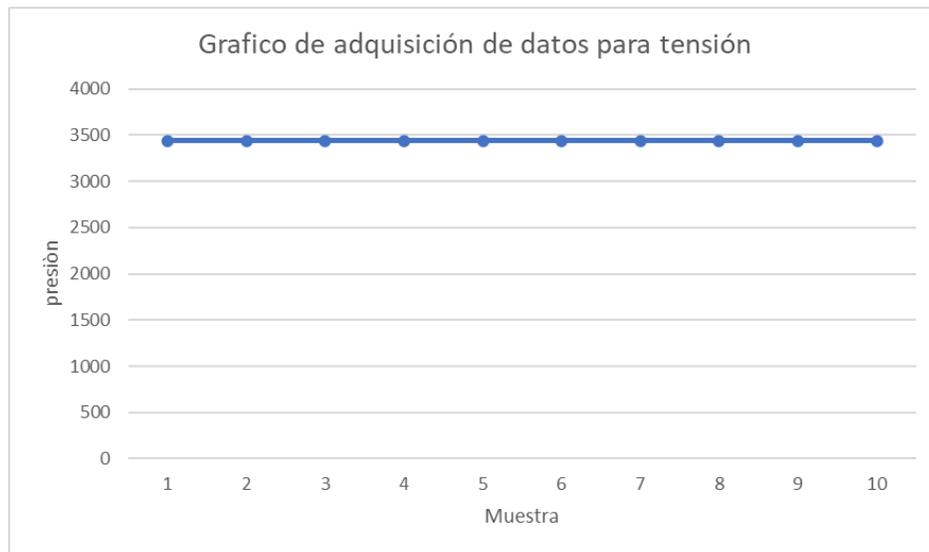


Fig. 6-7. Gráfica de adquisición de datos para tensión. [Imagen propia]

6.4 FASE 4: ELABORAR TRES GUÍAS DE USUARIO, UNA PARA VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO, UNA SEGUNDA GUÍA PARA LA PRUEBA DE SENSORES Y DE LA ADQUISICIÓN DE DATOS Y UNA TERCERA PARA COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

La primera guía de usuario o manual de usuario fue satisfactoria ya que se realizó un análisis del funcionamiento de la máquina universal, en esta guía se explicó el encendido, la alimentación, lo que compone la caja de mandos para realizar ensayos, los paros de emergencia, el arranque del motor, el paro de los ensayos, los botones para realizar compresión o tensión de manera automática y manual. Con este manual se garantiza que el usuario pueda tener una mayor claridad de cómo manipular la máquina al momento de someterla a realizar ensayos de tensión y compresión y de cómo puede reaccionar cuando se presentan fallas; dentro de esta guía viene algunas imágenes de la máquina universal de ensayos con el fin de ubicar al lector.

La segunda guía que era la de pruebas de sensores y adquisición de datos, no se pudo obtener ni realizar debido al problema que se menciona en el capítulo 5 en la fase 4 por que la máquina carece de total funcionamiento en sus componentes de presión y sensores, por esta razón fue imposible cumplir con la realización de la guía.

La tercera guía era la del funcionamiento basado en los ensayos, pero no se pudo obtener por que se generó problemas debido a que la máquina carece de presión; y como se explicó en el capítulo 5 fase 4 por que la máquina no fue capaz de cumplir con sus parámetros de diseño e implementación mecánica, y por esta razón fue imposible cumplir con la realización de la guía.

7. CONCLUSIONES

- En la programación que se realizó para la máquina, se observó un comportamiento satisfactorio al momento de realizar el funcionamiento en la máquina universal de ensayos, las configuraciones para cada una de las etapas tal como el arranque, el desplazamiento del cilindro, escalamiento, y adquisición de datos fueron funcionales y validados al momento de usar el dispositivo.
- La interfaz gráfica presentó resultados satisfactorios con la programación implementada, teniendo en cuenta que se realizaron tres tipos de visualizaciones y se configuraron para luego integrarse al programa principal.
- Para las pruebas de los ensayos no se obtuvieron datos razonables debido a los problemas que presenta la máquina universal que es un sensor de presión defectuoso, pero para reemplazarlo se presentó el inconveniente del precio y del tiempo ya que el sensor es demasiado costoso y él envió del mismos se demoraba en llegar, por lo tanto se supera el plazo máximo para la entrega del proyecto, además bomba de presión presentaba falla y la máquina ejerce una presión hasta un valor específico incapaz de lograr realizar los ensayos que se plantearon para las pruebas de resistencia en materiales.
- En la elaboración de las guías se realizó una enfocada la funcionamiento la cual se encuentra anexada al final del documento con el título de “manual de usuario” encargada de suministrar una introducción de cómo funciona una máquina universal, esto con el fin de ayudar a los nuevos usuarios para no causar daños a la estructura eléctrica y electrónica como también mecánica, sin embargo, para las otras dos guías que es la prueba de sensores y adquisición de datos y validación de ensayos fue imposible realizarlas debido a los problemas que tiene la máquina universal en los componentes del sensor de presión y bomba de presión, los cuales son indispensables para poder realizar ensayos de tensión y compresión y así mismo adquirir datos de un sensor que maneja las variaciones de presión de aceite hidráulico.

ANEXOS

ANEXO A. Manual de usuario para el funcionamiento de la máquina universal



MANUAL.pdf

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alonso,H. Chagolla,F. & Galván,D, «Instrumentación de una máquina universal de pruebas baldwin,» 27 Septiembre 2013. [En línea]. Available: http://somim.org.mx/memorias/memorias2013/pdfs/A3/A3_33.pdf.
- [2] Torres, J & Redondo,J, «Reparación y automatización de una maquina universal de ensayos,» *Reparación y automatización de una maquina universal de ensayos*, vol. 30, nº 2, p. 179, 04 2009.
- [3] Gallego,P. & Claros,R, «Diseño mecánico de una máquina universal de ensayos para polímeros,» Universidad tecnológica de pereira, Noviembre 2007.[En línea]. Available: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/11113/621815G166dm.pdf;jsessionid=F884C9280B8A1CAFFAF25B9836CC3ABA?sequence=1>.
- [4] R. Hibbeler, Mecánica de materiales, 8VA Edicion, 2019.
- [5] C. Leal, «Análisis estructural de un filtro de aceite sellado mediante el método del elemento finito,» SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO, 2015. [En línea].
- [6] Garnica,P. & Gómez,J, «Deformaciones permanentes en materiales granulares para la seccion estructural de carreteras,» 2001. [En línea]. Available: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt176.pdf>.
- [7] Henández,M. & Ledesma, D, «Desarrollo de un sistema SCADA para la medición de voltajes con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica,» Escuela de ingeniería de mantenimineto, 2010. [En línea]. Available: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/1137/1/25T00140.pdf>.
- [8] R. Valdés, «Automatizacion de un sistema de climatizacion con PLC,» Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica, Mayo 2012. [En línea].
- [9] H. Miranda, «Construcción de un Prototipo para control y Monitoreo de Diseño de Reservorios de Agua Empleando Comunicación Móvil GSM/GPRS en Sisema de Riesgo,» 2015. [En línea]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8447/Caso%2Bde%2BEstudio%2B-%2BHelen%2BMiranda%2BRuiz%2B-%2BMsc%2BRedes%2Bde%2BComunicaciones%2B->

%2B0603704552.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 25 Marzo 2021].

- [10] «Siemens,» junio 2003. [En línea]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf. [Último acceso: 15 septiembre 2021].
- [11] D. Mora, «Maquina universal de ensayos destructivos: sistema estatico,» 2019. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/225758541.pdf>.
- [12] Colcha,J. & Villa,M, «Diseño e implementación de un sistema electrónico informático para aplicaciones en ensayos en la máquina universal,» ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, Riobamba – Ecuador 2010. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/891/1/15T00458.pdf>.
- [13] Rexroth, «valvula dirreccional 4/3, 4/2 y 3/2 vías con solenoides de continua,» 2012.
- [14] Agudelo, Tano & Vargas, «Historia de la automatizacion,» Universidad ECCL, [En línea]. Available: <http://ingenierovizcaino.com/ecci/aut1/corte1/articulos/Historia%20de%20la%20Automatizacion.pdf>. [Último acceso: 14 Octubre 2021].
- [15] G. Cruz, «Automatizacion de estacion para remachado de componentes,» 20 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://cidesi.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1024/274/1/ETM-JCR-2017.pdf>. [Último acceso: 14 Octubre 2021].
- [16] D. Romero, «Propuesta de automatizacion de los procesos de verificacion y despachos en una empresa panificadora,» 2009. [En línea]. Available: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7303/tesis301.pdf;jsessi>. [Último acceso: 14 Octubre 2021].
- [17] Siemens, Noviembre 2017. [En línea]. Available: https://media.automation24.com/manual/en/109741041_logo_system_manu_al_en-US_en-US.pdf. [Último acceso: 14 10 2021].
- [18] Siemens, 14 Junio 2018. [En línea]. Available: https://media.automation24.com/datasheet/en/6ED10554MH080BA0_en.pdf. [Último acceso: 14 Noviembre 2021].

- [19] Construyendo.co, «Dosificación de concreto,» [En línea]. Available: <https://construyendo.co/concreto/index.php>. [Último acceso: 17 10 2021].
- [20] A. Valencia, «Comparación de deformaciones unitarias y desplazamientos utilizando una armadura,» Escuelas de ingeniería y administración piedecuesta, 2015. [En línea]. Available: http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_29073.pdf.
- [21] V. Oscar, «Diseño, construcción y simulación de la automatización de una máquina selectora de tuercas según su tamaño,» Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/84108521.pdf>. [Último acceso: 14 Octubre 2021].

: