



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“REPOTENCIACIÓN EN LA MEDICIÓN DE DATOS DE LA
MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE
RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA”**

**CARRIÓN VERDEZOTO, JOSÉ FRANCISCO;
PAZMIÑO CÁCERES, AVELINO BERNABÉ**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

2018

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-08-02

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

CARRIÓN VERDEZOTO JOSÉ FRANCISCO

Titulado:

**“REPOTENCIACIÓN EN LA MEDICIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA UNIVERSAL
DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA
FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Isaías Caicedo
DIRECTOR

Ing. Edwin Viteri
MIEMBRO

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-08-02

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

PAZMIÑO CÁCERES AVELINO BERNABÉ

Titulado:

**“REPOTENCIACIÓN EN LA MEDICIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA UNIVERSAL
DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA
FACULTAD DE MECÁNICA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Isaías Caicedo
DIRECTOR

Ing. Edwin Viteri
MIEMBRO

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CARRIÓN VERDEZOTO JOSÉ FRANCISCO

TÍTULO DE LA TESIS: “REPOTENCIACIÓN EN LA MEDICIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2018-08-02

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Isaías Caicedo. DIRECTOR DEL PROYECTO			
Ing. Edwin Viteri. MIEMBRO DEL PROYECTO			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PAZMIÑO CÁCERES AVELINO BERNABÉ

TÍTULO DE LA TESIS: “REPOTENCIACIÓN EN LA MEDICIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2018-08-02

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Isaías Caicedo. DIRECTOR DEL PROYECTO			
Ing. Edwin Viteri. MIEMBRO DEL PROYECTO			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

José Francisco Carrión Verdezoto

Avelino Bernabé Pazmiño Cáceres

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, José Francisco Carrión Verdezoto y Avelino Bernabé Pazmiño Cáceres, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

José Francisco Carrión Verdezoto

Avelino Bernabé Pazmiño Cáceres

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por permitirme ingresar a sus aulas y darme la oportunidad de culminar una etapa académica con la mejor preparación posible.

También extendo un profundo agradecimiento al Ing. Isaías Caicedo y al Ing. Edwin Viteri por brindarme, su amistad y paciencia, quienes con su asesoramiento y experiencia han contribuido para elaborar el presente documento.

José Francisco Carrión Verdezoto

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por darme la oportunidad de estudiar y permitirme culminar una preparación de tercer nivel académico.

También extendo un profundo agradecimiento al Ing. Isafas Caicedo y al Ing. Edwin Viteri por darme, su amistad y paciencia, quienes con su sabiduría y experiencia han ayudado a culminar el presente documento.

Avelino Bernabé Pazmiño Cáceres

DEDICATORIA

A Dios en primer lugar por guiarme en el camino y a mis padres José y Aida que me dieron su apoyo incondicional y nunca dejaron de guiarme con sus sabios consejos. También a mi abuela Marina por su anhelo de verme triunfar, hermanas y demás familiares, que siempre me brindaron su optimismo.

José F. Carrión V.

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi señor Dios por su ayuda incondicional, a mis padres Teresa y Rigoberto por su ejemplo de lucha, a mis hermanos Daniel y Jesica por el constante apoyo y la confianza que me han brindado, y a mis amigos por la fe puesta en mí y su gran amistad la cual me inspiró a realizar este trabajo.

Avelino B. Pazmiño C.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	21
1.1	Antecedentes.....	21
1.2	Problema.....	21
1.3	Justificación	22
1.3.1	<i>Justificación teórica</i>	22
1.3.2	<i>Justificación metodológica.....</i>	22
1.3.3	<i>Justificación práctica</i>	22
1.4	Objetivos.....	22
1.4.1	<i>Objetivo general</i>	22
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i>	22
2.	MARCO REFERENCIAL DE LA REPOTENCIACIÓN, MANTENIMIENTO E INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA.	24
2.1	Repotenciación	24
2.1.1	<i>Mantenimiento.....</i>	24
2.2	Instrumentación electrónica y sistema de medición	24
2.2.1	<i>Componentes de un sistema de medida</i>	25
2.2.2	<i>Transductores y sus características.....</i>	25
2.2.3	<i>Transductor de presión.....</i>	26
2.2.4	<i>Tipo de señales de un transductor de presión</i>	27
2.2.5	<i>Sensor ultrasónico</i>	28
2.2.6	<i>Tarjeta de adquisición de datos (DAQ).....</i>	28
2.2.7	<i>Tipos de DAQ.....</i>	28
2.3	Máquina Universal	29
2.3.1	<i>Principio de Operación</i>	29
2.3.2	<i>Controles de Operación.....</i>	30
2.4	Esfuerzo-Deformación.....	32
2.4.1	<i>Esfuerzo</i>	32
2.4.2	<i>Deformación</i>	32
2.4.3	<i>Diagrama Esfuerzo- Deformación</i>	32
2.5	Ensayos Mecánicos a Materiales	33
2.5.1	<i>Ensayo de Tracción Mecánica.....</i>	33
2.5.2	<i>Ensayo de Compresión Mecánica</i>	34
2.5.3	<i>Ensayo de Corte Mecánico.....</i>	34
2.6	Normas técnicas ecuatorianas	35
2.7	Instalaciones Hidráulicas	38
2.7.1	<i>Válvulas de control.....</i>	39

2.7.2	<i>Cañerías de Cobre</i>	40
3.	IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA ANALÓGICO DIGITAL	42
3.1	Adecuación e instalación de los sensores para el sistema de adquisición de datos	42
3.1.1	<i>Selección e implementación de los transductores de presión</i>	42
3.1.2	<i>Instalación mecánica de los transductores de presión</i>	47
3.1.3	<i>Selección e implementación del sensor de desplazamiento</i>	48
3.2	Diseño y selección del circuito electrónico que permita transformar las señales analógicas a digitales	50
3.2.1	<i>Requerimientos para la selección del circuito electrónico</i>	51
3.2.2	<i>Selección de la adquisición de datos</i>	52
3.2.3	<i>Conexiones de los sensores a la DAQ USB 6211</i>	54
3.2.4	<i>Alimentación de los sensores seleccionados y de la tarjeta DAQ USB 6211</i>	55
3.3	Selección del programa para el diseño del software para la visualización de los resultados en un ordenador	56
3.3.1	<i>Programación para la visualización de los resultados en un ordenador</i>	57
3.3.2	<i>Adquisición de datos de los transductores de presión</i>	57
3.3.3	<i>Adquisición de datos del sensor ultrasónico</i>	62
3.3.4	<i>Programa para generar gráfica esfuerzo deformación</i>	65
3.4	Implementación del hardware y software en el sistema de transformación de señales.	66
4.	GUIA DE LABORATORIO ENSAYO TRACCIÓN Y FLEXIÓN, ANALISIS DE DATOS Y COSTOS	69
4.1	Ensayo Tracción	69
4.1.1	<i>Características del equipo</i>	69
4.1.2	<i>Instalación del equipo</i>	69
4.1.3	<i>Requisitos de operación</i>	70
4.1.4	<i>Instrucciones de operación</i>	70
4.1.5	<i>Análisis de datos</i>	72
4.1.6	<i>Con los datos obtenidos procedemos a graficar esfuerzo vs. Deformación</i>	73
4.1.7	<i>Con los datos obtenidos procedemos a graficar esfuerzo vs. Deformación</i>	74
4.2	Ensayo a flexión	75
4.2.1	<i>Características del equipo</i>	75
4.2.2	<i>Instalación del equipo</i>	75
4.2.3	<i>Requisitos de operación</i>	76
4.2.4	<i>Instrucciones de operación</i>	76
4.2.5	<i>Análisis de datos</i>	78

4.2.7	<i>Con los datos obtenidos procedemos a graficar esfuerzo vs. Deformación.</i>	79
4.3	Ensayo a compresión	79
4.3.1	<i>Vista General del Equipo.</i>	80
4.3.2	<i>Características del equipo.</i>	80
4.3.3	<i>Instalación del equipo</i>	80
4.3.4	<i>Requisitos de operación.</i>	80
4.3.5	<i>Instrucciones de operación.</i>	81
4.3.6	<i>Análisis de datos.</i>	83
4.3.7	<i>Con los datos obtenidos procedemos a graficar esfuerzo vs. Deformación.</i>	84
4.3.8	<i>Con los datos obtenidos procedemos a graficar esfuerzo vs. Deformación.</i>	85
4.4	Costos de Operación	85
4.4.1	<i>Costo de equipos electrónicos e hidráulicos.</i>	85
4.4.3	<i>Costo Total.</i>	87
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	88
5.1	<i>Conclusiones.</i>	88
5.2	<i>Recomendaciones</i>	88
6.	Bibliografía.	90

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1-2: Componentes de un sistema de medida.....	25
Figura 2-2: Clasificaciones y tipos de transductores.....	26
Figura 3-2: Componente de un transductor de presión	27
Figura 4-2: Resistencia de la señal mediante	27
Figura 5-2: Descripción de la función de un sensor ultrasónico.	28
Figura 6-2: Diversidad de NI DAQ.....	29
Figura 7-2: Máquina Universal Actual	29
Figura 8-2: Representación gráfica de la Máquina Universal.....	30
Figura 9-2: Controles de operación de la Máquina Universal.....	31
Figura 10-2: Válvulas hidráulicas	31
Figura 11-2: Diagrama Esfuerzo-Deformación (Aceros).....	33
Figura 12-2: Morfología de probeta para el ensayo de tracción: a) dimensiones originales; b) dimensiones durante el ensayo (etapa de deformación uniforme); c) dimensiones finales (morfología para aleaciones metálicas).....	33
Figura 13-2: Ensayo de Compresión de un Material.....	34
Figura 14-2: Ensayo de corte mecánico	35
Figura 15-2: Límite de fluencia superior en inferior en diferentes curvas.	37
Figura 16-2: Diseño de una probeta de tracción según ASTM E8.....	38
Figura 17-2: Válvula esférica 2 vías serie BBV 1/4in 500Bar.....	39
Figura 18-2: Características generales y aplicaciones de algunas válvulas de control.	40
Figura 19-2: Descripción gráfica de la cañería de cobre tipo L	41
Figura 1-3: Representación gráfica del transductor de presión Tel-tru.....	44
Figura 2-3: Representación gráfica del transductor de presión SICK.....	45
Figura 3-3: Representación gráfica del transductor de presión SAFE	46
Figura 4-3: Representación gráfica del transductor de presión WIKA.....	47
Figura 5-3: Representación gráfica de la configuración de los transductores de presión	47
Figura 6-3: Representación gráfica de la instalación de los transductores de presión	48
Figura 7-3: Representación gráfica de los pines de conexión.	48
Figura 8-3: Representación del sensor ultrasónico.	49
Figura 9-3: Representación gráfica del cable conector del sensor ultrasónico.	49
Figura 10-3: Representación gráfica de los pines de conexión.	50
Figura 11-3: Representación gráfica de los cables de conexión.	50
Figura 12-3: Representación gráfica de la señal emitida por DAQ.	51
Figura 13-3: Representación gráfica de la señal filtrada por la DAQ.....	51
Figura 14-3: Representación gráfica de la DAQ USB 6211 y la distribución de pines.	53

Figura 15-3: Representación gráfica de los circuitos eléctricos de los sensores.....	55
Figura 16-3: Representación gráfica de la conexión del transmisor de presión.....	56
Figura 17-3: Gráfica lineal Fuerza vs Corriente Sensor 1.....	58
Figura 18-3: Gráfica lineal Fuerza vs Corriente Sensor 2.....	59
Figura 19-3: Gráfica lineal Fuerza vs Corriente Sensor 3.....	59
Figura 20-3: Gráfica lineal Fuerza vs Corriente Sensor 4.....	60
Figura 21-3: Representación gráfica de la adquisición de los sensores en la DAQ.....	61
Figura 22-3: Representación gráfica de la programación de la adquisición de datos de los transductores de presión.....	62
Figura 23-3: Representación gráfica de la adquisición del sensor ultrasónico	64
Figura 24-3: Representación gráfica de la programación de la adquisición de datos del sensor ultrasónico.....	65
Figura 25-3: Representación gráfica de la programación para la gráfica esfuerzo deformación.....	65
Figura 26-3: Representación gráfica de la ubicación de las válvulas.....	66
Figura 27-3: Representación gráfica del puerto USB del computador.....	67
Figura 28-3: Representación gráfica de la instalación del sensor ultrasónico.....	67
Figura 29-3: Representación gráfica del puerto USB del computador.....	68
Figura 30-3: Representación gráfica del logotipo del software LabVIEW.....	68
Figura 1-4: Vista general del equipo.....	69
Figura 2-4: Puesta en marcha del equipo.....	70
Figura 3-4: Selección de acoples.....	70
Figura 4-4: Inicio del proceso	71
Figura 5-4: Ensayo de tracción	71
Figura 6-4: Esfuerzo vs Deformación Unitaria.....	73
Figura 7-4: Esfuerzo vs Deformación	74
Figura 8-4: Vista General del Equipo	75
Figura 9-4: Instalación del banco de apoyos y probetas	76
Figura 10-4: Inicio del proceso	77
Figura 11-4: Ensayo de flexión.....	77
Figura 12-4: Esfuerzo vs. Deformación	79
Figura 13-4: Esfuerzo vs. Deformación	80
Figura 14-4: Instalación del banco de apoyos y probetas	81
Figura 15-4: Inicio del proceso	82
Figura 16-4: Ensayo a compresión.....	82
Figura 17-4: Esfuerzo vs deformación unitaria.....	84
Figura 18-4: Esfuerzo vs. Deformación	85

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2-1	27
Ecuación 2-2	32
Ecuación 3-2	32
Ecuación 4-2	33
Ecuación 1-3	42
Ecuación 2-3	43
Ecuación 3-3	43
Ecuación 4-3	44
Ecuación 5-3	45
Ecuación 6-3	46
Ecuación 7-3	52
Ecuación 8-3	52
Ecuación 9-3	52
Ecuación 10-3	52
Ecuación 11-3	52
Ecuación 12-3	53
Ecuación 13-3	53
Ecuación 14-3	54
Ecuación 15-3	54
Ecuación 16-3	54
Ecuación 17-3	54
Ecuación 18-3	56
Ecuación 19-3	63
Ecuación 20-3	63
Ecuación 21-3	64

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A:** Especificaciones de las dimensiones de probetas a tracción según ASTM E8
- ANEXO B:** Especificaciones de las válvulas de esfera serie BBV
- ANEXO C:** Especificaciones de las cañerías de cobre tipo L
- ANEXO D:** Especificaciones de la manguera hidráulica DN 06 ¼ in 400Bar
- ANEXO E:** Especificaciones del sensor Tel-tru, serie P111
- ANEXO F:** Especificaciones del sensor marca SICK, serie PBT
- ANEXO G:** Especificaciones del sensor SAFE GAUGE
- ANEXO H:** Especificaciones del sensor WIKA, modelo A-10
- ANEXO I:** Especificaciones del sensor ultrasónico metálico M18, modelo UB800-18GM40-I-V1, marca PEPPERL+FUCHS(ALEMÁN)
- ANEXO J:** Especificaciones básicas de la DAQ 6211
- ANEXO K:** Especificación del plano de la cañería de cobre junto con las válvulas y sensores.
- ANEXO L:** Especificación de la ubicación de los sensores en la máquina universal.
- ANEXO M:** Propiedades mecánicas del acero AISI 4340 según la ficha técnica de SACK.
- ANEXO N:** Tablas realizadas en el proceso

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en mejorar la medición de datos de la máquina universal de ensayos mediante la curva Esfuerzo-Deformación, por lo cual para la implementación del sistema electrónico-informático proyectado se aplicará el siguiente procedimiento: se ejecutará un proceso de diagnóstico del funcionamiento respectivo de la Máquina Universal y el rango de medición, seguidamente un estudio del transductor de presión y su señal correspondiente. Se diseñará, implementará y seleccionará un circuito de acondicionamiento de cuatro señales mediante transmisores de presión a diferentes rangos de medición y un sensor ultrasónico para posicionar la distancia de la plataforma inferior con la base, logrando en este punto la transformación de las señales analógicas a digitales. Respecto al diseño del software para la adquisición de datos se empleará el programa LabVIEW, debido a que presenta mejores opciones en aplicaciones mecánicas y facilidad de programación. El software instalado permitirá la deducción, almacenamiento y visualización de la curva esfuerzo-deformación unitaria de los diferentes tipos de señales digitales procedentes de las pruebas realizadas en la máquina con las cuatro escalas de presión de trabajo que tiene la máquina universal, de ahí la necesidad de que el rango de medición sea mejorada, para que el proceso de toma de datos brinde mejores ventajas, como: la recolección y procesamiento de gran cantidad de datos, encerrar los datos de posición del émbolo y precisión en los resultados. Se detallará una guía de laboratorio de los ensayos de tracción y flexión obteniendo los resultados de la repotenciación final de los sensores. Esto ayudará al usuario a ejecutar el respectivo funcionamiento del software.

Palabras clave: <TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA MECÁNICA>, <MÁQUINA UNIVERSAL>, <ELECTRÓNICO - INFORMÁTICO>, <ESFUERZO - DEFORMACIÓN>, <TRASMISORES DE PRESIÓN>, <ANALÓGICAS>, <LABVIEW>, <TRACCIÓN>, <FLEXIÓN>.

ABSTRACT

The current degree work consists of improving the data measurement of the universal testing machine through the Effort-Deformation curve, for which the following procedure will be applied for the implementation of the projected electronic-computer system: a diagnostic process will be executed with the respective operation of the Universal Machine and the measuring range, then a study of the pressure transducer and its corresponding signal. A conditioning circuit of four signals will be designed, implemented and selected by means of pressure transmitters at different measurement ranges and an ultrasonic sensor to position the distance of the lower platform with the base, achieving at this point the transformation of the digital-analog signals. Regarding the design of the software for the acquisition of data, the LabVIEW program will be used, since it presents better options in mechanical applications and ease of programming. The installed software will allow the deduction, storage and visualization of the Unitarian Effort-Deformation curve of the different types of digital signals from the tests carried out on the machine with the four working pressure scales that the universal machine has, hence the need that the measuring range is improved, so that the data collection process offers better advantages, such as the collection and processing of a large amount of data, to zero the position data of the plunger and precision in the results. A laboratory guide for tensile and bending tests will be detailed, obtaining the results of the final repowering of the sensors. This will help the user to execute the respective functioning of the software.

Keywords: <TECHNOLOGIES AND SCIENCES OF ENGINEERING>, <MECHANICAL ENGINEERING>, <UNIVERSAL MACHINE>, <ELECTRO - INFORMATICO>, <EFFORT-DEFORMATION>, <PRESSURE TRANSMISSION>, <ANALOGS>, <LABVIEW>, < TRACTION>, <FLEXION>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes.

La máquina universal del laboratorio de Resistencia de Materiales de la facultad de mecánica fue implementada desde sus inicios en conjunto con la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la ciudad de Riobamba.

La máquina universal tiene un funcionamiento similar al de una prensa, la misma que sirve para ensayar materiales a distintas cargas que generan esfuerzos, los mismos que son calculados y procesados en el sistema de adquisición de datos implementado en el año 2010.

Actualmente los ensayos efectuados se realizan con cargas a diferentes escalas de 2000 Kgf, 10 000 Kgf, 50 000 Kgf y 100 000 Kgf que son previamente seleccionados por el operador responsable. Estas escalas son medidas por un solo sensor de presión de 6 bares que trabaja en una sola escala de 10000 Kgf, puesto que anteriormente el sensor de fábrica de la maquina se descalibró totalmente por los años de uso y fue reemplazado por un transductor de presión de 4 bares que envía señal eléctrica de 4 a 20mA.

La máquina universal tiene una calibración INEN del año 2010, la misma que no ha sido actualizada hasta la fecha, de allí se planteó nuestro objetivo de repotenciar dicha máquina implementando nuevos dispositivos de medición.

1.2 Problema

Los estudiantes de la Facultad de Mecánica se perjudican porque están limitados hacer ensayos con materiales que pesen máximo hasta 10000 kgf y a la vez la versatilidad del transductor de presión no permite realizar ensayos menores. La máquina por sus años de adquisición está retrasada en comparación a tecnologías de otras máquinas actuales que dentro del mercado tienen un precio muy elevado, dicho esto surge la necesidad de mejorar la adquisición de datos a la máquina universal del laboratorio de resistencia de materiales. Cabe tomar en cuenta que la máquina universal ya ha cumplido su vida útil lo cual podrá afectar la información de los datos en un ensayo si se explota la maquina en los siguientes años.

1.3 Justificación

1.3.1 *Justificación teórica*

La importancia de conocer las propiedades de los materiales que están sometidos a cargas y esfuerzos es necesario para el diseño confiable de estructuras y elementos mecánicos, y esto se lo puede obtener con la herramienta de la máquina universal, indispensable en la carrera de ingeniería mecánica. También es necesaria para la renovación y la implementación de materiales con sus respectivos ensayos de tensión, flexión y corte.

1.3.2 *Justificación metodológica*

El mejoramiento de la adquisición de datos, así como también la variación de transferencia de datos son los principales inconvenientes del porqué esta máquina no ha sido acreditada anteriormente.

1.3.3 *Justificación práctica*

Una certificación del INEN requiere el funcionamiento óptimo de todos los rangos de esfuerzos, precisión en el control y medida a través de un sistema de control por ordenador, los mismos que necesitan una programación complementaria para los estudiantes de Ing. Mecánica.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Implementar cuatro transmisores de presión y programar un software informático para corregir los rangos de medición de la curva ESFUERZO-DEFORMACION para encontrar las propiedades mecánicas de los materiales.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Diseñar y seleccionar el circuito electrónico que permita transformar las cuatro señales analógicas a digitales.
- Diseñar y programar un software actualizado para la visualización de los resultados en un ordenador.

- Realizar los ensayos de tracción, compresión, flexión y corte en probetas normalizadas utilizando el sistema electrónico-informático instalado.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL DE LA REPOTENCIACIÓN, MANTENIMIENTO E INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA.

El presente capítulo tiene como objetivo el estudio de toda la información accesible al público referente a la repotenciación, tecnologías de medición y adquisición, con el propósito de determinar parámetros adecuados mediante la red de campo y supervisión en los cuales cumplirán con el objetivo planteado en este trabajo.

2.1 Repotenciación

La repotenciación tanto mecánica como electrónica de una maquina consiste en restablecer e incluso implementar a las prestaciones originales del mismo equipo, con el objetivo de mejorar e impulsar la productividad y calidad dentro de las industrias, ya que es una exigencia actual producir más rápido los productos y así garantizar un mejor ahorro al presupuesto de la misma industria y ser más competitivo dentro del campo industrial.

2.1.1 *Mantenimiento*

El mantenimiento es uno de los servicios más vitales de una maquina lo cual garantiza extender la vida útil con el objetivo de tener un rendimiento óptimo y a la vez reduciendo el número de fallas. Esto llega a realizarse cuando se emplea el seguimiento del manual de uso de la máquina con sus respectivas recomendaciones el cual el operario presta el servicio de hacer un seguimiento planificado a la máquina con el objetivo de realizar un mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

2.2 Instrumentación electrónica y sistema de medición

La tecnología actualizada de los semiconductores que permiten tener una mejor precisión en las mediciones y además que incluyen algún tipo de “inteligencia” en los transductores. Ejemplos de estos microcontroladores son (MCUs o μ Cs), 'Digital Signal Processors' (DSPs), ASICs y FPGAs, aunque estos están más destinados a aplicaciones de instrumentación y control. Otras tecnologías son capaces de integrar todo en uno (sensor + inteligencia) dentro de un único

encapsulado (integración monolítica), generando los llamados sensores inteligentes (o 'smart sensors'). Todo esto permite el desarrollo de un Sistema de Adquisición de Datos (DAS) con excelentes prestaciones y de forma eficaz. Este sistema aplica abiertamente en tareas como la medida de parámetros y el control de sistemas analógico-digital. En la actualidad, el uso de sistemas digitales para analizar/procesar señales analógicas está muy extendido. Esto es debido a diversas ventajas que presentan: bajo coste, mayor precisión, facilidad de implementación, etc. El uso de microcontroladores (μC) o microprocesadores (μP) es muy común dentro de las industrias para el control de procesos de control y medición. Tales campos como la industria alimenticia, del papel, textil, químicas, etc. (Bosch & Carmona, 2012, p. 6)

2.2.1 Componentes de un sistema de medida

Los componentes de un sistema de medida (figura 1-2) es una breve representación sobre los parámetros que se deben tomar en cuenta para determinar cuáles son los instrumentos de entrada y salida tanto como analógicas y digitales.

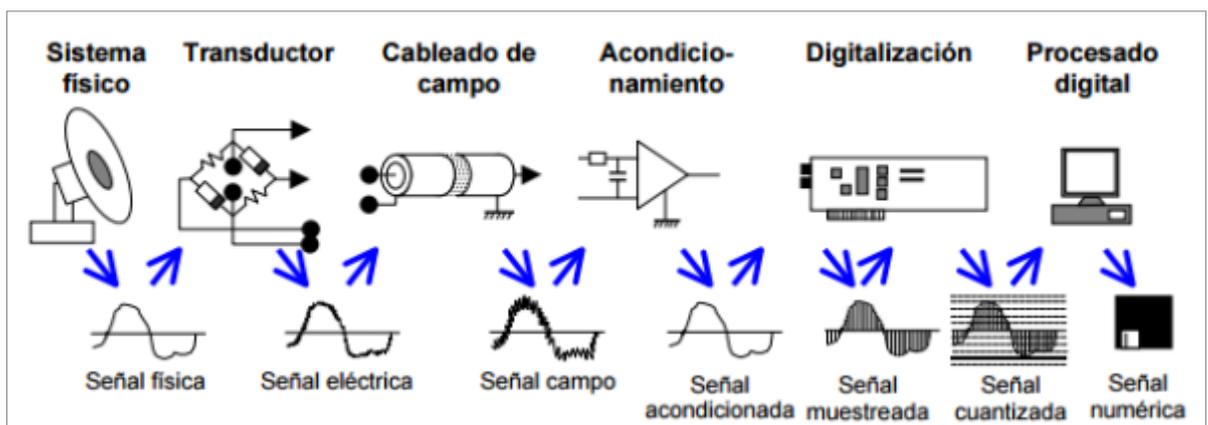


Figura 1-2: Componentes de un sistema de medida

Fuente: https://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion_5_it/iec_1.pdf

2.2.2 Transductores y sus características

Los sensores de presión son muy habituales en cualquier proceso industrial o procesos de ensayo. Su objetivo es transformar una magnitud física en una eléctrica, en este caso transforman una fuerza por unidad de superficie en un voltaje equivalente a esa presión ejercida.

A continuación, podremos ver mediante un diagrama el tipo de sensores y la clasificación de medición el cual describe la magnitud que mide:

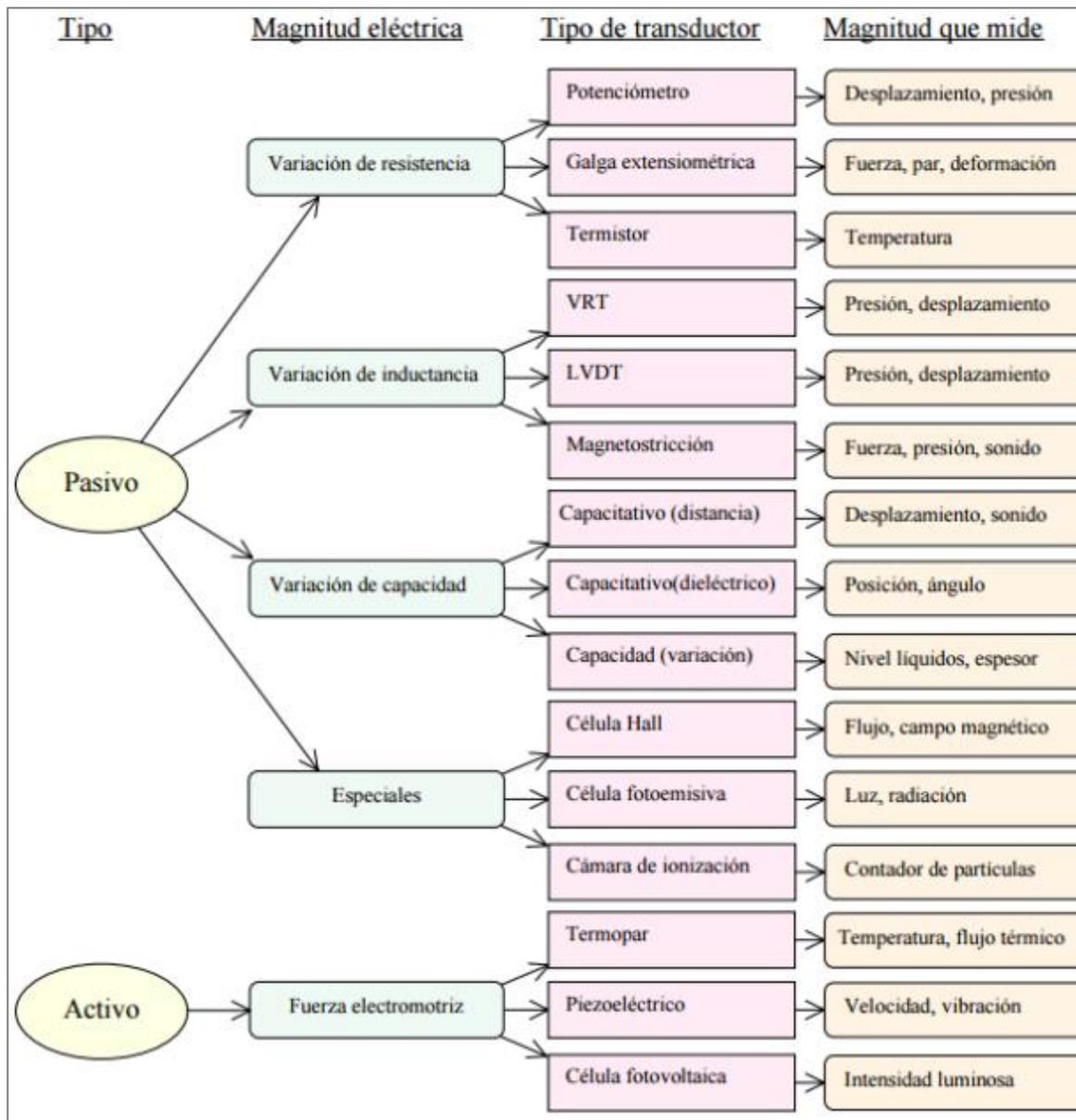


Figura 2-2: Clasificaciones y tipos de transductores

Fuente: https://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion_5_it/iec_1.pdf

2.2.3 Transductor de presión

Un transductor de presión tiene la finalidad de convertir la presión que es una señal de magnitud física a una señal eléctrica analógica y los más genéricos son los transductores de tipo extensiométricos.

La siguiente representación del sensor (figura 3-2) nos indica los componentes del transductor de presión:

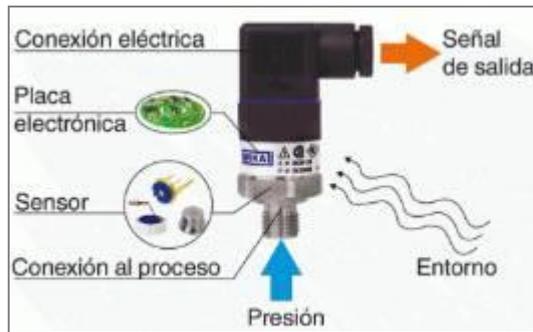


Figura 3-2: Componente de un transductor de presión

Fuente: <http://www.bloginstrumentacion.com/productos/como-funciona-un-transmisor-de-presion/>

2.2.4 Tipo de señales de un transductor de presión

Los transductores por lo general están basados en los detectores inductivos, o utilizando transformadores diferenciales que convierten la señal de la variable física a una señal electrónica analógica de 4-20 miliamperios (mA) c.c. Su precisión es del orden del $\pm 0,5\%$.

Un transmisor electrónico se alimenta de una fuente de 24 voltios (V) c.e. y un circuito de dos hilos. El receptor dispone de una resistencia de 250 ohmios (ohms) conectada a los bornes de entrada. De esta manera, si la señal de salida del transmisor varía de 4mA c.c. a 20 mA c.c., se obtienen las siguientes tensiones en los bornes de entrada al receptor:

Ecuación 2-1

$$250 \text{ ohmios} \times 4 \text{ mA c.c.} = 1000 \text{ mili-voltios (mV)} = 1 \text{ V}$$

$$250 \text{ ohmios} \times 20 \text{ mA c.c.} = 5000 \text{ mili-voltios (mV)} = 5 \text{ V}$$

Quiere decir que del voltaje de 1 V c.c. a 5 V c.c. no se perderá tensión en la línea, ya que la resistencia de 250 ohms está conectada en la entrada del receptor. (Creus Solé, 2011, p. 65)

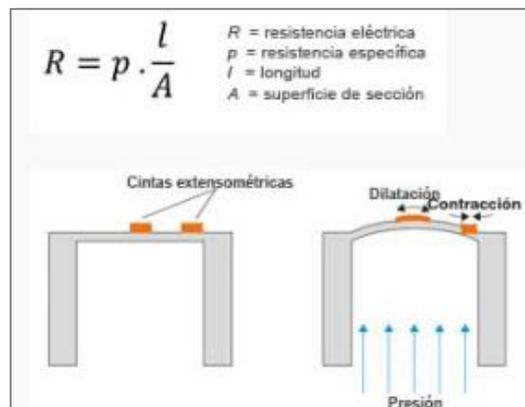


Figura 4-2: Resistencia de la señal mediante un conductor eléctrico

Fuente: <http://www.bloginstrumentacion.com/productos/como-funciona-un-transmisor-de-presion/>

2.2.5 Sensor ultrasónico

Como su nombre lo indica, los sensores ultrasónicos miden la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas. El cabezal emite una onda ultrasónica y recibe la onda reflejada que retorna desde el objeto. Los sensores ultrasónicos miden la distancia al objeto contando el tiempo entre la emisión y la recepción.

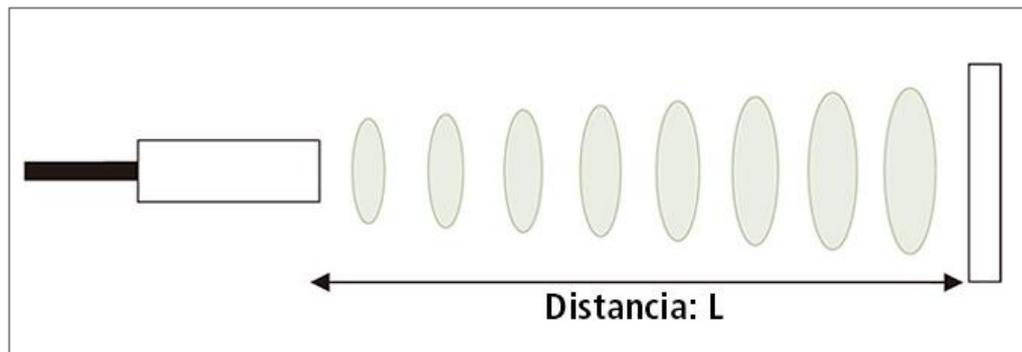


Figura 5-2: Descripción de la función de un sensor ultrasónico.

Fuente: <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info/>

Un sensor óptico tiene un transmisor y receptor, mientras que un sensor ultrasónico utiliza un elemento ultrasónico único, tanto para la emisión como la recepción. En un sensor ultrasónico de modelo reflectivo, un solo oscilador emite y recibe las ondas ultrasónicas, alternativamente. Esto permite la miniaturización del cabezal del sensor.

2.2.6 Tarjeta de adquisición de datos (DAQ)

Es un dispositivo que recolecta automáticamente los datos provenientes de instrumentos electrónicos tales como los sensores y dispositivos de medición dentro del campo industrial o en laboratorios.

Este dispositivo actúa como intermediario entre la recepción del acondicionamiento de la señal analógica y la transferencia de datos de señal eléctrica mediante un bus a la PC. En pocas palabras la adquisición de datos (DAQ) vendría a ser un hardware externo. La tarjeta de adquisición de datos tiene la ventaja de poder receptor y convertir las medidas analógicas a digitales lo cual tiene fácil acceso a las licencias del programa Labview. (©, 2018)

2.2.7 Tipos de DAQ

Se podrá apreciar una clasificación de la variedad de productos que ofrece NV Instruments para lo que es adquisición y almacenamiento de datos.

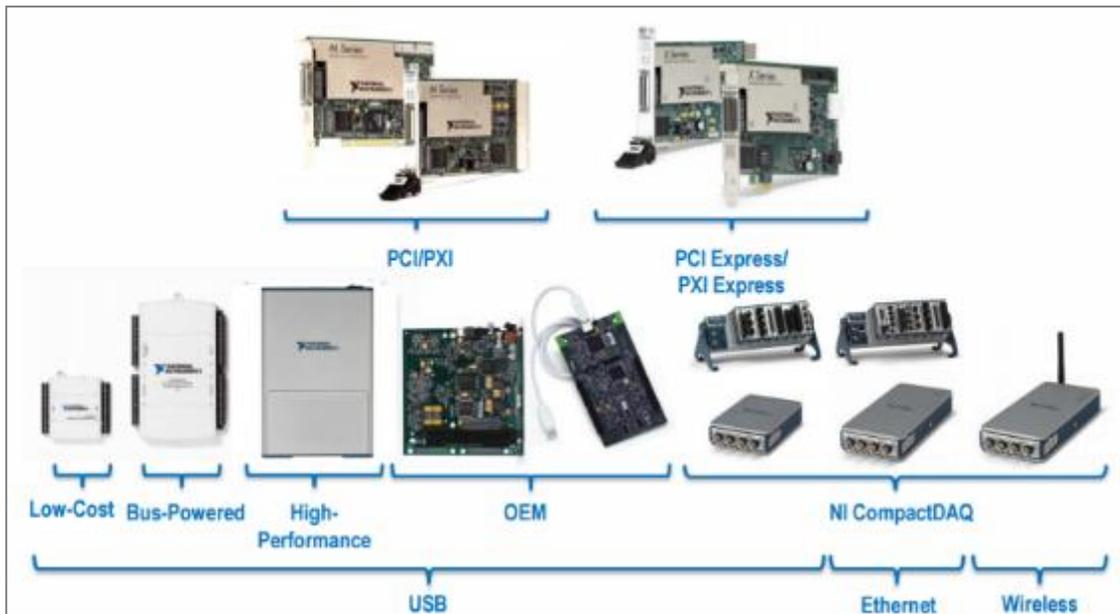


Figura 6-2: Diversidad de NI DAQ

Fuente: ftp://ftp.ni.com/pub/branches/spain/eventos/multimedia/fundamentos_tecnologia_adquisicion_datos.pdf

Luego de observar la diversa variedad del mercado NI DAQ, hemos analizado que la Bus-Powered es la que tiene conexión puerto USB para así facilitar su programación e implementación de equipos de medición y adquisición en una computadora.

2.3 Máquina Universal

La Máquina Universal (ver fig. 6-2) constituye un émbolo que actúa como prensa hidráulica, con la que es posible someter diferentes tipos de materiales a ensayos mecánicos. Esta máquina es ampliamente utilizada con la finalidad de caracterizar nuevos materiales.



Figura 7-2: Máquina Universal Actual

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

2.3.1 Principio de Operación

Todas las cargas y precargas de prueba son aplicadas por el movimiento hacia arriba del pistón

siendo impulsado hidráulicamente. Las válvulas giratorias de carga y descarga controlan el porcentaje de carga y descarga por la regulación del flujo de aceite desde el motor hidráulico montada en la unidad de potencia hidráulica al cilindro hidráulico bajo el tablero de peso. El tablero de peso está conformado por un cabezal superior y un cabezal inferior. (Ver fig. 8-2)

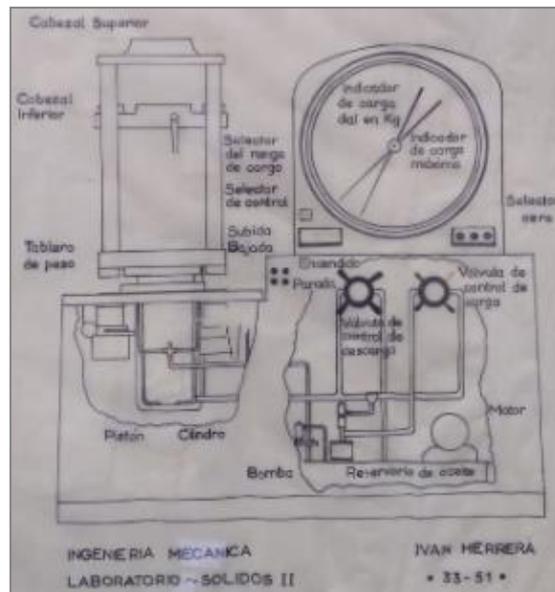


Figura 8-2: Representación gráfica de la Máquina Universal
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

- Los ensayos de compresión, flexión y corte se realizan entre el área del cabezal inferior y el cabezal eléctrico ajustable mediante los pulsadores de raise y down.
- El ensayo de tracción se realiza entre el área del cabezal superior y el cabezal eléctrico ajustable mediante los pulsadores de raise y down.
- El cabezal eléctrico ajustable, el cual es manejado por un motor eléctrico, permanecerá fijo durante la prueba. Su juego de ajuste es usado solamente para administrar los cambios en la longitud y sección de diferentes probetas, uso de diferentes herramientas, etc., y no se usa para ejercer fuerza o aplicar precargas.
- El sistema hidráulico está equipado con un motor hidráulico la cual impulsa al émbolo. Un final de carrera mecánico del pistón está provisto para detener el pistón aproximadamente a ½ pulgada desde la base al émbolo, así se mantiene el pistón flotando en aceite hidráulico y en posición para el siguiente ensayo.

2.3.2 Controles de Operación

1. *Switch eléctrico On-Off:* energiza totalmente la máquina tanto los contactores y pulsadores del motor hidráulico y el motor eléctrico del cabezal superior.

2. *Botones de arranque y parada*: arrancan y paran el motor que impulsa la bomba hidráulica.
3. *Botones de subida y bajada*: controla el motor que impulsa el cabezal eléctrico ajustable. Esto permite abrir el área de prueba entre el cabezal ajustable y el tablero de peso.
4. *Indicador de carga máxima*: conserva la máxima carga durante la prueba.
5. *Manivelas giratorias manuales de carga y descarga*: usadas para variar la velocidad de aplicación de carga del aceite hidráulico. (Ver fig. 9-2).



Figura 9-2: Controles de operación de la Máquina Universal
Realizada por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

6. *Válvulas hidráulicas*: utilizadas para controlar el flujo hidráulico en los transductores de presión mediante los ensayos en diferentes escalas de fuerza. Se bloquea el flujo en sentido horario y para que vuelva a fluir se abre en sentido anti horario de manera que la manivela este horizontal. (ver fig. 10-2).



Figura 10-2: Válvulas hidráulicas
Realizada por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

7. Los finales de carrera tienen un vástago el cual son accionados a medida que avanza el émbolo, se debe tomar en cuenta que dicho vástago está señalado para poder poner en posición el émbolo y realizar los ensayos. Dicho esto se debe verificar si el sensor ultrasónico esté prendido mediante una luz naranja, eso garantizará que está activado y en posición para adquirir datos. (Colcha

2.4 Esfuerzo-Deformación

2.4.1 Esfuerzo

El esfuerzo es la resistencia interna dada por una unidad de área del material del cual está fabricado un miembro a una carga aplicada externamente. (Hibbeler, 2006, p. 25)

Ecuación 2-2

$$\text{Esfuerzo } (\sigma) = \frac{\text{Fuerza aplicada}}{\text{Área sobre la cual se aplica la fuerza}}$$

2.4.2 Deformación

Se define como la relación existente entre la deformación total y la longitud inicial del elemento. (Hibbeler, 2006, p. 70)

Ecuación 3-2

$$\text{Deformación unitaria } (\varepsilon) = \frac{\text{Deformación total } (\delta)}{\text{Longitud inicial } (L)}$$

2.4.3 Diagrama Esfuerzo- Deformación

A continuación, se puede apreciar el diagrama típico de esfuerzo- deformación unitaria para el acero, el cual se demuestra que el esfuerzo aparente se calcula al dividir la carga entre el área de la sección transversal original de una barra de prueba. Después de que se alcanza el máximo de la curva hay un decremento notable del diámetro de la barra, cual se llama deformación de cuello. Así, la carga actúa sobre un área menor, y el esfuerzo real continúa aumentando hasta la ruptura. (Mott, 2006)

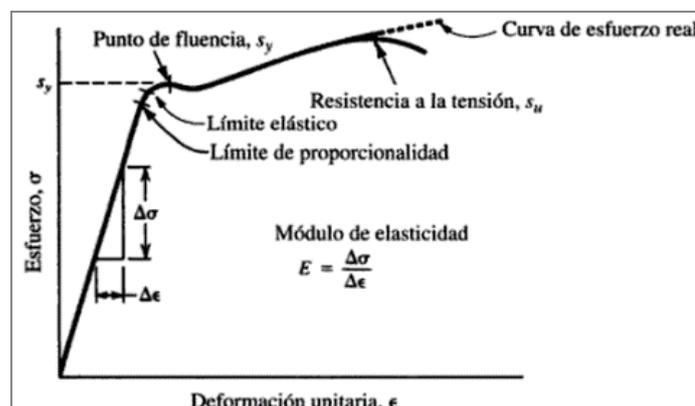


Figura 11-2: Diagrama Esfuerzo-Deformación (Aceros)
Fuente: https://books.google.com.ec/books?id=nrYd_BjTL0UC&pg=PA34&

2.5 Ensayos Mecánicos a Materiales

2.5.1 Ensayo de Tracción Mecánica

Este ensayo es uno de los más importantes y proporciona la información más completa del comportamiento mecánico que se espera de un material sometido a un estado de tensión uniaxial. Durante el ensayo se ejerce una tensión uniaxial ascendente a una velocidad moderada. A la vez que obtiene un alargamiento y una ponencia que experimenta el material hasta el momento en el que se produce la rotura total. Antes de realizar el ensayo de tracción, elegir la morfología y dimensiones de la probeta de ensayo. Tomar en cuenta que el tipo de probeta (Ver fig.12-2) debe tener dimensiones normalizadas a las que cabe denotar: l_0 -longitud inicial, d_0 -diámetro inicial, A_0 -sección inicial.

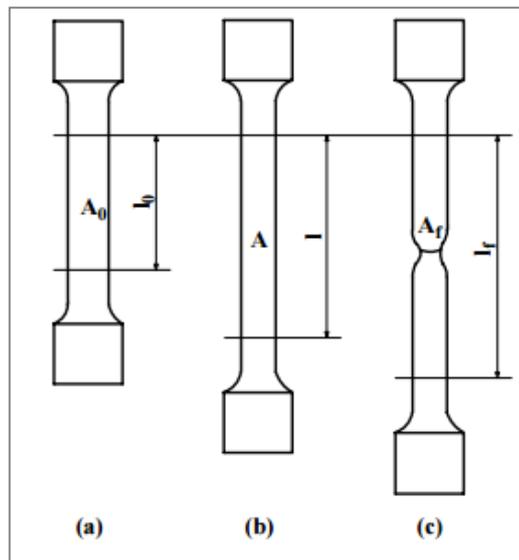


Figura 12-2: Morfología de probeta para el ensayo de tracción

Realizada por: (Nuñez, et al., 2011, p. 5)

Porcentaje de Alargamiento. - Es el porcentaje que tiene la probeta luego de ser sometida a tracción su medición se la realiza entre dos puntos y es expresada en tanto por ciento. (Nuñez, et al., 2011, pp. 3-4)

Ecuación 4-2

$$\% \text{ Alargamiento} = \frac{l_f - l_0}{l_f}$$

l_f - Longitud final de la probeta después del ensayo

lo- Longitud inicial de la probeta antes del ensayo

2.5.2 Ensayo de Compresión Mecánica

Los ensayos de compresión-deformación se llevan a cabo si las fuerzas que operan en servicio son de este tipo. Un ensayo de compresión se ejecuta de forma similar a un ensayo de tracción, excepto que la fuerza es compresiva y la probeta se contrae a lo largo de la dirección de la fuerza. Una fuerza de compresión se considera negativa y, por tanto, produce un esfuerzo negativo (Ver fig.13-2). (Callister , 1995, p. 117)

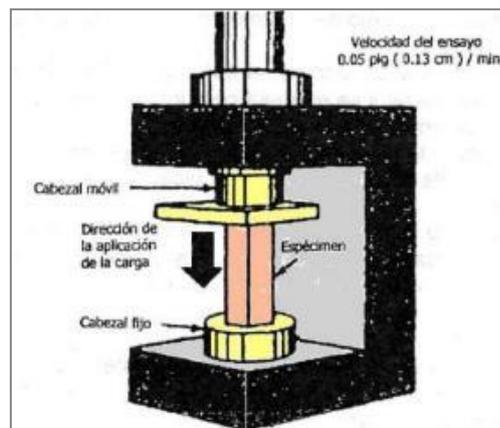


Figura 13-2: Ensayo de Compresión

Fuente:<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/propiedades-mecanicas.html>

2.5.3 Ensayo de Corte Mecánico

El esfuerzo de corte se distingue de los esfuerzos de tensión y de compresión por la forma en la que se aplica la carga en el plano, mientras que los esfuerzos de tensión y compresión actúan perpendicular al plano el esfuerzo de corte actúa de forma paralela al plano.

Debido a que el ensayo de corte tiene poca aplicación práctica, rara vez se lo solicita en las especificaciones, ya que no permite deducir características mecánicas de importancia en el material que se ensaya (Ver fig.14). (Rodríguez, 2008)

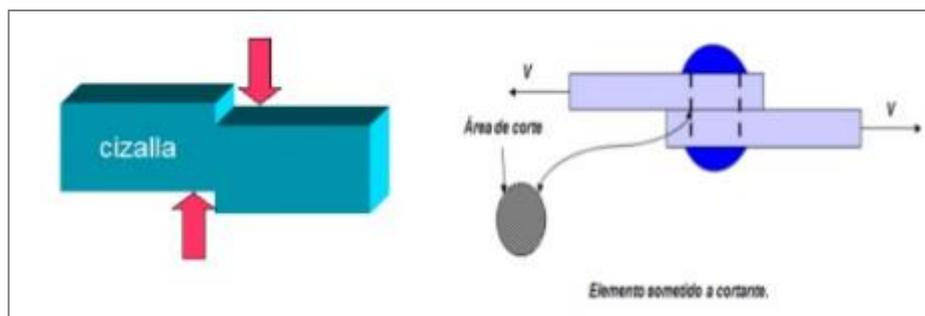


Figura 14-2: Ensayo de corte mecánico

Fuente: <https://es.slideshare.net/Eliomar15/eliomar-herandez-esfuerzo-y-deformacion>

2.6 Normas técnicas ecuatorianas

La actual normativa indica las dimensiones permisibles de las probetas, el procedimiento adecuado de cada ensayo y los instrumentos de medición que se debe utilizar, así como el método de los datos que debe realizarse. Las normas técnicas se basan en estudios ya realizados y tienen como finalidad normalizar un procedimiento de con un objetivo determinado, obligando a las personas a seguir lo establecido. Las normas técnicas que en el Ecuador están vigentes y estas son las normas técnicas INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), tienen como objetivo establecer el método para los ensayos de tracción. Para el ensayo de tracción del acero, existen varias: (INEN, 2017, pp. 1-5)

NTE INEN 6892-1:2017, ENSAYO DE TRACCIÓN – PARTE 1: METODO DE ENSAYO A TEMPERATURA AMBIENTE.

Esta norma determina el método para el ensayo de tracción de materiales metálicos y define las propiedades mecánicas que se pueden determinar a temperatura ambiente. Se aplica al ensayo de tracción de todos los productos de acero de sección transversal constante. Para ciertos materiales metálicos y aplicaciones particulares, el ensayo de tracción debe estar sujeto a normas específicas o exigencias particulares.

El ensayo comprende el estiramiento de una probeta por una fuerza axial de tracción proporcional a sus dimensiones, mediante una máquina para ensayo de tracción para establecer durante su deformación una o más características mecánicas. El ensayo se llevará a cabo a temperatura ambiente comprendida entre + 10°C y + 35°C, a menos que se especifique de otra manera.

En esta norma se aplican las siguientes definiciones:

- *Longitud calibrada (L)*. Es la longitud de la sección cilíndrica o prismática de la probeta de ensayo en la que se va a medir la elongación en cualquier momento durante el ensayo.
- *Longitud calibrada inicial (Lo)*. Longitud previamente calibrada antes de la aplicación de la carga.
- *Longitud calibrada final (Lu)*. Es la longitud calibrada después de la rotura de la probeta ensayo.

- *Longitud paralela (L_c):* Se refiere a la longitud de la sección reducida paralela de la probeta de ensayo.
- *Elongación:* Es el incremento de la longitud calibrada inicial (L_0) en cualquier instante del ensayo. Dentro de este parámetro hay que tomar en cuenta los siguientes términos: Porcentaje de elongación, porcentaje de elongación permanente, porcentaje de elongación después de la rotura, porcentaje de elongación total a la rotura, porcentaje de elongación al esfuerzo máximo.
- *Longitud calibrada del extensómetro (L_e):* Es la longitud de la sección paralela de la probeta de ensayo usada para la medición del alargamiento por medio de un extensómetro.
- *Extensión:* Incremento de la longitud calibrada (L_e) del extensómetro en un momento dado del ensayo. Dentro de este parámetro hay que tomar en cuenta los siguientes términos: porcentaje permanente de extensión y el porcentaje de extensión en el límite de fluencia.
- *Porcentaje de reducción de área (Z):* Cambio máximo en el área de la sección transversal que ha ocurrido durante el ensayo ($S_0 - S_u$) expresado como un porcentaje del área de la sección transversal inicial (S_0).
- *Carga máxima (F_m):* Es la carga más alta que ha resistido la probeta durante el ensayo, una vez que ha sido superado el límite de fluencia. Para materiales que no presentan puntos de fluencia este es el máximo valor durante el ensayo.
- *Esfuerzo:* Carga en cualquier momento del ensayo dividida por el área de la sección transversal inicial (S_0) de la probeta de ensayo.
- *Resistencia a la tracción (R_m):* Esfuerzo correspondiente a la carga máxima (F_m).
- *Resistencia a la fluencia (límite de fluencia):* Se produce cuando el material metálico muestra un fenómeno de fluencia, se alcanza un punto durante el ensayo en el cual la deformación plástica se produce sin ningún incremento en la carga. Se definen dos tipos de fluencia: Límite de fluencia superior, valor del esfuerzo en el momento en que se

observa el primer decrecimiento de la carga y Límite de fluencia inferior, valor más bajo del esfuerzo en el campo plástico (ver fig. 15-2).

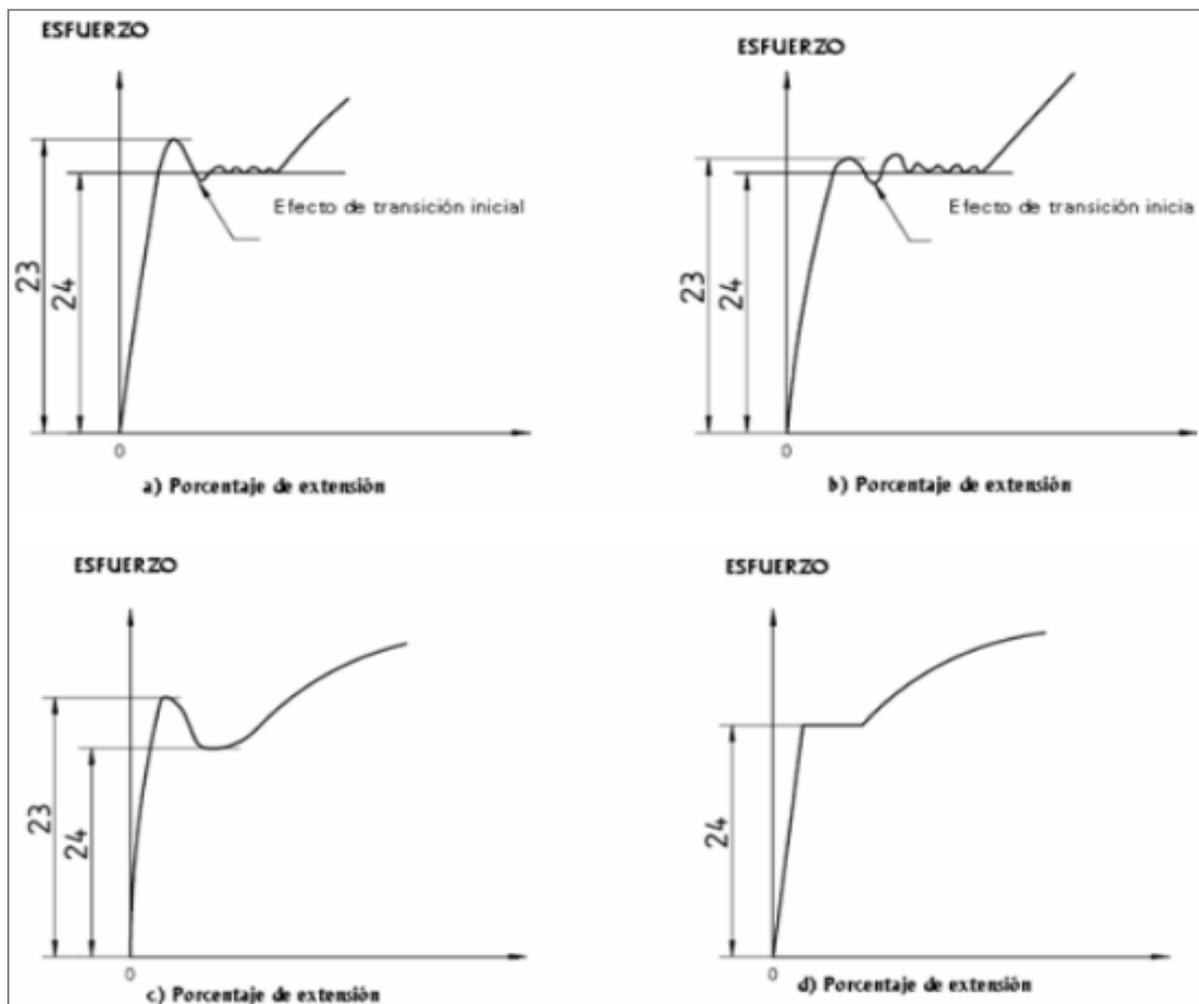


Figura 15-2: Límite de fluencia superior e inferior en diferentes curvas.
Fuente: (INEN, 2017)

- *Esfuerzo de prueba con alargamiento no proporcional (R_p):* El esfuerzo al cual la extensión no proporcional es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e).
- *Esfuerzo de prueba con extensión total (R_t):* El esfuerzo al cual la extensión total (extensión elástica más extensión plástica) es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e).

En el contenido de esta norma se utilizarán los símbolos y sus correspondientes designaciones, las mismas que se establecerán en la tabla 1-2 ubicada en anexos. (INEN, 2017, pp. 1-5)

NTE INEN-ISO 377:2013, ACERO Y PRODUCTOS DE ACERO - LOCALIZACIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS Y PROBETAS PARA ENSAYOS MECÁNICOS.

Esta Norma detalla requisitos para la identificación, ubicación, preparación de muestras y probetas destinadas para ensayos mecánicos en secciones de acero, barras, varillas, productos planos y productos tubulares, como se define en la ISO 6892. No es aplicable para ensayos no destructivos.

Esta norma no es aplicable para ensayos no destructivos, pero si para muestras y probetas que son para el uso en pruebas que se llevan a cabo de conformidad con los métodos especificadas en el producto o en la norma del material o, en la ausencia de esto, en la norma de ensayo. (INEN, 2015, pp. 3-5).

ASTM E8: MÉTODOS DE ENSAYO ESTÁNDAR SOBRE MATERIALES METÁLICOS.

“*Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*”. Estos métodos de prueba cubren las pruebas de tensión de metales materiales en cualquier forma a temperatura ambiente, específicamente, el método de determinación del límite elástico, alargamiento del punto de fluencia, resistencia a la tracción, elongación y reducción del área. Se requieren las longitudes de calibre para la mayoría de las muestras redondas ser 4D para E8 y 5D para E8M. La longitud del calibre es la más diferencia significativa entre las muestras de prueba E8 y E8M. La temperatura ambiente se considerará de 10 a 38 °C [50 a 100 °F] a menos que se especifique lo contrario. (ASTME8/E8M, 2013)

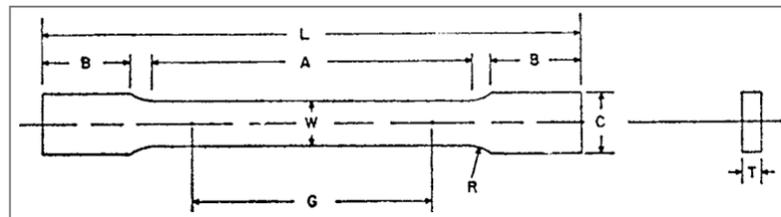


Figura 16-2: Diseño de una probeta de tracción según ASTM E8

Fuente: <http://www.galvanizeit.com/uploads/ASTM-E-8-yr-13.pdf>

Las dimensiones para mecanizar una probeta a tracción de acuerdo al diámetro que se quiere realizar el ensayo están en el anexo A.

2.7 Instalaciones Hidráulicas

El estado y el movimiento de diferentes volúmenes de fluido se podrán determinar utilizando los fundamentos básicos de la conservación de la masa, de la cantidad de movimiento y de la energía, para condicionar su contorno y el valor inicial determinadamente, y considerando las ecuaciones constitutivas y de estado. Dicho esto, es posible formular en gran parte los problemas dinámicos de la mecánica de fluidos con los principios básicos y sus respectivas ecuaciones, las soluciones

correspondientes a las ecuaciones de Navier-Stokes que son pocas y corresponden a casos muy simples o para los que se han determinado una serie de hipótesis que nos reflejan en muchos casos el movimiento real. (Heras, 2011, p 63)

2.7.1 Válvulas de control

La transportación de un fluido a través de un conducto puede realizarse con presión o sin presión. El este caso trata de conductos por las que se ejecuta el trasvase de un líquido entre dos puntos, sea por gravedad o por impulsión (conducción forzada), en las que se determina que toda la sección del conducto es llenada por el líquido. (Heras, 2011, p 275)



Figura 17-2: Válvula esférica 2 vías serie BBV
1/4in 500Bar

Fuente: https://es.made-in-china.com/co_hydraulicvalve/image_2

A continuación, podemos apreciar la variedad de válvulas hidráulicas con sus respectivas ventajas y desventajas mediante la siguiente figura además con las aplicaciones respectivamente.

Válvula	Ventajas	Inconvenientes	Aplicaciones
Compuerta	Alta capacidad. Cierre hermético metal-metal. Coste bajo. Diseño y funcionamiento sencillos. Poca resistencia a la circulación.	Control deficiente de la circulación. Se requiere mucha fuerza de accionamiento. Produce cavitación con baja caída de presión. En posiciones intermedias, sufre de erosión del asiento y del disco.	Servicio ON/OFF sin estrangulación. Uso poco frecuente. Servicio general, aceites, gas, aire, pastas semilíquidas, líquidos espesos, vapores, gases y líquidos no condensables, y líquidos corrosivos.
Globo	Estrangulación eficiente. Carrera corta y poco tiempo de accionamiento. Disponible con orificios múltiples antierosión.	Gran caída de presión. Costo relativamente elevado, sobre todo en válvulas grandes, lo que limita su tamaño.	Accionamiento frecuente en regulación continua. Servicio general de líquidos, vapores, gases y pastas semilíquidas.
Diafragma	Coste bajo o medio. Sin empaquetaduras. Sin fugas. Inmune a los problemas de obstrucción, corrosión o formación de grumos. De rápida apertura y fácil de limpiar.	Diafragma susceptible de desgaste. Elevada torsión al cerrar con la tubería llena. El empuje para cerrar herméticamente es grande, lo que limita la diferencia de presión máxima.	Servicios ON/OFF y de regulación para bajas presiones. Pastas aguadas, fluidos corrosivos, materiales pegajosos o viscosos, pastas semilíquidas fibrosas, lodos, alimentos y productos farmacéuticos.
Bola	Coste bajo. Alta capacidad. Corte bidireccional y circulación en línea recta. Pocas fugas. Autolimpiable. Poco mantenimiento. No lubricada. Tamaño compacto. Cierre hermético. Apertura rápida y bajo par de accionamiento.	Características deficientes para la regulación, en especial en aperturas grandes. Alto par de accionamiento. Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras. Propensa a la cavitación, en especial en aperturas pequeñas.	Servicio ON/OFF sin estrangulación, especialmente cuando se necesita resistencia mínima a la circulación. Servicio general y altas temperaturas, de líquidos, vapores, gases y pastas semilíquidas.
Macho	Coste bajo. Alta capacidad y baja caída de presión a través de la válvula. Cierre hermético y accionamiento rápido.	Requiere alta torsión para accionarla. Desgaste del asiento. Cavitación con baja caída de presión.	Servicios ON/OFF y en derivación de accionamiento frecuente. Servicio general, pastas semilíquidas y líquidos corrosivos.
Mariposa	Ligera de peso, compacta y de bajo coste. Autolimpiable. Poco mantenimiento y pocas piezas móviles. Alta capacidad. Circulación en línea recta.	Alta torsión de accionamiento. Propensa a la cavitación, en especial a aperturas pequeñas.	Servicios ON/OFF y de regulación con baja caída de presión. Servicio general de líquidos, gases, pastas semilíquidas y líquidos con sólidos en suspensión.

Figura 18-2: Características generales y aplicaciones de algunas válvulas de control.

Fuente: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36653/9788476538937.pdf>

2.7.2 Cañerías de Cobre

El cobre, por sus características, es sin duda el metal más apropiado para la fabricación de tubos para toda clase de aplicaciones, tanto en la construcción como en la industria. Como características más destacadas del tubo de cobre, se pueden reseñar las siguientes:

- Alta resistencia a la corrosión.

- Pequeñas pérdidas de carga, debido a una superficie interior lisa.
- Inalterable con el paso del tiempo, en sus características físicas y químicas.
- Permite montajes rápidos y fáciles, utilizando diversos tipos de accesorios, tales como los soldados por capilaridad, a compresión, y uniones en frío.
- Excelente comportamiento con la gran mayoría de los materiales de construcción habituales y de los fluidos a transportar.
- Soporta elevadas presiones interiores, permitiendo el uso de tubos de pared delgada.

Tuberías tipo L

Tiras rectas, preferentemente empleadas en instalaciones sanitarias para agua potable; gas, vapor, lubricantes y diversas aplicaciones industriales a la intemperie, empotradas o enterradas.

En rollos, por su ductibilidad y fácil adaptación con un mínimo de uniones, en redes para calefacción: áreas de superficie irregular o con obstáculos, sin necesidad de removerlos.



Figura 19-2: Descripción gráfica de la cañería de cobre tipo L

Fuente:<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.117>

Si es necesario rodear un obstáculo, doblar una esquina o adaptarse a alguna cavidad, las cañerías de cobre en rollos tienen la ductibilidad suficiente para poder ser dobladas con facilidad, simplicidad y seguridad. (Nacobre, 2015)

CAPITULO III

3. IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA ANALÓGICO DIGITAL.

3.1 Adecuación e instalación de los sensores para el sistema de adquisición de datos

La adquisición de datos va a ser realizada por medio de la tarjeta DAQ, a la cual las señales que emiten los transductores de presión deben ser filtradas, y posteriormente enviada hacia la computadora.

Los sensores con los que vamos a trabajar son cuatro como ya se ha hablado anteriormente, a continuación, se explica la selección e implementación de los mismos.

3.1.1 Selección e implementación de los transductores de presión

La máquina universal trabaja con cuatro rangos de fuerza para los cuales elegiremos un transductor de presión para cada uno de ellos. Normalmente, los sensores tienen una señal estandarizada de 4 a 20 mA por lo que tenemos un rango de medida de corriente de 1600 centésimas de miliamperio, para lo cual, debemos ser equivalentes con la resolución de cada rango de presión.

Inicialmente, consideramos el perímetro de la circunferencia del émbolo igual a 119.8 cm para después calcular el área y posteriormente hallar la presión máxima de trabajo. También tenemos como dato que la carga máxima de trabajo es 100000 Kgf por lo tanto tenemos que:

Ecuación 1-3

$$P = \pi * D \text{ --- } D = \frac{P}{\pi}$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{P}{\pi}\right)^2 = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{119.8 \text{ cm}}{\pi}\right)^2$$

$$A = 1142.0991 \text{ cm}^2$$

$$P_{max} = \frac{F_{max}}{A} = \frac{100000 \text{ Kgf}}{1142.0991 \text{ cm}^2} = 87.5581 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 1245.35 \text{ Psi}$$

La superficie encontrada representa la circunferencia del pistón hidráulico de la máquina universal, dicho dato nos ayudará a encontrar las presiones requeridas para nuestros transductores de presión. Además, podemos verificar que la presión máxima de trabajo es aproximadamente a 1200 Psi que es equivalente al dato de una tesis anterior.

De modo que, para cada escala se tiene una fuerza máxima de 2000 Kgf, 10000 Kgf, 50000 Kgf y 100000 Kgf respectivamente, por lo que debemos seleccionar un sensor que tenga un rango de medida para cada escala. La presión del traductor de presión que requerimos es la siguiente:

Ecuación 2-3

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde:

F es la fuerza para cada escala en Kg.

A es el área de la superficie del pistón hidráulico.

De 0 a 2000 Kgf

Para esta escala se tiene que la fuerza máxima es de 2000 Kgf, con una resolución de 2 Kgf. La presión del traductor de presión que requerimos es la siguiente:

Ecuación 3-3

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde:

$$P = \frac{2000 \text{ Kgf}}{1142.0991 \text{ cm}^2}$$
$$P = 2.1889 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} = 31.13 \text{ Psi}$$

Para esta escala se ha seleccionado un transductor de presión equivalente a 30 Psi de la marca Tel-tru, serie P111 (ver Anexo E) con una alimentación de 8-38 Vdc y una salida de 4-20mA cuya imagen se representa continuación:



Figura 1-3: Representación gráfica del transductor de presión Tel-tru.
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

De 0 a 10000 Kgf

Para esta escala se tiene que la fuerza máxima es de 10000 Kgf, con una resolución de 10 Kgf. La presión del traductor de presión que requerimos es la siguiente:

Ecuación 4-3

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde:

$$P = \frac{10000 \text{ Kgf}}{1142.0991 \text{ cm}^2}$$

$$P = 8.7558 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} = 6.58 \text{ Bar}$$

Para esta escala se ha seleccionado un transductor de presión equivalente a 6 bar de la marca SICK (ver anexo F), serie PBT con una alimentación de 8-38 Vdc y una salida de 4-20 mA cuya imagen se representa a continuación:



Figura 2-3: Representación gráfica del transductor de presión SICK.

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

De 0 a 50000 Kgf

Para esta escala se tiene que la fuerza máxima es de 50000 Kgf, con una resolución de 50 Kgf.

La presión del traductor de presión que requerimos es la siguiente:

Ecuación 5-3

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde:

$$P = \frac{50000 \text{ Kgf}}{1142.0991 \text{ cm}^2}$$

$$P = 43.7790 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} = 42.93 \text{ Bar}$$

Para esta escala se ha seleccionado un transductor de presión equivalente a 16 bar de la marca SAFE GAUGE (ver anexo G), serie SA-0160-G con una alimentación de 8-38 Vdc y una salida de 4-20mA cuya imagen se representa a continuación:



Figura 3-3: Representación gráfica del transductor de presión SAFE GAUGE.
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

De 0 a 100000 Kgf

Para esta escala se tiene que la fuerza máxima es de 100000 Kgf, con una resolución de 100 Kgf.

La presión del traductor de presión que requerimos es la siguiente:

Ecuación 6-3

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde:

$$P = \frac{100000 \text{ Kgf}}{1142.0991 \text{ cm}^2}$$

$$P = 87.558 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} = 1245.36 \text{ Psi}$$

Para esta escala se ha seleccionado un transductor de presión de 1500 psig de la marca WIKA (ver Anexo H), modelo A-10 con una alimentación de 8-38 Vdc y una corriente de salida de 4-20mA cuya imagen se representa a continuación:



Figura 4-3: Representación gráfica del transductor de presión WIKA.

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

3.1.2 *Instalación mecánica de los transductores de presión.*

Los cuatro transductores de presión seleccionados se han conectado en forma paralela, cuyo objetivo es accionar las válvulas de compuerta que accionará cada uno de los sensores. Las tuberías son de diámetro de 3/16 de pulgada y de material de cobre. (Ver fig. 5-3)

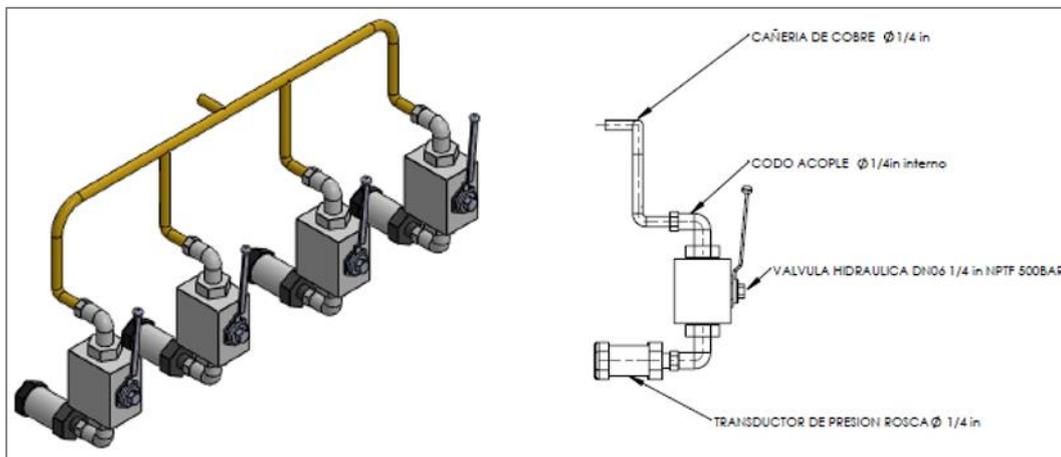


Figura 5-3: Representación gráfica de la configuración de los transductores de presión

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

La instalación (ver fig.6-3) se ha realizado de tal manera que no interfiera con las otras instalaciones hidráulicas situándose en la parte izquierda del dial de la máquina universal utilizando los siguientes materiales:

- 4 acoples
- Teflón
- 4 Válvulas hidráulicas de esfera serie BBV 500bar de 1/4" (ver Anexo B)
- Cañería de cobre de 2mm. (ver Anexo C)
- Manguera hidráulica REGEPSA DN 06 1/4" 400Bar (ver Anexo D)



Figura 6-3: Representación gráfica de la instalación de los transductores de presión
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

Revisar los anexos K y L para ver el plano de diseño de la ubicación de la cañería.

El cableado eléctrico de los transductores de presión a la placa de circuitos se realiza por medio de 4 pines los cuales están orientados de la siguiente manera:

Angular connector DIN 175301-803 A			
		2-wire	3-wire
	U _B	1	1
	0V	2	2
	S+	-	3

Figura 7-3: Representación gráfica de los pines de conexión.

Fuente: https://www.wika.us/upload/DS_PE_A_10_en_us_16479.pdf

En realidad, solo se ocuparon los cables 1 y 2, los mismos que, recomienda el fabricante para armar el circuito que se explica posteriormente.

3.1.3 Selección e implementación del sensor de desplazamiento

Se ha seleccionado un sensor ultrasónico de cuerpo cilíndrico metálico M18, modelo UB800-18GM40-I-V1, marca PEPPERL+FUCHS (ALEMÁN), con un rango de sensado de 50 a 800 mm, la misma que presenta una zona ciega de 0 a 50 mm, con una alimentación de 10 a 30 VDC y con salida de 4 a 20 mA, cuya imagen se representa a continuación. (Ver anexo I)



Figura 8-3: Representación del sensor ultrasónico.
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

Cabe destacar que el sensor consta con indicadores led con tres colores los mismos que indican: el color verde significa estado encendido, color amarillo significa estado permanente de sensado, color rojo significa avería.

Para poder establecer la implementación se necesita de un cable conector recto hembra con rosca de sujeción M12, con 4 número de polos, con una longitud de cable de 10 metros y con un grado de protección: IP67 marca PEPPERL+FUCHS(ALEMÁN).



Figura 9-3: Representación gráfica del cable conector del sensor ultrasónico.

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

La conexión del cable con el sensor ultrasónico es de una manera tal que sus 4 pines machos del cable correspondan a los 4 pines hembras del transductor. La unión de esta conexión se da por

medio de una rosca M12, la cual debe sujetarse correctamente. Además, se tiene que para cada pin corresponde un color diferente, el mismo que se muestra a continuación.

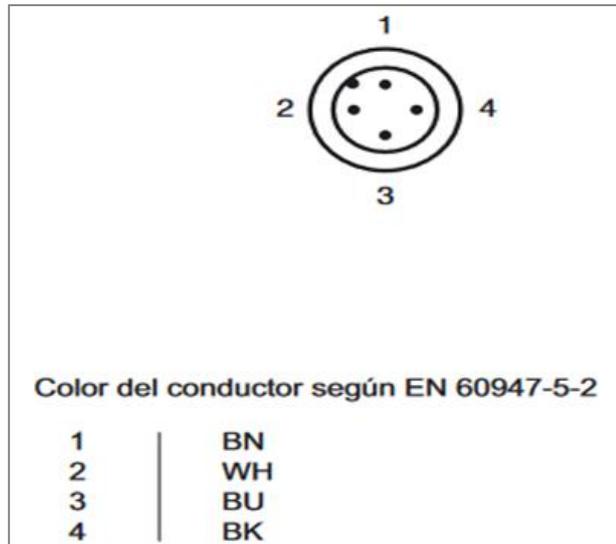


Figura 10-3: Representación gráfica de los pines de conexión.

Fuente: <https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/edb/>

Como hemos podido observar el cable conector del sensor utiliza 4 cables de conexión, de los cuales 3 de ellos utilizaremos para establecer la conexión con la tarjeta de adquisición de datos. Los cables seleccionados son el 1,3 y 4 los mismos que serán conectados en un circuito eléctrico que se explicará posteriormente.

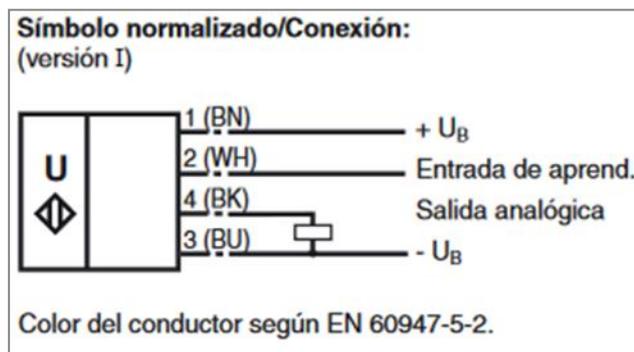


Figura 11-3: Representación gráfica de los cables de conexión.

Fuente: <https://files.pepperl-fuchs.com/webcat/navi/productInfo/edb/205>

3.2 Diseño y selección del circuito electrónico que permita transformar las señales analógicas a digitales

3.2.1 Requerimientos para la selección del circuito electrónico

Los requerimientos básicos que se necesita para la conexión electrónica de cada uno de los transductores de presión y el sensor ultrasónico se presentan en la tabla 1-3 incluida en anexos.

Es importante destacar que muchos sistemas de adquisición de datos realizan un tratamiento o acondicionamiento de señal, que tiene como objetivo estabilizar la señal y filtrar frecuencias que perturban la señal de los sensores. En nuestro caso utilizaremos un filtro digital que nos proporciona el mismo software de adquisición de datos. Los transductores de presión emiten una señal analógica con muchas perturbaciones de ruido similar a la mostrada en la siguiente gráfica. Hay que considerar que el motor hidráulico genera un ruido de altas frecuencias.

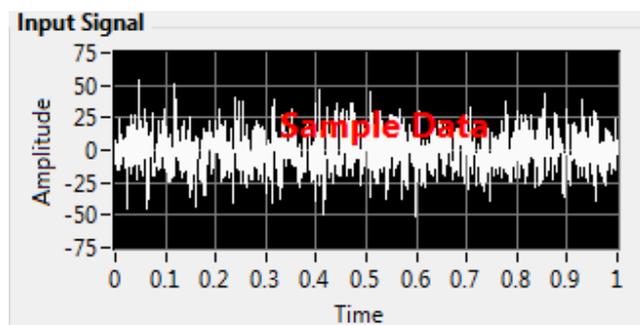


Figura 12-3: Representación gráfica de la señal emitida por DAQ.

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

Posteriormente, se precede a un proceso de filtrado de señal debido a la demasiada presencia de ruido producido por el motor hidráulico de la máquina universal. Podemos escoger algunos tipos de filtros presentes en el software, con los cuales iremos probando para un mejor resultado.

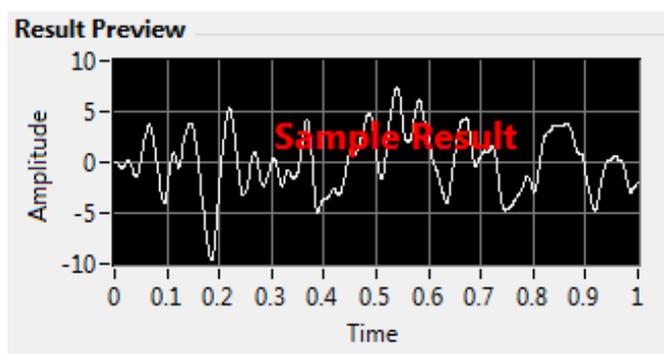


Figura 13-3: Representación gráfica de la señal filtrada

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

Como podemos ver en la imagen, se ha logrado filtrar la señal del ruido reduciendo la amplitud de 25 ma a 5 ma que es aceptable. Se ha utilizado un filtro de paso bajo con una frecuencia de corte de 7 Hz para los cuatro transductores de presión con el cual obtuvimos los mismos resultados.

3.2.2 Selección de la adquisición de datos

Para poder seleccionar una tarjeta de adquisición de datos se debe determinar el número de bits con la siguiente ecuación:

Ecuación 7-3

$$r = \frac{P_{max}}{2^n - 1}$$

Donde:

r es la resolución de medida

n es el número de bits

P_{max} es la carga máxima de la Máquina Universal

Despejando n de la ecuación (18) tenemos:

Ecuación 8-3

$$n = \frac{\log\left(\frac{P_{max}}{r} + 1\right)}{\log(2)}$$

Para el primer sensor la fuerza máxima es de 2000 kgf para una resolución de 2 kg, reemplazando los valores en la ecuación (20) tenemos:

Ecuación 9-3

$$n = \frac{\log\left(\frac{2000 \text{ kgf}}{2 \text{ Kgf}} + 1\right)}{\log(2)}$$

Para el segundo sensor la fuerza máxima es de 10000 kgf para una resolución de 2 kg, reemplazando los valores en la ecuación (20) tenemos:

Ecuación 10-3

$$n = \frac{\log\left(\frac{10000 \text{ kgf}}{2 \text{ Kgf}} + 1\right)}{\log(2)}$$

$$n = 12.29 \text{ bits}$$

Para el tercer sensor la fuerza máxima es de 50000 kgf para una resolución de 2 kg, reemplazando los valores en la ecuación (20) tenemos:

Ecuación 11-3

$$n = \frac{\log\left(\frac{50000 \text{ kgf}}{2 \text{ Kgf}} + 1\right)}{\log(2)}$$

$$n = 14.61 \text{ bits}$$

Para el cuarto sensor la fuerza máxima es de 100000 kgf para una resolución de 2 kg, reemplazando los valores en la ecuación (20) tenemos:

Ecuación 12-3

$$n = \frac{\log\left(\frac{100000 \text{ kgf}}{2 \text{ Kgf}} + 1\right)}{\log(2)}$$

$$n = 15.6 \text{ bits}$$

Para la mayor resolución de todas, seleccionaremos una tarjeta de adquisición de datos de 16 bits, para la cual la NI USB 6211 de 16 bits con 16 pines de entrada analógica cumple con nuestros requisitos (Ver fig. 14-3.)

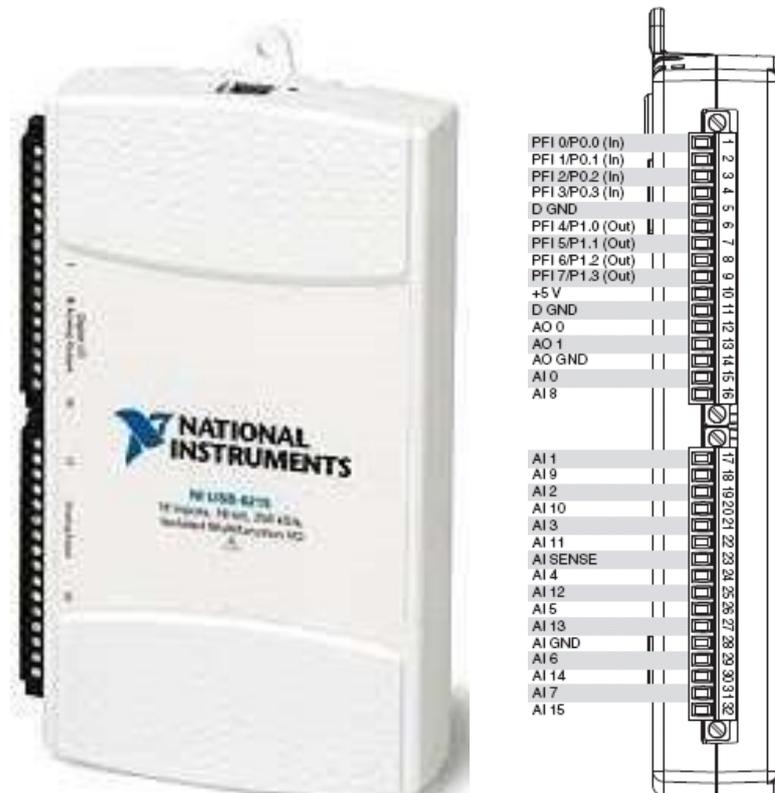


Figura 14-3: Representación gráfica de la DAQ USB 6211 y la distribución de pines.

Fuente: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/891/1/15T00458.pdf>

Ahora, debemos calcular la resolución la siguiente ecuación, para saber cuánto mismo es la resolución que podemos obtener de cada uno de los transductores de presión con la siguiente ecuación.

Ecuación 13-3

$$r = \frac{P_{max}}{2^n - 1}$$

Para el primer sensor la fuerza máxima es de 2000 kgf para un número de bits de 16, reemplazando los valores en la ecuación (20) tenemos:

Ecuación 14-3

$$r = \frac{2000 \text{ Kg}f}{2^{16} - 1}$$

$$r = 0.03 \text{ Kg}f$$

Mejorando la resolución de 2 kgf a 0.03 kgf.

Para el segundo sensor la fuerza máxima es de 10000 kgf para un número de bits de 16, reemplazando los valores en la ecuación (20) tenemos:

Ecuación 15-3

$$r = \frac{10000 \text{ Kg}f}{2^{16} - 1}$$

$$r = 0.15 \text{ Kg}f$$

Mejorando la resolución de 2 kgf a 0.15 kgf.

Para el tercer sensor la fuerza máxima es de 50000 kgf para un número de bits de 16, reemplazando los valores en la ecuación (20) tenemos:

Ecuación 16-3

$$r = \frac{50000 \text{ Kg}f}{2^{16} - 1}$$

$$r = 0.76 \text{ Kg}f$$

Mejorando la resolución de 2 kgf a 0.76 kgf.

Para el cuarto sensor la fuerza máxima es de 100000 kgf para un número de bits de 16, reemplazando los valores en la ecuación (20) tenemos:

Ecuación 17-3

$$r = \frac{100000 \text{ Kg}f}{2^{16} - 1}$$

$$r = 1.52 \text{ Kg}f$$

Mejorando la resolución de 2 kgf a 1.52 kgf.

3.2.3 Conexiones de los sensores a la DAQ USB 6211

Las conexiones de los transductores de presión se las van a realizar por medio de un circuito que recomienda el fabricante y lo explicaremos posteriormente, pero en este caso mostraremos los pines de conexión en DAQ USB 6211.

A continuación, describiremos el modelado de conexión eléctrica de la Daq y los sensores.

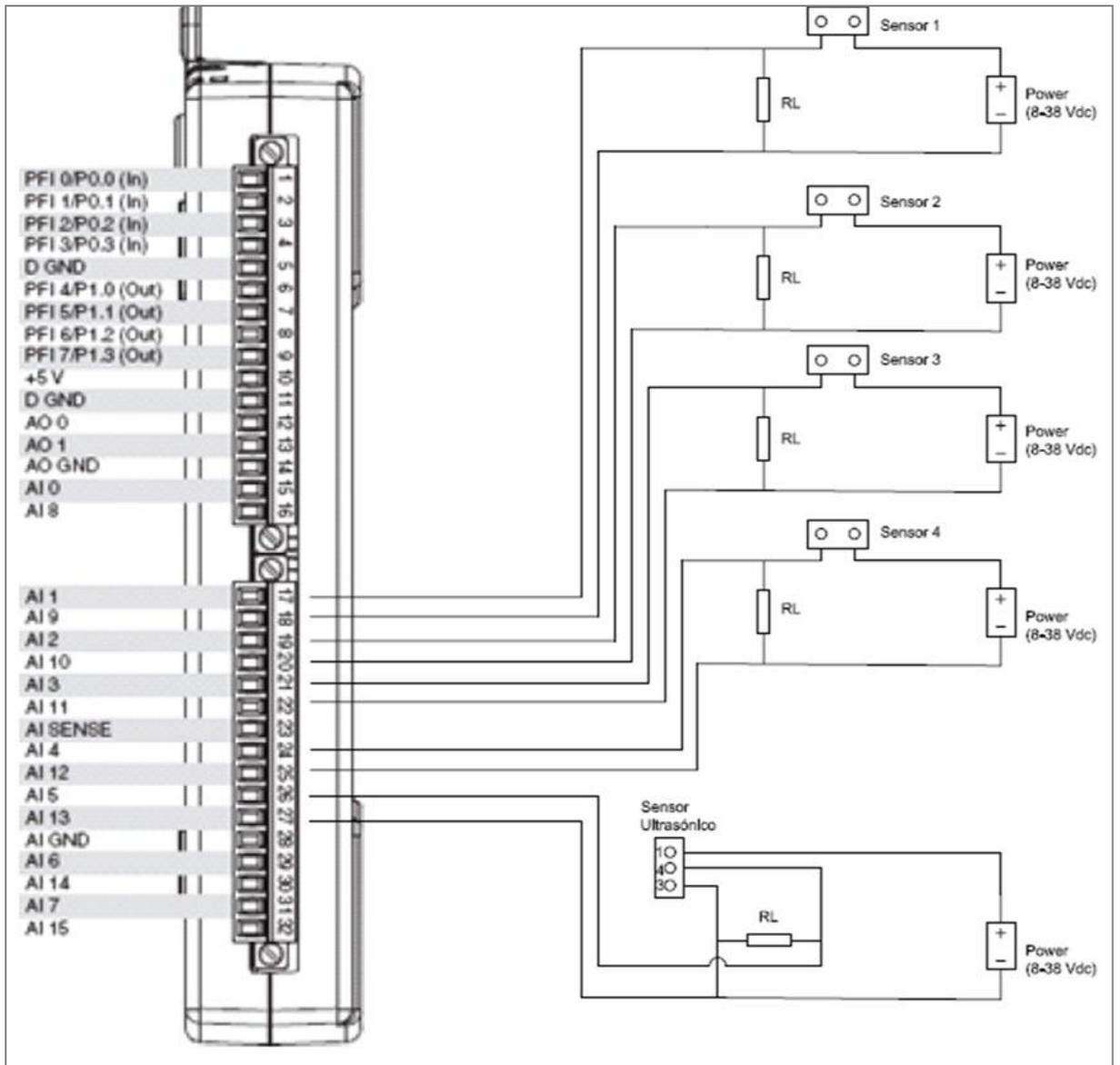


Figura 15-3: Representación gráfica de los circuitos eléctricos de los sensores.

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

El resumen del cableado eléctrico se encuentra en la tabla 2-3 incluida en anexos.

3.2.4 Alimentación de los sensores seleccionados y de la tarjeta DAQ USB 6211

Los transductores de presión necesitan una fuente de entre 8- 38 VDC y también se necesita que el voltaje de entrada a la DAQ en los pines analógicos sea menor a 10 V que es el rango máximo para lo cual se necesita una resistencia de acondicionamiento de señal (RL) que consuma corriente y cumpla con su objetivo de la siguiente manera:

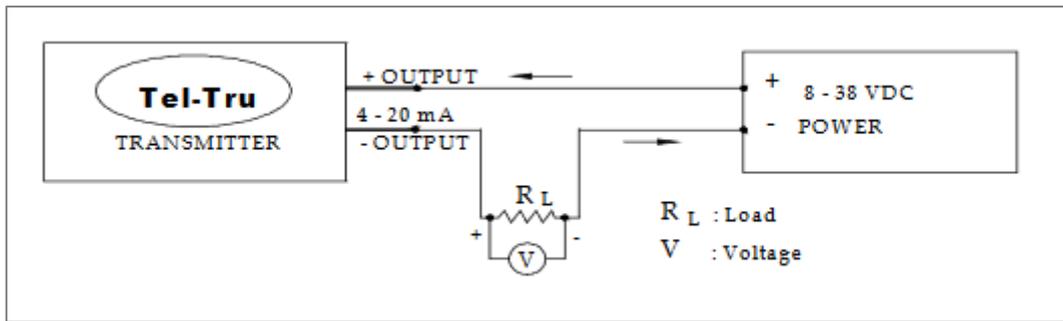


Figura 16-3: Representación gráfica de la conexión del transmisor de presión.

Fuente: https://www.teltru.com/images/document/presstrans/TTPTrans_wiring.pdf

Donde:

V: Voltaje de entrada a la DAQ

RL: Resistencia de acondicionamiento de señal

En concordancia con la experiencia la fuente a utilizar es de 24 V con una resistencia de 330 ohmios, de esta manera por medio de la ley de Ohm se tiene valores de voltaje de 1 a 7 voltios aproximadamente.

Ecuación 18-3

$$V = I * R$$

$$V = (4mA) * (330\Omega)$$

$$V = 1.32 V$$

$$V = I * R$$

$$V = (20mA) * (330\Omega)$$

$$V = 6.6 V$$

Los voltajes de entrada a la DAQ para 4 mA y 20 mA son 1.32 V y 6.6 V respectivamente, los mismos que están dentro del rango de la tarjeta de adquisición de 0 a 10 V lo que significa que es aceptable.

3.3 Selección del programa para el diseño del software para la visualización de los resultados en un ordenador

LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el *lenguaje C* o *BASIC*. Sin embargo, se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o *lenguaje G* para crear programas basados en diagramas de bloques.

Para el empleo de LabVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros, y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales. LabVIEW posee extensas librerías de funciones y subrutinas. Además, incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serie, análisis presentación y almacenamiento de datos.

Las ventajas que proporciona el empleo de LabVIEW se resumen en las siguientes:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.

Por lo tanto, para el diseño y construcción del software se utiliza el programa LabVIEW 2016. Este programa requiere del sistema operativo **WINDOWS XP** profesional o superior, además de una capacidad de memoria mínima de 1 GB de RAM y un procesador Core Duo para su funcionamiento. (Colcha Díaz & Villa Orozco, 2010, p.p. 121-122)

3.3.1 Programación para la visualización de los resultados en un ordenador

El software LabVIEW proporciona un entorno gráfico de programación, en el cual, mediante estructuras, controladores e indicadores mostraremos los datos generados por los transductores de presión. Posteriormente, realizaremos la generación de un reporte, en el cual, muestre los datos adquiridos para su respectiva interpretación.

3.3.2 Adquisición de datos de los transductores de presión

En cuanto a la adquisición de datos corresponde, inicialmente debemos tener en cuenta que el objetivo es tener una magnitud de fuerza en la programación en el software LabVIEW. Para lo cual es necesario convertir la corriente obtenida del transductor de presión en datos de Fuerza. La metodología que aplicaremos será de una regresión lineal, en la que obtendremos datos de fuerza en función de la corriente para cada sensor. Para realizar la experimentación se utilizará pesas de 5 y 10 Kg que iremos incrementado según se requiera los datos de fuerza. De esta manera estableceremos relaciones entre la corriente y la fuerza que nos permitan transformar de dicha magnitud a otra. Posteriormente, por medio de software llevaremos a cabo la transformación mencionada.

La experimentación para los cuatro tipos de transductores de presión con sus respectivas ecuaciones se encuentra en la tabla 3-3 incluida en anexos.

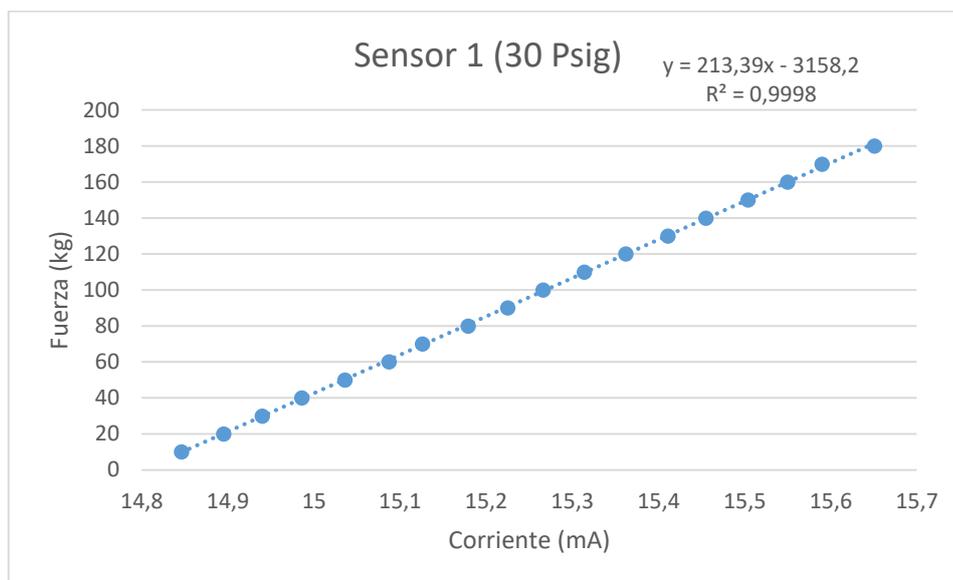


Figura 17-3: Gráfica lineal Fuerza vs Corriente Sensor 1

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

La figura muestra una tendencia lineal, la misma que tiene una ecuación de $y=213.39x-3158.2$, con un porcentaje de fiabilidad de 99.98 %. También podemos decir que para 14.80 mA la fuerza calculada es equivalente al peso estructura que produce presión en el sistema. Finalmente, el respectivo valor para 20mA es de 1109.6 Kgf.

De igual manera, la ecuación matemática fue realizada para una corriente filtrada con una frecuencia de corte de 7 Hz. Producto de esto obtenemos una corriente con menor magnitud a la anterior, esto quiere decir que el valor máximo de la fuerza al que puede llegar el sensor es aproximadamente 1500 Kg. (tabla 4-3 incluida en anexos)

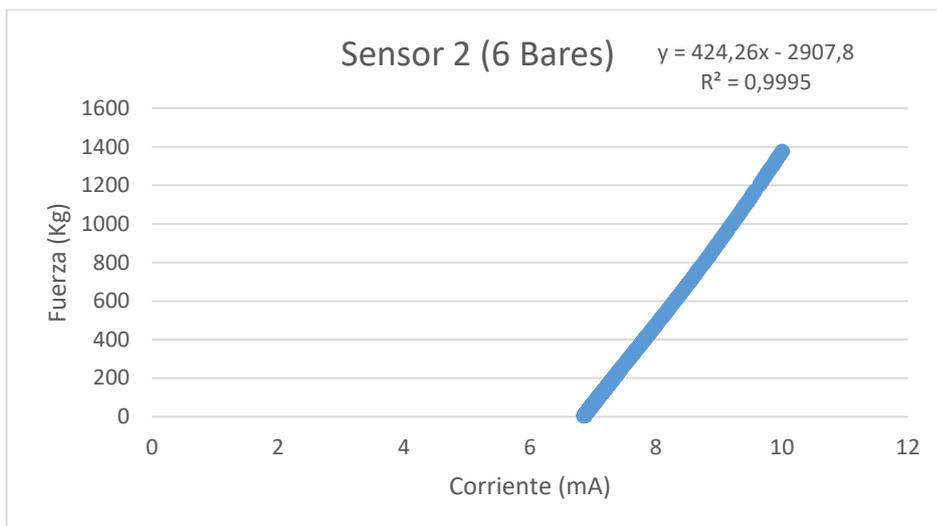


Figura 18-3: Gráfica lineal Fuerza vs Corriente Sensor 2
 Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

La figura muestra una tendencia lineal, la misma que tiene una ecuación de $y=424.26x-2907.8$, con un porcentaje de fiabilidad de 99.95 %. También podemos decir que para 6.8538 mA la fuerza calculada es equivalente al peso estructura que produce presión en el sistema. Finalmente, el respectivo valor para 20mA es de 5577.4 Kgf.

De igual manera que la anterior, la corriente que se utilizó para la linealización fue filtrada con una frecuencia de corte de 7 Hz, lo que quiere decir que la amplitud de corriente disminuyó con respecto a la original, lo que significa que la fuerza a la que puede llegar este sensor es aproximadamente 6100 Kgf. (tabla 5-3 incluida en anexos)

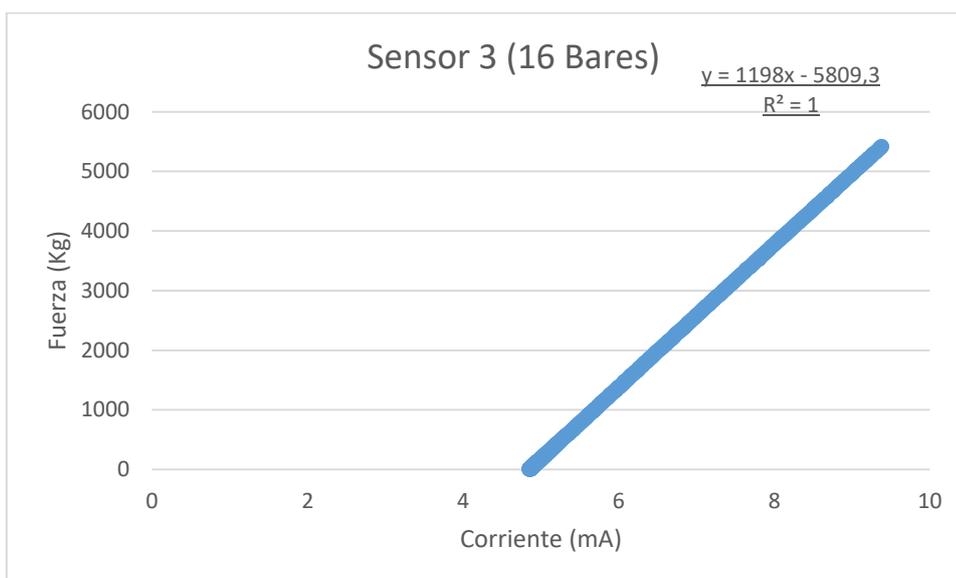


Figura 19-3: Gráfica lineal Fuerza vs Corriente Sensor 3
 Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

La figura muestra una tendencia lineal, la misma que tiene una ecuación de $y=1198x-5809.3$, con un porcentaje de fiabilidad de 100 %. También podemos decir que para 4.8491 mA la fuerza calculada es equivalente al peso estructura que produce presión en el sistema. Finalmente, el respectivo valor para 20mA es de 18150.7 Kgf.

De igual manera que la anterior, la corriente que se utilizó para la linealización fue filtrada con una frecuencia de corte de 6 Hz, lo que quiere decir que la amplitud de corriente disminuyó con respecto a la original, lo que significa que la fuerza a la que puede llegar este sensor es aproximadamente 18600 Kgf. (tabla 6-3 incluida en anexos)

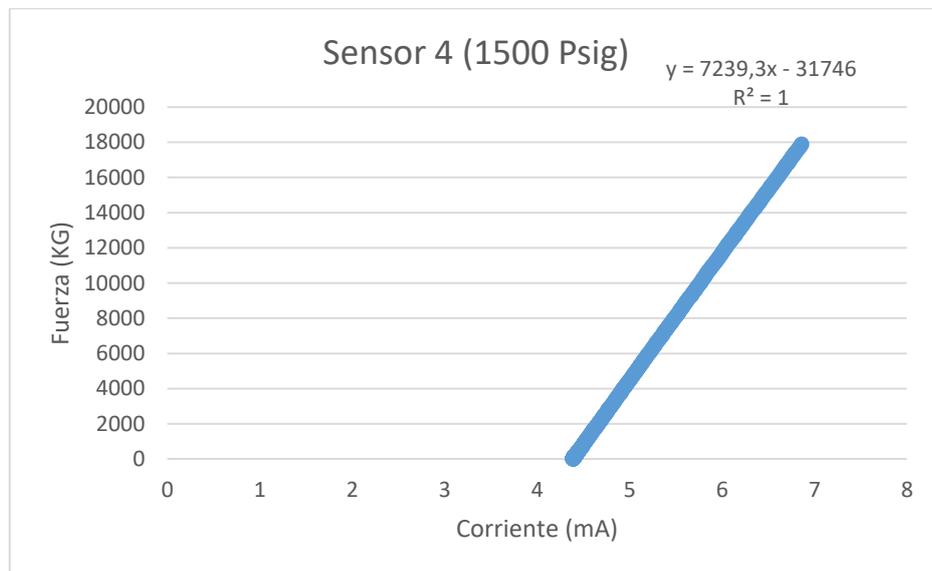


Figura 20-3: Gráfica lineal Fuerza vs Corriente Sensor 4
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

La figura muestra una tendencia lineal, la misma que tiene una ecuación de $y=7239.3-31746$, con un porcentaje de fiabilidad de 100 %. También podemos decir que para 4.3852 mA la fuerza calculada es equivalente al peso estructura que produce presión en el sistema. Finalmente, el respectivo valor para 20mA es de 113040 Kgf.

De igual manera que la anterior, la corriente que se utilizó para la linealización fue filtrada con una frecuencia de corte de 7 Hz, lo que quiere decir que la amplitud de corriente disminuyó con respecto a la original, lo que significa que la fuerza a la que puede llegar este sensor es aproximadamente 120000 Kgf.

De esta manera se obtienen las ecuaciones de fuerza con respecto a corriente, las mismas que van a ser utilizadas en la programación en el software LabVIEW para poder convertir la señal de corriente en Fuerza. También se puede observar que los transductores de presión tienen un comportamiento lineal el cual es el esperado para este tipo de aplicación.

Posteriormente, nos queda adquirir los datos de los transductores de presión en la computadora, para lo cual se debe conectar la DAQ 6211 al software LabVIEW y establecer los pines de entrada analógica de 4-20 mA. De esta manera, asignaremos a los sensores de 1,6,16 y 100 Bar a los pines Dev/AI1, Dev/AI2, Dev/AI3 y Dev/AI4 respectivamente. Esta información se muestra en la figura 3.16.

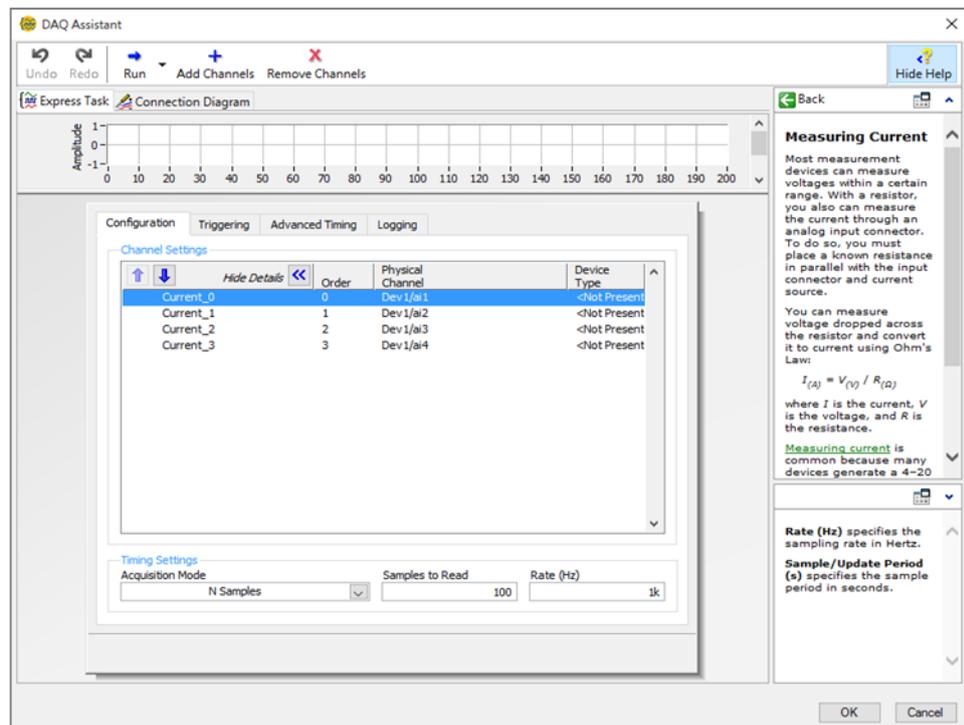


Figura 21-3: Representación gráfica de la adquisición de los sensores en la DAQ.
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

La comunicación entre el software LabVIEW 2014 y la DAQ 6211 no se vuelve complicada ya que ambos elementos proceden del mismo fabricante, y se puede ahorrar tiempo en la programación de esta.

La figura 18-3, muestra la programación gráfica desde la obtención de datos con la tarjeta DAQ hasta los indicadores de datos de cada sensor. Inicialmente, se utiliza un divisor de señales de datos dinámicos ya que existen cuatro señales para cada sensor y porque la mayoría de Express Vis generan dichos datos de color azul oscuro. Posteriormente la señal pasa por un tipo de filtro de paso bajo con una frecuencia de 18 Hz para evitar el ruido y la vibración de la máquina.

Continuando con la señal filtrada, es necesario convertir a un tipo de dato numérico para poder multiplicar por una constante 1000 ya que la señal del sensor está en micro amperios. Ahora necesitamos que el número a mostrarse en el indicador tenga 3 decimales, para lo cual se debe transformar una estructura de dato tipo String. Luego debemos transformar los datos a una estructura de tipo escalar para poder escoger un promedio de una señal en forma de onda de

arreglo de una dimensión, es decir una estructura dinámica que después es transformada a tipo escalar para que finalmente se pueda mostrar en el indicador de corriente.

Finalmente, la señal pasa por una estructura de tipo selección (Case Structure), el mismo que contiene 4 casos, que serán escogidos con un controlador de tipo combo box. Para cada caso, la estructura permite el paso de la señal de un sensor para que posteriormente se ejecute con su respectiva ecuación de regresión lineal y también permita mostrar el respectivo indicador para cada sensor en el panel frontal.

De esta manera, el programa operaría en un determinado tiempo, por lo que es necesario una estructura (While Loop) para que el programa continúe corriendo durante mucho tiempo. Como sabemos, la mencionada estructura contiene un controlador de stop que puede ser operado por la persona encargada de un ensayo en la máquina universal.

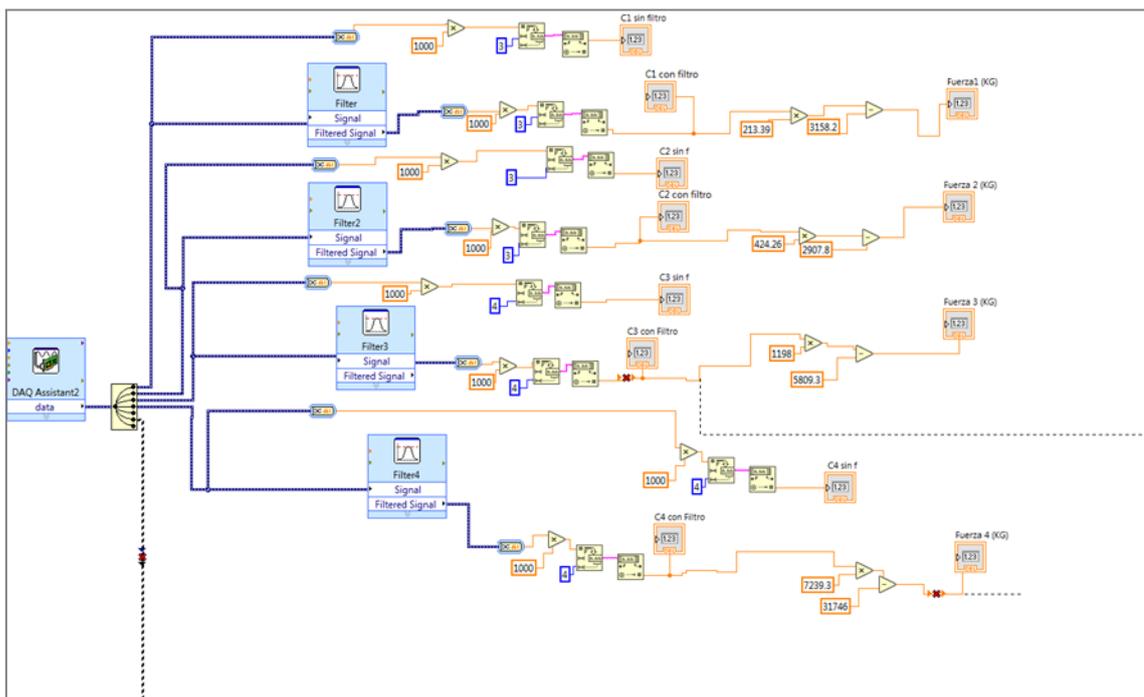


Figura 22-3: Representación gráfica de la programación de la adquisición de datos de los transductores de presión.

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

3.3.3 Adquisición de datos del sensor ultrasónico

De igual manera que con los transductores de presión los datos de salida de corriente son de 4 a 20 mA, los cuales son adquiridos por la tarjeta de adquisición de datos en los puertos analógicos, y estos son captados por el software LabVIEW para su respectiva interpretación.

Ahora, es necesario una ecuación matemática que pueda transformar la corriente de 4 a 20 mA a términos de distancia que es lo que necesitamos. Inicialmente sabemos que el pistón tiene una distancia de recorrido de 229 mm en total, y que la posición inicial donde se realizan los ensayos empieza a partir de 0 mm. Adicionalmente, se tiene que si la máquina esta fuera de este rango, la máquina dejaría de operar ya que tiene mecanismos de finales de carrera los cuales al ser accionados producen un paro en el motor hidráulico.

Utilizando estos límites de referencia podemos realizar una ecuación lineal con las variables de posición en función de la corriente, la misma que servirá para mostrar un indicador en nuestro software de la siguiente forma.

Ecuación 19-3

$$y = mx + b$$

Reemplazando los puntos:

x (corriente mA)	y (posición mm)
3.832	0
11.05828516	220

Se tiene que:

Ecuación 20-3

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{220 - 0}{11.0583 - 3.832}$$

$$m = 30.44441163443$$

$$b = y - mx$$

$$b = 0 - 30.44441163443 * 3.832$$

$$b = -116.6629853831$$

Entonces:

Ecuación 21-3

$$y = 30.44441163443x - 116.6629853831$$

Posteriormente, nos queda adquirir los datos del sensor ultrasónico en la computadora, para lo cual se debe conectar la DAQ 6211 al software LabVIEW y establecer los pines de entrada analógica de 4-20 mA. De esta manera, asignamos al sensor al pin Dev/AI5. Esta información se muestra en la figura 23-3.

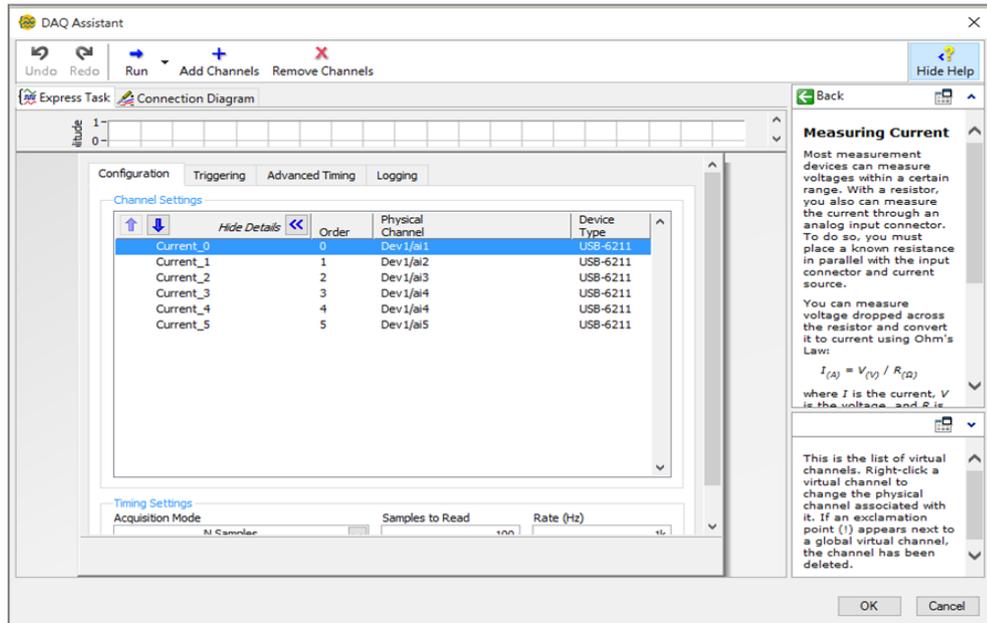


Figura 23-3: Representación gráfica de la adquisición del sensor ultrasónico
 Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

La fig.23-3 muestra la programación gráfica desde la obtención de datos con la tarjeta DAQ hasta los indicadores de datos de posición. Inicialmente, la señal pasa por un tipo de filtro de paso bajo con una frecuencia de corte de 5 Hz para evitar el ruido producto de la vibración de la máquina.

Continuando con la señal filtrada, es necesario convertir a un tipo de dato escalar para poder multiplicar por una constante de 1000 ya que la señal del sensor está en micro amperios. Ahora, la señal pasa por filtro de media, el mismo que saca un promedio de entre tres valores numéricos para que finalmente podamos ingresar la ecuación matemática encontrada anteriormente y se pueda visualizar con dos indicadores, uno de tipo gráfico y el otro de tipo numérico.

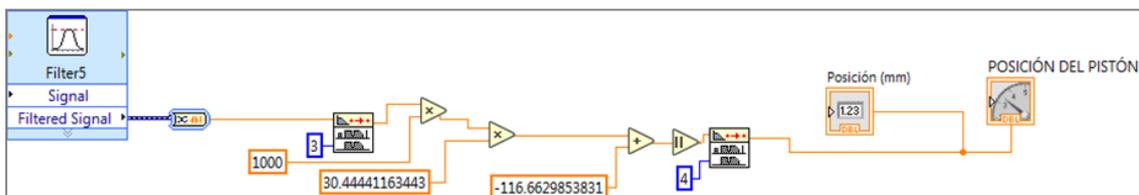


Figura 24-3: Representación gráfica de la programación de la adquisición de datos del sensor ultrasónico.

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

3.3.4 Programa para generar gráfica esfuerzo deformación.

La gráfica esfuerzo deformación es muy importante en la realización de ensayos de tracción y de compresión, los mismos que tienen como coordenadas “x” a la deformación unitaria y como coordenadas “y” al esfuerzo. Inicialmente, se procede a identificar las variables constantes como la longitud y el área de la probeta, y las variables en función del tiempo como la fuerza y la deformación.

También, hay que tomar en cuenta que las unidades de fuerza en Kg deben ser transformadas a Newton al ser multiplicadas por la gravedad para posteriormente dividirlas entre mm² y que el resultado nos dé en MPa. En cuanto a la deformación unitaria, es igual a la posición inicial de la estructura que se da al empezar el ensayo menos la posición final de la estructura que se da al finalizar el ensayo. Las unidades de posición final e inicial se dan en mm, que al ser divididas entre ellas nos da valores adimensionales.

Posteriormente, se necesita de un “case structure” que funcione como condicional cuya sentencia será un botón de inicio de prueba, la misma que indicará el inicio de prueba. Dados estas variables de entrada solo nos queda calcular las variables de salida con fórmulas matemáticas que se muestran en la siguiente gráfica.

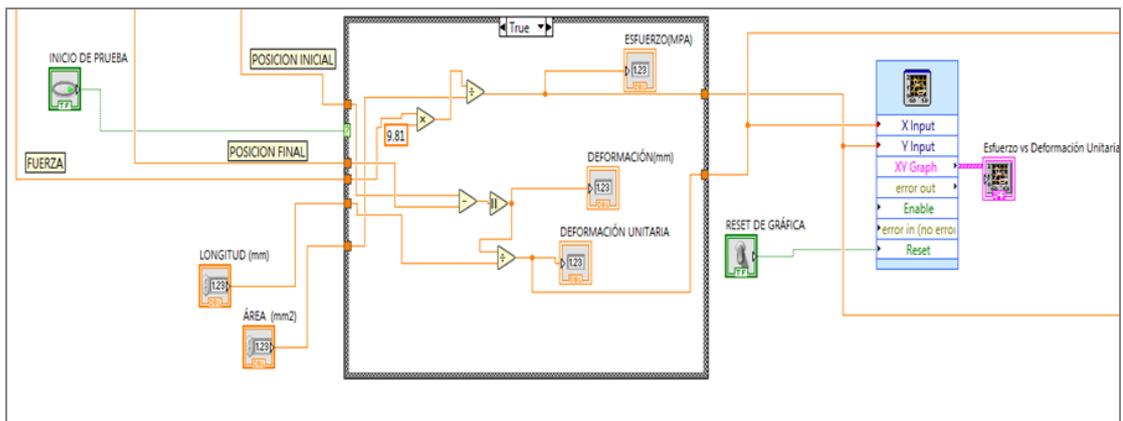


Figura 25-3: Representación gráfica de la programación para la gráfica esfuerzo deformación.

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

Finalmente, las variables de salida como el esfuerzo y la deformación unitaria son adquiridas por un indicador gráfico “x-y plot”, el cual se muestra en la pantalla inicial del programa. Cabe decir que, el indicador cuenta con un botón de reset de gráfica, el mismo que limpia la gráfica al

terminar un ensayo. Hay que tener en cuenta que esta programación se encuentra dentro de una estructura de (While Loop) que significa que está corriendo durante mucho tiempo y que también, se establece un orden de programación en el que se ejecuta primero la adquisición de datos y después la indicación visual en la pantalla de inicio.

3.4 Implementación del hardware y software en el sistema de transformación de señales.

Los transductores de presión se encuentran instalados en la parte izquierda del dial de la máquina universal. La disposición de la conexión de tubería hace que los transductores de presión se encuentren dentro del soporte del dial, y las válvulas de compuerta pertenecientes a cada sensor se encuentran de una caja metálica de color plomo, cuyo diseño tiene la facilidad de manipular las válvulas.

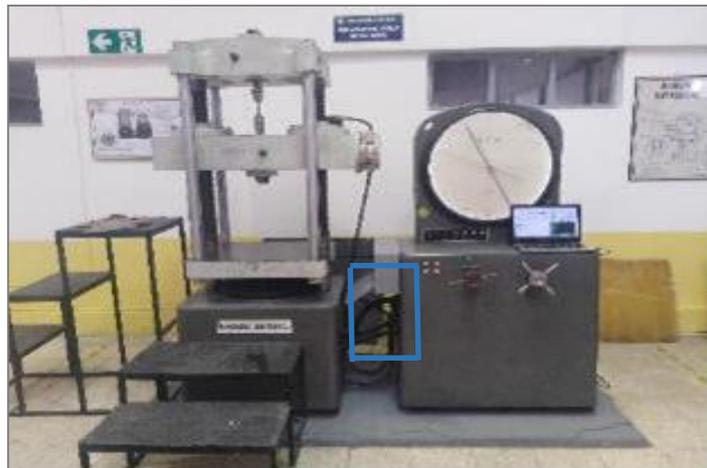


Figura 26-3: Representación gráfica de la ubicación de las válvulas.

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

Las conexiones electrónicas se encuentran instaladas en la parte trasera de la máquina universal. De igual manera la tarjeta de adquisición de datos se encuentra instalada con una fuente de 24 V, la misma que se muestra en la figura a continuación.



Figura 27-3: Representación gráfica del puerto USB del computador.
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

El sensor ultrasónico se encuentra detrás del pistón hidráulico instalado con una conexión roscada que toma en cuenta la zona ciega de 50 mm y aprovechando las instalaciones anteriores para que el sensor cumpla con su función.



Figura 28-3: Representación de la instalación del sensor ultrasónico.
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

Está claro decir que, se necesita un computador con al menos una entrada USB, de preferencia se puede utilizar el que está presente en el laboratorio de resistencia de material de la facultad de Mecánica.



Figura 29-3: Representación gráfica del puerto USB del computador.

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

Finalmente, se requiere el software LabVIEW 2016 de 64 bits que incluye los complementos de la tarjeta DAQ. Es decir, una vez instalado el software LabVIEW, se puede instalar el software controlador NI-DAQmx, que se puede instalar de dos formas: en forma de DVD de NI-DAQmx que incluyen los controladores que necesita para usar el dispositivo y por descarga online que se encuentra disponible en la red.

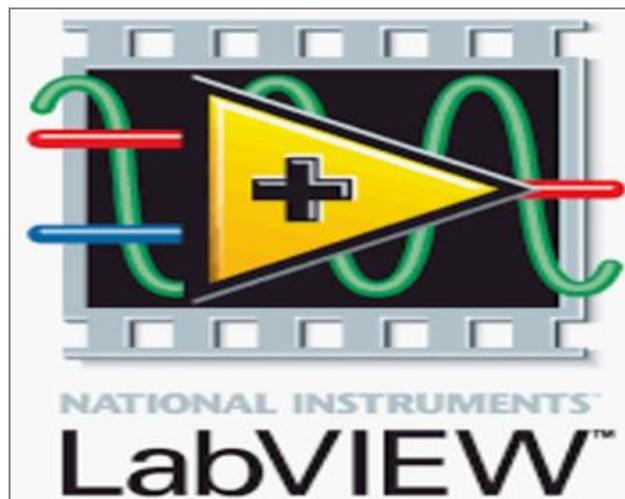


Figura 30-3: Representación gráfica del logotipo del software LabVIEW.

Fuente: <https://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/18623521/>

CAPÍTULO IV

4. GUIA DE LABORATORIO ENSAYO TRACCIÓN Y FLEXIÓN, ANALISIS DE DATOS Y COSTOS

4.1 Ensayo Tracción

4.1.2 Vista General del Equipo



Figura 1-4: Vista general del equipo.
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

4.1.2 Características del equipo

Capacidad: 100 000 kgf

Marca: TINIUS OLSEN

Modelo: SUPER “L” UTM- Pressure Transducer Weighing System

Conexión Eléctrica: 440 Volts, 60 Ciclos, 3 Fases, Serie: 121865

4.1.2 Instalación del equipo

Para el adecuado funcionamiento del equipo es importante la correcta manipulación y disponibilidad de instalaciones adecuadas por lo cual se recomienda:

- Verificar el estado de las instalaciones eléctricas de la DAQ y los contactores del motor hidráulico.
- Asegurarse que los pines de los sensores estén conectados a la DAQ y verificar si la luz del sensor ultrasónico esté en color naranja, esto garantiza que esta sensando el mismo.
- Asegurarse que el equipo se encuentre nivelado y la precarga en una posición indicada en la misma máquina.
- Las válvulas de los transductores estén abiertas y la DAQ conectada al ordenador.

4.1.3 *Requisitos de operación*

- Suministro de energía de 110V
- Suministro de energía de la DAQ de 24V

4.1.4 *Instrucciones de operación*

- **Puesta en marcha del equipo**

Una vez pulsado el botón ON de la máquina en la parte posterior, procedemos a pulsar el botón START para que arranque el motor del sistema hidráulico de la máquina.



Figura 2-4: Puesta en marcha del equipo.
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

- **Instalación Mordazas y probetas.**

Realizar la respectiva selección de acoples para el ensayo a tracción y colocar la probeta en la posición de nivel de ensayos indicados en la máquina.



Figura 3-4: Selección de acoples.
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

- **Inicio del proceso**

Verificar que el programa de Labview opere y de las señales respectivas de los transductores y el sensor ultrasónico.

Una vez fijada la probeta correctamente entre las mordazas se encera en la posición del sensado dentro de la programación de Labview y procede a realizar el ensayo.

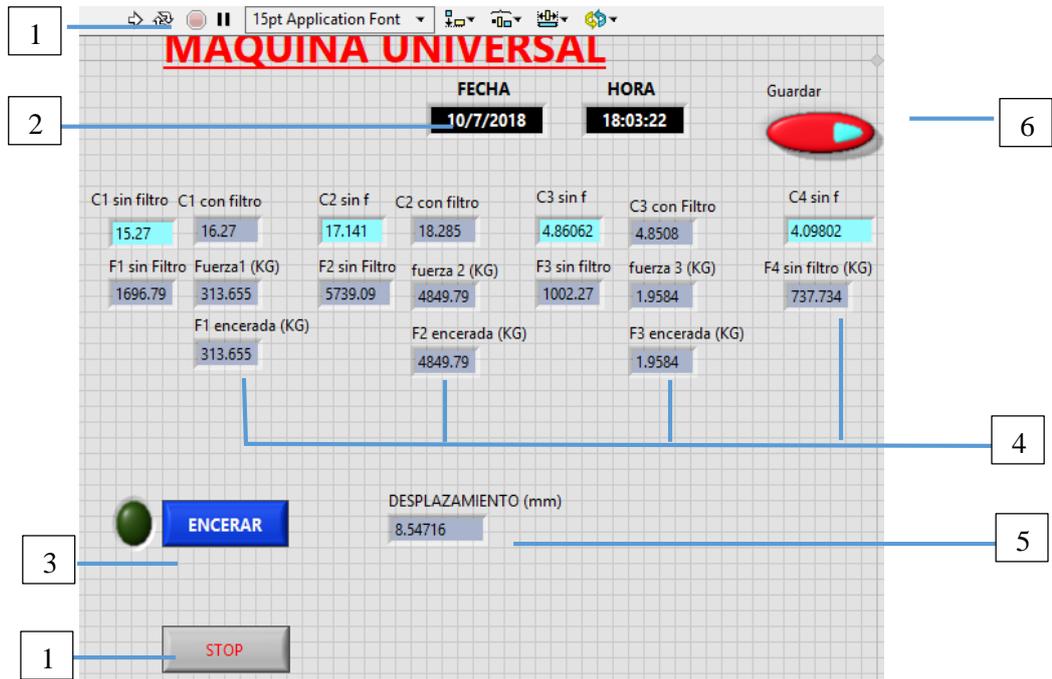


Figura 4-4: Inicio del proceso
 Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.



Figura 5-4: Ensayo de tracción
 Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

1. Run: Botón de conexión de arranque entre la DAQ y el ordenador.

2. Indicadores de fecha y hora.
3. Botón de encendido: Luego de manipular las válvulas para que el embolo de la maquina se posicione en un nivel para ensayar. Este botón permitirá encerrar los datos de los sensores y el nivel del pistón para poder ensayar con datos completos.
4. Indicadores de la señal de los transductores tanto en amperaje y directamente transformados a la fuerza en (Kgf).
5. Indicador de la posición del embolo en milímetros durante el ensayo y antes de aplicar la precarga.
6. Botón para guardar todos los datos almacenados durante el ensayo y al final.
7. En este recuadro es importante poner el nombre del ensayo antes de generar el reporte con el botón guardado.
8. Indicador del rango de posición en milímetros del émbolo y lo que alcanza el sensor ultrasónico durante y antes del ensayo.
9. Posición del avance de deformación de la probeta.
10. Área: Poner los datos del área de la probeta a ensayar en mm².
Longitud: Poner el dato de longitud inicial de la probeta antes del ensayo en mm.
11. Esfuerzo: Indicador del Esfuerzo (MPa) generado durante el ensayo.
Deformación: Indicador del avance de deformación de la probeta traccionada durante el ensayo en mm.
Deformación: Indicador de la deformación unitaria mediante el ensayo, este dato es adimensional.
12. Reset: Este botón es para que vuelva generarse la gráfica generada en el diagrama y no tener inconvenientes de un montaje de ensayos anteriores.
13. Inicio: Este botón es para que inicie los cálculos del programa y arranque la medición de datos del ensayo y empiece a generarse la gráfica en el diagrama.
14. Diagrama Esfuerzo vs. Deformación: Este plot es la que generará la gráfica adquirida por los sensores durante el ensayo.

4.1.5 Análisis de datos

Se realizó un ensayo de tracción en una probeta de un acero AISI 4340 de 12.5 mm de diámetro (Ver anexo M) y una longitud de 50 mm, de los cuales se sacó la respectiva superficie y se insertaron los datos en el programa, el mismo que arrojó los siguientes datos. Como sabemos el programa nos arroja aproximadamente 5000 datos de los cuales hemos escogido 12.

DEFORMACION UNITARIA - Plot 0	ESFUERZO (MPa) - Plot 0
0.000836499	1.507
0.00568284	11.1518
0.0119704	129.267
0.0173203	556.346
0.0241324	847.833
0.0293681	908.862
0.0468436	1000.06
0.0562225	1002.12
0.0628906	982.748
0.0762667	909.719
0.0842978	852.119
0.093727	780.176

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

4.1.6 Con los datos obtenidos procedemos a graficar esfuerzo vs. Deformación.

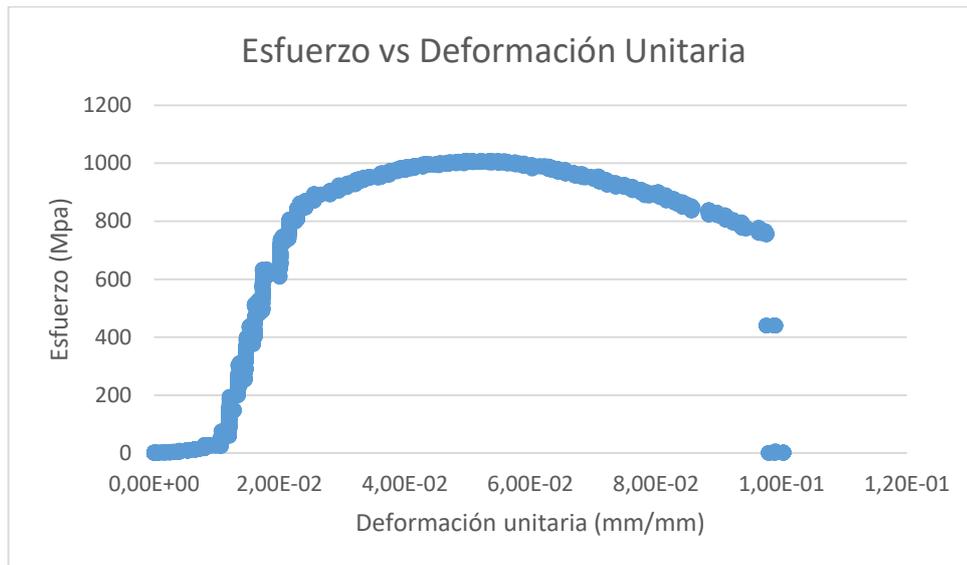


Figura 6-4: Esfuerzo vs Deformación Unitaria

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

También se realizó un ensayo de tracción en una probeta de un acero micro aleado Navacero de 12.5 mm de diámetro y una longitud de 550 mm, de los cuales se sacó la respectiva superficie y se insertaron los datos en el programa, el mismo que arrojó los siguientes datos. Como sabemos el programa nos arroja aproximadamente 5000 datos de los cuales hemos escogido 12.

DEFORMACION UNITARIA - Plot 0	ESFUERZO (MPa) - Plot 0
0.009178	5.41046
0.022314	50.349101
0.025799	103.689868
0.027708	150.729041
0.030066	200.887185
0.034081	302.731132
0.036597	400.437668
0.044876	504.764061
0.058301	606.8626182
0.075974	657.657286
0.097363	666.568631
0.115062	2.609751

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

4.1.7 Con los datos obtenidos procedemos a graficar esfuerzo vs. Deformación.

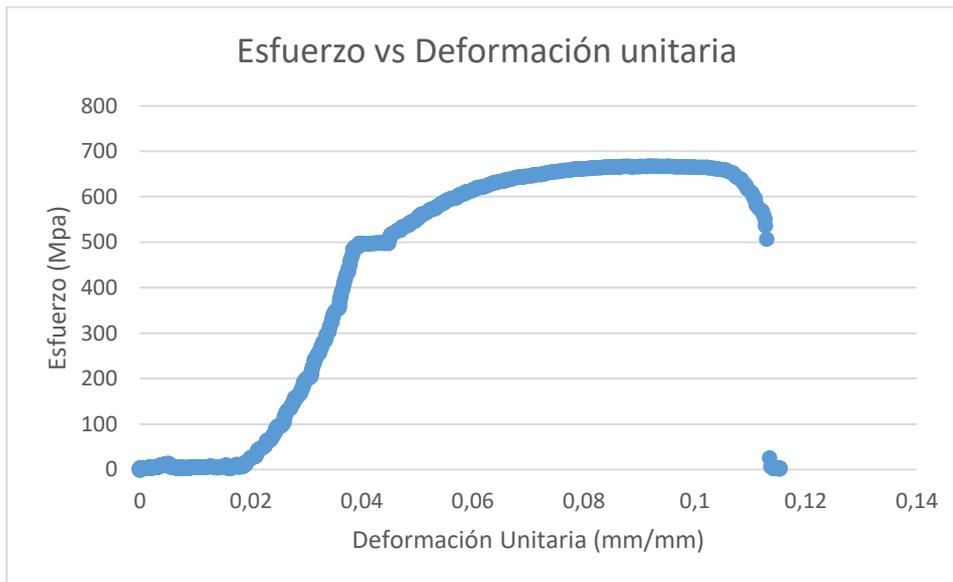


Figura 7-4: Esfuerzo vs Deformación

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

4.2 Ensayo a flexión

4.2.1 Vista General del Equipo



Figura 8-4: Vista General del Equipo
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

4.2.2 Características del equipo

Capacidad: 100 000 kgf

Marca: TINIUS OLSEN

Modelo: SUPER "L" UTM- Pressure Transducer Weighing System

Conexión Eléctrica: 440 Volts, 60 Ciclos, 3 Fases

Serie: 121865

4.2.3 Instalación del equipo

Para el adecuado funcionamiento del equipo es importante la correcta manipulación y disponibilidad de instalaciones adecuadas por lo cual se recomienda:

- Verificar el estado de las instalaciones eléctricas de la DAQ y los contactores del motor hidráulico.
- Asegurarse que los pines de los sensores estén conectados a la DAQ y verificar si la luz del sensor ultrasónico esté en color naranja, esto garantiza que está sensando el mismo.
- Asegurarse que el equipo se encuentre nivelado y la precarga en una posición indicada en la misma máquina.
- Las válvulas de los transductores estén abiertas y la DAQ conectada al ordenador.

4.2.4 *Requisitos de operación*

- Suministro de energía de 110V
- Suministro de energía de la DAQ de 24V

4.2.5 *Instrucciones de operación*

- **Puesta en marcha del equipo**

Una vez pulsado el botón ON de la máquina en la parte posterior, procedemos a pulsar el botón START para que arranque el motor del sistema hidráulico de la máquina.

- **Instalación del banco de apoyos y probetas.**

Realizar la respectiva selección de acoples para el ensayo a flexión y colocar la probeta en la posición de nivel de ensayos indicados en la máquina.



Figura 9-4: Instalación del banco de apoyos y probetas

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

- **Inicio del proceso**

Verificar que el programa de Labview opere y de las señales respectivas de los transductores y el sensor ultrasónico.

Una vez fijada la probeta correctamente entre las mordazas se encera en la posición del sensado dentro de la programación de Labview y procede a realizar el ensayo.

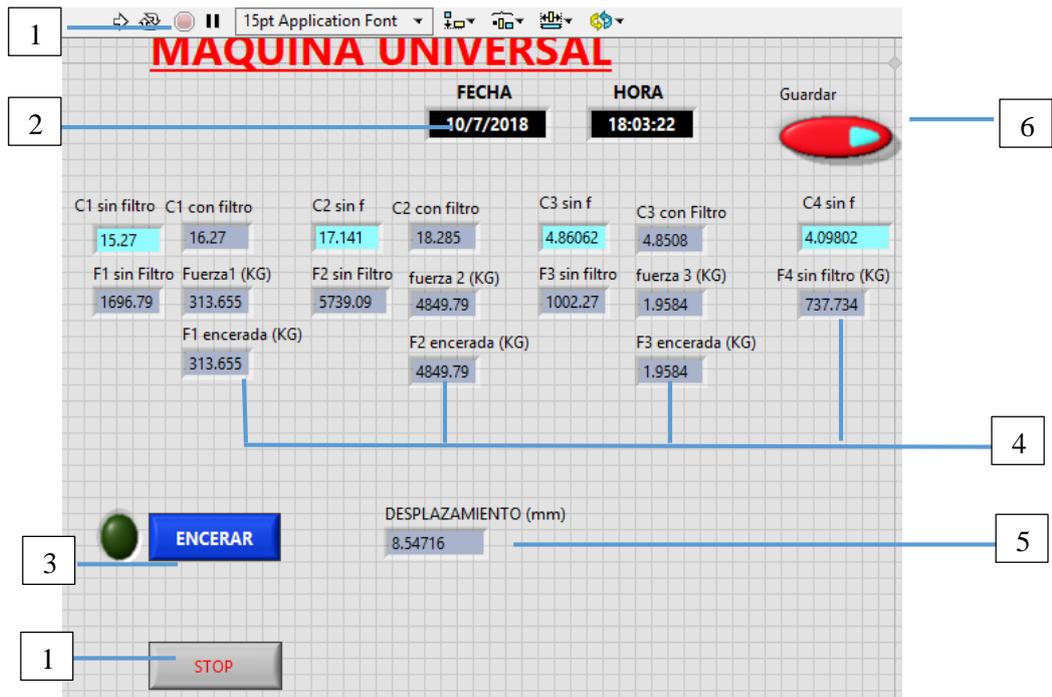


Figura 10-4: Inicio del proceso
 Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

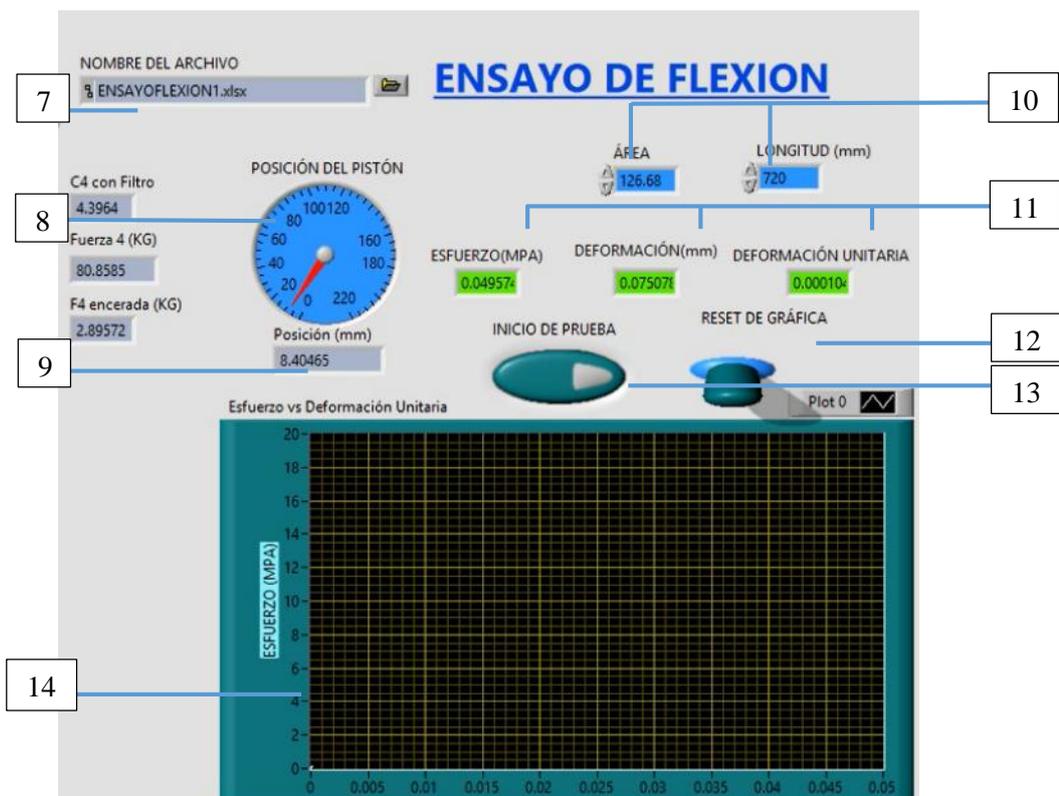


Figura 11-4: Ensayo de flexión
 Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

1. Run: Botón de conexión de arranque entre la DAQ y el ordenador.
2. Indicadores de fecha y hora.
3. Botón de encendido: Luego de manipular las válvulas para que el embolo de la maquina se posicione en un nivel para ensayar. Este botón permitirá encerrar los datos de los sensores y el nivel del pistón para poder ensayar con datos completos.
4. Indicadores de la señal de los transductores tanto en amperaje y directamente transformados a la fuerza en (Kgf).
5. Indicador de la posición del embolo en milímetros durante el ensayo y antes de aplicar la precarga.
6. Botón para guardar todos los datos almacenados durante el ensayo y al final.
7. En este recuadro es importante poner el nombre del ensayo antes de generar el reporte con el botón guardado.
8. Indicador del rango de posición en milímetros del émbolo y lo que alcanza el sensor ultrasónico durante y antes del ensayo.
9. Posición del avance de deformación de la probeta.
10. Área: Poner los datos del área de la probeta a ensayar en mm².
Longitud: Poner el dato de longitud inicial de la probeta antes del ensayo en mm.
11. Esfuerzo: Indicador del Esfuerzo (MPa) generado durante el ensayo.
Deformación: Indicador del avance de deformación de la probeta traccionada durante el ensayo en mm.
Deformación: Indicador de la deformación unitaria mediante el ensayo, este dato es adimensional.
12. Reset: Este botón es para que vuelva generarse la gráfica generada en el diagrama y no tener inconvenientes de un montaje de ensayos anteriores.
13. Inicio: Este botón es para que inicie los cálculos del programa y arranque la medición de datos del ensayo y empiece a generarse la gráfica en el diagrama.
14. Diagrama Esfuerzo vs. Deformación: Este plot es la que generará la gráfica adquirida por los sensores durante el ensayo.

4.2.6 Análisis de datos

Se realizó una prueba con una varilla de acero AISI 1018 de 60 cm de largo y 12.7 mm de diámetro, las cuales muestran datos similares, además aquí se adjuntó cada 50 datos porque el avance del ensayo es de 1mm/min. Por lo tanto, el ensayo hasta llegar a la rotura total será más de 5000 datos.

FLECHA (mm) - Plot 0	FUERZA (N) - Plot 0
0.09600408	6.27957658
1.1767032	79.5412865
2.435148	167.455207
3.6138312	255.369253
8.983944	615.398328
14.246136	935.656822
18.588024	1096.83173
19.63656	1128.22942

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

4.2.7 Con los datos obtenidos procedemos a graficar esfuerzo vs. Deformación.

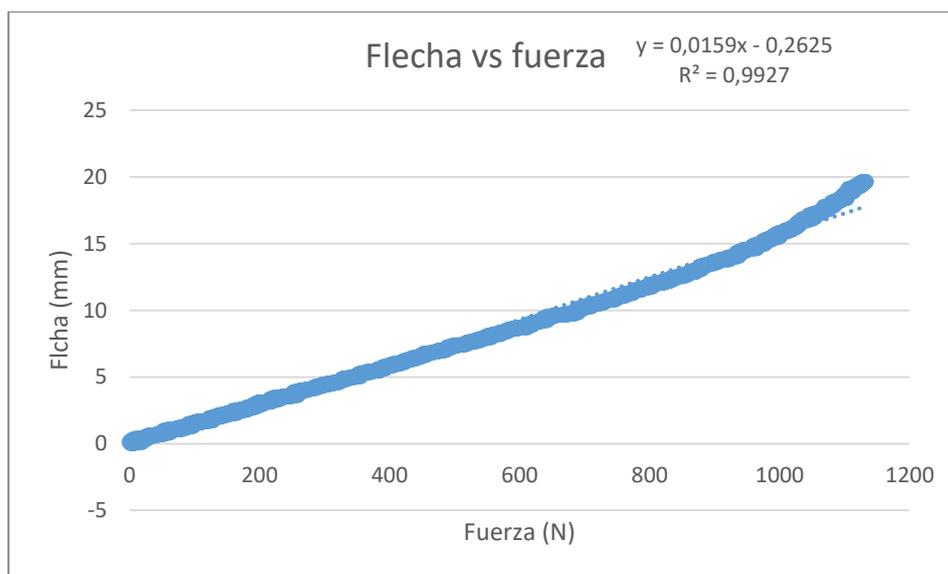


Figura 12-4: Esfuerzo vs. Deformación

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

Podemos comprobar que la pendiente de la recta es aproximadamente el valor constante del teórico.

Ecuación 1-4

$$Y_{max} = \frac{(F * l^3)}{48 * E * I}$$

$$Y_{max} = \frac{(F * (600mm)^3)}{48 * 210E3Mpa * 1276.98 mm^4}$$

$$Y_{max} = 0.01678 * F$$

4.3 Ensayo a compresión

4.3.1 *Vista General del Equipo*



Figura 13-4: Esfuerzo vs. Deformación
Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

4.3.2 *Características del equipo*

Capacidad: 100 000 kgf

Marca: TINIUS OLSEN

Modelo: SUPER "L" UTM- Pressure Transducer Weighing System

Conexión Eléctrica: 440 Volts, 60 Ciclos, 3 Fases

Serie: 121865

4.3.3 *Instalación del equipo*

Para el adecuado funcionamiento del equipo es importante la correcta manipulación y disponibilidad de instalaciones adecuadas por lo cual se recomienda:

- Verificar el estado de las instalaciones eléctricas de la DAQ y los contactores del motor hidráulico.
- Asegurarse que los pines de los sensores estén conectados a la DAQ y verificar si la luz del sensor ultrasónico esté en color naranja, esto garantiza que está sensando el mismo.
- Asegurarse que el equipo se encuentre nivelado y la precarga en una posición indicada en la misma máquina.
- Las válvulas de los transductores estén abiertas y la DAQ conectada al ordenador.

4.3.4 *Requisitos de operación*

- Suministro de energía de 110V
- Suministro de energía de la DAQ de 24V

4.3.5 Instrucciones de operación

- **Puesta en marcha del equipo**

Una vez pulsado el botón ON de la máquina en la parte posterior, procedemos a pulsar el botón START para que arranque el motor del sistema hidráulico de la máquina.

- **Instalación del banco de apoyos y probetas.**

Realizar la respectiva selección de acoples para el ensayo a flexión y colocar la probeta en la posición de nivel de ensayos indicados en la máquina.



Figura 14-4: Instalación del banco de apoyos y probetas

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

- **Inicio del proceso**

Verificar que el programa de Labview opere y de las señales respectivas de los transductores y el sensor ultrasónico.

Una vez fijada la probeta correctamente entre las mordazas se encera en la posición del sensado dentro de la programación de Labview y procede a realizar el ensayo.

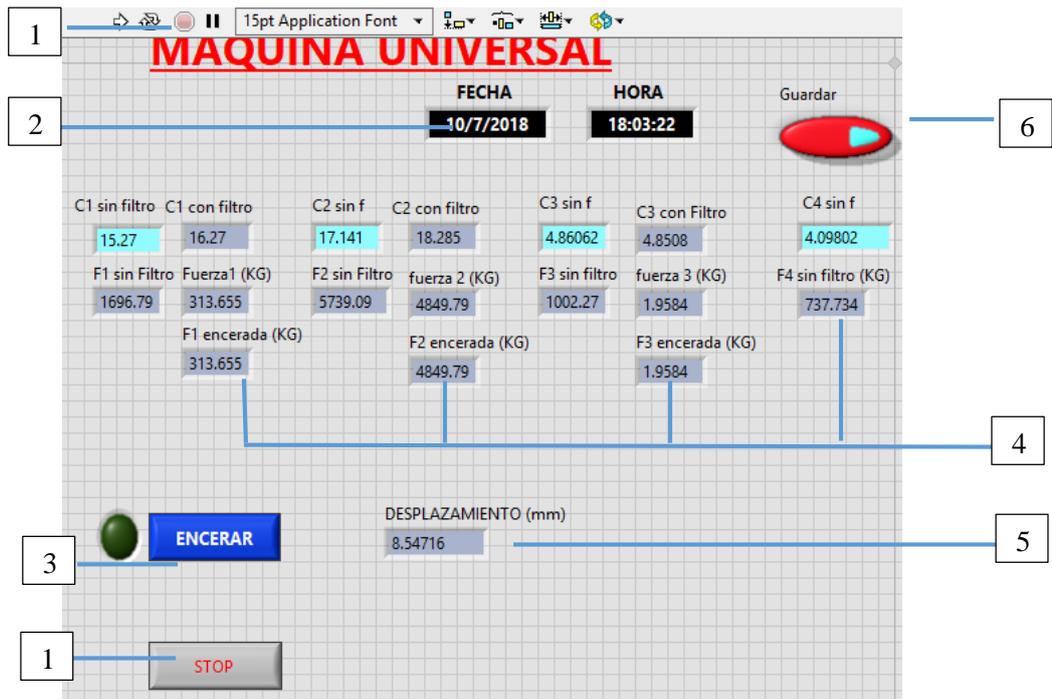


Figura 15-4: Inicio del proceso
 Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

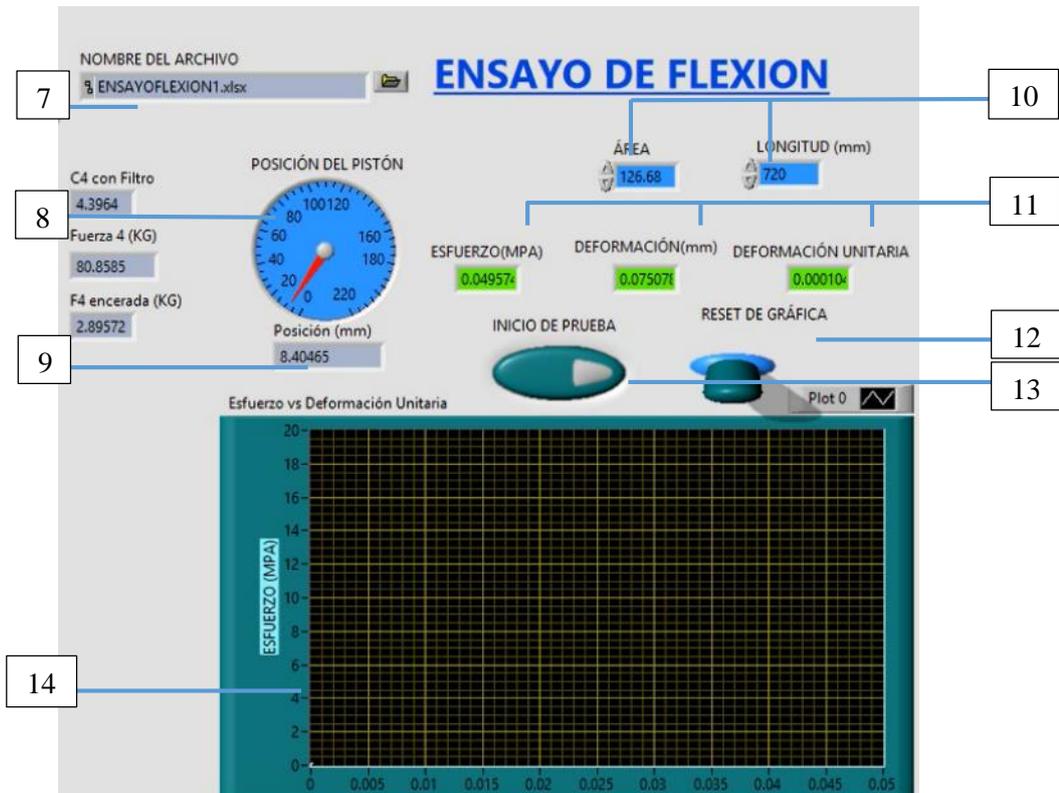


Figura 16-4: Ensayo a compresión
 Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

1. Run: Botón de conexión de arranque entre la DAQ y el ordenador.
2. Indicadores de fecha y hora.
3. Botón de encendido: Luego de manipular las válvulas para que el embolo de la maquina se posicione en un nivel para ensayar. Este botón permitirá encerrar los datos de los sensores y el nivel del pistón para poder ensayar con datos completos.
4. Indicadores de la señal de los transductores tanto en amperaje y directamente transformados a la fuerza en (Kgf).
5. Indicador de la posición del embolo en milímetros durante el ensayo y antes de aplicar la precarga.
6. Botón para guardar todos los datos almacenados durante el ensayo y al final.
7. En este recuadro es importante poner el nombre del ensayo antes de generar el reporte con el botón guardado.
8. Indicador del rango de posición en milímetros del émbolo y lo que alcanza el sensor ultrasónico durante y antes del ensayo.
9. Posición del avance de deformación de la probeta.
10. Área: Poner los datos del área de la probeta a ensayar en mm².
Longitud: Poner el dato de longitud inicial de la probeta antes del ensayo en mm.
11. Esfuerzo: Indicador del Esfuerzo (MPa) generado durante el ensayo.
Deformación: Indicador del avance de deformación de la probeta traccionada durante el ensayo en mm.
Deformación: Indicador de la deformación unitaria mediante el ensayo, este dato es adimensional.
12. Reset: Este botón es para que vuelva generarse la gráfica generada en el diagrama y no tener inconvenientes de un montaje de ensayos anteriores.
13. Inicio: Este botón es para que inicie los cálculos del programa y arranque la medición de datos del ensayo y empiece a generarse la gráfica en el diagrama.
14. Diagrama Esfuerzo vs. Deformación: Este plot es la que generará la gráfica adquirida por los sensores durante el ensayo.

4.3.6 Análisis de datos

Se realizó un ensayo de compresión en una probeta de una aleación de Al-Mg de 25 mm de diámetro y una longitud de 80 mm, de los cuales se sacó la respectiva superficie y se insertaron los datos en el programa, el mismo que arrojó los siguientes datos. Como sabemos el programa nos arroja aproximadamente 5000 datos de los cuales hemos escogido 10.

DEFORMACION UNITARIA - Plot 0	ESFUERZO (MPa) - Plot 0
0.00397773	2.63134
0.0101178	44.231
0.0128548	77.5681
0.014798	88.9535
0.0177185	97.1365
0.0177374	99.9143
0.0197164	109.418
0.0266847	130.855
0.0376442	155.366
0.0584716	188.455

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

4.3.7 Con los datos obtenidos procedemos a graficar esfuerzo vs. Deformación.

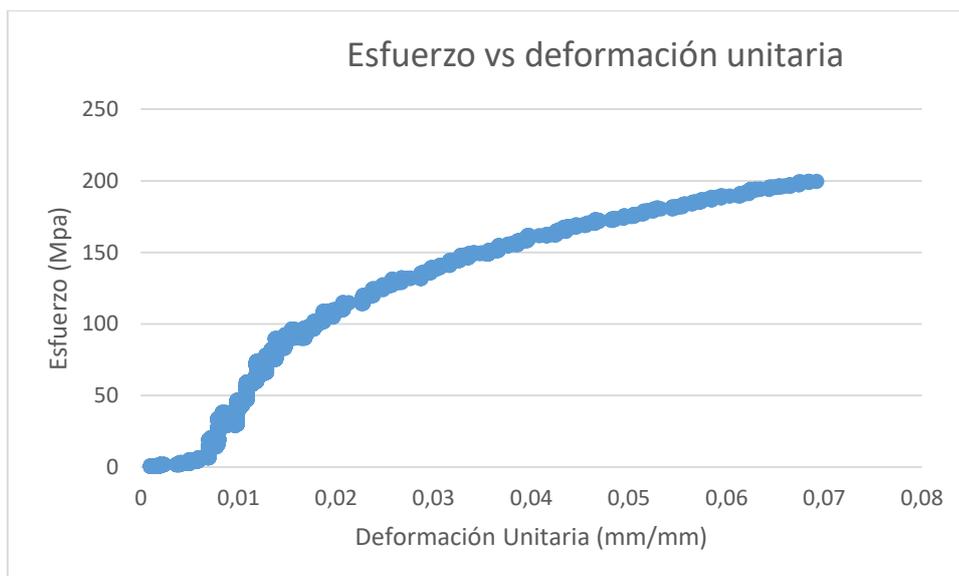


Figura 17-4: Esfuerzo vs deformación unitaria

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

También se realizó otro ensayo de compresión en una probeta de madera (Pino) cuadrada de 50*50 mm una longitud de 200 mm, de los cuales se sacó la respectiva superficie y se insertaron los datos en el programa, el mismo que arrojó los siguientes datos. Como sabemos el programa nos arroja aproximadamente 5000 datos de los cuales hemos escogido 10.

DEFORMACIÓN UNITARIA - Plot 0	ESFUERZO (MPa) - Plot 0
0.000365134	0.0770564
0.000360323	0.152361
0.00146044	0.415054
0.00258837	4.22584
0.00407561	23.437
0.00594015	57.082
0.00855372	56.3708
0.00928715	56.2094
0.0100363	57.0252
0.0115347	58.2385

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

4.3.8 Con los datos obtenidos procedemos a graficar esfuerzo vs. Deformación.

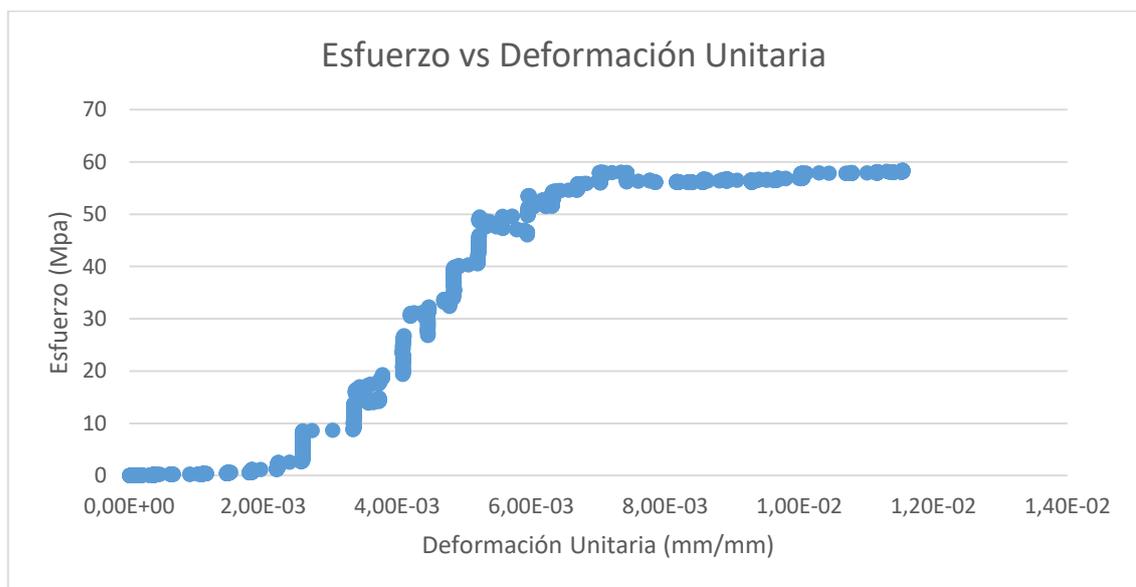


Figura 18-4: Esfuerzo vs. Deformación

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

4.4 COSTOS DE OPERACIÓN

A continuación, se muestra una descripción de todos los gastos realizados para obtener un valor total de inversión de la implementación adecuada para la adquisición de datos.

4.4.1 Costo de equipos electrónicos e hidráulicos.

Equipo	Costo unitario	Cantidad	Costo
Transductor de presión TEL-TRU 0-1 bar DC 30V (4-20mA)	225	1	225
Transductor de presión SAFE GAUGE 0-16 bar DC 30V (4-20mA)	255	1	255
Transductor de presión WIKA Type A-10 0-1500 psi DC 30 V (4-20mA)	270	1	270
Fuente de poder LOGO POWER 110/220VAC 24VD 2.5A	125	1	125
Sensor ultrasónico metálico PEPPERL+FUCHS M18 Rango de censado: 50-800mm. Zona ciega: 0-50mm DC 30V (4-20mA)	265	1	265
Cable conector hembra rosca de sujeción M12 Nro. de polos:4. Longitud 10m.	25	1	25
Cable conector IP67 simple. Longitud 20m.	40	1	40
Válvula hidráulica de giro manual ¼ in cap. Max: 5000 psi.	55	4	220
Cañería de cobre ¼ in.	60	1	60
Manguera de presión hidráulica 3000 psi.	10	1	10
Conector de cobre T cañería ¼ in.	3.50	3	10.50
Hexagonal roscada de cobre ¼ in.	2.50	5	12.50
Codo ¼ in rosca hexagonal acero inoxidable para válvula hidráulica.	4.50	8	36
Neplos ¼ x 2 ½ in	3.50	4	14
Placa electrónica adaptable a la DAQ.	50	1	50
	Subtotal		1618
	IVA 12%		194.16
	Total		1812.16

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

4.4.2 Costos por mantenimiento y mano de obra.

Elemento	Costo unitario	Cantidad	Costo
Cajetilla de acero gris para la protección de las válvulas hidráulicas.	60	1	60
Perforación de la máquina con equipos adecuados para acero en frío.	80	1	80
Soporte metálico para el sensor ultrasónico.	20	1	20
Instalación eléctrica de los sensores y la fuente LOGO.	200	1	200
	Subtotal		360
	IVA 12%		43.20
	Total		403.20

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

4.4.3 Costo Total

Descripción	Costos
Equipos electrónicos e hidráulicos	1812.16
Costos por mantenimiento y mano de obra	403.20
Costo total	2215.36

Realizado por: Carrión, José; Pazmiño, Avelino; 2018.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La repotenciación del sistema de adquisición de datos de la máquina de universal ha dado lugar a la implementación de sensores de presión para un amplio proceso. Utilizando la tarjeta de adquisición de datos DAQ, permitió calibrar la medición y mejorar las prestaciones originales.

A través del análisis del funcionamiento de la máquina de universal, se estableció los requerimientos de software, equipos y materiales.

Al efectuar el mantenimiento correctivo, se logró determinar la presión máxima de trabajo y la presión hidrostática del embolo que opera para deformar las probetas mediante ensayos de compresión, tracción y flexión para así considerar la reutilización o reemplazo correspondiente del transductor de 6 bares y la implementación de un sensor de distancia para medir el avance del émbolo considerando la presión de trabajo de la máquina.

Se realizó una implementación de tres sensores de diferente escala con el fin de mejorar la precisión a medida que el ensayo avance durante el proceso de deformación de los materiales correspondientes.

Con el rediseño de los sistemas eléctricos, electrónicos, se ha obtenido una mejor redistribución de la medición y elementos que intervienen en dichos sistemas optimizando el espacio físico.

Al acoplar los sistemas hidráulico, eléctrico y electrónico, se alcanzó establecer la operación y calibración de la medida de datos de la fuerza ejercida por la presión de la máquina, con el fin de alcanzar un funcionamiento óptimo.

5.2 Recomendaciones

Tomar en cuenta todos los requerimientos, como son el número de entradas de la tarjeta de adquisición de datos DAQ y el número de salidas del mismo, ya que son cinco elementos de medición instalados al sistema hidráulico de la máquina.

Comprobar que los elementos mecánicos e hidráulicos se encuentren funcionando adecuadamente, tras el mantenimiento realizado.

Simular los sistemas eléctricos, electrónicos en un software adecuado que garantice un rediseño estable al momento de la implementación.

Tener en cuenta los diferentes voltajes de funcionamiento al momento de acoplar los dispositivos eléctricos y electrónicos, verificar que no haiga presencia de aceite en los circuitos por seguridad.

6. BIBLIOGRAFÍA

Logicbus S.A. De C.V. 2018. Logicbus. [En línea] 2018. [Citado el: 5 de Marzo de 2018.]
<http://www.logicbus.com.mx/adquisicion-de-datos.php>.

ASTME8/E8M. 2013. Galvanizeit. [En línea] 01 de Julio de 2013. [Citado el: 12 de Febrero de 2018.] <http://www.galvanizeit.com/uploads/ASTM-E-8-yr-13.pdf>.

Bosch, José y Carmona, Manuel. 2012. Instrumentación Electrónica Avanzada. *Departament d'Electrònica*. [En línea] 13 de Julio de 2012.

<http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/34483/1/Instrumentaci%C3%B3n%20Electr%C3%B3nica%20Avanzada-Instrumentaci%C3%B3n%20Inteligente.pdf>. Pag 6.

Callister , William D. 1995. *Ciencia en Ingeniería de los Materiales* . Primera. Barcelona : Editorial Reverté,S.A., 1995.

Colcha Díaz, Juan Gabriel y Villa Orozco, Mariana Elizabeth. 2010. *Diseño e implementación de un sistema electrónico-informático para aplicaciones en ensayos en la máquina universal*. Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2010.

Creus Solé, Antonio. 2011. *INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL* . Octava. Barcelona (España) : Marcombo, S.A., 2011. ISBN: 978-84-267-1866-2.

Díaz, Juan Gabriel Colcha. 2010. *dspace.esPOCH. dspace.esPOCH*. [En línea] 30 de Septiembre de 2010. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/891/1/15T00458.pdf>.

Heras, Salvador de las. 2011. *FLUIDOS,BOMBAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS*. Primera. Barcelona : UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH, 2011.

Hibbeler, Russel C. 2006. *Mecánica de Materiales*. Sexta. Londres : Pearson 2006, 2006. págs. 82-90.

INEN. 2015. *ACERO Y PRODUCTOS DE ACERO- LOCALIZACIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS Y PROBETAS PARA ENSAYOS MECÁNICOS (ISO 377:2013)*. Quito : Normativa Técnica Ecuatoriana, 2015. IDT.

Materiales metálicos-ensayo de tracción parte 1: método de ensayo a temperatura ambiente(ISO 6892-1). Quito : Norma Técnica Ecuatoriana, 2017. IDT.

Mott, Robert L. 2006. *DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS Cuarta edición.* México : Pearson Educación, 2006. ISBN: 970-26-0812-0.

Nacobre, Productos. 2015. Manual Técnico Nacobre. [En línea] 2015. [Citado el: 15 de Abril de 2018.]

https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut208/manual_tecnico_cobre.pdf.

Núñez, Carlos, Roca, Antoni y Jorba, Jordi. 2011. *COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LOS MATERIALES Vol.2 Ensayos mecánicos. Ensayos no destructivos.* Barcelona : Universitat de Barcelona, 2011. 281.

Rodríguez, Felipe Días del Castillo. 2008. LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES UNAM mx. [En línea] 2008. [Citado el: 27 de Febrero de 2018.]

http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m5/fundamentos_de_mecanica_solidos.pdf.