



**ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y  
MECANICA.**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO MECÁNICO.**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA GRAFICADOR  
DE DIAGRAMAS Y DE REGISTRO DE DATOS DE LA PRENSA AMSLER  
DE CIEN TONELADAS, PERTENECIENTE AL LABORATORIO DE  
MECÁNICA DE MATERIALES DEL DECEM.**

**AUTOR: NÚÑEZ SILVA, NELSON JAVIER.**

**DIRECTOR: ING. PÉREZ ROSALES, JOSÉ EMILIO MSC.**

**SANGOLQUI.**

**2018**



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y MECANICA.

### CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

#### CERTIFICACIÓN:

Certifico que el trabajo de titulación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA GRAFICADOR DE DIAGRAMAS Y DE REGISTRO DE DATOS DE LA PRENSA AMSLER DE CIEN TONELADAS, PERTENECIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES DEL DECEM” realizado por el señor NÚÑEZ SILVA, NELSON JAVIER, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí 24 de julio de 2018

ING. PÉREZ ROSALES, JOSÉ EMILIO MSC.

C.C. 1706481957



**ESPE**  
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y  
 MECANICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **NÚÑEZ SILVA, NELSON JAVIER**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA GRAFICADOR DE DIAGRAMAS Y DE REGISTRO DE DATOS DE LA PRENSA AMSLER DE CIEN TONELADAS, PERTENECIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES DEL DECEM”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente, el contenido de la investigación mencionada es veraz.

**Sangolquí 24 de julio de 2018**

..... *Nelson Núñez* .....

Nelson Núñez Silva

C.C. .... *171533 8258* .....



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGIA Y  
MECANICA.**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.**

**AUTORIZACIÓN.**

Yo, NÚÑEZ SILVA, NELSON JAVIER, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar el trabajo de titulación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA GRAFICADOR DE DIAGRAMAS Y DE REGISTRO DE DATOS DE LA PRENSA AMSLER DE CIEN TONELADAS, PERTENECIENTE AL LABORATORIO DE MECÁNICA DE MATERIALES DEL DECEM” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí 24 de julio de 2018

.....*Nelson Núñez Silva*.....

Nelson Núñez Silva

C.C.....*1715338255*.....

## DEDICATORIA

Este proyecto de titulación, va dedicado a:

**A Dios**, por haberme dado salud y las oportunidades para haber podido llegar a culminar la carrera y a completar el presente proyecto de titulación.

**A mis padres**, por haberme brindado todo su apoyo durante toda mi vida, de forma desinteresada, en todo aspecto, además de haberme formado como persona, por darme estabilidad emocional, espiritual y económica.

**A mi hermana**, por su forma de presionar para que ponga ganas y me dedique a concluir el proyecto de titulación.

**A mis profesores**, quienes me impartieron los conocimientos, que hicieron posible la consecución de este proyecto

## **AGRADECIMIENTO.**

Deseo utilizar este apartado para expresar mi agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto de grado, a todos quienes han influido y aportado con ideas, con su tiempo y de forma económica para poder realizar y finalizar el proyecto de grado. De forma personal deseo agradecer a el Director del Proyecto de Titulación Ingeniero José Pérez MSC, quien con sus ideas y el tiempo dedicado a la realización del proyecto ha facilitado la consecución del mismo. Al ser parte del Laboratorio de Mecánica de Materiales, agradezco al Ingeniero Francisco Navas, quien me ha brindado su ayuda y apoyo, así como un aporte de ideas a más de colaborar con sus habilidades superiores a las mías en lo referente a obra mecánica. Todo proyecto de grado es un trabajo que consiste de investigación y aplicación de conocimientos obtenidos a lo largo de la vida estudiantil, por lo cual agradezco también a los profesores y amigos quienes me apoyaron con ideas y consejos acerca de cómo realizar ciertas partes del proyecto. Agradezco además a todo el personal del DECEM quienes me ayudaron con ideas y consejos acerca de cómo realizar conexiones y como resolver varios inconvenientes que fueron sucediendo durante la realización del proyecto, también al personal del DEEE, quienes me ayudaron con las conexiones y el trabajo en el procesamiento de la señal de los sensores. Un proyecto de titulación de este tipo, no se puede llevar a cabo sin apoyo ofrecido por personas que nos estiman y aprecian, por lo cual también agradezco a mis amigos y otras personas allegadas a mí. Sobre todo, deseo agradecer a mis padres, quienes me apoyaron de forma desinteresada tanto en lo anímico como en lo económico y también en lo académico.

A todos, muchas gracias

## Índice de Contenidos

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1. AREA DEL TEMA: .....	1
1.2. INSTITUCION AUSPICIANTE Y, O BENEFICIARIA: .....	1
1.3. LOCALIZACION GEOGRAFICA:.....	1
1.4. AREA DE INFLUENCIA:.....	2
1.5. ANTECEDENTES: .....	2
1.6. DEFINICION DEL PROBLEMA:.....	3
1.7. MARCO INSTITUCIONAL:.....	5
1.7.1. VISION: .....	5
1.7.2. MISION:.....	5
1.8. VALORES INSTITUCIONALES: .....	5
1.9. JUSTIFICACION:.....	6
1.10. ALCANCE DEL PROYECTO:.....	6
1.11. OBJETIVOS: .....	6
1.11.1. Objetivo General: .....	6
1.11.2. Objetivos Específicos:.....	6
1.11.3. Objetivo Institucional:.....	7
1.11.4. Objetivo Táctico:.....	7
1.11.5. Objetivo Operacional: .....	7
1.12. METODOLOGIA A EMPLEAR: .....	7
1.13. EQUIPAMIENTO: .....	8
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>9</b>

<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1. BASE DE DATOS .....	9
2.1.1. Definición:.....	9
2.1.2. Clasificación:.....	9
2.2. SISTEMAS HIDRAULICOS.....	12
2.2.1. Definición:.....	12
2.2.2. Máquina:.....	12
2.2.3. Máquina Hidráulica:.....	12
2.2.4. Clasificación de Máquinas Hidráulicas.....	13
2.2.5. Bombas:.....	14
2.2.5.1. Clasificación:.....	14
2.2.5.1.1. Bombas de Desplazamiento Positivo: .....	14
2.2.5.1.2. Bombas de Intercambio de Cantidad de Movimiento: .....	15
2.2.6. Principio de Pascal: .....	15
2.2.7. Prensa Hidráulica: .....	16
2.3. SENSORES .....	17
2.3.1. Definición:.....	17
2.3.2. Características de un Sensor:.....	18
2.3.3. Tipos de Sensores:.....	18
2.4. SENSORES DE FUERZA .....	22
2.4.1. Definición:.....	22
2.4.2. Sensores de Fuerza Piezoeléctricos:.....	23
2.4.3. Sensores de Fuerza Galgas Extensiométricas (Strain Gauge):.....	24
2.4.4. Transmisores de Presión: .....	24

2.5.	SENSORES DE DESPLAZAMIENTO .....	26
2.5.1.	Definición:.....	26
2.5.2.	Clasificación:.....	26
2.5.3.	Sensores Analógicos de Desplazamiento:.....	27
2.5.4.	Sensores de Inductancia Variable .....	28
2.5.5.	Transformador diferencial (LVTD) .....	28
2.5.6.	Sensor Sincro: .....	29
2.5.7.	Sensores Capacitivos.....	30
2.5.8.	Sensores Digitales de Desplazamiento:.....	30
2.5.9.	Codificadores Ópticos: .....	30
2.5.10.	Potenciómetro Lineal: .....	31
2.5.11.	Acondicionamiento de Señales: .....	31
2.5.12.	Adquisición de Datos: .....	32
2.6.	SOFTWARE.....	33
2.6.1.	Definición:.....	33
2.6.2.	Clasificación:.....	34
2.6.3.	Software para la adquisición y análisis de datos: .....	34
2.6.3.1.	Labview: .....	34
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>36</b>
<b>3. DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA PRENSA.....</b>		<b>36</b>
3.1.	INTRODUCCION:.....	36
3.1.1.	ESQUEMA PRENSA AMSLER .....	38
3.1.2.	3.1.2 DESCRIPCIÓN DE SUS ELEMENTOS: .....	40
3.2.	PRESENTACIÓN DETALLADA DE LA PROBLEMÁTICA. ....	42

3.2.1.	Sistema Hidráulico: .....	43
3.2.2.	Sistema de Medición: .....	47
3.3.	Trabajos Realizados en el Área. ....	54
3.3.1.	Descripción de Cada Área:.....	54
3.3.2.	3.3.2 Comparación: .....	55
3.4.	Aplicaciones: .....	57
3.5.	Perspectivas de Desarrollo.....	62
3.5.1.	Principales Áreas de Trabajo.....	62
3.5.2.	Problemas a Resolver: .....	63
<b>CAPITULO IV</b>	<b>.....</b>	<b>64</b>
<b>4. DISEÑO</b>	<b>.....</b>	<b>64</b>
4.1.	Diseño del sistema de medición de fuerza.....	64
4.2.	Diseño del sistema de medición de desplazamiento.....	73
4.3.	Elementos mecánicos .....	82
4.4.	Sistema de adquisición de datos y utilización de software.....	87
4.4.1.	Sistema de adquisición de datos:.....	87
4.4.2.	4.4.2. Utilización del software .....	88
<b>CAPITULO V</b>	<b>.....</b>	<b>96</b>
<b>5. CONSTRUCCIÓN</b>	<b>.....</b>	<b>96</b>
5.1.	Planeación y programación operacional.....	96
5.1.1.	Requisitos/ Personal: .....	96
5.1.2.	5.1.2. Materiales: .....	99
5.1.3.	Requisitos económicos y financieros .....	101
5.2.	Construcción del sistema de medición de fuerzas .....	102

- 5.3. Construcción del sistema de medición de desplazamiento..... 109
- 5.4. Programación del sistema de adquisición de datos ..... 113
- 5.5. Montaje y ensamblaje..... 136
- CAPITULO VI .....145**
- 6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....145**
  - 6.1. Protocolo de pruebas ..... 145
  - 6.2. Análisis de resultados ..... 147
- CAPITULO VII.....157**
- 7. ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO .....157**
  - 7.1. Análisis Económico..... 157
  - 7.2. Análisis Financiero. .... 161
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....163**
  - CONCLUSIONES ..... 163
  - RECOMENDACIONES ..... 165
  - BIBLIOGRAFÍA..... 166

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Elementos y partes de relevancia de la Prensa AMSLER</i> .....	40
<b>Tabla 2.</b> <i>Matriz de selección de sensores de carga</i> .....	64
<b>Tabla 3.</b> <i>Tabulación de datos obtenidos para el Transmisor de Presión Novotechnik LWH 275</i> .....	68
<b>Tabla 4.</b> <i>Matriz de selección de sensores de desplazamiento</i> .....	73
<b>Tabla 5.</b> <i>Tabulación de valores para el Transmisor de Presión Siemens Sitrans P</i> .....	77
<b>Tabla 6.</b> <i>Elementos necesarios para realizar el montaje, cantidades y costos</i> .....	101
<b>Tabla 7.</b> <i>Elementos necesarios para la fabricación de la caja porta instrumentos</i> .....	101
<b>Tabla 8.</b> <i>Instrumentos utilizados para la realización del proyecto</i> .....	102
<b>Tabla 9.</b> <i>Tabulación de resultados, agrupando valores por rangos</i> .....	156
<b>Tabla 10.</b> <i>Tabla de valores de apoyo de personal calificado en múltiples áreas</i> .....	157
<b>Tabla 11.</b> <i>Tabla de costos y cantidades de equipos, instrumentos y accesorios utilizados en el proyecto</i> .....	158
<b>Tabla 12.</b> <i>Tabla de costos de mano de obra de realización de distintas actividades.</i> .....	159
<b>Tabla 13.</b> <i>Tabla de costos de elementos complementarios para el desarrollo del proyecto</i> .....	159
<b>Tabla 14.</b> <i>Tabla de costo de elementos de pruebas</i> .....	159
<b>Tabla 15.</b> <i>Tabla de costos de utilización de laboratorios para la realización del proyecto</i> .....	160
<b>Tabla 16.</b> <i>Tabla de costos indirectos</i> .....	160

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Ubicación Geográfica (Google Earth) .....	2
<b>Figura 2.</b> Computador HP del LMM del DECEM.....	3
<b>Figura 3.</b> Base de Datos .....	9
<b>Figura 4.</b> Payloader con múltiples sistemas Hidráulicos. ....	12
<b>Figura 5.</b> Bomba Hidráulica.....	15
<b>Figura 6.</b> Prensa Hidráulica.....	17
<b>Figura 7.</b> Sensores .....	18
<b>Figura 8.</b> Diagrama Fuerza- Deformación .....	22
<b>Figura 9.</b> Sensor de Fuerza Piezoeléctrico .....	23
<b>Figura 10.</b> Sensor tipo Galga Extensiométrica (Strain Gauge) .....	24
<b>Figura 11.</b> Transmisor de Presión .....	25
<b>Figura 12.</b> Sensor de Inductancia Variable .....	28
<b>Figura 13.</b> Sensor de inductancia Variable de doble bobina.....	28
<b>Figura 14.</b> Sensor LVDT .....	29
<b>Figura 15.</b> Sensor Sincro .....	29
<b>Figura 16.</b> Codificador Óptico .....	30
<b>Figura 17.</b> Potenciómetros lineales de diferentes tamaños. ....	31
<b>Figura 18.</b> Acondicionamiento de señales .....	32
<b>Figura 19.</b> Partes de un sistema DAQ .....	33
<b>Figura 20.</b> Software.....	33
<b>Figura 21.</b> Labview Logo.....	34
<b>Figura 22.</b> Panel de operaciones de un programa de Labview.....	35
<b>Figura 23.</b> Panel de programación en base a objetos Labview .....	35
<b>Figura 24.</b> Prensa AMSLER de 100 Ton del LRM.....	37
<b>Figura 25.</b> Vista esquemática lateral Prensa AMSLER .....	38
<b>Figura 26.</b> Vista esquemática frontal Prensa AMSLER.....	39
<b>Figura 27.</b> Reservorio Prensa AMSLER.....	43

<b>Figura 28.</b> Esquema bomba manual tipo Howee .....	44
<b>Figura 29.</b> Válvula para retorno de fluido de transmisión al reservorio .....	45
<b>Figura 30.</b> Cilindro Prensa AMSLER .....	46
<b>Figura 31.</b> Esquema Cilindro- Émbolo .....	47
<b>Figura 32.</b> Manómetro Prensa AMSLER.....	48
<b>Figura 33.</b> Comparador de Reloj para medir desplazamientos .....	49
<b>Figura 34.</b> Chasis o Bastidor de la Prensa AMSLER.....	50
<b>Figura 35.</b> Pernos de anclaje, y anclajes de la prensa AMSLER sobre la fundación.....	51
<b>Figura 36.</b> Fundación y prensa sobre la fundación en el laboratorio .....	51
<b>Figura 37.</b> Bomba manual de tipo Howee.....	52
<b>Figura 38.</b> Vista en corte de la bomba manual de tipo Howee .....	53
<b>Figura 39.</b> Reservorio o depósito de fluido de transmisión hidráulica .....	54
<b>Figura 40.</b> Bomba hidráulica moderna.....	55
<b>Figura 41.</b> Pantalla de presentación de datos de instrumentos y diagramas .....	56
<b>Figura 42.</b> Programación de funciones de PLC y pantalla de presentación de datos.....	57
<b>Figura 43.</b> Controles de bombas en pantalla de Labview. ....	57
<b>Figura 44.</b> Principio de Pascal.....	59
<b>Figura 45.</b> Máquina de ensayos destructivos en juntas soldadas y su sistema hidráulico Laboratorio de Soldadura EPN.....	60
<b>Figura 46.</b> HMI.....	61
<b>Figura 47.</b> PLC visto por dentro.....	62
<b>Figura 48.</b> Transmisor de Presión Siemens Sitrans P .....	65
<b>Figura 49.</b> Esquema del funcionamiento del Transmisor de Presión Sitrans P .....	67
<b>Figura 50.</b> Ecuación de ajuste de datos obtenida en Excel, en el eje Y Voltaje, en el eje X, Carga.....	72
<b>Figura 51.</b> Ecuación de calibración del Transmisor de Presión .....	73
<b>Figura 52.</b> Esquema Potenciómetro Lineal Novotechnik familia LWH .....	75
<b>Figura 53.</b> Esquema circuito de energización del Potenciómetro Lineal.....	76
<b>Figura 54.</b> Ecuación de ajuste por mínimos cuadrados obtenida en Excel en el eje Y, Voltaje, y en el eje X Desplazamientos.....	81

<b>Figura 55.</b> Ecuación de calibración del Potenciómetro Lineal .....	82
<b>Figura 56.</b> Pernos para sujetar el Potenciómetro Lineal .....	83
<b>Figura 57.</b> Sujetador para el chasis del Potenciómetro Lineal tipo bincha con agujeros para pernos .....	83
<b>Figura 58.</b> Enlazador Plato- Sensor.....	84
<b>Figura 59.</b> Vista ampliación de corte para apreciar el bisel .....	84
<b>Figura 60.</b> Racor T de ½ NPT .....	85
<b>Figura 61.</b> Racor Neplo ½ NPT .....	85
<b>Figura 62.</b> Racor codo a 90° ½ NPT .....	86
<b>Figura 63.</b> Racor Neplo extensor de ½ NPT .....	86
<b>Figura 64.</b> DAQ 6009 National Instruments .....	87
<b>Figura 65.</b> Panel frontal de un programa de Labview .....	89
<b>Figura 66.</b> Diagrama de Bloques de Labview .....	89
<b>Figura 67.</b> Waveform Chart en el Panel Frontal .....	90
<b>Figura 68.</b> Waveform Chart en el Diagrama de Bloques .....	90
<b>Figura 69.</b> XY Graph en el Panel Frontal .....	91
<b>Figura 70.</b> XY Graph en el Diagrama de Bloques, se ingresa la señal que graficará en X y Y, conectando con cables virtuales y del procesamiento de amos sale el diagrama deseado a un XY Graph.....	91
<b>Figura 71.</b> Tabla en el Panel Frontal .....	92
<b>Figura 72.</b> Tabla con Merge Signals conectada a Signals en el Diagrama de Bloques. ....	93
<b>Figura 73.</b> Indicador numérico de Labview visto en el Panel Frontal. ....	93
<b>Figura 74.</b> Indicador numérico de Labview visto en el Diagrama de Bloques .....	93
<b>Figura 75.</b> Gauge visto en el Panel Frontal de Labview .....	94
<b>Figura 76.</b> Gauge visto en el Diagrama de Bloques de Labview .....	94
<b>Figura 77.</b> Tank, en el Panel Frontal de Labview .....	94
<b>Figura 78.</b> Tank en el Diagrama de Bloques de Labview .....	95
<b>Figura 79.</b> DAQ Assistant en el Diagrama de Bloques. ....	95
<b>Figura 80.</b> Bornera o terminal destapado de conexiones del Transmisor de Presión .....	103
<b>Figura 81.</b> Foto de la bornera o terminal de conexiones del Transmisor de Presión. ....	103

<b>Figura 82.</b> Terminal tipo Plano para conectar en los terminales Hart.....	104
<b>Figura 83.</b> Energización del acondicionador de señales. ....	104
<b>Figura 84.</b> Vista lateral Acondicionador de Señales. ....	105
<b>Figura 85.</b> Conexión de señales de entrada al Acondicionador de Señales. ....	106
<b>Figura 86.</b> Conexiones de salida en voltios en el Acondicionador de Señales. ....	106
<b>Figura 87.</b> DAQ 6009 con terminales análogos representados. ....	107
<b>Figura 88.</b> Ventana de configuración de DAQ.....	108
<b>Figura 89.</b> DAQ, Signal Splitter, Filtro.....	108
<b>Figura 90.</b> Configuración de un filtro de tipo Smoothing utilizada para mejorar la señal de los sensores.....	109
<b>Figura 91.</b> Agujero taladrado en el bastidor de la prensa.....	110
<b>Figura 92.</b> Machueleo de los agujeros para roscarlos .....	110
<b>Figura 93.</b> Potenciómetro Lineal montado sobre la prensa.....	111
<b>Figura 94.</b> Terminal de conexiones Potenciómetro Lineal .....	112
<b>Figura 95.</b> Guía en esquema de las conexiones del Potenciómetro Lineal .....	112
<b>Figura 96.</b> Configuración del filtro Smoothing para el potenciómetro lineal .....	113
<b>Figura 97.</b> Vista en el Panle Frontal del programa.....	114
<b>Figura 98.</b> Ubicación del instrumento virtual en Gauge en Controls, Modern, Numeric. ....	115
<b>Figura 99.</b> Modificación del valor máximo del instrumento virtual Gauge.....	115
<b>Figura 100.</b> Selección de instrumento virtual Tank, desde Controls, Modern, Numeric.....	116
<b>Figura 101.</b> Modificación del punto máximo del Tank.....	116
<b>Figura 102.</b> Prensa Amsler con formato de imagen utilizada para el programa. ....	117
<b>Figura 103.</b> Waveform Graph dentro de la paleta Controls, Modern, Graph. ....	118
<b>Figura 104.</b> Diagramas Carga/ Tiempo y Desplazamiento/ Tiempo en el programa.....	118
<b>Figura 105.</b> Ventana de propiedades de un Waveform Graph en Labview, pestaña Scales. ....	119
<b>Figura 106.</b> Ubicación de Numeric Indicator en la paleta Controls, Modern, Numeric. ....	120
<b>Figura 107.</b> Otra forma de insertar un Numeric Indicator desde el diagrama de bloques .....	120
<b>Figura 108.</b> Valores instantáneos de Carga y Desplazamiento y valores máximos de Carga y Desplazamiento en el Panel Frontal. ....	120

<b>Figura 109.</b> Configuración, restricción de cantidad de decimales mostrados en el Numeric Indicator .....	121
<b>Figura 110.</b> Ex XY Graph, dentro de la paleta Controls, Modern, Graph. ....	122
<b>Figura 111.</b> Switch en Create Control a partir del instrumento virtual Table o Graph. ....	122
<b>Figura 112.</b> Instrumentos virtuales para Tabla y Diagrama. ....	123
<b>Figura 113.</b> Ventana de creación, se puede elegir entre Constante, Control, Indicador o Modificador de Canales .....	123
<b>Figura 114.</b> Botón Stop para detener el programa, terminando con el lazo While .....	123
<b>Figura 115.</b> Paleta Controls, Modern, Ex Table, en el panel frontal.....	124
<b>Figura 116.</b> Programa en el Diagrama de Bloques de Labview.....	125
<b>Figura 117.</b> While Loop en el Diagrama de Bloques.....	125
<b>Figura 118.</b> Ubicación del instrumento virtual DAQ Assit en el Diagrama de Bloques .....	126
<b>Figura 119.</b> Split Signals dentro del Diagrama de Bloques .....	127
<b>Figura 120.</b> Paleta Functions, Programming, Express, Filter. ....	127
<b>Figura 121.</b> Selección de Formula desde el diagrama de bloques, Express, Aritmetica & Comparrison, Formula. ....	128
<b>Figura 122.</b> Ventana de configuración del bloque Fórmula.....	129
<b>Figura 123.</b> Shift Register creado en el lazo while. ....	129
<b>Figura 124.</b> Vista de Matriz conectada al Shift Register, Datos reelevantes de la matriz e indicador. ....	130
<b>Figura 125.</b> Conexiones virtuales entre aplicaciones, herramientas e instrumentos virtuales dentro del diagrama de bloques.....	130
<b>Figura 126.</b> Creación de botones de control, en la Tabla. ....	131
<b>Figura 127.</b> Vista de los botones de control en el panel frontal. ....	131
<b>Figura 128.</b> Representación de un túnel Shift Regiser en el diagrama de bloques. ....	132
<b>Figura 129.</b> Instrumento Virtual Insert into Array. ....	132
<b>Figura 130.</b> Instrumento Virtual Max Min, para obtener el valor máximo de los datos que ingresan en la matriz .....	133
<b>Figura 131.</b> Herramienta Build XY Graph conectada a las señales a sus respectivos inputs y dando como resultado el XY Graph. ....	133

<b>Figura 132.</b> Clear Data on Each Call retirado para que se acumulen los plots. ....	134
<b>Figura 133.</b> Herramienta Build Table con Merge en Signals y la salida en Table. ....	134
<b>Figura 134.</b> Ventana Project Explorer, Build Specifications, New Application(EXE). ....	135
<b>Figura 135.</b> Ventana de propiedades de la aplicación, modificable previo a la construcción del ejecutable. ....	135
<b>Figura 136.</b> Representación de Graph en el diagrama de bloques. ....	136
<b>Figura 137.</b> Representación de herramienta Table en el diagrama de bloques. ....	136
<b>Figura 138.</b> Botón y control de While Loop conectados, vistos en el diagrama de bloques. ....	136
<b>Figura 139.</b> Dimensiones utilizadas del total del tool .....	137
<b>Figura 140.</b> Dimensiones marcadas y recortadas a partir de la plancha de 520x660mm. ....	138
<b>Figura 141.</b> Tool montado en la cizalladora siendo recortado. ....	138
<b>Figura 142.</b> Tool montado en la dobladora de tool. ....	139
<b>Figura 143.</b> Tool semidoblado, listo para ser doblado totalmente y unido. ....	139
<b>Figura 144.</b> Caja casi cerrada por completo, con sección del riel DIN cortada con las dimensiones acecuadas para que quepa dentro de la caja. ....	140
<b>Figura 145.</b> Puntos de suelda uniendo una cara de la caja con una pestaña. ....	140
<b>Figura 146.</b> Para realizar los agujeros utilizamos un taladro radial. ....	141
<b>Figura 147.</b> Caja porta instrumentos con la tapa de policarbonato transparente. ....	142
<b>Figura 148.</b> Caja porta instrumentos siendo preparada para montaje de los mismos. ....	142
<b>Figura 149.</b> Caja porta instrumentos con cableado, fuentes y acondicionador de señales montado. ....	143
<b>Figura 150.</b> Caja porta instrumentos ubicada en la parte superior, posterior de la prensa.....	144
<b>Figura 151.</b> Taladrado de agujeros para pernos de sujeción de la caja en la prensa. ....	144
<b>Figura 152.</b> Ensayo de adoquín de alta resistencia. ....	146
<b>Figura 153.</b> Adoquín cargado, se triza o rompe en las zonas fuera de las mordazas o platos de sujeción. ....	148
<b>Figura 154.</b> Panel frontal durante los ensayos .....	148
<b>Figura 155.</b> Ensayo de compresión en madera.....	149
<b>Figura 156.</b> Ensayo de compresión en maderas, con datos del ensayo anterior montados.....	150

<b>Figura 157.</b> Ensayo de compresión en maderas con datos de ensayo anterior, diagramas montados entre sí. ....	150
<b>Figura 158.</b> Diagrama del primer ensayo en adoquines.....	151
<b>Figura 159.</b> Diagrama del segundo ensayo en adoquines. ....	151
<b>Figura 160.</b> Diagrama del tercer ensayo en adoquines. ....	152
<b>Figura 161.</b> Diagrama del cuarto ensayo en adoquines.....	152
<b>Figura 162.</b> Diagrama del quinto ensayo en adoquines. ....	153
<b>Figura 163.</b> Diagrama del sexto ensayo en adoquines. ....	153
<b>Figura 164.</b> Diagrama del séptimo ensayo en adoquines. ....	154
<b>Figura 165.</b> Diagrama del octavo ensayo en adoquines. ....	154
<b>Figura 166.</b> Diagrama del primer ensayo en madera. ....	155
<b>Figura 167.</b> Diagrama del segundo ensayo en madera. ....	155

## RESUMEN

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en el laboratorio de Mecánica de Materiales del DECEM, dispone de instrumentos y equipos que son utilizados con fines didácticos y de certificación de materiales, uno de estos equipos es la Prensa Hidráulica de cien toneladas AMSLER, modelo 2-1-36, con este equipo, en lo didáctico se realizan prácticas de compresión en maderas con la carga paralela y perpendicular a las fibras de las probetas de madera, y deflexión en vigas. La manera en la que se obtienen los datos como resultado de la realización de las prácticas en este equipo, es un método didáctico, pero anticuado. El objetivo de este trabajo es realizar una investigación y selección de equipos para modernizar el sistema de adquisición de datos a uno de vanguardia, adjuntando sensores que faciliten la obtención de los datos y resultados de las prácticas, adicionalmente que el mismo sistema sea capaz de generar diagramas que permitan apreciar la relación que existe para el cuerpo de pruebas entre la carga aplicada al mismo y el desplazamiento del plato inferior de la prensa, este desplazamiento se puede convertir en deformación sufrida por el cuerpo de pruebas. También se realizará una comparación a fin de establecer semejanzas y diferencias, ventajas y desventajas entre la Prensa Hidráulica Amsler del Laboratorio de Mecánica de Materiales del DECEM con las que se encuentran en el mercado para fines similares. Se ha decidido no retirar los sistemas anteriores de medición, ya que los nuevos dependen de la energía eléctrica, y los sistemas mecánicos antiguos serán utilizados para comparar los datos que se obtienen con los sensores.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **PRENSA HIDRÁULICA AMSLER DE CIEN TONELADAS**
- **MANÓMETRO**
- **COMPARADOR DE RELOJ**
- **SENSORES**
- **PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

## **ABSTRACT**

The DECEM's Laboratory of Mechanics of Materials at the "Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE" has instruments and equipments that are used for educational purposes, and material certifications also. One of those equipments is the AMSLER one hundred tons hydraulic press model number 2-1-36. This hydraulic press is used for normal and axial compression load essays on wooden probes, and steal beam deflection essays for academic purposes. So far, the method for obtaining data from this essays has served well in the educational process of students, yet it is an outdated one. The main objective of this work is to research and select an appropriate equipment to update the data acquisition system, by implementing sensors that ease the data collection, and the display of results . Furthermore, this new system will be capable of generating charts that represent the displacement of the witness in relation to the blank holder and the load applied to it. In addition, a comparison will be done amongst the DECEM's AMSLER Hydraulic Press, and other currently available hydraulic presses in the market to establish the advantages, disadvantages, similarities and differences amongst all of them. Finally, it was decided that the old mechanic measurement systems will not to be removed since the new ones depend on electricity. Moreover, these old measurement systems will be used for comparison with the new ones, to control the data obtained through both systems.

### **KEYWORDS:**

- **AMSLER ONE HUNDRED TONS HIDRAULIC PRESS**
- **PRESSURE GAUGE**
- **DIAL GAUGE**
- **SENSORS**
- **LABORATORY ESSAYS**

## **PRESENTACIÓN**

En el campo real de trabajo, es común la realización de pruebas y ensayos entre los cuales tenemos los destructivos y los no destructivos, los ensayos destructivos a pesar de generar la ruptura o falla del elemento de análisis son importantes para obtener datos de resistencias de un cierto material, datos que son de mucha importancia para el diseño de elementos, componentes y partes de máquinas y estructuras, en los cuales se debe utilizar las resistencias obtenidas de los materiales obtenidos a base de ensayos destructivos.

Para realizar estos tipos de ensayos, utilizamos prensas, tanto para realizar ensayos a tracción como a compresión, adicionalmente podemos realizar ensayos de deflexión, para realizar este tipo de ensayos, ocupamos prensas, ya sea para tensar probetas, o comprimirlas, o deformar los cuerpos de ensayo, y obtener datos de la deflexión, tal es el caso de la Prensa Amsler de cien toneladas del Laboratorio de Mecánica de Materiales del DECEM, la cual es el objeto de estudio, análisis y desarrollo de este Proyecto.

En el Laboratorio de Mecánica de Materiales del DECEM, se realizan distintos tipos de ensayos, tanto con fines didácticos como con fines de certificación, debido a que algunos de estos equipos como es el caso de la Prensa AMSLER, no poseen tecnologías de vanguardia, se vuelve más lento el procedimiento de realización de pruebas, también más cansado y tedioso, tanto las pruebas de fines didácticos como las pruebas con fines de certificaciones, por esta razón se ve en la necesidad de adaptar tecnologías más adecuadas a los tiempos modernos, para este caso se trabajará solamente en la parte de la obtención y registro de datos y diagramas en los cuales se relacionen datos de los cuerpos de ensayo, estos datos serán carga y desplazamiento.

# CAPÍTULO I

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. AREA DEL TEMA:

- Mecánica de Materiales
- Instrumentación
- Automatización
- Metrología

### 1.2. INSTITUCION AUSPICIANTE Y, O BENEFICIARIA:

Este proyecto, servirá para mejorar la realización de las prácticas de compresión en maderas, en carga paralela y perpendicular a las fibras, correspondiente a la materia de Mecánica de Materiales I, y la práctica de esfuerzo flector en vigas, correspondiente a la materia Mecánica de Materiales II, ambas para las carreras de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, a más de la práctica de compresión de concreto para la carrera de Ingeniería Civil.

Por lo tanto, el beneficiario de la realización del proyecto será el laboratorio de Mecánica de Materiales, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

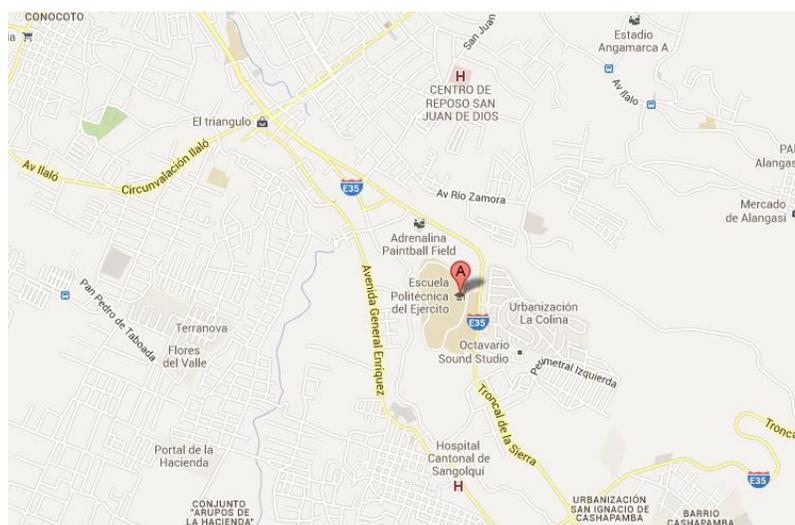
### 1.3. LOCALIZACION GEOGRAFICA:

**Provincia:** Pichincha

**Cantón:** Rumiñahui

**Ciudad:** Sangolquí

**Dirección:** Avenida General Rumiñahui, S.N.



**Figura 1.** Ubicación Geográfica (Google Earth)

#### **1.4. AREA DE INFLUENCIA:**

El proyecto, servirá para mejorar el desarrollo de prácticas realizadas por los alumnos de las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

#### **1.5. ANTECEDENTES:**

La prensa utilizada para las prácticas, es una prensa de fabricación española, de marca AMSLER, de treinta y cinco años de uso, modelo 941-130, esta prensa es de accionamiento manual, es decir se bombea manualmente el fluido hidráulico que ingresa al cilindro maestro que desplaza el pistón para generar la compresión, tiene una capacidad máxima de cien toneladas.

Esta máquina es utilizada para la realización de prácticas de compresión en maderas, con las fibras dispuestas en paralelo y en forma perpendicular a la compresión, en la materia de Mecánica de Materiales I, para las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica, a más de la práctica de esfuerzo flector en vigas, en la materia de Mecánica de Materiales II, para las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Mecatrónica.

Para realizar las mediciones de los datos de presión, actualmente se utiliza, un manómetro de Bourdón, mientras que para tomar las medidas de los desplazamientos se utiliza un comparador de reloj. Por este motivo, es necesario que los miembros del equipo del laboratorio que se encuentran desarrollando la práctica, en dicha máquina se distribuyan de tal forma que un miembro del equipo bombee el aceite al cilindro maestro, otro debe encargarse de tomar datos de la presión que indica el manómetro, otro debe encargarse de observar los valores de la compresión que indica el comparador de reloj, mientras que otro debe encargarse de apuntar los datos, con el fin de generar

el diagrama Fuerza- Desplazamiento, y a partir de éste dibujar el diagrama Esfuerzo- Deformación Unitaria.

El laboratorio, cuenta con un computador portátil HP, con un disco duro de 40 gigabytes, sin uso específico.

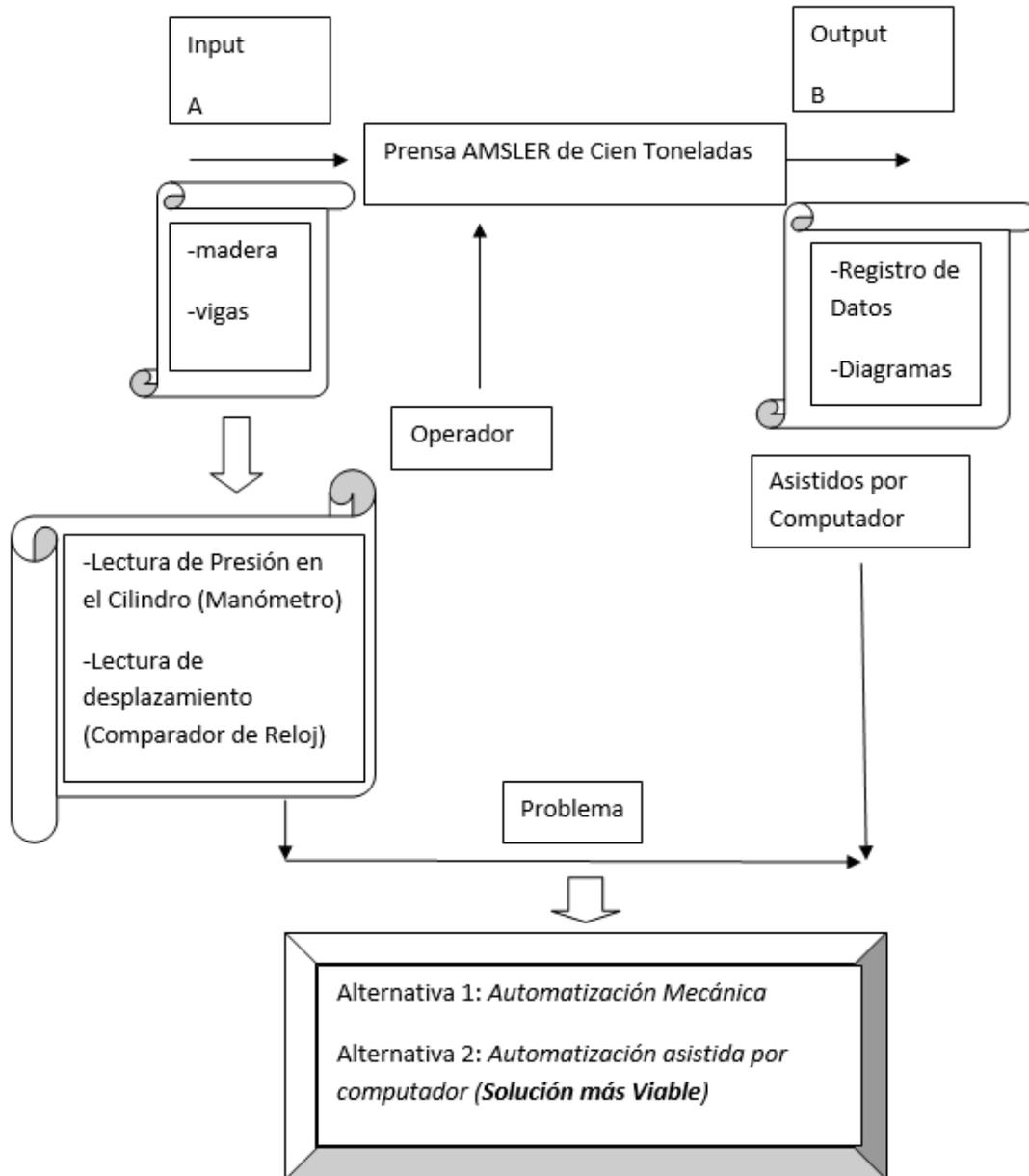


*Figura 2. Computador HP del LMM del DECEM*

#### **1.6. DEFINICION DEL PROBLEMA:**

Al conversar con el Profesor encargado de la realización de las prácticas, a más de haber realizado las prácticas, se pudo notar los siguientes problemas:

- Se requiere de muchos alumnos para obtener los datos, mantener el equipo en funcionamiento, y finalmente llegar a obtener los resultados de presión y de deformación (compresión) en la práctica.
- Para llegar a obtener el diagrama, con Microsoft Excel, se requiere de demasiados pasos por lo cual se tiende a producir una propagación de errores.
- Se sigue utilizando el mismo método de treinta y cinco años atrás, para la obtención de los datos y resultados.
- **Sistema: Prensa AMSLER de cien Toneladas.**



**-Qué se va a hacer:** Diseñar y construir un sistema de registro de datos y gráficos de diagramas para ensayos de flexión en vigas y compresión en maderas, con carga perpendicular y en paralelo a las fibras, en la Prensa AMSLER de cien toneladas de capacidad, perteneciente al Laboratorio de Mecánica de Materiales del DECEM

## **1.7. MARCO INSTITUCIONAL:**

### **1.7.1. VISION:**

#### **Visión de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE:**

"Ser líder en la gestión del conocimiento y la tecnología, en el Sistema Nacional de Educación Superior, con prestigio internacional y referente de práctica de valores éticos, cívicos y de servicio a la sociedad." (ESPE, 2018)

#### **Visión del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica:**

"Ser líder a nivel nacional, en la gestión del conocimiento y de la tecnología en el campo de la Ingeniería Mecánica" (ESPE, 2018; DECEM, 2018)

### **1.7.2. MISION:**

#### **Misión de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE:**

"Formar académicos, profesionales e investigadores de excelencia, creativos, humanistas, con capacidad de liderazgo, pensamiento crítico y alta conciencia ciudadana; generar, aplicar y difundir el conocimiento y proporcionar e implementar alternativas de solución a los problemas del país, acordes con el Plan Nacional de Desarrollo." (ESPE, 2018)

#### **Misión Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica:**

"Desarrollar, aplicar y difundir el conocimiento y la tecnología, en el campo de la energía y mecánica, implementando alternativas de solución, a los problemas de la colectividad, y contribuir a la formación integral de profesionales e investigadores, en el ámbito de acción del Departamento, para aportar al desarrollo industrial del país." (DECEM, 2018)

## **1.8. VALORES INSTITUCIONALES:**

"La conducta de todos y cada uno de los miembros de la comunidad politécnica, se mantendrá siempre bajo la práctica de los valores institucionales que se puntualizan a continuación: " (ESPE, 2018)

- Honestidad a toda prueba
- Respeto a la libertad de pensamiento
- Orden, puntualidad y disciplina consientes
- Búsqueda permanente de la calidad y excelencia
- Igualdad de oportunidades
- Respeto a las personas y los derechos humanos
- Reconocimiento a la voluntad, creatividad y perseverancia

- Práctica de la justicia, solidaridad y lealtad
- Práctica de la verdadera amistad y camaradería
- Cultivo del civismo y respeto al medio ambiente
- Compromiso con la institución y la sociedad
- Identidad institucional
- Liderazgo y emprendimiento
- Pensamiento crítico
- Alta conciencia ciudadana

### **1.9. JUSTIFICACION:**

Después de realizar un análisis acerca de los problemas que presenta la realización de la práctica, y después de notar que el método que se utiliza es el mismo de hace treinta y cinco años, y de acuerdo a la visión de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, para poder actualizar con tecnologías actuales la realización de la práctica, se ha podido concebir, la posibilidad de desarrollar este proyecto.

### **1.10. ALCANCE DEL PROYECTO:**

Diseñar, construir e implementar, nuevos sistemas de obtención de datos, utilizando tecnología de sensores, para facilitar y agilizar la realización de las distintas prácticas que se realizan en la prensa Amsler, del laboratorio de Mecánica de Materiales.

Elaborar las prácticas que se realizan en la prensa, y acotar las diferencias, las mejoras en cuanto a la obtención de los datos y en cuanto a la facilidad de comprensión del tema por parte de los alumnos.

Realizar los manuales de operación y de mantenimiento del nuevo sistema de medición

Realizar los presupuestos y el análisis económico del proyecto.

### **1.11. OBJETIVOS:**

#### **1.11.1. Objetivo General:**

Realizar el análisis, el diseño, y la construcción del sistema más viable, no solo económicamente, si no también tomando en cuenta las necesidades de los alumnos que realizarán las prácticas, a más de la facilidad de mantenimiento y confiabilidad de los sensores a emplearse.

#### **1.11.2. Objetivos Específicos:**

- Elaborar el marco teórico de los sistemas Hidráulicos implicados en la prensa.

- Realizar un análisis y efectuar una comparación de la prensa AMSLER de cien toneladas
- Generar el diseño del sistema de medición de fuerza aplicada por la prensa
- Generar el diseño del sistema de medición de desplazamiento (compresión) en el objeto ensayado
- Realizar el diseño de los elementos mecánicos necesarios para adaptar el sistema graficador
- Realizar el diseño del sistema de adquisición de datos y utilización del software para la representación de los datos, de forma didáctica para el estudiante
- Construir los sistemas de medición de fuerza y desplazamiento, y el sistema de adquisición de datos
- Realizar y analizar las pruebas de funcionamiento de equipo con el nuevo sistema graficador, implementado
- Realizar el análisis económico de los costos del proyecto.

#### **1.11.3. Objetivo Institucional:**

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, tiene como objetivo que sus alumnos sean capaces de implementar proyectos de investigación, que involucren tanto a sus docentes como a los alumnos para mejorar el desarrollo de la sociedad.

#### **1.11.4. Objetivo Táctico:**

Diseñar un sistema de medición capaz de graficar de forma eficaz los datos que arroja la realización de las distintas prácticas que se realizan en la prensa Amsler de cien toneladas, del laboratorio de Mecánica de Materiales.

#### **1.11.5. Objetivo Operacional:**

Realizar el diseño, construcción, montaje e implementación de un sistema de medición de datos de fuerza y de desplazamiento (compresión), para obtener un proceso didáctico y eficiente capaz de reducir el tamaño de los grupos de laboratorio, y mediante la implementación de sensores y de software informático.

### **1.12. METODOLOGIA A EMPLEAR:**

La metodología que se va a utilizar es la Metodología de la Investigación de Campo, ya que los procesos básicos del proyecto, se sustentan en la investigación, desarrollo e implementación, nos basamos en la estadística para determinar criterios que se aplicarán en base a la información recolectada. (APA, 2018)

Por lo tanto, debe ser necesario, para la realización del proyecto, tratar los siguientes aspectos o desarrollar las siguientes actividades:

- Análisis del estado actual del equipo
- Recopilación de problemas en la realización de la practica
- Recopilación de resultados de comprensión actual de la realización de la practica

- Análisis del tema a tratarse con la realización de la practica
- Recopilación de información acerca de los sensores que se pueden utilizar
- Recopilación de los métodos de sujeción o fijación al bastidor o chasis del equipo que se utiliza en el laboratorio, para los sensores
- Recopilación de información acerca de los programas que se utilizan para realizar la presentación de los resultados que entregan los sensores, de tal manera de hacer que la representación de estos sea más didáctica, rápida y confiable
- Selección de las mejores alternativas para la realización del diseño.
- Diseño del sistema, y desarrollo del mismo
- Implementación en el equipo del laboratorio y realización de pruebas del mismo.

### **1.13. EQUIPAMIENTO:**

Para elaborar y desarrollar este proyecto, se deberá utilizar lo siguiente:

- Investigación bibliográfica
- Investigación en Internet
- Herramientas y maquinas mecánicas
- Sensores
- Software

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

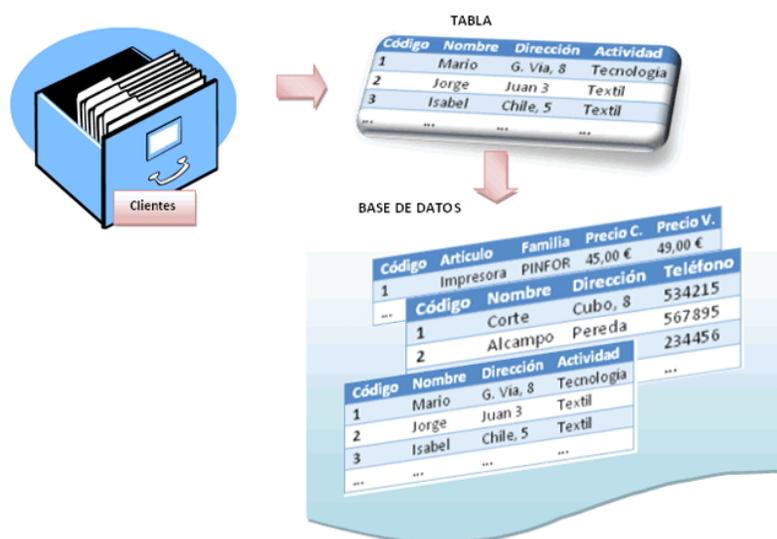
#### 2.1. BASE DE DATOS

##### 2.1.1. Definición:

Se habla de base de datos, cuando se refiere a un conjunto de datos que se relacionan a un mismo contexto o a un mismo tema, guardados de tal manera que estén disponibles cuando se los necesite.

De cierta forma, una biblioteca puede considerarse como una base de datos, compuesta de documentos y libros indexados, para realizar consultas. Debido al desarrollo de la tecnología, actualmente podemos encontrar bases de datos electrónicas, en formato digital, solucionando así la dificultad que ofrece el almacenamiento de grandes volúmenes de datos.

Muchas bases de datos, tienen problemas de acuerdo a las leyes de protección de datos, esto varía dependiendo del país, ya que tienen diferentes tipos de regulaciones para este tema. (ADR Formación, 2018)



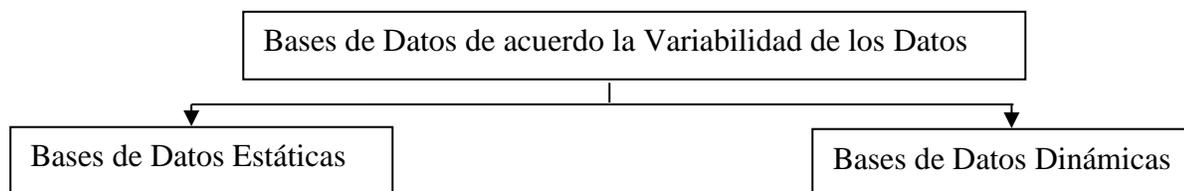
**Figura 3.** Base de Datos

Fuente: (ADR, 2018)

##### 2.1.2. Clasificación:

Se pueden clasificar de acuerdo a 2 parámetros: según el contexto, o según el contenido.

### 2.1.2.1. Según el Contexto o Variabilidad de los datos:



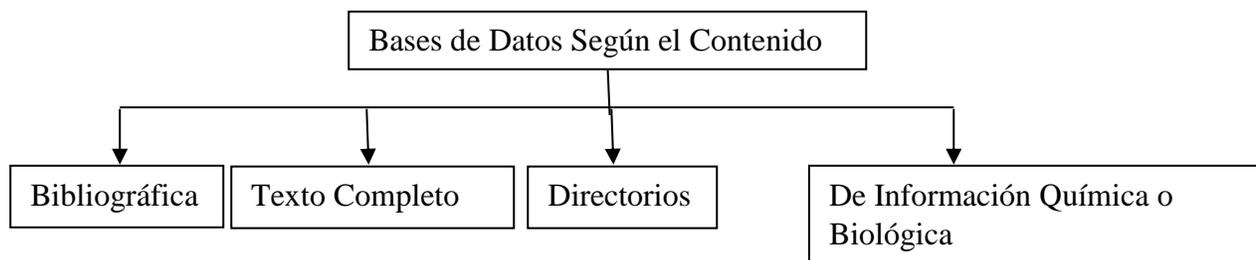
#### Bases de Datos Estáticas:

Se almacenan datos de solo lectura, principalmente para almacenar datos históricos, para realizar estudios de comportamientos en el tiempo futuro, para realizar análisis, proyecciones y toma de decisiones. (Marcela, 2018)

#### Bases de Datos Dinámicas:

En estas bases de datos, la información almacenada, se modifica en forma periódica, lo que permite realizar operaciones como borrar datos, reingresar datos, a parte de las operaciones de consulta de los datos. (Mendez, 2012)

### 2.1.2.2. Según el Contenido, tenemos:



#### Bases de Datos Bibliográficas:

Solo contienen una mención de la fuente original de los datos, lo que permite ubicarlos en forma ágil y oportuna. Un registro típico, contiene: autor, fecha de publicación, editorial, titulo, edición, puede contener un resumen o extracto, pero nunca la publicación total o completa. (Wikipedia, 2018)

#### Bases de Datos de Texto Completo:

Almacenan las fuentes de los datos, como el contenido de las ediciones de una revista científica. (Wikipedia, 2018)

#### Directorios:

Como las guías telefónicas en formato digital. (Wikipedia, 2018)

### **Bases de Datos de información Química o Biológica:**

Son las bases de datos que almacenan información proveniente de la química, ciencias de la vida o médicas. (Wikipedia, 2018)

#### **2.1.2.3. Modelos de Bases de Datos:**

Las bases de datos también se pueden clasificar de acuerdo al modelo o forma de administrar los datos, por lo tanto, tenemos:

**Base de Datos Jerárquica:** Se las organiza en forma de árbol invertido, un nodo es como un padre de información, y puede tener varios nodos hijos, el nodo padre es el nodo raíz, y los demás nodos hijos son llamados hojas (Wikipedia, 2018)

**Base de Datos de Red:** Es semejante a la Jerárquica pero un nodo puede tener varios padres. (Wikipedia, 2018)

**Base de Datos de Transmisiones:** Su finalidad es el envío y recepción de datos de forma rápida, son poco comunes y están dirigidas a los análisis de producción y de calidad. (Wikipedia, 2018)

Un ejemplo es la transmisión de datos bancarios.

**Base de Datos Relacionales:** Se lo utiliza para modelar problemas y administrar datos de forma dinámica, es un modelo de IBM, tiene su fundamento en el uso de las relaciones, las que son un conjunto de datos, llamadas Tuplas.

El lenguaje más comúnmente usado para las consultas a bases de datos relacionados, es SQL Structural Query Language. (Wikipedia, 2018)

**Bases de Datos Multidimensionales:** Fueron ideadas para desarrollar aplicaciones concretas, como cubos OLAP on line analytical process. Son semejantes a las bases de datos relacionales, con una diferencia conceptual, los campos o atributos, pueden ser de dos tipos. (Wikipedia, 2018)

**Base de Datos Orientadas a Objetos:** Es un modelo informático orientado a objetos, almacena en la base de datos los objetos, completos, incorpora todos los conceptos importantes de los objetos:

- Encapsulación: Permite ocultar al resto de objetos evitando accesos incorrectos o conflictos
- Herencia: Los objetos heredan comportamientos dentro de una jerarquía de clases
- Polimorfismo: Es una propiedad de una operación que puede ser aplicada a distintos tipos de objetos. (Wikipedia, 2018)

**Bases de Datos Documentales:** Permiten indexación y así realizar búsquedas más potentes. (Wikipedia, 2018)

**Bases de Datos Deductivas:** Es un sistema de bases de datos que permite hacer deducciones a través de inferencias, se basa en hechos y reglas que se almacenan en la base de datos, también se

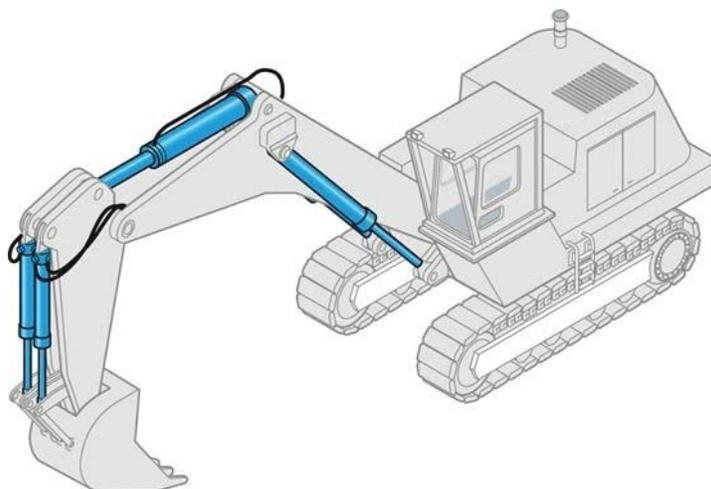
las llama lógicas ya que están basadas en la lógica matemática, sirven para resolver problemas de consultas recursivas de datos en bases de datos Relacionales. (Wikipedia, 2018)

## 2.2. SISTEMAS HIDRAULICOS

### 2.2.1. Definición:

Un sistema hidráulico, es un mecanismo cuya operación es realizada por la acción de la presión que ejerce un líquido en los componentes de los mecanismos del sistema.

Su principio de funcionamiento se basa en la teoría de que los líquidos no se pueden comprimir, se hace pasar el líquido a través del circuito hidráulico hacia los distintos mecanismos, los cuales actúan o trabajan gracias a la presión que ejerce el fluido en sus componentes, la presión del líquido es la misma en todo punto del circuito hidráulico, pero modificando los diámetros de las cañerías y ductos, se puede modificar la fuerza que el sistema hidráulico aplica. (Soriano, 2011)



**Figura 4.** Payloader con múltiples sistemas Hidráulicos.

Fuente: (TrackmAR, 2018)

### 2.2.2. Máquina:

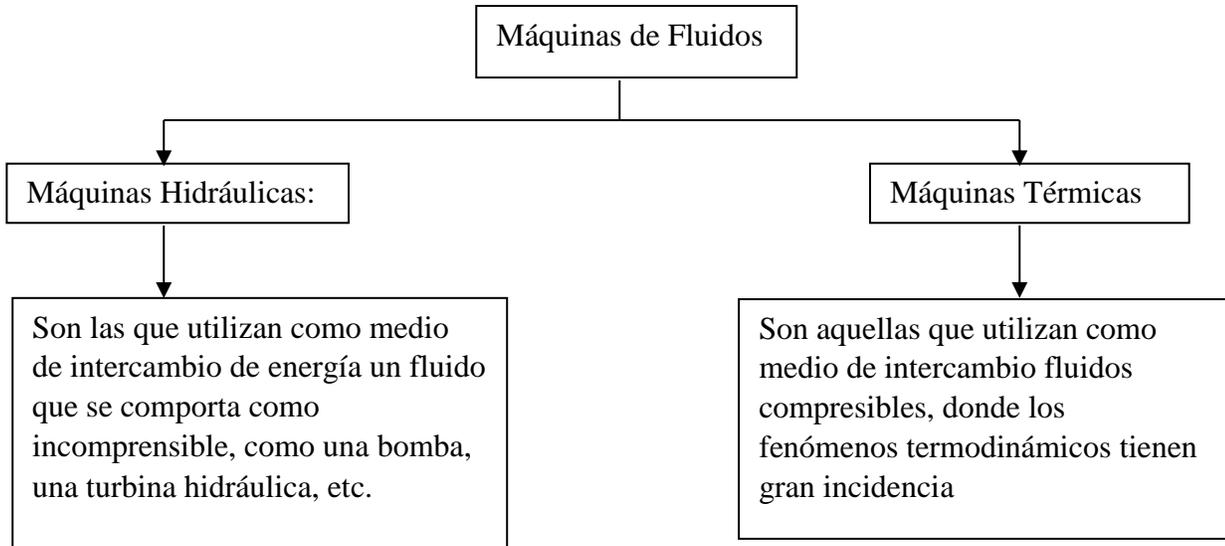
Una Máquina, es un conjunto de elementos combinados, para recibir energía, transformarla y entregarla de otra forma, para realizar un trabajo predeterminado o para producir algún efecto determinado (Wikipedia, 2018)

### 2.2.3. Máquina Hidráulica:

Es una máquina que recibe energía de algún fluido y la transforma a energía mecánica, o también de modo inverso. Se puede decir que son aquellas maquinas que utilizan un fluido como elemento de intercambio de energía.

No todas las máquinas que utilizan fluidos, son necesariamente maquinas hidráulicas, ya que muchas pueden utilizar fluidos como refrigerantes o como lubricantes.

De acuerdo con esto, tenemos: (Wikipedia, Máquina Hidráulica- Wikipedia, 2018)



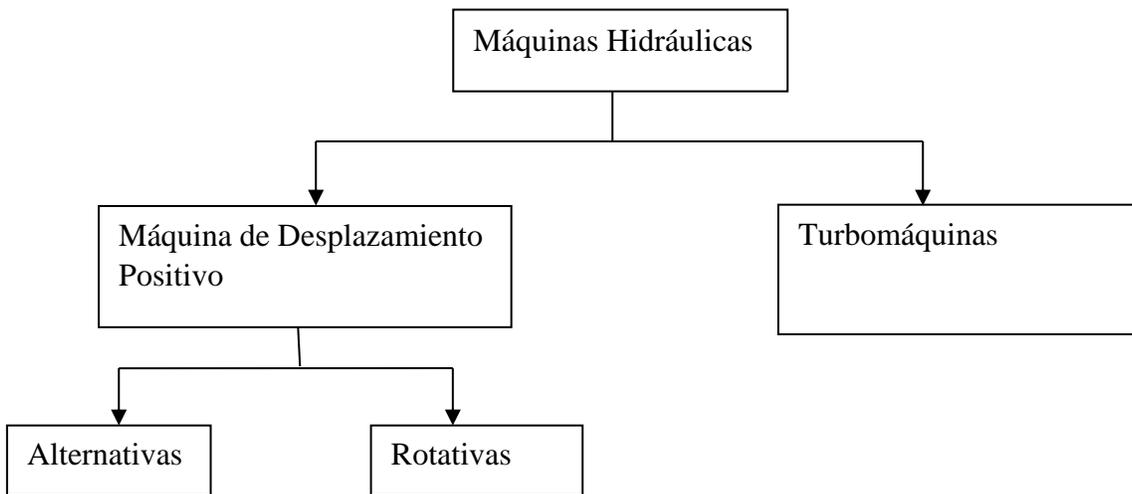
#### 2.2.4. Clasificación de Máquinas Hidráulicas

Por el Principio de Funcionamiento:

Turbomáquinas y Máquinas de desplazamiento Positivo.

Las Máquinas de Desplazamiento Positivo, también son conocidas como Volumétricas, y se clasifican en dos subtipos, según el aparato que intercambie energía, ya que este se puede desplazar de forma alternativa o rotativa:

- Alternativas
- Rotativas



Otras Clasificaciones de Máquinas Hidráulicas:

- Máquinas Motoras: Son las que transforman la energía del fluido en movimiento de máquinas
- Máquinas Generadoras: Son aquellas en las que la energía mecánica se transforma en hidráulica (Wikipedia, Máquina Hidráulica- Wikipedia, 2018)

### 2.2.5. Bombas:

Una bomba Hidráulica, es aquella que tiene la capacidad de desplazar o mover fluidos no compresibles. (Soriano, 2011)

#### 2.2.5.1. Clasificación:

- Bombas de Desplazamiento
- Bombas de Intercambio de Cantidad de Movimiento

##### 2.2.5.1.1. Bombas de Desplazamiento Positivo:

Estas bombas, basan su principio de funcionamiento en el Teorema de Pascal, son de difícil construcción, debido a la necesidad de estanqueidad entre las zonas de presión reducida y elevada, por lo cual su costo es elevado, se clasifican en bombas alternativas y rotativas, dependiendo de la forma en que se acciona el elemento desplazador del líquido. (Soriano, 2011)

#### Bombas Alternativas:

Dependiendo del elemento que hace que el líquido se desplace, se clasifican en de membrana y émbolo, constan de una carcasa cilíndrica, un émbolo que se desplaza y válvulas que comunican

las tuberías. El émbolo al desplazarse, crea una presión que aspira el líquido desde el depósito hacia la cámara de bombeo, y por el otro lado, el mismo movimiento, bombea el fluido hacia la tubería.

Entre sus aplicaciones más comunes tenemos, el bombeo de caudales pequeños a grandes alturas, los líquidos no deben ser muy viscosos, y deben estar limpios, es decir sin restos sólidos.

Una cualidad de estas bombas es que son capaces de funcionar sin necesidad de que se llene el líquido la tubería de aspiración, ya que el embolo al desplazarse genera un volumen que crea una depresión. (Soriano, 2011)

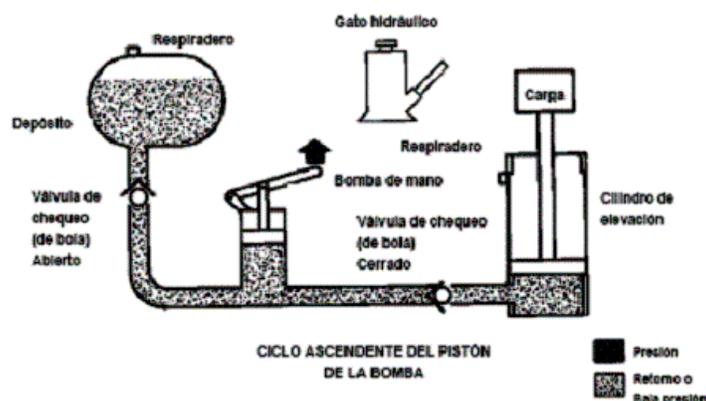
### 2.2.5.1.2. Bombas de Intercambio de Cantidad de Movimiento:

Estas bombas poseen un rodete, se clasifican de acuerdo a la dirección del flujo a la salida del rodete en:

- Centrífugas
- De Hélice
- Helicocentrífugas (Soriano, 2011)

### Bombas Manuales:

La principal característica de estas bombas, es que quien suministra la energía, para realizar el proceso de bombeo es el ser humano, entre sus componentes podemos encontrar principalmente, pistones o diafragmas, o paletas rotativas, y son de Desplazamiento Positivo.



**Figura 5.** Bomba Hidráulica

Fuente: (Sapinesman, 2018)

Basan su funcionamiento en el Principio de Pascal. (Wikipedia, Bomba Manual- Wikipedia, 2018)

### 2.2.6. Principio de Pascal:

"La Presión ejercida en cualquier parte de un fluido encerrado e incompresible, se transmite por igual en todas las direcciones en todo el fluido, es decir la presión en todo el fluido es constante"

Se puede interpretar el Principio de Pascal como consecuencia de la ecuación fundamental de la hidrostática y de la baja compresibilidad de los líquidos, si suponemos una densidad constante, tenemos:

$$y = p + \rho g z$$

donde tenemos:

*p*: presión

*ρ*: densidad del fluido

*g*: aceleración de la gravedad

*z*: cota desde el punto considerado

*y*: altura piezométrica

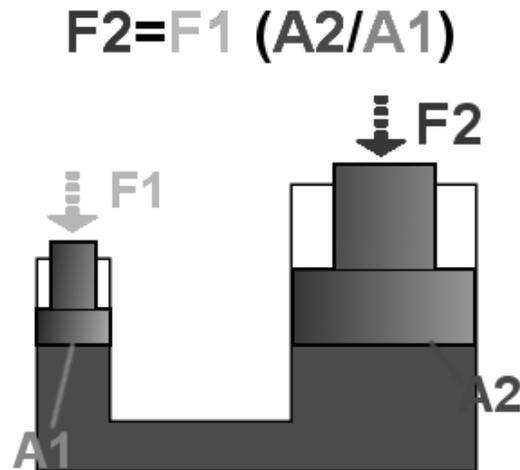
Si aumentamos la presión, sobre la superficie, al ser  $\rho g z$ , constantes para un mismo líquido, también se incrementa la presión en el fondo.

Esto no sucedería si el fluido sería compresible. (Leon, n.d.)

### **2.2.7. Prensa Hidráulica:**

Una prensa Hidráulica, es una máquina que permite amplificar la intensidad de las fuerzas, y es el fundamento de elevadores, prensas hidráulicas, frenos y varios dispositivos hidráulicos de maquinarias de aplicaciones industriales. Es una aplicación fundamental de la aplicación del Principio de Pascal.

Esencialmente consiste de dos cilindros, de diámetros diferentes, comunicados entre sí, entre los dos cilindros y el chasis que los contiene, debe estar lleno completamente de algún fluido de trabajo no compresible, dos émbolos que caben en los cilindros, de tal forma que están en contacto directo con el fluido de trabajo, cuando se ejerce una fuerza sobre el pistón de menor diámetro, la presión se ejerce a lo largo de todo el fluido, esta presión se transmite hacia el otro pistón, generando un movimiento.



**Figura 6.** Prensa Hidráulica

Fuente: (Wikipedia, Wikipedia Principio de Pascal, 2018)

$$p_{A1} = p_{A2}$$

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

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

$$p_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

$$F_2 = \frac{F_1 \times A_2}{A_1}$$

## 2.3. SENSORES

### 2.3.1. Definición:

Son dispositivos, capaces de detectar magnitudes físicas o químicas, a las cuales se las conoce como variables de instrumentación, y convertirlas en variables eléctricas, como resistencia, capacidad, tensión, o corriente.

Un sensor, está siempre en contacto con la variable de instrumentación, lo cual lo diferencia de un transductor. Los sensores, pueden estar conectados a una computadora, para aprovechar ventajas como las bases de datos o reservar los valores que obtiene el sensor almacenándolos en la computadora.



**Figura 7.** Sensores  
Fuente: (Blog Sensores, 2018)

### 2.3.2. Características de un Sensor:

**Rango de Medida:** Es el dominio de la magnitud medida en la que puede aplicarse el sensor

**Precisión:** Es el error de medida máximo esperado

**Desviación de Cero:** El valor de la variable de salida, cuando la variable de entrada es nula

**Linealidad:** Correlación lineal.

**Sensibilidad:** Es la variación de la magnitud de entrada

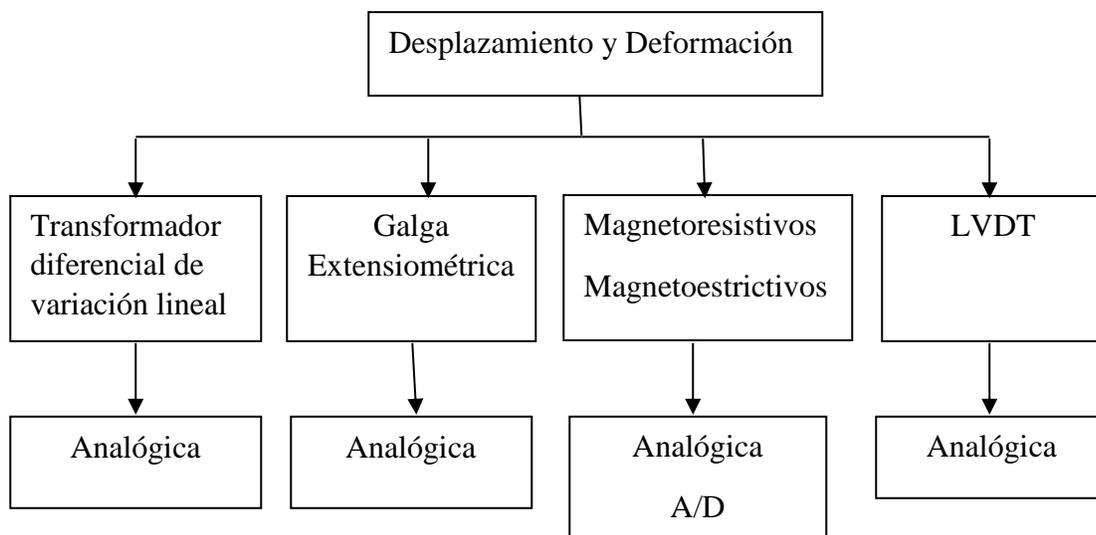
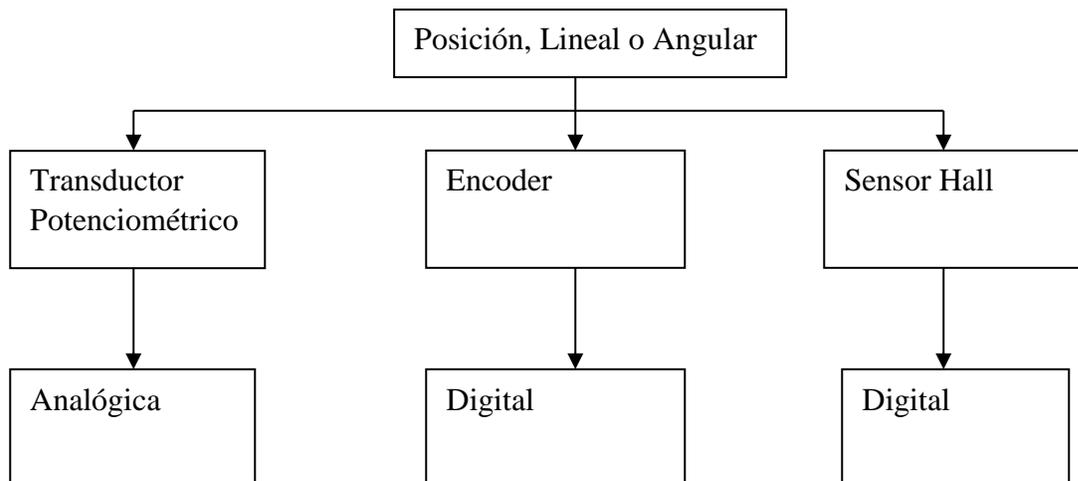
**Resolución:** Es la variación mínima de la magnitud de entrada, que puede apreciarse a la salida

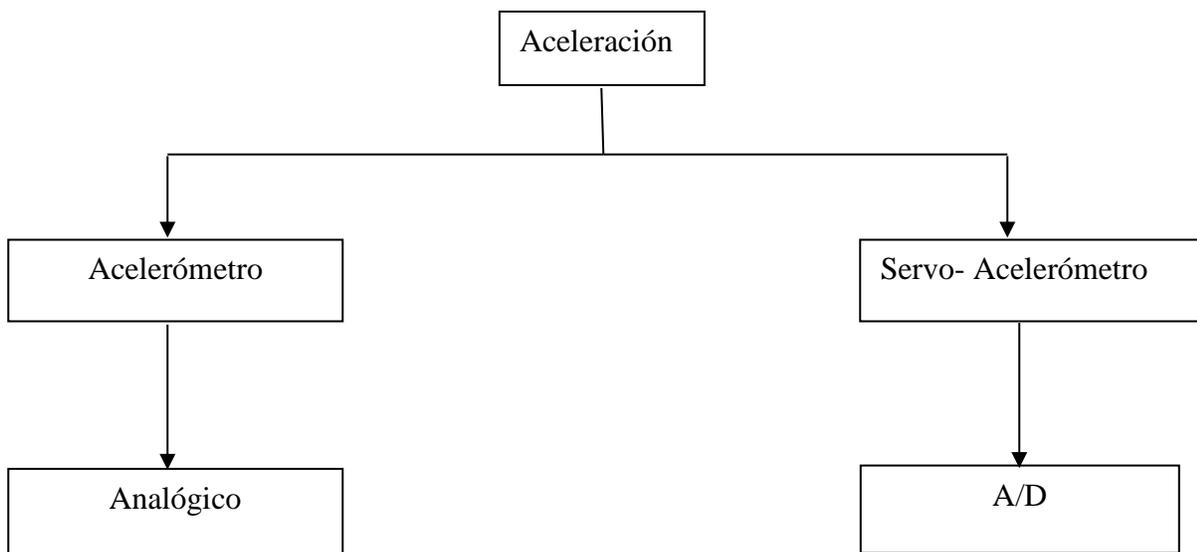
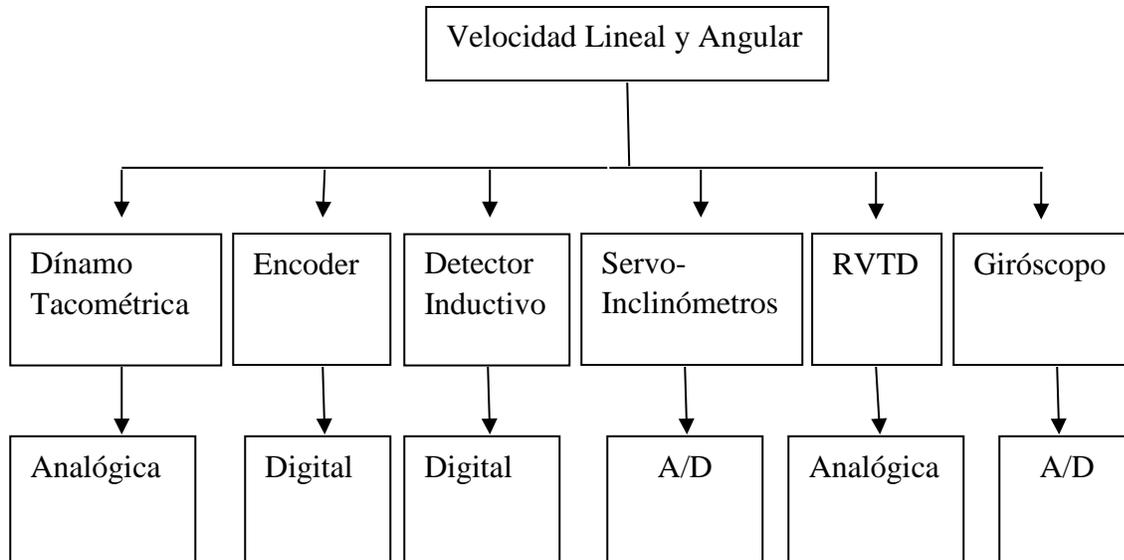
**Rapidez de Respuesta:** La velocidad de cambio de valores de salida, con respecto de la de entrada

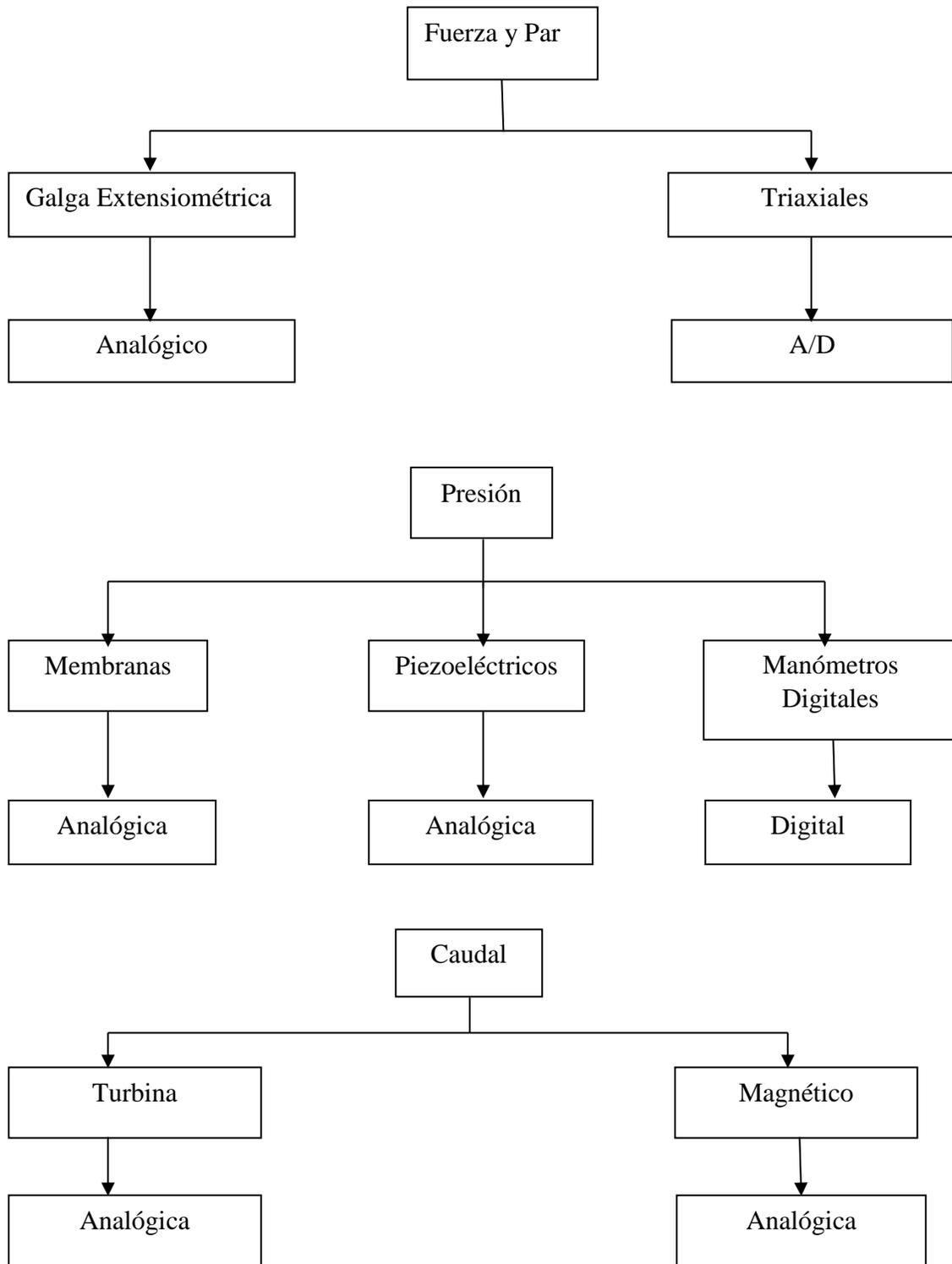
**Derivas:** Son fenómenos ambientales o de desgaste que afectan la variable de salida.

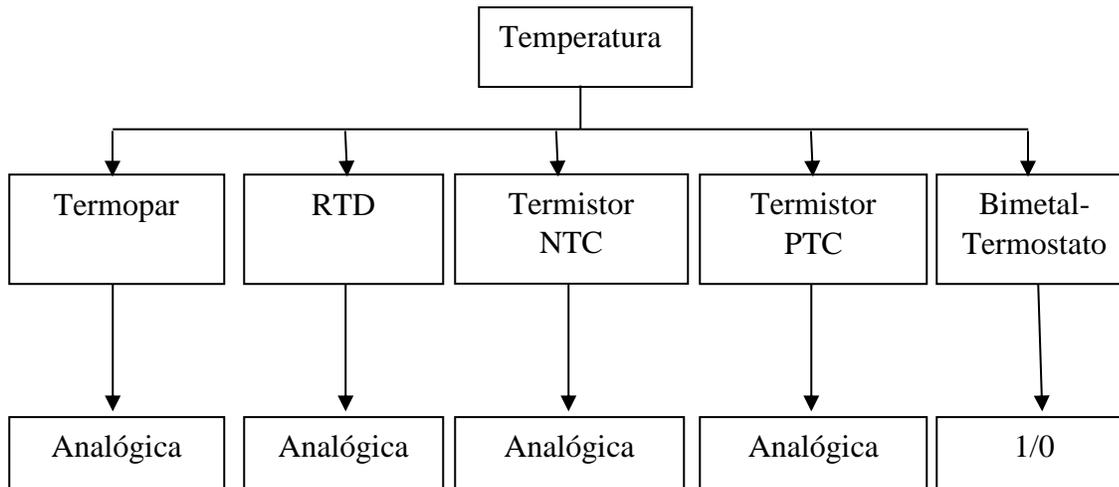
### 2.3.3. Tipos de Sensores:

De acuerdo a la magnitud, tenemos:







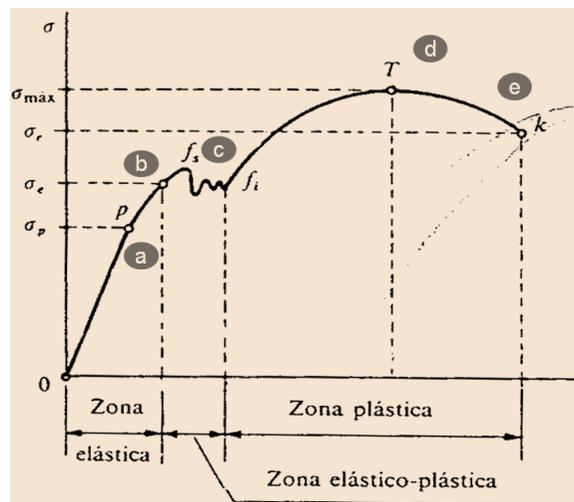


Entre los más utilizados en la industria.

## 2.4. SENSORES DE FUERZA

### 2.4.1. Definición:

Las fuerzas presentes en la naturaleza, son la gravedad, el electromagnetismo, la nuclear fuerte y la nuclear débil, toda fuerza produce esfuerzos y deformaciones en los cuerpos en los que se aplican, estos esfuerzos y deformaciones, son los que los sensores de fuerzas relacionan para obtener las medidas.



**Figura 8.** Diagrama Fuerza- Deformación

Fuente: (Quintana, 2015)

**Esfuerzo:**

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

$$\frac{N}{m^2}$$

Son magnitudes físicas aplicadas sobre secciones de áreas, estáticamente equivalentes a la distribución de tensiones internas en esta sección de área.

**Deformación:**

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

Es un cambio de forma o del tamaño de un objeto debido a los esfuerzos internos producidos por aplicaciones de cargas, o debido a la aplicación de calor sobre los mismos.

Tenemos dos clases de sensores de fuerza:

- Piezoeléctricos
- Galgas Extensiométricas

**2.4.2. Sensores de Fuerza Piezoeléctricos:**

Están conformados por materiales que, al ser sometidos a tensiones o cargas mecánicas, generan una polarización eléctrica en su interior, lo cual produce una diferencia de potencial en su superficie, esta tensión se puede medir. (Wikipedia, Sensor Piezoeléctrico, 2018)



**Figura 9.** Sensor de Fuerza Piezoeléctrico  
Fuente: (Direct Industry, 2018)

Como una ventaja de este tipo de sensores, es que generan una señal de valor elevado, que puede directamente leerse por un lector de señal de salida, y como desventaja tenemos que no presenta linealidad en su respuesta de salida.

#### **2.4.3. Sensores de Fuerza Galgas Extensiométricas (Strain Gauge):**

Son materiales que cambian su resistencia, cuando sufren algún esfuerzo.



*Figura 10.* Sensor tipo Galga Extensiométrica (Strain Gauge)

Fuente: (Aliexpress, 2018)

Las celdas trabajan traduciendo el valor de la fuerza que actúa sobre ellas en una señal eléctrica, a través de un circuito eléctrico, esta señal es pequeña y debe ser ampliada luego en un circuito eléctrico.

Como ventaja principal tenemos una respuesta lineal, y como desventaja, que la señal de salida es demasiado baja y requiere de amplificación. (Omega, 2018)

#### **2.4.4. Transmisores de Presión:**

Se llaman transmisores de presión a los instrumentos, sensores y transductores que se utilizan para convertir la presión de un fluido contenido en una línea o en un dispositivo, en una señal eléctrica.

Son elementos muy utilizados en los sistemas hidráulicos y en los sistemas neumáticos.



**Figura 11.** Transmisor de Presión  
Fuente: (CONTAGAS, 2018)

Un transmisor de presión permite medir fuerza de forma indirecta, se sustenta en la fórmula de física  $P = \frac{F}{A}$ ; de donde  $F = P \times A$ , fórmulas en las que:

- *F: Es la fuerza*
- *P: Es la presión ejercida*
- *A: Es el área en la que se aplica la presión*

Existen varios tipos de transmisores de presión dependiendo del transductor, así:

**Transmisor de Presión Resistivo:** Su funcionamiento se basa en la variación de la resistencia de una placa, la que es deformada por efectos de la presión.

**Transmisor de Presión Piezoresistivo:** Es semejante al sensor resistivo, pero en vez de utilizar elementos conductores, utiliza semiconductores, en este caso la presión genera variaciones en la resistencia.

**Transmisor de Presión Capacitivo:** Este tipo de sensor se basa en un condensador, dos placas conductoras, una fija y una móvil, al aplicar la presión, sobre una de ellas, se produce una variación del campo eléctrico, la variación de la carga en el condensador, es la respuesta eléctrica que usa el sensor.

**Transmisor de Presión Piezoeléctrico:** Este tipo de sensor basa su funcionamiento en la utilización de materiales piezoeléctricos, los que, al variar su geometría o sufrir compresión, generan una polarización eléctrica, la que puede ser captada, medida y de ser necesario amplificada. (Mundo compresor, 2018)

## 2.5. SENSORES DE DESPLAZAMIENTO

### 2.5.1. Definición:

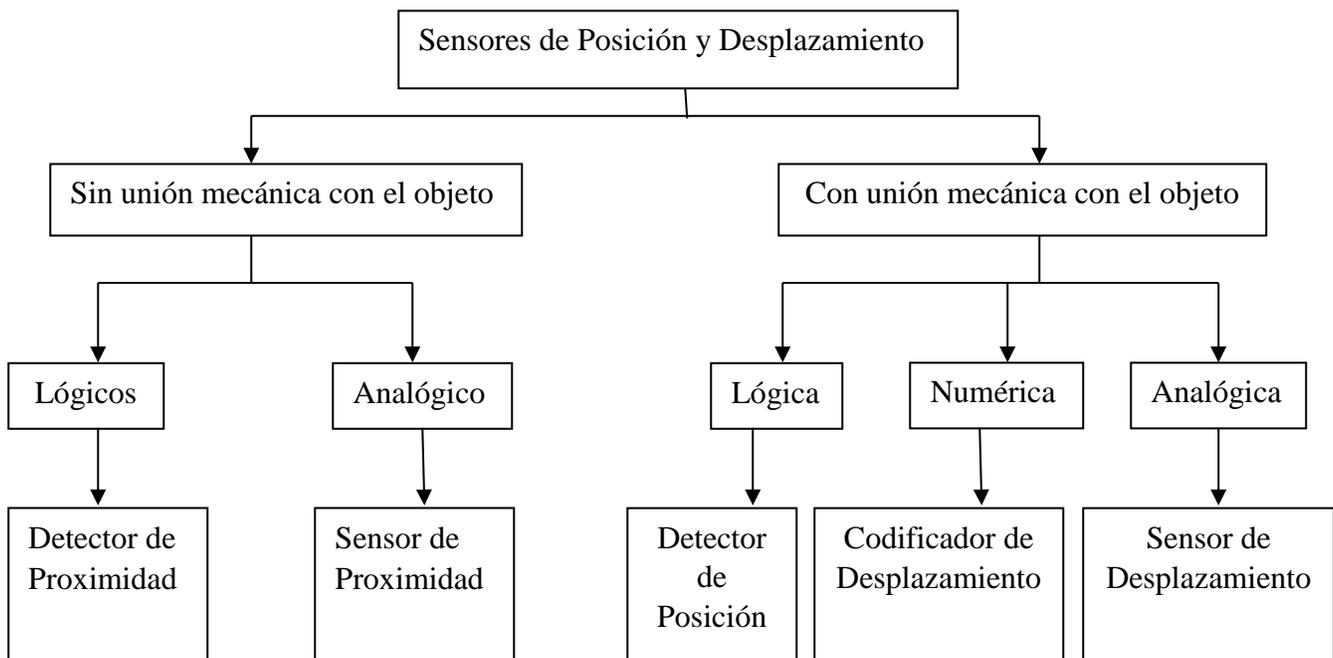
Los sensores de posición, desplazamiento y proximidad, son muy utilizados en la industria, por ejemplo, maquinas herramientas y prensas.

Su funcionamiento se basa en la señal función de la posición de una de las partes del sensor, con respecto del objetivo móvil. Tenemos entre los más comunes:

- Potenciómetros
- Inductancias de núcleo móvil
- Condensadores de armadura móvil
- Transformadores de acople variable
- Codificadores incrementales

(SENSIG, 2018)

### 2.5.2. Clasificación:



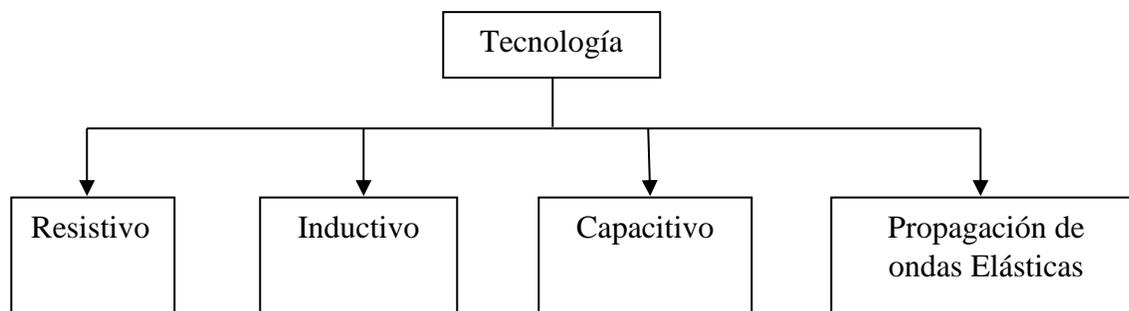
Para los Codificadores de Desplazamiento y los Sensores de Desplazamiento, tenemos, rectilíneos y angulares.

### 2.5.3. Sensores Analógicos de Desplazamiento:

Las variaciones en su señal de salida, reflejan el desplazamiento del objetivo móvil, por lo cual se requiere que parte del objeto que se desea medir este unido al sensor, y puede ser de desplazamiento lineal o de rotación.

Entre sus aplicaciones más importantes, tenemos:

- Servosistemas
- Mediciones para control
- Mediciones indirectas de otras magnitudes como fuerza, par, deformación, velocidad y aceleración.



**2.5.4 Resistivos:** Son de tipo potenciómetro resistivo, para medir desplazamientos angulares y rectilíneos.

#### **Inductivos:**

- De inductancia variable, para medir desplazamientos angulares y rectilíneos
- Con transformador diferencial, solamente para desplazamientos rectilíneos
- Sincro- Máquina, para desplazamientos angulares y rectilíneos

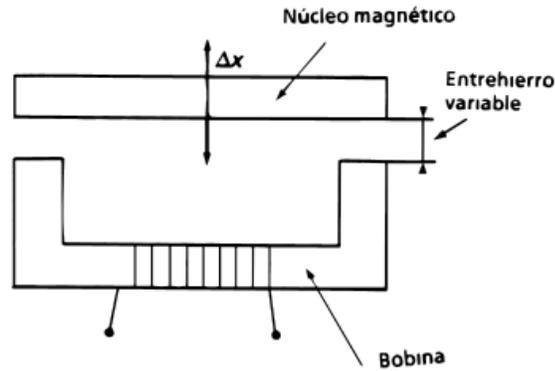
#### **Capacitivos:**

- De condensador de superficie variable, para desplazamientos angulares y rectilíneos
- De condensador de desvío variable, para desplazamientos rectilíneos

**Propagación de Ondas Elásticas:** De tipo Magnetosónico, para desplazamientos rectilíneos. (Infaimon, 2017)

#### 2.5.4. Sensores de Inductancia Variable

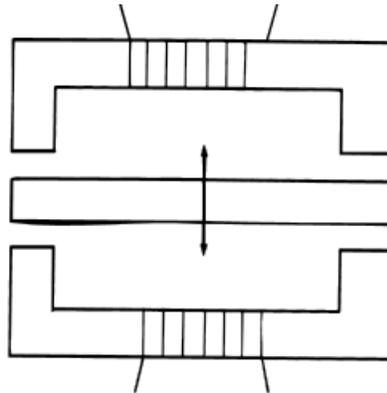
Poseen un elemento móvil que es un núcleo magnetizado, cuyo desplazamiento hace que el coeficiente de autoinducción de una bobina se modifique.



**Figura 12.** Sensor de Inductancia Variable

Fuente: (Sensores, 2016)

Para mejorar la linealidad de la respuesta de los sensores, se puede colocar dos bobinas, en oposición.



**Figura 13.** Sensor de inductancia Variable de doble bobina.

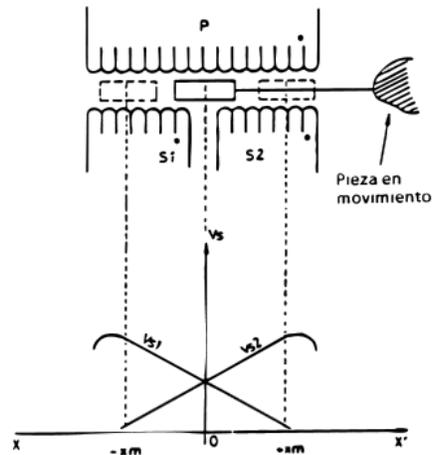
Fuente: (Sensores, 2016)

#### 2.5.5. Transformador diferencial (LVTD)

Son sensores que muestran gran fidelidad y robustez, además de ser muy manejables debido a su bajo peso, poseen aislamientos galvánicos entre sus bobinas primarias y secundarias, y la

separación física entre la parte móvil y el transformador, los hace buenos para su uso en medios ambientes con condiciones agresivas.

Tienen buena resolución, repetitividad, bajos consumos energéticos. (Wikipedia, Transformador Diferencial, 2018)

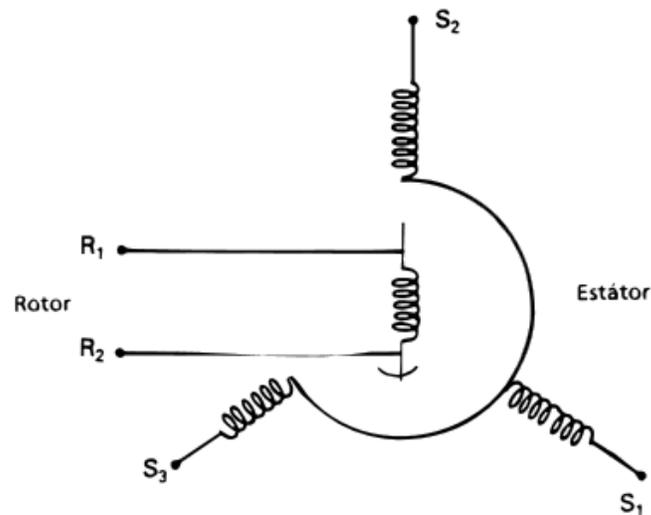


**Figura 14.** Sensor LVDT

Fuente: (Sensores, 2016)

### 2.5.6. Sensor Sincro:

Consta de un estator y de un rotor para medir desplazamientos con las variaciones de los campos eléctricos inducidos por las bobinas. (Wikiteca, 2015)



**Figura 15.** Sensor Sincro

Fuente (Sensores, 2016)

### 2.5.7. Sensores Capacitivos

#### De Condensador Plano:

- La armadura se desplaza en su plano, tiene una superficie de respuesta variable, miden desplazamientos angulares
- La armadura se desplaza perpendicular al plano, tienen respuesta constante, miden desplazamientos rectilíneos

#### De condensador Cilíndrico:

- La armadura se desplaza paralela al eje, tienen respuesta variable, miden desplazamientos rectilíneos.

### 2.5.8. Sensores Digitales de Desplazamiento:

Tienen señal de salida numérica.

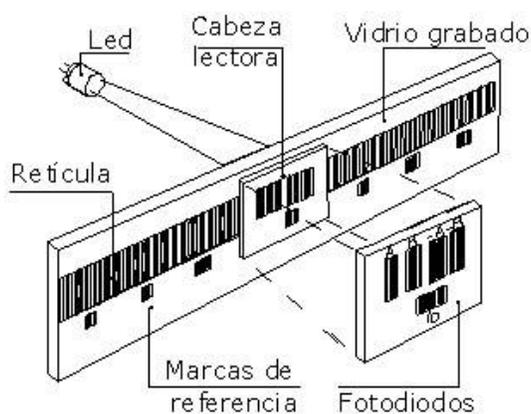
De acuerdo a la tecnología que poseen, tenemos:

Codificadores Ópticos, Codificadores Sincromáquinas, Codificadores a Contacto.

### 2.5.9. Codificadores Ópticos:

Están compuestos de un emisor de luz infrarroja, o LEDs, y elementos de codificación, reglas o discos con zonas transparentes u opacas, un receptor de luz fotodiodos o fototransistores.

Son de resolución finita, presentan dificultad en el montaje, al alinear el receptor con la fuente, son sensibles además a perder la alineación por choques, golpes, vibraciones y por la dilatación térmica, y su costo es elevado.



**Figura 16.** Codificador Óptico

Fuente: (SCIELO, 2016)

### 2.5.10. Potenciómetro Lineal:

Son instrumentos que sirven para medir distancias o desplazamientos, son sensores resistivos que tienen un cursor que es arrastrado por un vástago a través de una superficie resistiva, esto provoca una variación en la resistencia entre los terminales.

Los potenciómetros lineales están disponibles en el mercado en diferentes tamaños y resistencias, dependiendo de las aplicaciones y requerimientos del usuario. (SenSing, 2018)



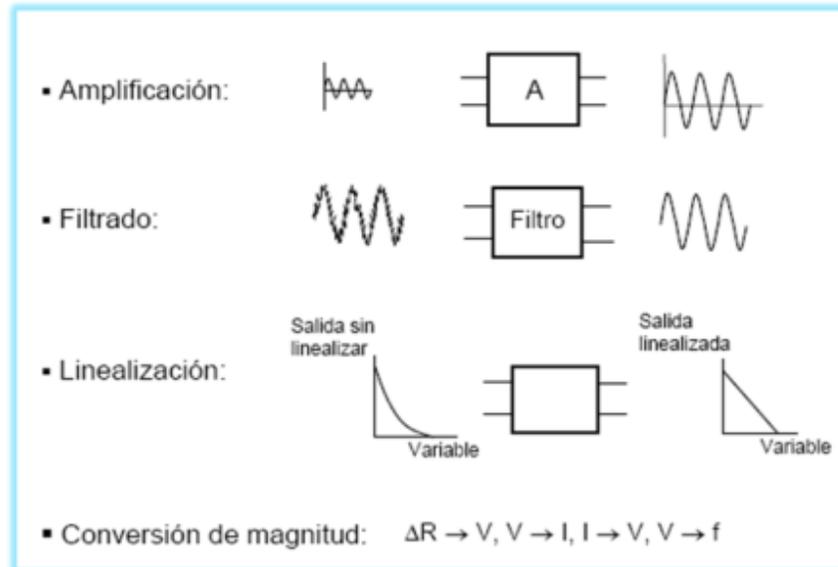
*Figura 17.* Potenciómetros lineales de diferentes tamaños.

Fuente: (SENSIG, 2018)

### 2.5.11. Acondicionamiento de Señales:

Es un procedimiento en el cual, mediante un dispositivo externo, se convierte un tipo de señal electrónica en otro, de tal manera que se facilite la lectura de los datos que arroja un sensor. Existen varias funciones, y entre las más utilizadas tenemos:

- **Amplificación:** Se trata de aumentar la magnitud de la señal, es decir hacerla más grande, de tal manera que sea más fácil de medir.
- **Aislamiento Eléctrico:** Se trata de un procedimiento, el cual es realizado para aislar la señal del circuito principal, esto impide que ingresen señales parásitas y alteren o modifiquen la respuesta eléctrica del sensor.
- **Linearización:** Se trata de convertir en lineal a una señal no lineal, haciendo que sea más estable la señal obtenida por el sensor, mejorando la recolección de los datos.
- **Compensación de Unión Fría** Es utilizada para atenuar los efectos de las variaciones de temperatura del medio ambiente
- **Excitación** Es utilizada para arrancar algunos sensores, ya que estos requieren de una forma de excitación para empezar a funcionar.



**Figura 18.** Acondicionamiento de señales

Fuente: (Instrumentación Electrónica 1, 2015)

### Tipos de acondicionadores de Señales:

- **Montura en Riel DIN:** Se trata de un acondicionador de señales capaz de ser montado sobre un riel DIN
- **De Tarjeta Madre Posterior:** Son Acondicionadores de señal que se pueden montar sobre una tarjeta madre común, la ventaja que presentan es que son accesibles a través de un conector común, son generalmente usados para la adquisición de datos.
- **Acondicionador de Señal Digital:** Son capaces incluso de transformar las señales en formatos de Ethernet para redes locales, son capaces de inhibir el ruido eléctrico y generalmente utilizados en lazos de comunicación grandes. (Omega, 2018)

### 2.5.12. Adquisición de Datos:

Se llama adquisición de datos al proceso de medir un fenómeno eléctrico con una PC, estos fenómenos son generados por sensores que están midiendo datos como presión, desplazamiento, sonido, velocidad, etc.



**Figura 19.** Partes de un sistema DAQ

Fuente: (National Instruments, 2018)

### DAQ:

El DAQ, es un dispositivo que sirve como interfaz entre el sensor y sus señales y una PC. Digitaliza las señales analógicas.

### Bus:

El bus de la PC, sirve como interfaz de comunicaciones, entre el DAQ y la PC, los dispositivos DAQ, son provistos en los buses de PC más comunes: USB, PCI, PCI Express, etc. (National Instruments, 2018)

## 2.6. SOFTWARE

### 2.6.1. Definición:

El software es toda la parte lógica de un sistema informático, que hace posible los procesos y las tareas específicas, son aplicaciones que proporcionan una interfaz, de tal forma que permite una interacción con el usuario.

De acuerdo al estándar 729 de la IEEE, el software, "es el conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que forman parte de los sistemas de computación "



**Figura 20.** Software

Fuente: (Wikipedia, 2018)

### 2.6.2. Clasificación:

El software se clasifica en tres tipos:

- Software de sistema
- Software de programación
- Software de aplicación

**Software de Sistema:** Son los programas que nos sirven para poder utilizar varias funciones del sistema operativo, además nos permite controlar la parte física de un computador y permiten también que funcionen otros programas

**Software de Aplicación:** Es todo el software que funciona en base a un sistema operativo para realizar diferentes funciones, en base a las necesidades del usuario.

**Software de Programación:** Se trata de todos los programas que permiten al usuario, usando distintos lenguajes de programación, el realizar otros programas con una finalidad específica. Un lenguaje de programación es un idioma virtual o artificial creado para expresar los distintos comandos que controlarán la parte física o lógica de una máquina, estos poseen pasos, reglas y símbolos que lo definen.

### 2.6.3. Software para la adquisición y análisis de datos:

Es software flexible, que cuenta con librerías y aplicaciones concretas para cada tipo de ensayo de sector, su manejo es sencillo ya que su orientación está dirigida para ingenieros y no para programadores.

#### 2.6.3.1. Labview:

Labview es software de programación, considerado una plataforma de programación gráfica, sirve para la realización de diseños de sistemas de control y pruebas. (National Instruments, 2018)

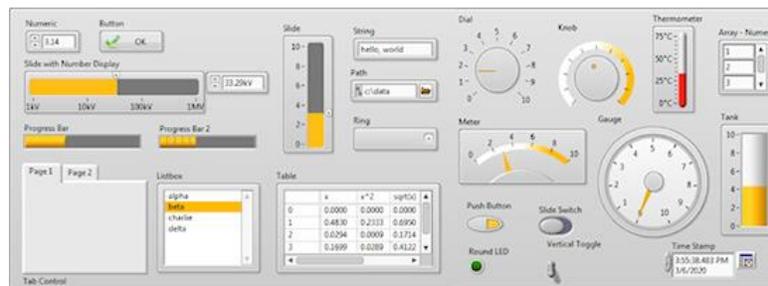


*Figura 21.* Labview Logo  
Fuente: (National Instruments, 2018)

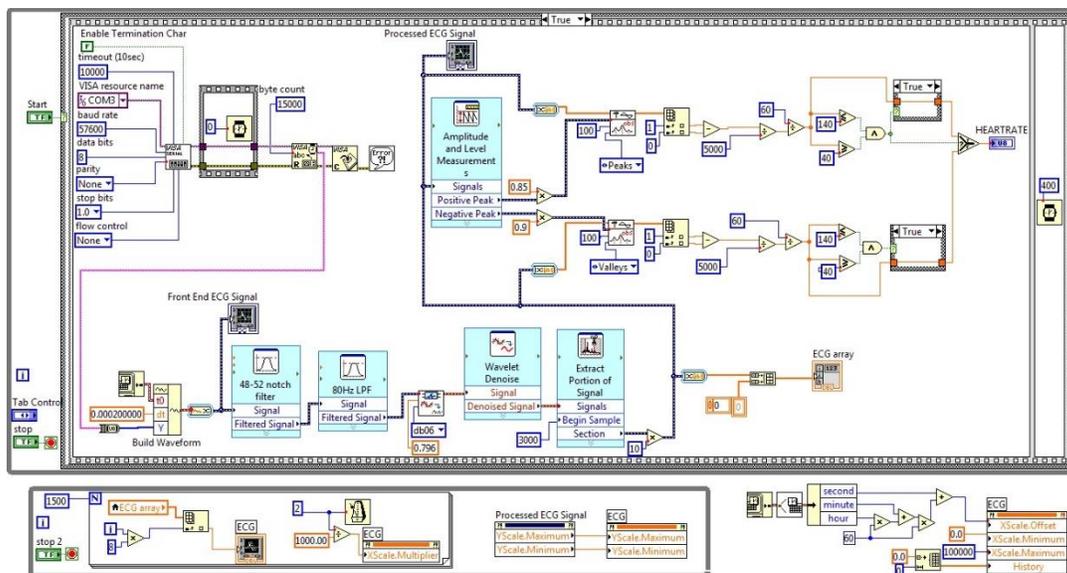
## Aplicaciones:

- Adquirir y analizar datos de medida
- Controlar instrumentos
- Sistemas de monitoreo
- Sistemas de pruebas Automatizadas y de validación.

El programa Labview, provee un acceso rápido a los sensores y actuadores, permitiendo un control de los actuadores en tiempo real y obtención de datos de los sensores en tiempo real, permite elaborar programas, de forma sencilla, con interfaces gráficas para el usuario; para realizar la programación, simplemente se debe arrastrar la subaplicación deseada, al interfaz principal del usuario y de requerir una pequeña configuración de la subaplicación, realizarla (en muchos casos Labview auto configurará la subaplicación)



**Figura 22.** Panel de operaciones de un programa de Labview  
Fuente: (DIGILENT, 2014)



**Figura 23.** Panel de programación en base a objetos Labview  
Fuente: (SCIENTEC, 2016)

## CAPÍTULO III

### 3. DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA PRENSA

#### 3.1. INTRODUCCION:

Hoy en día, los procedimientos administrativos, financieros, de fabricación de bienes y de la enseñanza académica son radicalmente distintos a los que se aplicaban hace algunas décadas atrás. Todos ellos se han beneficiado de los avances tecnológicos, impulsados sobre todo por el desarrollo de la electrónica, hecho que ha conducido a la revolución de las tecnologías de la información y la comunicación (TICS), y a la automatización de procesos.

El tema que aquí se va a tratar, motivo de esta tesis, es el aprovechamiento de estos avances tecnológicos, para sistematizar las funciones de la prensa hidráulica AMSLER de 100 toneladas Modelo MRM 25, que dispone el Laboratorio de Mecánica de Materiales del DECEM.

Conviene que se haga una distinción entre prensas hidráulicas de conformado para aplicaciones de manufactura, de las prensas para ensayos de laboratorio como la prensa AMSLER, objeto de estudio en este trabajo.

El propósito es comparar las distintas tecnologías incluidas en el funcionamiento de la prensa, como capacidades de prensado, control de la prensa, instrumentos para analizar los resultados obtenidos y para el control de la prensa, consumo de energía, etc.

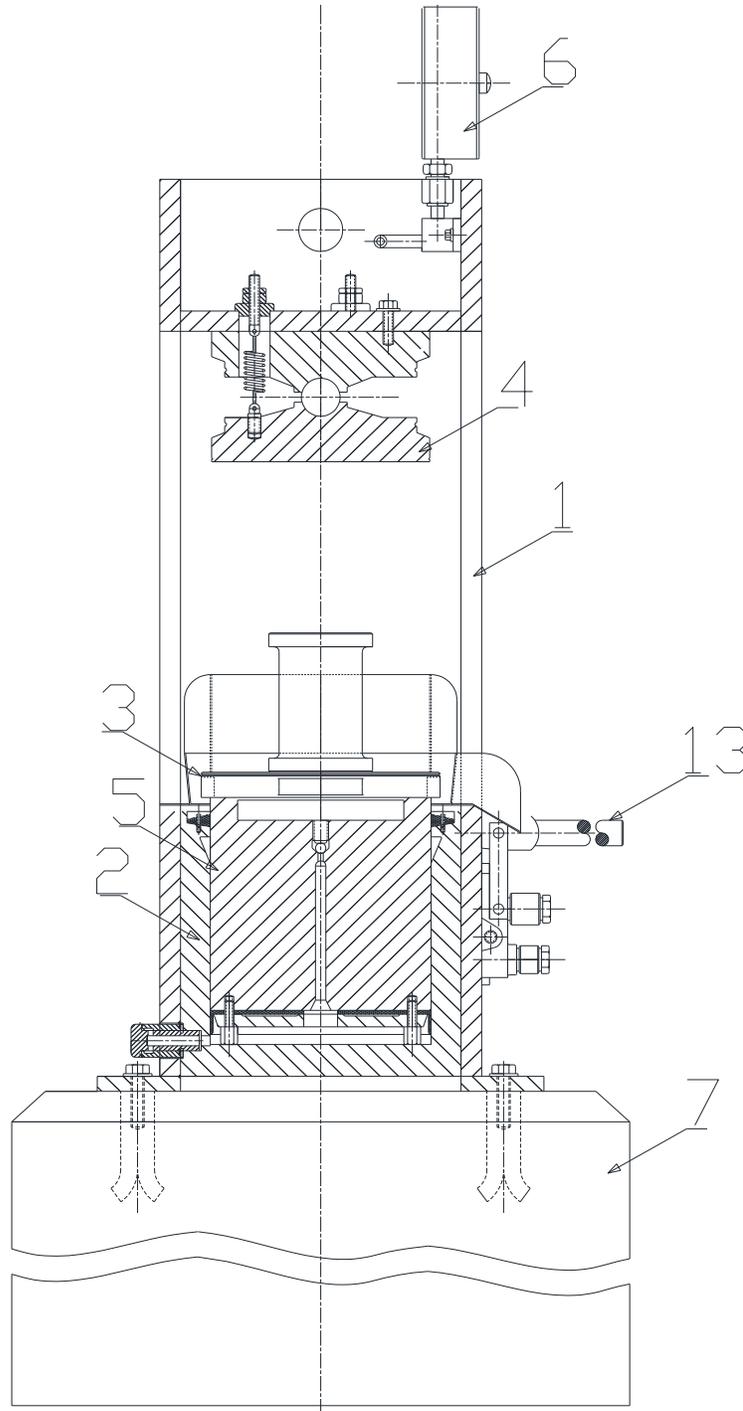
En este capítulo se comparará entre los sistemas que conforman la prensa AMSLER del Laboratorio de Mecánica de Materiales del DECEM, con respecto a los sistemas y componentes de las prensas nuevas. También se hará un diagnóstico de validez y utilidad de los distintos sistemas de la prensa AMSLER con respecto de los modernos sistemas; y el cómo han influido los avances científicos en la modernización de los sistemas relacionados con el aprendizaje y las facilidades que prestan en la ejecución de las prácticas de laboratorio.

Se expondrá en forma detallada, las ventajas y desventajas de los sistemas antiguos y de los sistemas modernos. Se comparará cada sistema y cada una de sus partes y elementos que componen la prensa con los correspondientes de las prensas tecnológicamente más modernas.

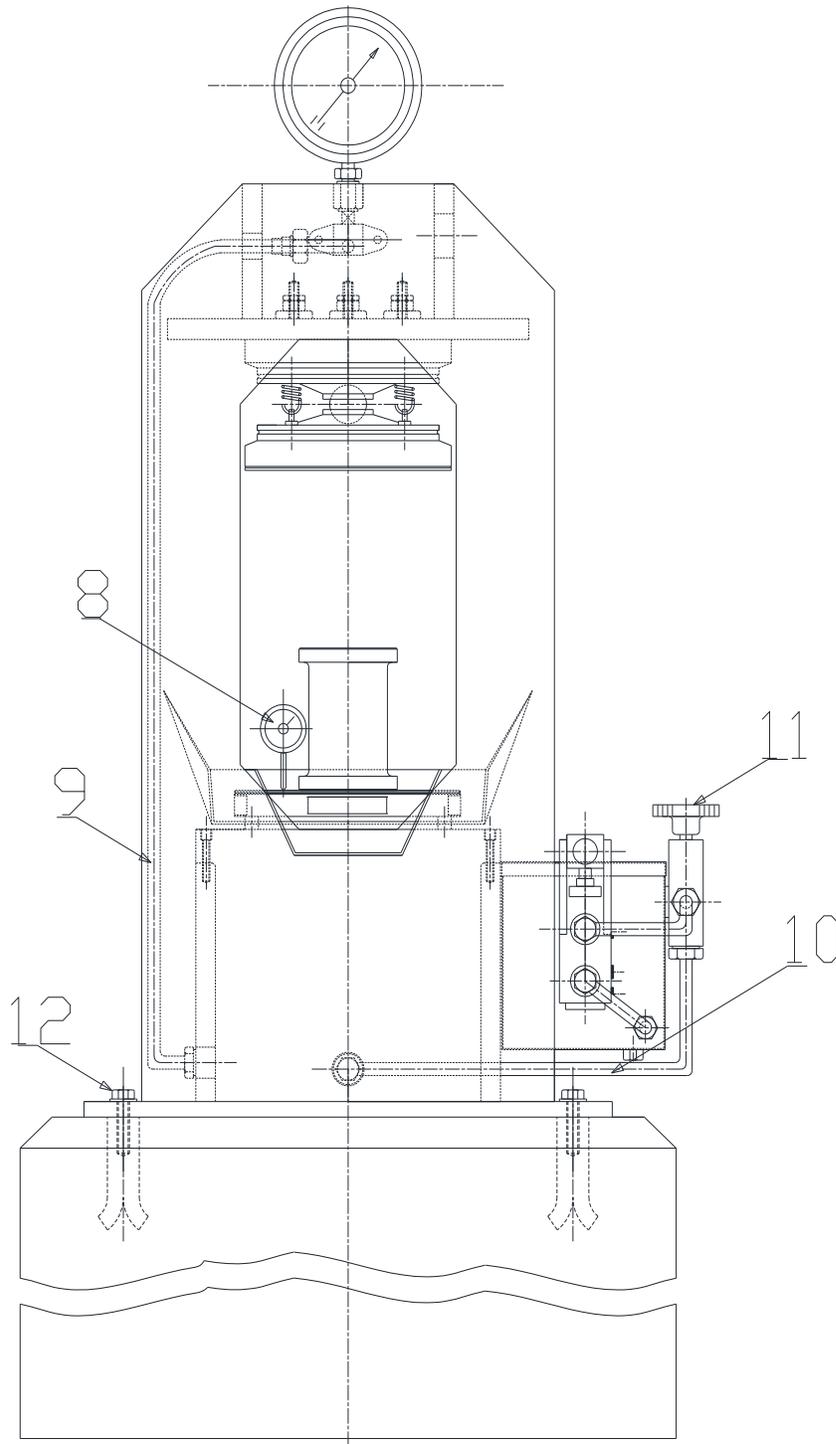


**Figura 24.** Prensa AMSLER de 100 Ton del LRM

### 3.1.1. ESQUEMA PRENSA AMSLER



*Figura 25.* Vista esquemática lateral Prensa AMSLER



**Figura 26.** Vista esquemática frontal Prensa AMSLER

### 3.1.2. 3.1.2 DESCRIPCIÓN DE SUS ELEMENTOS:

**Tabla 1.**

*Elementos y partes de relevancia de la Prensa AMSLER*

Ítem	Descripción
1	Bastidor
2	Cilindro
3	Plato Inferior
4	Plato Superior
5	Émbolo
6	Manómetro
7	Fundación
8	Comparador de Reloj
9	Cañería de aceite para medición
10	Cañería de aceite para el cilindro- émbolo
11	Bomba hidráulica manual
12	Pernos de anclaje
13	Palanca mecanismo de bombeo

**Bastidor:** El bastidor, está construido de un material ferroso rígido, de difícil deformación. Su mantenimiento exterior consiste en comprobar el estado de la pintura y evitar la oxidación.

**Cilindro:** Consta de un cilindro hueco en el que se aloja el émbolo, su cavidad se llena de fluido de transmisión hidráulica, sus paredes interiores deben tener un buen acabado superficial.

Su mantenimiento consiste en el cambio periódico del aceite o fluido de transmisión, para evitar la acumulación de limallas de metal producidos por la fricción de los mecanismos, limallas que pueden rayar las paredes del cilindro.

**Plato Inferior:** Es el elemento, sobre el cual se colocan las muestras a ensayarse, este plato posee una alta capacidad para absorber energía sin deformarse, se encuentra coronando el cilindro, el cual produce su desplazamiento vertical.

**Plato Superior:** Este se encuentra empernado en la parte superior de la cavidad de ensayo de la prensa, consta de dos partes separadas por una esfera, cuya función es la de permitir el ajuste de los elementos a ensayarse, sea que estos tengan caras planas o tengan caras con planos inclinados, posee además un sistema de amortiguación de resortes, que, a parte de la amortiguación, ayudan en la fijación de los elementos de ensayo entre los dos platos, a esto se conoce como ajuste rotulado.

**Émbolo:** Consiste de un cilindro macizo, el cual es empujado por el fluido de transmisión hidráulico, la presión del aceite generada por la bomba se va acumulando en el espacio entre el émbolo y el cilindro, lo que hace que este se desplace verticalmente hacia arriba. Esta es la forma en que la prensa opera.

**Manómetro:** El manómetro, es un elemento de medición de presión de la prensa, este es de tipo Bourdón. En este tipo de manómetro, el aceite empuja un émbolo, el cual mueve una C, en cuyo extremo posee un segmento dentado, que es el que hace mover a las agujas que marcan la presión.

El manómetro es un elemento netamente mecánico, porque no necesita de energía auxiliar para funcionar. Este manómetro tiene una escala graduada en toneladas.

El sistema de medición es indirecto, pues está basado en la aplicación de la fórmula:  $P = \frac{F}{A}$ , de donde:  $F = P \times A$ , y así se obtiene la fuerza, dada en toneladas métricas, hasta un máximo de 100 Toneladas.

**Fundación:** Es el elemento base, sobre el cual está montada la Prensa Hidráulica AMSLER, esta fundación está hecha de concreto, la fundación debe tener unas dimensiones mínimas, según recomendaciones dadas por el fabricante.

**Comparador de Reloj:** Es un elemento de metrología, utilizado para medir los desplazamientos del plato inferior de la prensa; el comparador de reloj es un instrumento que posee un mecanismo de engranes internos y un émbolo que se desplaza y que en su parte interna esta dentado, lo que le permite hacer girar los engranes, que a su vez mueven las agujas que marcan la distancia desplazada.

Se utiliza para medir a más de los desplazamientos, la compresión sufrida por los elementos de ensayo al aumentar la carga.

**Cañería para Aceite de Medición:** Es un ducto que conecta el cilindro con el manómetro, la presión del aceite que está dentro de este ducto es igual a la presión del aceite dentro del cilindro.

**Cañería de Aceite de Cilindro- Émbolo:** Hechas del mismo material y dimensiones de la cañería para medición, por esta cañería fluye el aceite desde la bomba hacia la cavidad del cilindro.

**Bomba Hidráulica Manual:** Esta bomba manual, es de tipo Howee, es decir, se trata de una bomba trivalvular de pistón, tiene una válvula en la entrada al cuerpo de la bomba, una válvula en el pistón, y una válvula a la salida del cuerpo de la bomba, tiene dos cámaras, una inferior y una superior.

**Pernos de Anclaje:** Son cuatro pernos grandes de acero, cuya función es la de sujetar la prensa contra la fundación.

**Palanca del Mecanismo de Bombeo:** Se trata de una palanca larga, que posee una extensión para que sea más fácil realizar la operación de bombeo, ejerciendo menos fuerza por parte del operador.

(Alejandro Escamilla Navarro, 2013)

### 3.2. PRESENTACIÓN DETALLADA DE LA PROBLEMÁTICA.

La prensa AMSLER de cien toneladas del Laboratorio de Mecánica de Materiales del Departamento de Energía y Mecánica, se encuentra en estado operable, pues no presenta inconvenientes con ningún mecanismo ni de accionamiento de la prensa ni de medición para recolección de datos.

Al hacer un análisis de una muestra del fluido de trabajo en el Laboratorio de Fluidos, se notó que este poseía sedimentación debido al tiempo de trabajo, por tal razón se procedió a cambiarlo con aceite limpio. De no hacerlo se corría el riesgo de causar daño a los mecanismos de prensado o a que se raye el cilindro maestro de la prensa.

En relación a las prensas hidráulicas modernas usadas para ensayos, la prensa en cuestión presenta diferencias debido a que las nuevas usan tecnologías actuales, sobre todo en lo referente al control y a los instrumentos de medición y registro de datos, por ello se ha considerado que estas son las principales áreas de trabajo a desarrollar.

Para realizar una presentación detallada de la problemática, conviene hacer un desglose de la prensa en sus partes o componentes, se trata de una prensa hidráulica fabricada con posterioridad a la Segunda Guerra Mundial, la misma que consta de los siguientes sistemas:

- Sistema Hidráulico: Compuesto por el Cilindro- Émbolo, Bomba Hidráulica, Cañerías, Reservorio de Aceite.
- Sistema de Medición: Compuesto de un Manómetro tipo Bourdón y un Comparador de Reloj
- Sistema de Soporte: Compuesto por el Bastidor de la Prensa, el cual soporta la carga sin padecer efectos de variación de las dimensiones por elongación o compresión.
- Sistema de Operación: Compuesto de una palanca para accionar la bomba y generar desplazamiento del cilindro, el mismo que causa el incremento de presión sobre el cuerpo de prueba. Además, dispone de una perilla para accionar la válvula de alivio de presión, la que permite que el aceite que se encuentra dentro del cilindro vuelva al reservorio.

Lo que se quiere es:

Analizar cada uno de estos sistemas, determinar si aún tienen vigencia tanto técnica como tecnológica, comprobar las ventajas y desventajas tanto en lo que se refiere al aspecto didáctico, como operacional, y de confort para el operador; y sacar conclusiones acerca de cada uno de los sistemas y de esta manera hacer recomendaciones acerca de los sistemas que requieren ser reemplazados o actualizados, y finalmente hacer una comparación con las tecnologías modernas.

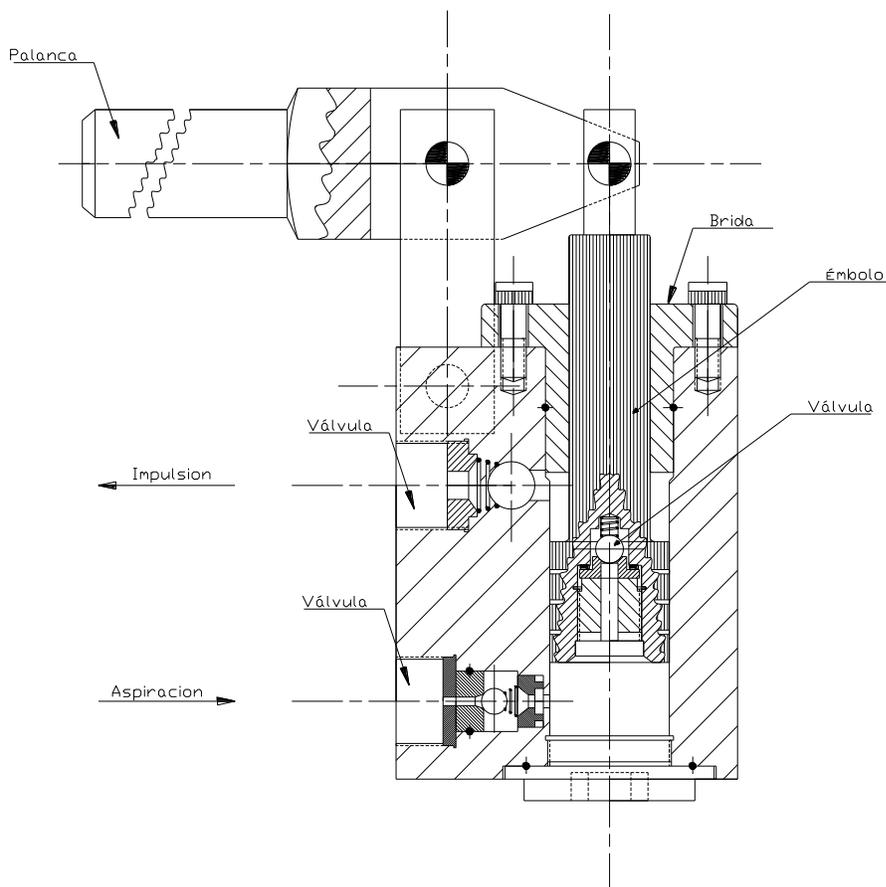
### 3.2.1. Sistema Hidráulico:

Es el sistema motriz de la prensa, es el que permite aplicar la presión de forma activa sobre el objeto de ensayo. El sistema hidráulico está constituido por los siguientes elementos:

- Bomba Hidráulica Manual tipo Howee: La bomba hidráulica tipo Howee, es una bomba operada manualmente, esta consta de: un cuerpo rígido, una válvula de ingreso de aceite del reservorio al cuerpo de la bomba, una válvula hacia la cañería que llena el cilindro, una válvula en el pistón interno de la bomba, que permite que el fluido pase hacia la cámara de bombeo, el mismo que será expulsado a través de la válvula de salida.



*Figura 27.* Reservorio Prensa AMSLER



**Figura 28.** Esquema bomba manual tipo Howee

Todo sistema antiguo es manual, sigue manteniendo vigencia funcional y didáctica, pero no tecnológica. Permite realizar la operación de bombeo y mantener un gran control sobre el desplazamiento del plato inferior y la presión que se ejerce sobre el objeto o cuerpo de prueba.

- **Reservorio de Aceite:** Es el depósito en el que se almacena el fluido de transmisión hidráulico, el mismo que cuando se bombea llena la cavidad del cilindro - émbolo. Este reservorio de aceite, posee una rejilla que sirve de filtro para que en ella queden atrapadas las partículas y otras suciedades previo al retorno del fluido al tanque; esto evita que estas puedan dañar el sistema.

El sistema incluye además una válvula de alivio, que se acciona al girar una perilla; al abrir la válvula se permite la evacuación del fluido de transmisión desde el cilindro hacia el tanque o reservorio.



**Figura 29.** Válvula para retorno de fluido de transmisión al reservorio

En este sistema se podría mejorar la malla o rejilla protectora para filtrar de una mejor forma las partículas perjudiciales. La válvula que permite el retorno del fluido de transmisión al tanque, podría ser una válvula solenoide que realizaría el mismo trabajo de permitir la evacuación del aceite que se encuentra en el cilindro - émbolo hacia el reservorio.

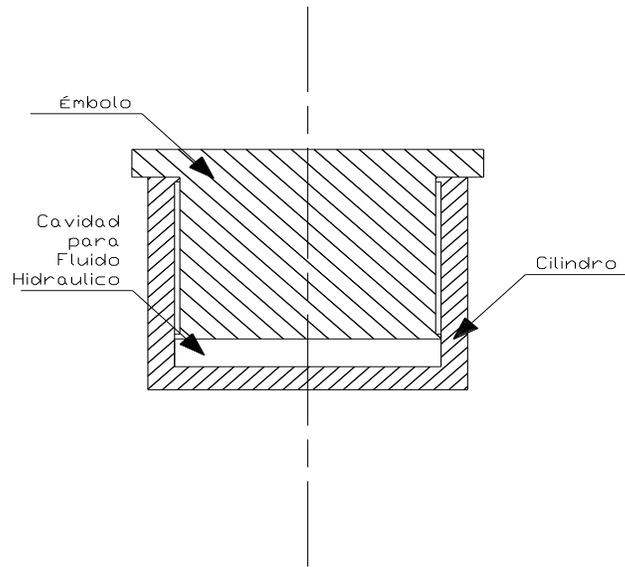
Este sistema tiene vigencia técnica y didáctica y está operando de la forma esperada.

- **Cañerías:** Son cañerías rígidas, provistas por el fabricante, estas cañerías están operando normalmente, cumplen con su función y mantienen vigencia técnica y tecnológica, no tienen mayor incidencia en el aspecto didáctico.  
Hay que decir que actualmente existe una marcada tendencia a utilizar tuberías o cañerías blandas, debido a que, al ser flexibles, es más sencillo el montaje y presentan un mayor grado de adaptabilidad que las tuberías rígidas.  
En caso de que se presentasen averías o fugas (situación que aún no ha ocurrido), podría recomendarse el reemplazo de las cañerías hidráulicas por mangueras, debido a su abundancia en el mercado y a que su montaje es más sencillo.



*Figura 30.* Cilindro Prensa AMSLER

- Cilindro - Émbolo: Este es un sistema que consta de un cilindro de paredes rectificadas, y un émbolo o pistón que se desplaza de forma vertical por el interior del cilindro, desde el punto muerto inferior hasta el punto muerto superior, es decir el punto más bajo y el más alto admisible por condiciones de diseño.



**Figura 31.** Esquema Cilindro- Émbolo

Este sistema tiene total vigencia técnica y tecnológica, reemplazarlo por uno nuevo, no producirá ganancia en la ejecución de las prácticas, tanto en lo que se refiere a comodidad como en lo didáctico.

En el caso de que se presentaran fugas por las paredes del cilindro o por el émbolo, se recomendaría el reemplazo de los mismos, pero este no es el caso, porque se encuentra operable.

### 3.2.2. Sistema de Medición:

Es el sistema que permite obtener datos de interés para el operador de la prensa, como se trata de una prensa hidráulica, los datos son mediciones de desplazamiento del émbolo o pistón, presión del aceite o fluido de transmisión, compresión y fuerza ejercida sobre el objeto de pruebas.

Este sistema de medición en la Prensa AMSLER, consta de los siguientes elementos:

- Manómetro de tipo Bourdón C: Es un elemento que permite medir datos de presión en forma directa; y en forma indirecta datos de fuerza o carga.

La medición de la presión se rige por la fórmula de la Física:  $P = \frac{F}{A}$ , en la que: P es la presión, F la fuerza o carga y A el área de la sección transversal del émbolo, cuyo valor depende de su diámetro. La presión máxima es de 250Kg/cm<sup>2</sup> y la apreciación del manómetro es de una tonelada métrica.

La medición de la fuerza se obtiene en forma indirecta, de la formula anterior se tiene que  $F = Px A$ , donde la fuerza se mide en toneladas métricas.

El manómetro dispone de dos agujas, una negra y una roja, cuando se aplica presión la aguja negra desplaza a la roja y esta última es la que queda marcando el registro máximo

de carga, mientras la otra puede regresar cuando el cuerpo de pruebas sufre una deformación plástica (permanente); y en el caso de que se abra la válvula de alivio, la aguja negra regresa a cero.



**Figura 32.** Manómetro Prensa AMSLER

Los manómetros son sistemas de medición de presión de amplio uso en la industria, es por tanto un equipo que tiene total vigencia técnica y tecnológica. Desde el punto de vista didáctico, debido a su apreciación, es un tanto complicado tomar medidas o datos menores a una tonelada o en fracciones de tonelada.

Como ventaja se puede señalar que no requiere de energía eléctrica para su funcionamiento.

- Comparador de Reloj: Es un dispositivo que sirve para medir desplazamientos o distancias, muy pequeñas, en este caso se mide el desplazamiento del plato inferior y la compresión en los cuerpos de prueba u objetos de ensayo, estos instrumentos de medición son muy versátiles, porque pueden ser retirados y reemplazados por otros de diferente escala, apreciación o sistema de unidades de medición.



**Figura 33.** Comparador de Reloj para medir desplazamientos

Este tipo de equipos tienen total vigencia técnica y tecnológica, hoy en día se dispone de comparadores de reloj de tipo eléctrico, pero su principio de funcionamiento sigue siendo mecánico. Como ventajas, los no eléctricos, no requieren de energía eléctrica para su funcionamiento y son fácilmente reemplazables.

La medición del desplazamiento es independiente o externa de la medición de presión, por cuanto se puede encerrar en la posición que se elija.

Al tratarse de un sistema de presentación de datos de diferentes estados de la prensa, se hace necesario relacionar la presión y el desplazamiento.

El sistema de medición de desplazamientos es un sistema independiente de la prensa (no provista por el fabricante), por este motivo, la prensa Amsler de cien TM, carece de la función de relacionar por sí misma datos de carga y de desplazamiento. Para solventar este inconveniente se pueden optar por dos alternativas:

Una netamente mecánica, basada en la implementación de arreglos de engranes y la otra es una alternativa electrónica basada en la incorporación de sensores, esto permitiría que la máquina pueda generar y presentar diagramas, en los cuales se pueda apreciar el desplazamiento y la presión ejercida.

### **Sistema de Soporte:**

- Este sistema está conformado por el bastidor, que actualmente está 100% operable, su forma y diseño facilitan la realización de las prácticas de laboratorio, por lo que solamente

requerirá de mantenimientos correctivos consistentes en lubricar algunas partes móviles y efectuar reparaciones de la pintura en algunas partes donde muestre desgaste.

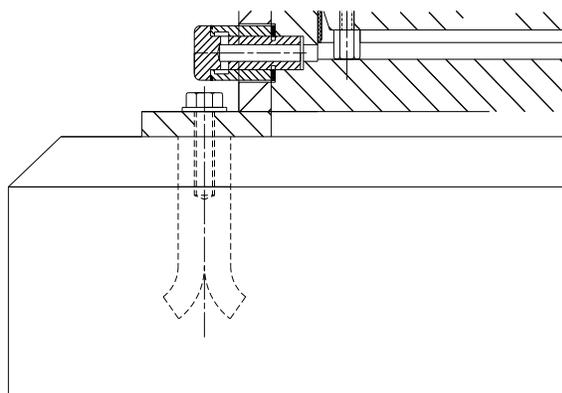
Esta parte del equipo, está construida en metal rígido, de tal manera que soporte más carga que la que la prensa es capaz de ejercer sobre los cuerpos de prueba, sin presentar o mostrar deformaciones elásticas, que puedan tener incidencia sobre la medición de los datos de los ensayos.

Este sistema mantiene vigencia técnica y tecnológica con respecto de las tecnologías modernas.



**Figura 34.** Chasis o Bastidor de la Prensa AMSLER

- Pernos de Anclaje: Son pernos grandes y largos suministrados por el fabricante, su función es la de sujetar a la prensa con la fundación base. Se encuentran en buen estado y permiten una operación segura y confiable de la prensa, por estas razones no se recomienda realizar cambio de los mismos.



**Figura 35.** Pernos de anclaje, y anclajes de la prensa AMSLER sobre la fundación.

- **Fundación de soporte:** La fundación de soporte, debe ser hecha de concreto, se le conoce también como bancada de fábrica, debe ser construida según especificaciones dadas por el fabricante, según ellas las dimensiones mínimas son 75x65 cms y 50 cms de altura. La fundación se encuentra operable, solo se recomienda realizar mantenimientos de la pintura y de las partes que presenten desgaste debido al uso y al tiempo.

Este elemento no tiene mayor incidencia en la parte didáctica y tampoco en la técnica y tecnológica.



**Figura 36.** Fundación y prensa sobre la fundación en el laboratorio

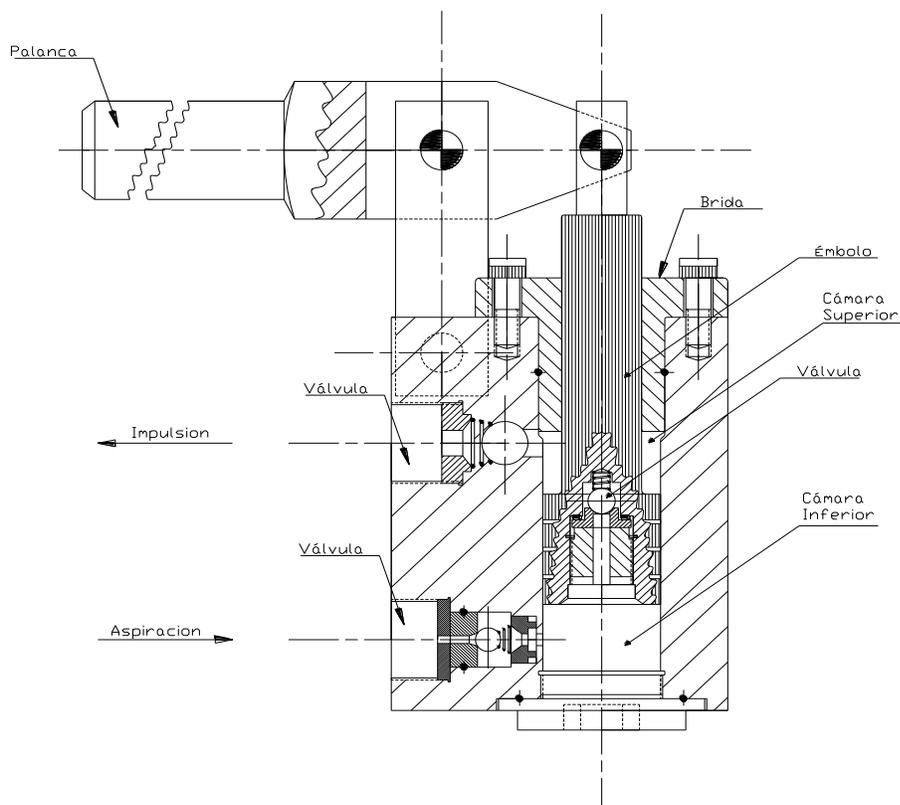
### **Sistema de Operación:**

Es el sistema de interacción entre el usuario y la prensa, consta de los controles de subida y bajada del plato inferior, es decir del control del émbolo y consta de las siguientes partes:

- **Palanca de Accionamiento:** Es la palanca que permite accionar la bomba tipo Howee, este mecanismo es por palanca con movimiento recíprocante o alternativo, lo que quiere decir que es de sube y baja; al bajar la palanca, internamente se impulsa el pistón de la misma hacia arriba, permitiendo que la cámara inferior se llene de aceite que es aspirado desde el reservorio, adicionalmente el movimiento hacia abajo de la palanca hace que el aceite que está en la cámara superior desplace el aceite que se encuentra ahí hacia la válvula de salida. Cuando se mueve la palanca hacia arriba, el pistón se desplazará hacia abajo, haciendo que el aceite que se encuentra en la cámara inferior sea desplazado hacia la cámara superior.



*Figura 37.* Bomba manual de tipo Howee



**Figura 38.** Vista en corte de la bomba manual de tipo Howee

Este es un sistema antiguo, con vigencia técnica, pero tecnológicamente no está vigente, ya que requiere de la aplicación de fuerza por parte del operador, en caso de realizar prácticas de laboratorio en grupo, un alumno o varios alumnos tendrán que turnarse para bombear el aceite, lo cual hace que el alumno que bombea el aceite no preste atención a la práctica.

Se podría mejorar este sistema cambiándolo por otro moderno, que incluya accionamiento y posicionamiento automático del cilindro de la prensa. Este sistema incluiría una bomba nueva, un motor, válvulas limitadoras de presión, y un controlador automático ligado a sensores de posición y transmisores de presión. O un control automático neumático con fines de carrera y relés, los mismos que pueden controlar la bomba automática de aceite.

- **Válvula de Alivio:** Esta es una válvula que está ubicada junto al cuerpo del reservorio de aceite, al abrir esta válvula, permitimos que pase el aceite desde el cilindro - émbolo hacia el reservorio; al no haber aceite, el émbolo por acción de su propio peso y la gravedad volverá a la posición del punto muerto inferior.



*Figura 39.* Reservorio o depósito de fluido de transmisión hidráulica

Este sistema se encuentra en perfectas condiciones de operación, tiene vigencia técnica pero no tecnológica, hoy en día puede ser reemplazado por un interruptor relé, que accione (encienda o apague) una válvula solenoide, permitiendo que esta se abra y cierre con un simple botón; didácticamente no presenta distracciones para los alumnos ya que se lo acciona al finalizar una sesión de toma de medidas, para permitir que el cilindro baje hasta el punto muerto inferior.

Tal como se ha dicho, se puede realizar trabajos de mejoramiento de este sistema, para tal efecto existen alternativas de selección y adquisición de varios equipos que pueden mejorar la interacción entre el alumno y la prensa AMSLER de cien toneladas. Estos equipos requerirán de energía eléctrica para su funcionamiento y podrían convertir a la Prensa AMSLER de cien toneladas en un equipo muy complejo y preciso.

La desventaja sería, la de que sin energía eléctrica no pueda ser operada.

### **3.3. Trabajos Realizados en el Área.**

Este apartado se refiere a los trabajos similares al proyecto que se desea realizar, que ya han sido realizados previamente.

#### **3.3.1. Descripción de Cada Área:**

Tenemos separada a la prensa en varias áreas que requieren trabajo, hay que recalcar que, debido al alcance del proyecto, en la mayoría de estas áreas no se van a realizar trabajos. Las principales áreas de trabajo son las siguientes:

- Área de Sistemas Hidráulicos
- Área de Sistemas de Medición
- Área de Sistema de Operación

#### **Área de Sistema Hidráulico:**

En esta área tenemos la bomba, reservorio, cañerías o ductos, y el cilindro hidráulico

#### **Área de Sistema de Medición:**

En esta área tenemos al manómetro, y al comparador de reloj, adicionalmente están las cañerías que llevan el aceite desde el cilindro hasta el manómetro

#### **Área de Sistema de Operación:**

En esta área tenemos todo con lo que el operador interactúa con la prensa, desde el bastidor que sirve de soporte, los platos, los mandos con los que se acciona la prensa, y la liberación de la presión.

### **3.3.2. 3.3.2 Comparación:**

En las distintas áreas que componen la prensa, tenemos:

#### **Área Hidráulica:**

En cuanto a esta área, las mayores diferencias se encuentran en la forma de bombeo del fluido de transmisión hidráulica, por lo tanto, podemos decir que se podría mejorar o actualizar la bomba hidráulica por una moderna eléctrica automática.



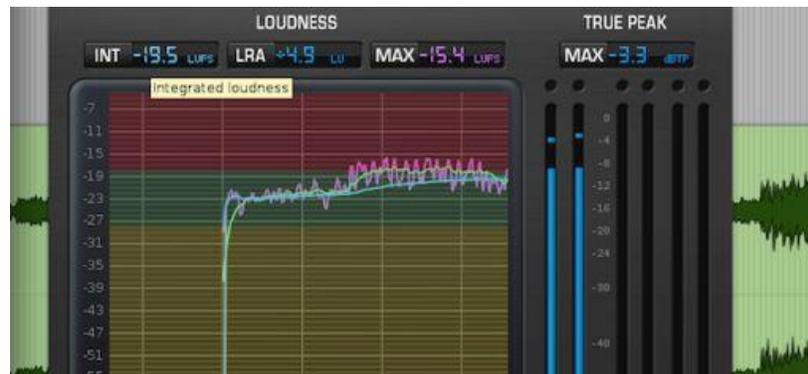
**Figura 40.** Bomba hidráulica moderna

Fuente: (Hidroterm, 2017)

Realizar este reemplazo, resultaría en la adquisición de una bomba ya sea de engranes debido a que se requiere bombear aceite y a altas presiones, adicionalmente un motor eléctrico que opere la bomba.

### Área de Sistema de Medición:

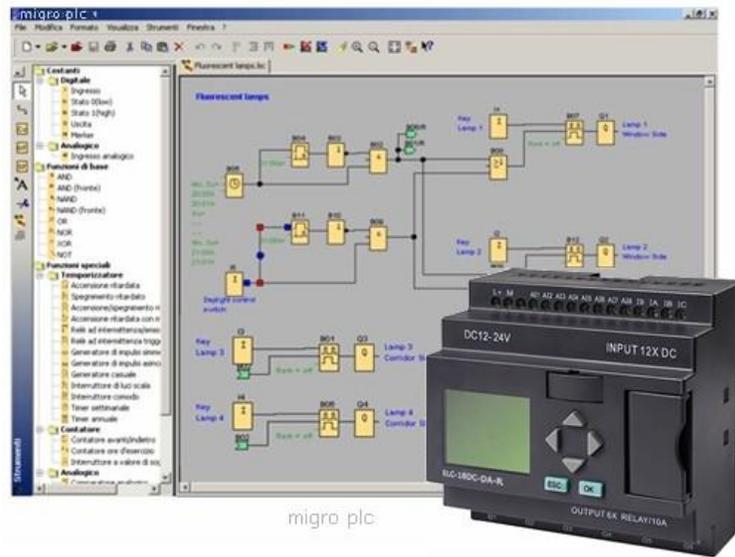
En esta área tenemos varias posibilidades de cambios, al realizar comparaciones con modernos sistemas de medición, vemos que podemos realizar cambios en lo referente a los instrumentos de medición, adicionalmente podemos tener sistemas capaces de realizar diagramas y presentar los datos obtenidos en las prácticas o ensayos en una pantalla de forma conjunta a los diagramas, en tiempo real.



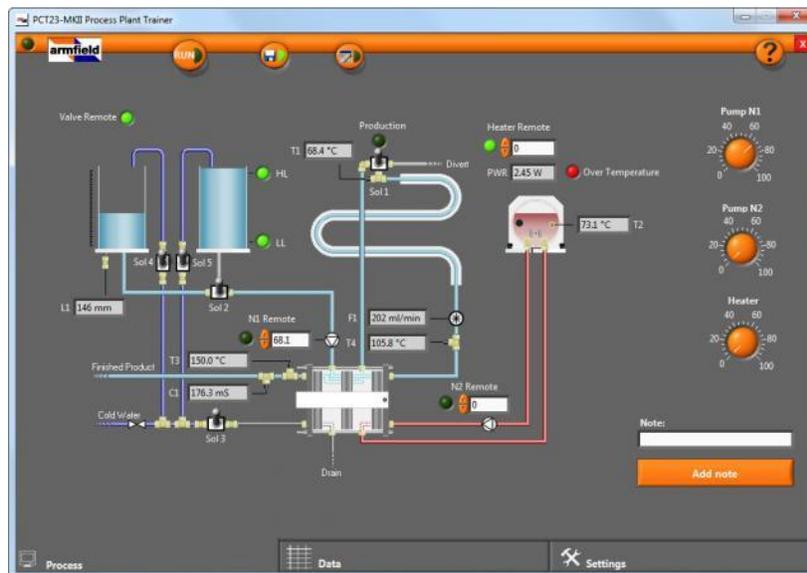
**Figura 41.** Pantalla de presentación de datos de instrumentos y diagramas  
Fuente: (ASK AUDIO, 2015)

### Área del Sistema de Operación:

La prensa AMSLER, de cien toneladas, objeto de este trabajo, actualmente es operada mediante una palanca, la cual realiza las operaciones de bombeo de la prensa, adicionalmente para su operación cuenta con una válvula de compuerta, la cual abre y cierra el paso del fluido de transmisión hidráulica al tanque o reservorio, al compararlos con los sistemas modernos, vemos que existen varias alternativas, vemos que para operar la bomba, se podría pre configurar una presión deseada o una altura deseada, en una pantalla mediante un programa, o un PLC, mientras que el retorno al tanque del fluido de transmisión puede realizarse mediante un botón ya sea físico o virtual en la pantalla de interacción con el usuario, el mismo que accione una válvula solenoide.



**Figura 42.** Programación de funciones de PLC y pantalla de presentación de datos  
Fuente: (MIGRO, 2016)



**Figura 43.** Controles de bombas en pantalla de Labview.  
Fuente: (aCORE LV, 2016)

### 3.4. Aplicaciones:

En esta sección vamos a mencionar trabajos realizados semejantes y referentes a la prensa AMSLER de cien toneladas la cual es objeto de estudio en este trabajo.

Entre las aplicaciones realizadas en este trabajo y en trabajos semejantes, tenemos:

### Sistema de Bombeo de la Prensa AMSLER de Cien Toneladas:

La prensa hidráulica es una máquina simple semejante a la palanca de Arquímedes, que permite amplificar la intensidad de las fuerzas y constituye el fundamento de elevadores, prensas, frenos y muchos otros dispositivos hidráulicos de maquinaria industrial.

La prensa hidráulica constituye la aplicación fundamental del principio de Pascal y también un dispositivo que permite entender mejor su significado. Consiste, en esencia, en dos cilindros de diferente sección comunicados entre sí, y cuyo interior está completamente lleno de un líquido que puede ser agua o aceite. Dos émbolos de secciones diferentes se ajustan, respectivamente, en cada uno de los dos cilindros, de modo que estén en contacto con el líquido. Cuando sobre el émbolo de menor sección  $S_1$  se ejerce una fuerza  $F_1$  la presión  $p_1$  que se origina en el líquido en contacto con él se transmite íntegramente y de forma (casi) instantánea a todo el resto del líquido. Por el principio de Pascal esta presión será igual a la presión  $p_2$  que ejerce el líquido sobre el émbolo de mayor sección  $S_2$ , es decir:

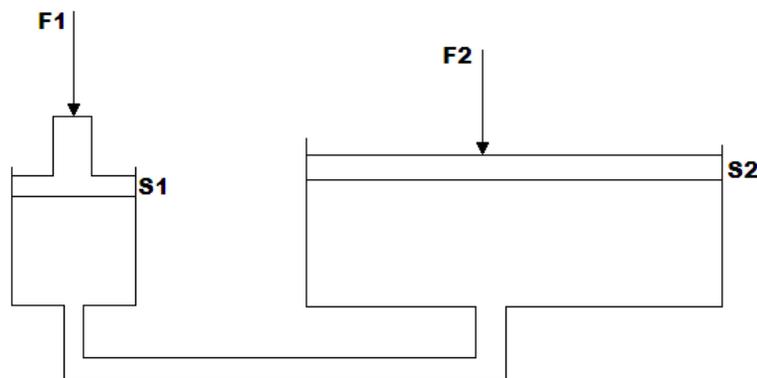
$$p_1 = p_2$$

con lo que, las fuerzas serán, siendo  $S_1 < S_2$ :

$$F_1 = p_1 S_1 < p_1 S_2 = p_2 S_2 = F_2$$

y, por tanto, la relación entre las fuerzas resultante en el émbolo grande cuando se aplica una fuerza menor en el émbolo pequeño será tanto mayor cuanto mayor sea la relación entre las secciones:

$$F_1 = F_2 \left( \frac{S_1}{S_2} \right)$$



*Figura 44.* Principio de Pascal

### **Procedimiento**

- Empezamos tomando las medidas de cada uno de los elementos a ser sujetos de estudio.
- Obtenemos los diámetros de los pistones fundamentales para el desarrollo del análisis, para lo cual debemos desarmar el brazo de palanca y sacar el pistón menor del cilindro.
- Procedemos a realizar los cálculos de cargas estáticas y obtenemos los puntos críticos de cada elemento.
- Debemos tomar en cuenta que asumimos que todos los elementos están fabricados en acero ASTM A36 para facilidad de cálculos. (Riera, 2013)

### **Sistema de Operación de la Prensa:**

Para hacer referencia a trabajos realizados dentro del área de operación, tenemos un proyecto de tesis de titulación de alumnos de la EPN: “Diseño y construcción de un sistema de automatización hidráulico para la máquina de ensayos destructivos en juntas soldadas del laboratorio de soldadura de la Escuela Politécnica Nacional”

Elaborado por Jairo Paul Revelo Galarraga y Orlando Javier Tufiño Dávalos

### **Resumen:**

“Este proyecto se enfoca en el diseño y construcción de un sistema de automatización hidráulico para la máquina de ensayos destructivos en juntas soldadas del Laboratorio de Soldadura que estaba en desuso, debido a factores tanto de diseño como de operación, y tomando en cuenta el gran valor funcional de la máquina dentro de los trabajos que se realiza dentro del laboratorio,

se decidió repotenciar e independizar la operación de la máquina en gran medida de la intervención humana.

El sistema cuenta con la capacidad de 30 toneladas, dato de diseño que se obtuvo de las características del material a ser traccionado, las cuales son probetas según la norma AWS D1.1, API 1104 y ASME IX. Con el dato obtenido de 30 toneladas se pudo calcular la presión requerida del sistema, la cual fue de 2000PSI, este dato permitió calcular y seleccionar todas las partes que conforman el sistema hidráulico a desarrollar.

El sistema hidráulico consta de una bomba reciprocante de engranes, un motor eléctrico trifásico, válvula de alivio direccional de flujo y estranguladora para controlar la velocidad del pistón, filtro de descarga y absorción, manómetro, arrancador, mangueras y racores (conexiones), unión motor- bomba, tanque de almacenamiento o depósito de aceite, aceite hidráulico ISO 32, un cilindro de doble efecto, el mismo que reemplazó a la gata hidráulica que era parte de la máquina que estaba en desuso, codos y demás accesorios para el ensamble.

Una vez obtenido todo el mecanismo armado y repotenciado, se procedió a realizar pruebas tanto en doblado como en tracción con el fin de comprobar el comportamiento y la operación de la nueva máquina. Las pruebas fueron realizadas en probetas de acero API 5Lx60 con dimensiones transversales de 0.344x1 pulgada. Obteniendo así un correcto y óptimo funcionamiento de la máquina, razón por la cual se concluyó con la validación del mecanismo diseñado, seleccionado y obtenido.” (Tufiño, 2012)



**Figura 45.** Máquina de ensayos destructivos en juntas soldadas y su sistema hidráulico  
Laboratorio de Soldadura EPN  
Fuente: (Tufiño, 2012)

### **Sistema de Obtención de Datos:**

En cuanto al sistema de obtención de datos, vemos múltiples trabajos de titulación y actualizaciones de equipos para realizar distintos ensayos en el mismo Laboratorio de Mecánica de Materiales.

Así tenemos:

### **Sistema de Interacción con el Usuario y Despliegue de Datos con HMI**

El HMI, es una interfaz hombre/ máquina, mediante la cual podemos interactuar con un conjunto de sensores, los HMIs son usados en sistemas de automatización.

Como funciones de un HMI, tenemos encendido y apagado del equipo automatizado, el control de las funciones del equipo, comunicación con otros sistemas, etc.

Por este motivo poseen una pantalla actualmente táctil, a veces puede tener botones los cuales corresponden a múltiples funciones.

Son equipos fáciles de operar, pueden contener inclusive contenido gráfico y sonidos, por lo cual pueden interactuar con una persona de varias formas como una computadora, de forma visual, y auditiva.



*Figura 46.* HMI

## PLC:

Un PLC, es un controlador lógico programable, se trata de una computadora creada para la automatización de procesos.

Un PLC, está diseñado a diferencia de una computadora convencional, con múltiples entradas y salidas.



*Figura 47.* PLC visto por dentro

### 3.5. Perspectivas de Desarrollo

Aquí analizaremos centrándonos en el alcance de este trabajo, cuales son las principales áreas de trabajo en las cuales centraremos este estudio.

Notamos que se pueden realizar trabajos en cada área que compone la prensa; el área hidráulica, el área de interacción con el operador, dentro de esta tenemos operación de la prensa, y despliegue de resultados y datos.

#### 3.5.1. Principales Áreas de Trabajo

- **Área Hidráulica:** En este apartado, podemos trabajar en cuanto a la bomba, ya que la bomba actualmente instalada es manual, una posible mejora es, instalar una bomba eléctrica. Adicionalmente tenemos una válvula de compuerta para permitir que haya retorno al reservorio, también cabe la posibilidad de reemplazar esta válvula por una válvula solenoide accionada por computador o por un botón

- **Área de Operación:** Vemos que actualmente los equipos actualizados del laboratorio, son operados mediante un computador, un PLC o un HMI, mientras que la prensa AMSLER de Cien Toneladas es operada mediante aplicación de fuerza sobre una palanca con la cual se acciona la bomba.
- **Área de Despliegue de Resultados y Datos:** Actualmente la prensa AMSLER de Cien Toneladas, despliega o muestra los resultados mediante la lectura de la carga en un manómetro calibrado en toneladas, mientras que para los desplazamientos muestra los resultados en un comparador de reloj montado y encerado previo a la realización de la práctica, se va a modificar esto haciendo que ambos datos se muestren de forma simultánea y relacionados entre sí en un computador mediante la adición de sensores, uno para el desplazamiento y uno para la carga aplicada, ambos serán conectados a una unidad de adquisición de datos y a un computador por un Bus USB.

### **3.5.2. Problemas a Resolver:**

En este proyecto, vamos a centrar nuestro trabajo en el área de despliegue y obtención de resultados y datos, modificando un poco la parte de la operación, ya que se añadirá un proceso más para el operador al obtener los datos. Notamos que en cada área en la cual se puede dividir a la prensa, se pueden realizar trabajos para mejorar la prensa o actualizarla con tecnología moderna, pero por el alcance de este proyecto solamente vamos a modificar la forma de obtener los datos y de mostrarlos al operador, es decir nos dedicaremos a actualizar el área de despliegue de resultados y datos.

## CAPITULO IV

### 4. DISEÑO

#### 4.1. Diseño del sistema de medición de fuerza

Para realizar el diseño del Sistema de Medición de Fuerza, debemos realizar una selección de los sensores de fuerza disponibles en el mercado, tomando en cuenta las capacidades, el tipo de sensor, la interferencia que pueden causar con otros sistemas de la prensa, y los costos de los mismos.

#### Matriz de selección de sensores:

Después de haber realizado una investigación en el mercado, se decidió escoger entre una celda de carga Mettler Toledo y un Transmisor de Presión, por lo tanto, la matriz de selección se reduce a estos dos instrumentos:

**Tabla 2.**

*Matriz de selección de sensores de carga*

Sensor	Capacidad	Interferencia con otros sistemas	Disponibilidad	Mantenibilidad	Costos
Celda de Carga	100 Tons (3550 PSI)	Reducción de carrera entre platos	Para importación Mettler Toledo	No requiere mantenimiento	3800 USD
Transmisor de Presión	5000 PSI	Acoples y Fittings para montaje	Para importación Amazon marca Wikka	Mantener limpio el fluido de transmisión hidráulico	80 USD

Debido a los costos, y la poca o nula interferencia con otros sistemas de la prensa, se decidió seleccionar el transmisor de presión para realizar el trabajo.

Se adquirió un Transmisor de Presión de Marca Wikka, de fabricación alemana, el modelo del mismo es A-10, este transmisor de presión presentaba adicionalmente la ventaja de que su salida está en el rango de 0 a 10 voltios, pero al realizar trabajos de montaje y verificación del sensor comprobamos que este no generaba voltaje, por lo cual se procedió a comunicarse con el representante en Ecuador de la marca Wikka, la empresa representante es Disetec, en la misma

empresa nos indicaron que un modelo A de Wikka, al presentar fallos, no tienen reparación ya que estos son sellados y es el modelo más sencillo.

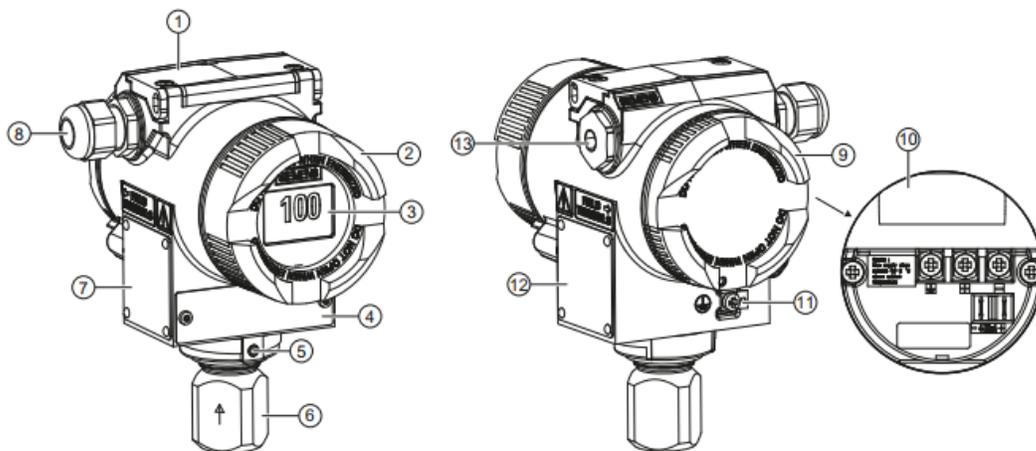
Se pidió una cotización de otro modelo, pero el mismo estaba para importación y debido a la alta capacidad no se encontraba disponible en las bodegas del fabricante por lo cual adicionalmente este debía ser fabricado y el tiempo de espera era bastante alto, se procedió a buscar con otra empresa, Ciapromase, los mismos que son representantes en el Ecuador de Ashcroft, quienes nos indicaron que poseían en stock un transmisor de presión de 5800 PSI pero en marca Siemens, se verificaron las capacidades del Transmisor de Presión y se procedió a realizar la compra del mismo.

Hay que mencionar que medir fuerza con un transmisor de presión es una forma indirecta de obtener este dato, adicionalmente que la prensa posee un instrumento semejante al transmisor de presión para medir fuerza, adicionalmente se requiere de acoples para poder mantener el transmisor de presión y el Manómetro de tipo Bourdón instalado por el fabricante.

### Transmisor de presión siemens

#### Sitrans P DS III Hart

Es un transmisor de presión manométrica de capacidad máxima de 400 Bares, posee un sistema de entrega de datos en la modalidad HART, lo que implica que los datos están en el rango de 4 a 20 miliamperios, y la capacidad de ser diferenciados de otros equipos HART que comparten un mismo lazo de conexión eléctrica.

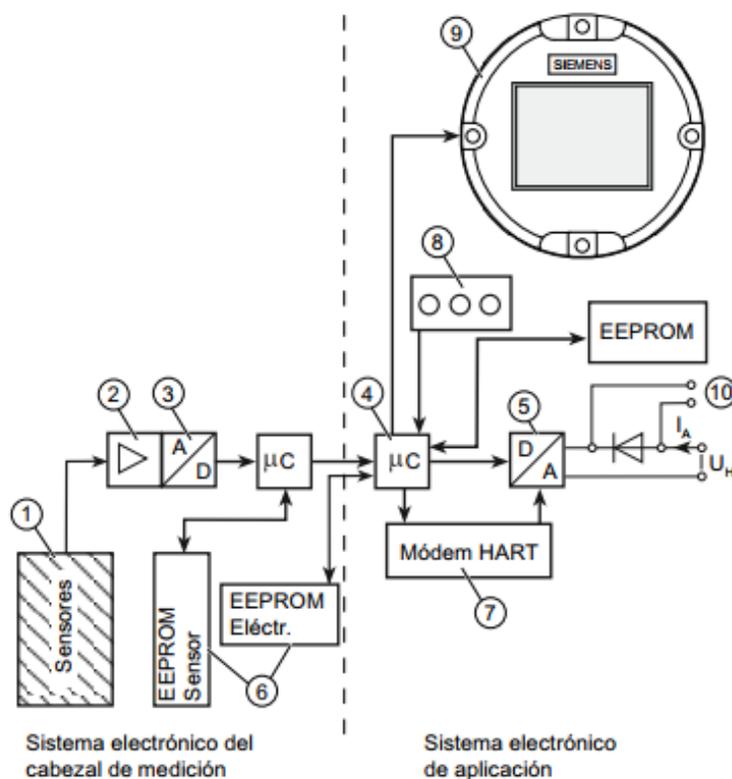


**Figura 48.** Transmisor de Presión Siemens Sitrans P  
Fuente: (Siemens, 2007)

- 1.- Cubierta de las teclas
- 2.- Cubierta opcionalmente con mirilla

- 3.- Display
- 4.- Placa de punto de medición
- 5.- Tornillos de retención
- 6.- Conexión al proceso
- 7.- Placa de características
- 8.- Entrada de cables
- 9.- Cubierta para área de conexión eléctrica
- 10.- Área de conexión eléctrica
- 11.- Conexión del conductor
- 12.- Placa de características
- 13.- Tapón ciego

**Funcionamiento del sensor:**



**Figura 49.** Esquema del funcionamiento del Transmisor de Presión Sitrans P  
Fuente: (Siemens, 2007)

- 1.- Sensor del cabezal de medición
- 2.- Amplificador de medida
- 3.- Convertidor analógico digital
- 4.- Microcontrolador
- 5.- Convertidor digital analógico
- 6.- Una EEPROM en el cabezal de medición y en la electrónica
- 7.- Modem HART
- 8.- Teclas de manejo in situ
- 9.- Display
- 10.- Conexión para multímetro externo.

- El sensor 1 transforma la presión en una señal eléctrica
- Esta señal pasa por el amplificador 2, y se amplifica, en 3 se digitaliza
- En 4, la señal digital se evalúa y es sometida a una corrección lineal y de comportamiento térmico.
- En 5, la señal es convertida de digital a analógica a una corriente de salida de 4 a 20 miliamperios, en el circuito se añaden diodos que sirven de protección contra la inversión de polaridad.
- En la conexión 10 se efectúa una medición ininterrumpida de la corriente mediante un amperímetro de baja impedancia
- Los datos del cabezal de medición, del sistema electrónico y los datos de parametrización, están guardados en las memorias EEPROM.
- El sensor 1, es un sensor piezoresistivo, de silicio, el que consta de 4 cintas extensiométricas de silicio, la deformación presenta una variación de la resistencia específica, se tienen cuatro cintas en forma de puente de Wheatstone

#### **Características del transmisor de presión:**

**Rango** 0-400 Bares, siendo 0, 4 miliamperios y 400, 20 miliamperios

**Linealidad:** Característica estática lineal 0.075

**Sensibilidad:** 0,001mA 0,02 Bar

**Resolución:** Un milésimo de amperio

**Repetitividad:** 99.99%; -0.01% cada año

#### **Obtención de valores y mediciones en base al patrón**

Se efectuaron mediciones de los datos que arroja el sensor con respecto de los datos de carga del manómetro de tipo Bourdón.

#### **Obtención de valores promedio:**

#### **Tabla 3.**

*Tabulación de datos obtenidos para el Transmisor de Presión Novotechnik LWH 275*

## **TRANSMISOR DE PRESIÓN**

#	P (Ton)	V1 (Volts)	V2 (Volts)	V3 (Volts)	V4 (Volts)	V5 (Volts)	Suma	Promedio
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,27	0,05
3	2	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,62	0,12
4	3	0,19	0,2	0,19	0,2	0,22	1	0,2
5	4	0,27	0,27	0,27	0,28	0,29	1,38	0,28
6	5	0,34	0,34	0,33	0,34	0,35	1,7	0,34
7	6	0,41	0,4	0,41	0,41	0,42	2,05	0,41
8	7	0,47	0,47	0,48	0,48	0,48	2,38	0,48
9	8	0,54	0,54	0,54	0,53	0,55	2,7	0,54
10	9	0,6	0,59	0,6	0,6	0,61	3	0,6
11	10	0,67	0,66	0,67	0,66	0,67	3,33	0,67
12	11	0,72	0,72	0,72	0,72	0,73	3,61	0,72
13	12	0,78	0,79	0,79	0,79	0,79	3,94	0,79
14	13	0,86	0,85	0,86	0,85	0,86	4,28	0,86
15	14	0,92	0,91	0,93	0,93	0,93	4,62	0,92
16	15	0,99	0,99	0,99	0,99	1	4,96	0,99
17	16	1,06	1,06	1,06	1,05	1,07	5,3	1,06
18	17	1,13	1,12	1,13	1,13	1,14	5,65	1,13
19	18	1,2	1,19	1,2	1,2	1,21	6	1,2
20	19	1,27	1,26	1,26	1,27	1,29	6,35	1,27
21	20	1,34	1,32	1,34	1,34	1,36	6,7	1,34
22	21	1,4	1,39	1,4	1,4	1,41	7	1,4
23	22	1,47	1,46	1,46	1,46	1,48	7,33	1,47
24	23	1,54	1,53	1,54	1,53	1,55	7,69	1,54
25	24	1,61	1,6	1,6	1,59	1,61	8,01	1,6
26	25	1,67	1,67	1,68	1,67	1,68	8,37	1,67
27	26	1,74	1,73	1,73	1,74	1,75	8,69	1,74
28	27	1,8	1,79	1,8	1,8	1,82	9,01	1,8
29	28	1,87	1,86	1,87	1,87	1,88	9,35	1,87
30	29	1,95	1,94	1,94	1,94	1,95	9,72	1,94

Continúa →

31	30	2,02	2,01	2,01	2,01	2,04	10,09	2,02
32	31	2,09	2,08	2,08	2,07	2,1	10,42	2,08
33	32	2,15	2,14	2,15	2,15	2,18	10,77	2,15
34	33	2,21	2,21	2,21	2,22	2,23	11,08	2,22
35	34	2,28	2,29	2,29	2,29	2,3	11,45	2,29
36	35	2,36	2,35	2,35	2,35	2,37	11,78	2,36
37	36	2,43	2,41	2,43	2,42	2,43	12,12	2,42
38	37	2,5	2,48	2,49	2,49	2,51	12,47	2,49
39	38	2,56	2,55	2,55	2,55	2,58	12,79	2,56
40	39	2,63	2,62	2,62	2,62	2,64	13,13	2,63
41	40	2,7	2,69	2,69	2,69	2,72	13,49	2,7
42	41	2,77	2,75	2,76	2,76	2,77	13,81	2,76
43	42	2,83	2,82	2,82	2,82	2,85	14,14	2,83
44	43	2,91	2,9	2,9	2,9	2,94	14,55	2,91
45	44	2,98	2,96	2,97	2,96	3	14,87	2,97
46	45	3,04	3,04	3,03	3,04	3,06	15,21	3,04
47	46	3,11	3,1	3,1	3,09	3,12	15,52	3,1
48	47	3,17	3,16	3,18	3,17	3,21	15,89	3,18
49	48	3,23	3,23	3,23	3,23	3,27	16,19	3,24
50	49	3,31	3,3	3,3	3,3	3,34	16,55	3,31
51	50	3,39	3,37	3,37	3,37	3,4	16,9	3,38
52	51	3,45	3,43	3,44	3,43	3,47	17,22	3,44
53	52	3,53	3,5	3,51	3,5	3,56	17,6	3,52
54	53	3,59	3,57	3,58	3,58	3,6	17,92	3,58
55	54	3,65	3,63	3,63	3,65	3,69	18,25	3,65
56	55	3,73	3,7	3,71	3,71	3,74	18,59	3,72
57	56	3,79	3,75	3,77	3,77	3,8	18,88	3,78
58	57	3,84	3,82	3,84	3,84	3,92	19,26	3,85
59	58	3,92	3,89	3,9	3,9	3,95	19,56	3,91
60	59	3,98	3,95	3,98	3,98	4,03	19,92	3,98
61	60	4,05	4,02	4,03	4,04	4,15	20,29	4,06
62	61	4,11	4,1	4,1	4,09	4,18	20,58	4,12
63	62	4,18	4,18	4,17	4,16	4,25	20,94	4,19
64	63	4,25	4,24	4,24	4,23	4,32	21,28	4,26

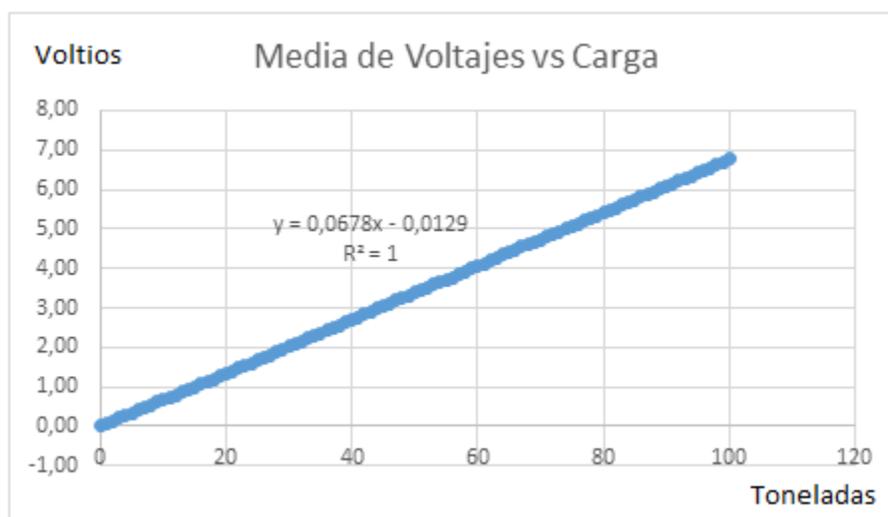
Continúa →

65	64	4,32	4,31	4,32	4,32	4,48	21,75	4,35
66	65	4,4	4,38	4,39	4,38	4,54	22,09	4,42
67	66	4,46	4,45	4,45	4,44	4,55	22,35	4,47
68	67	4,53	4,52	4,53	4,53	4,63	22,74	4,55
69	68	4,6	4,59	4,6	4,6	4,68	23,07	4,61
70	69	4,66	4,66	4,66	4,67	4,73	23,38	4,68
71	70	4,75	4,73	4,73	4,73		18,94	4,74
72	71	4,82	4,8	4,81	4,8		19,23	4,81
73	72	4,88	4,87	4,87	4,86		19,48	4,87
74	73	4,94	4,94	4,94	4,94		19,76	4,94
75	74	5,02	5	5	5		20,02	5,01
76	75	5,07	5,07	5,07	5,08		20,29	5,07
77	76	5,15	5,13	5,13	5,14		20,55	5,14
78	77	5,22	5,2	5,2	5,21		20,83	5,21
79	78	5,27	5,26	5,27	5,27		21,07	5,27
80	79	5,35	5,34	5,34	5,34		21,37	5,34
81	80	5,42	5,41	5,41	5,4		21,64	5,41
82	81	5,49	5,46	5,47	5,47		21,89	5,47
83	82	5,54	5,55	5,54	5,54		22,17	5,54
84	83	5,61	5,6	5,61	5,6		22,42	5,61
85	84	5,68	5,67	5,66	5,67		22,68	5,67
86	85	5,74	5,73	5,74	5,74		22,95	5,74
87	86	5,8	5,81	5,81	5,8		23,22	5,81
88	87	5,88	5,88	5,87	5,87		23,5	5,88
89	88	5,94	5,94	5,94	5,94		23,76	5,94
90	89	6,02	6,01	6	6,01		24,04	6,01
91	90	6,08	6,08	6,08	6,08		24,32	6,08
92	91	6,15	6,14	6,15	6,14		24,58	6,15
93	92	6,24	6,22	6,21	6,22		24,89	6,22
94	93	6,3	6,29	6,28	6,28		25,15	6,29
95	94	6,36	6,34	6,35	6,35		25,4	6,35
96	95	6,43	6,43	6,42	6,41		25,69	6,42
97	96	6,5	6,48	6,48	6,48		25,94	6,49
98	97	6,57	6,55	6,55	6,55		26,22	6,56

Continúa →

99	98	6,62	6,62	6,63	6,61	26,48	6,62
100	99	6,69	6,69	6,68	6,67	26,73	6,68
101	100	6,8	6,75	6,75	6,75	27,05	6,76

### Ecuación de la recta mediante ajustes por mínimos cuadrados



**Figura 50.** Ecuación de ajuste de datos obtenida en Excel, en el eje Y Voltaje, en el eje X, Carga

La ecuación  $y = 0.0678x - 0.0129$  es la recta que representa los valores para los que la señal obtenida en voltios, se procesa y se convierte en carga, pero se debe mencionar que es la ecuación inversa a la requerida.

El cociente de determinación denominado  $R^2$  que para este caso es igual a 1, significa que existe una correlación estadística perfecta de los datos y la ecuación

$$x = 0.0678y - 0.0129$$

$$0.0678y = x + 0.0129$$

$$y = 14.792x + 0.1902$$



**Figura 51.** Ecuación de calibración del Transmisor de Presión  
<https://es.symbolab.com/graphing-calculator?functions=y=14.792x%2B0.1902>

## 4.2. Diseño del sistema de medición de desplazamiento

### Matriz de selección de sensores:

Después de haber realizado un estudio acerca de los sensores de desplazamiento disponibles en el mercado, se elaboró la siguiente matriz de selección usando como base ciertas características de los distintos sensores.

#### Tabla 4.

*Matriz de selección de sensores de desplazamiento*

Sensor	Capacidad	Interferencia con otros sistemas	Disponibilidad	Mantenibilidad	Costos
Encoder de desplazamiento lineal	200mm	Perforación de agujeros para montaje	Sensortec S.A. marca Pepperl+Fuchs	Requiere de limpieza de partículas de polvo, muy sensible al desgaste por rotación de partes internas	369 USD

Continúa→

Potenciómetro lineal	200mm	Perforación de agujeros para montaje	De venta en Amazon, en marca Novotechnik	Sensible al polvo, se recomienda mantenerlo cubierto	86 USD
Distanciómetro Láser	150mm	Reducción del espacio de trabajo de la prensa, requiere alineamiento extremo	Sensortec S.A. marca Pepperl+Fuchs	No se puede interrumpir el paso de luz desde el lente o hacia el receptor	556 USD
Palpador	25mm	Perforación de agujeros para montaje	Sensortec S.A.	Sensible al polvo, se recomienda mantenerlo cubierto	285 USD

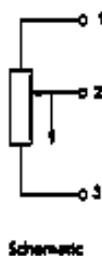
Debido a factores como el costo, el poco mantenimiento requerido y además tomando en cuenta que se recogerán los datos con una DAQ (Tarjeta de Adquisición de Datos), la cual toma datos en voltios, se decidió adquirir un potenciómetro lineal.

#### **Potenciómetro lineal:**

Es un potenciómetro lineal de la marca alemana Novotechnik serie LWH, la cual posee las siguientes características:

- Sobre 100 millones de movimientos de durabilidad
- Linealidad con  $\pm 0,04\%$  de dispersión
- Resolución de 0,01mm
- Capaz de velocidad alta de operación (10 milisegundos)
- Protección IP 55 (housing)





**Figura 53.** Esquema circuito de energización del Potenciómetro Lineal  
Fuente: (NOVOTECHNIK, 2014)

En el diagrama de conexiones tenemos:

1. Entrada de voltaje negativo
2. Salida de voltaje positivo
3. Entrada de voltaje positivo

Al analizar el diagrama vemos que 2, tiene una flecha hacia abajo, esto quiere decir que el valor de la resistencia varía de acuerdo a la posición a la que se encuentre 2

#### **Características del potenciómetro lineal:**

**Rango:** 20 Voltios

**Precisión:** 0.01mm

**Linealidad:** Característica estática lineal 0.01

**Resolución:** 0.01 V

**Repetitividad:** 99.95%

#### **Obtención de valores y mediciones en base al patrón**

Se efectuaron mediciones de los datos que arroja el sensor con respecto de los datos de desplazamiento obtenidos por un comparador de reloj.

#### **Obtención de valores promedio:**

**Tabla 5.***Tabulación de valores para el Transmisor de Presión Siemens Sitrans P***POTENCIÓMETRO LINEAL**

#	D (mm)	V1 (Volts)	V2 (Volts)	V3 (Volts)	V4 (Volts)	Suma	Promedio
1	0	3,92	3,89	3,91	3,91	15,63	3,91
2	1	3,95	3,97	3,97	3,99	15,88	3,97
3	2	4,05	4,07	4,07	4,09	16,28	4,07
4	3	4,16	4,18	4,17	4,19	16,7	4,18
5	4	4,26	4,28	4,27	4,3	17,11	4,28
6	5	4,36	4,38	4,38	4,39	17,51	4,38
7	6	4,46	4,48	4,48	4,5	17,92	4,48
8	7	4,57	4,58	4,58	4,6	18,33	4,58
9	8	4,67	4,68	4,68	4,7	18,73	4,68
10	9	4,77	4,78	4,78	4,8	19,13	4,78
11	10	4,87	4,88	4,88	4,9	19,53	4,88
12	11	4,97	4,98	4,98	5	19,93	4,98
13	12	5,08	5,09	5,08	5,1	20,35	5,09
14	13	5,18	5,19	5,19	5,2	20,76	5,19
15	14	5,28	5,29	5,28	5,3	21,15	5,29
16	15	5,38	5,39	5,38	5,4	21,55	5,39
17	16	5,48	5,49	5,49	5,51	21,97	5,49
18	17	5,58	5,59	5,59	5,61	22,37	5,59
19	18	5,68	5,69	5,69	5,71	22,77	5,69
20	19	5,78	5,79	5,79	5,81	23,17	5,79
21	20	5,89	5,89	5,89	5,91	23,58	5,9
22	21	5,99	5,99	5,99	6,01	23,98	6
23	22	6,09	6,09	6,1	6,11	24,39	6,1
24	23	6,2	6,2	6,2	6,21	24,81	6,2
25	24	6,3	6,3	6,3	6,31	25,21	6,3
26	25	6,4	6,4	6,4	6,41	25,61	6,4
27	26	6,5	6,5	6,5	6,51	26,01	6,5
28	27	6,59	6,6	6,6	6,61	26,4	6,6
29	28	6,7	6,7	6,7	6,71	26,81	6,7
30	29	6,8	6,8	6,8	6,81	27,21	6,8

Continúa →

31	30	6,9	6,9	6,9	6,91	27,61	6,9
32	31	7	7	7	7,02	28,02	7,01
33	32	7,1	7,11	7,11	7,12	28,44	7,11
34	33	7,21	7,21	7,21	7,22	28,85	7,21
35	34	7,31	7,31	7,31	7,32	29,25	7,31
36	35	7,41	7,42	7,42	7,42	29,67	7,42
37	36	7,52	7,52	7,51	7,53	30,08	7,52
38	37	7,61	7,62	7,61	7,63	30,47	7,62
39	38	7,72	7,72	7,72	7,74	30,9	7,73
40	39	7,83	7,83	7,82	7,84	31,32	7,83
41	40	7,93	7,93	7,93	7,94	31,73	7,93
42	41	8,03	8,04	8,03	8,04	32,14	8,04
43	42	8,14	8,14	8,13	8,15	32,56	8,14
44	43	8,24	8,24	8,24	8,25	32,97	8,24
45	44	8,35	8,35	8,35	8,36	33,41	8,35
46	45	8,45	8,45	8,45	8,46	33,81	8,45
47	46	8,56	8,56	8,56	8,57	34,25	8,56
48	47	8,66	8,66	8,66	8,67	34,65	8,66
49	48	8,77	8,77	8,77	8,78	35,09	8,77
50	49	8,88	8,88	8,87	8,88	35,51	8,88
51	50	8,98	8,99	8,98	8,99	35,94	8,99
52	51	9,09	9,09	9,09	9,09	36,36	9,09
53	52	9,19	9,2	9,19	9,2	36,78	9,2
54	53	9,3	9,31	9,3	9,3	37,21	9,3
55	54	9,41	9,41	9,4	9,4	37,62	9,41
56	55	9,52	9,52	9,51	9,51	38,06	9,52
57	56	9,62	9,62	9,62	9,62	38,48	9,62
58	57	9,73	9,73	9,72	9,72	38,9	9,73
59	58	9,83	9,84	9,83	9,83	39,33	9,83
60	59	9,94	9,94	9,94	9,94	39,76	9,94
61	60	10,05	10,05	10,04	10,04	40,18	10,05
62	61	10,16	10,16	10,15	10,15	40,62	10,16
63	62	10,27	10,27	10,26	10,26	41,06	10,27
64	63	10,37	10,37	10,37	10,37	41,48	10,37
65	64	10,48	10,48	10,47	10,47	41,9	10,48
66	65	10,58	10,59	10,58	10,58	42,33	10,58

Continúa →

67	66	10,69	10,69	10,68	10,68	42,74	10,69
68	67	10,79	10,8	10,79	10,79	43,17	10,79
69	68	10,9	10,9	10,89	10,89	43,58	10,9
70	69	11,01	11,01	11	11	44,02	11,01
71	70	11,11	11,11	11,1	11,1	44,42	11,11
72	71	11,22	11,22	11,21	11,21	44,86	11,22
73	72	11,32	11,33	11,31	11,32	45,28	11,32
74	73	11,43	11,43	11,42	11,42	45,7	11,43
75	74	11,54	11,54	11,53	11,52	46,13	11,53
76	75	11,64	11,64	11,63	11,63	46,54	11,64
77	76	11,74	11,75	11,74	11,74	46,97	11,74
78	77	11,85	11,85	11,84	11,84	47,38	11,85
79	78	11,95	11,95	11,94	11,94	47,78	11,95
80	79	12,08	12,06	12,05	12,05	48,24	12,06
81	80	12,19	12,16	12,15	12,15	48,65	12,16
82	81	12,3	12,27	12,25	12,26	49,08	12,27
83	82	12,4	12,37	12,35	12,36	49,48	12,37
84	83	12,5	12,47	12,46	12,46	49,89	12,47
85	84	12,61	12,59	12,57	12,57	50,34	12,59
86	85	12,71	12,69	12,66	12,68	50,74	12,69
87	86	12,81	12,79	12,77	12,78	51,15	12,79
88	87	12,92	12,89	12,88	12,88	51,57	12,89
89	88	13,03	13	12,98	12,98	51,99	13
90	89	13,13	13,1	13,09	13,09	52,41	13,1
91	90	13,24	13,21	13,18	13,19	52,82	13,21
92	91	13,34	13,32	13,3	13,3	53,26	13,32
93	92	13,45	13,42	13,41	13,41	53,69	13,42
94	93	13,56	13,53	13,51	13,52	54,12	13,53
95	94	13,67	13,64	13,62	13,62	54,55	13,64
96	95	13,78	13,75	13,73	13,73	54,99	13,75
97	96	13,88	13,85	13,83	13,84	55,4	13,85
98	97	13,99	13,96	13,94	13,94	55,83	13,96
99	98	14,1	14,07	14,05	14,05	56,27	14,07
100	99	14,25	14,17	14,16	14,16	56,74	14,19
101	100	14,36	14,28	14,27	14,27	57,18	14,3

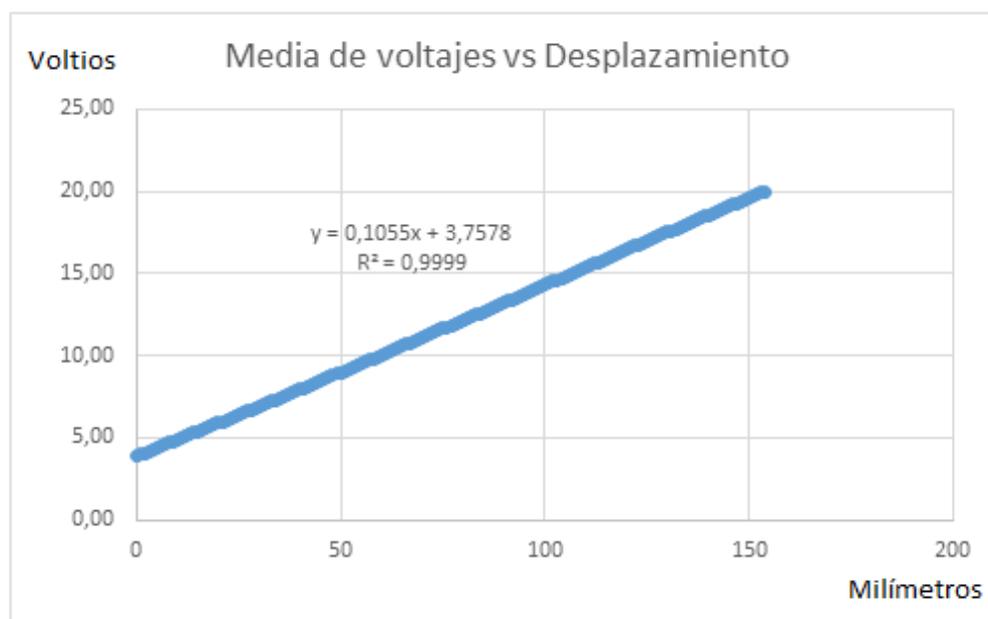
Continúa →

102	101	14,47	14,39	14,37	14,38	57,61	14,4
103	102	14,58	14,5	14,48	14,49	58,05	14,51
104	103	14,68	14,6	14,59	14,59	58,46	14,62
105	104	14,79	14,72	14,69	14,7	58,9	14,73
106	105	14,9	14,82	14,8	14,8	59,32	14,83
107	106	15	14,93	14,92	14,92	59,77	14,94
108	107	15,12	15,04	15,02	15,02	60,2	15,05
109	108	15,22	15,14	15,13	15,13	60,62	15,16
110	109	15,34	15,25	15,24	15,24	61,07	15,27
111	110	15,44	15,35	15,35	15,35	61,49	15,37
112	111	15,55	15,46	15,45	15,45	61,91	15,48
113	112	15,66	15,57	15,56	15,56	62,35	15,59
114	113	15,77	15,68	15,67	15,67	62,79	15,7
115	114	15,88	15,79	15,77	15,78	63,22	15,81
116	115	15,99	15,9	15,88	15,88	63,65	15,91
117	116	16,09	16,01	15,99	16	64,09	16,02
118	117	16,2	16,12	16,1	16,1	64,52	16,13
119	118	16,31	16,23	16,21	16,21	64,96	16,24
120	119	16,42	16,33	16,32	16,32	65,39	16,35
121	120	16,52	16,45	16,43	16,42	65,82	16,46
122	121	16,63	16,55	16,54	16,53	66,25	16,56
123	122	16,75	16,66	16,65	16,64	66,7	16,68
124	123	16,85	16,76	16,75	16,75	67,11	16,78
125	124	16,97	16,88	16,86	16,85	67,56	16,89
126	125	17,07	16,98	16,97	16,96	67,98	17
127	126	17,17	17,08	17,07	17,07	68,39	17,1
128	127	17,27	17,19	17,17	17,17	68,8	17,2
129	128	17,36	17,3	17,27	17,28	69,21	17,3
130	129	17,48	17,4	17,38	17,38	69,64	17,41
131	130	17,59	17,5	17,49	17,49	70,07	17,52
132	131	17,69	17,6	17,59	17,59	70,47	17,62
133	132	17,8	17,71	17,7	17,69	70,9	17,73
134	133	17,9	17,82	17,8	17,8	71,32	17,83
135	134	18,01	17,92	17,9	17,91	71,74	17,94
136	135	18,11	18,04	18,01	18	72,16	18,04
137	136	18,23	18,14	18,13	18,12	72,62	18,16

Continúa →

138	137	18,33	18,24	18,23	18,22	73,02	18,26
139	138	18,44	18,35	18,33	18,32	73,44	18,36
140	139	18,54	18,45	18,44	18,43	73,86	18,47
141	140	18,65	18,55	18,54	18,53	74,27	18,57
142	141	18,75	18,66	18,65	18,64	74,7	18,68
143	142	18,86	18,77	18,75	18,74	75,12	18,78
144	143	18,96	18,87	18,85	18,85	75,53	18,88
145	144	19,06	18,97	18,95	18,96	75,94	18,99
146	145	19,16	19,08	19,06	19,05	76,35	19,09
147	146	19,27	19,18	19,16	19,15	76,76	19,19
148	147	19,37	19,28	19,26	19,26	77,17	19,29
149	148	19,47	19,38	19,36	19,36	77,57	19,39
150	149	19,57	19,49	19,46	19,47	77,99	19,5
151	150	19,67	19,6	19,57	19,57	78,41	19,6
152	151	19,77	19,7	19,68	19,68	78,83	19,71
153	152	19,87	19,79	19,79	19,79	79,24	19,81
154	153	19,97	19,89	19,88	19,89	79,63	19,91
155	154		19,99	19,98	19,99	59,96	19,99

### Ecuación de la recta mediante ajustes por mínimos cuadrados



**Figura 54.** Ecuación de ajuste por mínimos cuadrados obtenida en Excel en el eje Y, Voltaje, y en el eje X Desplazamientos

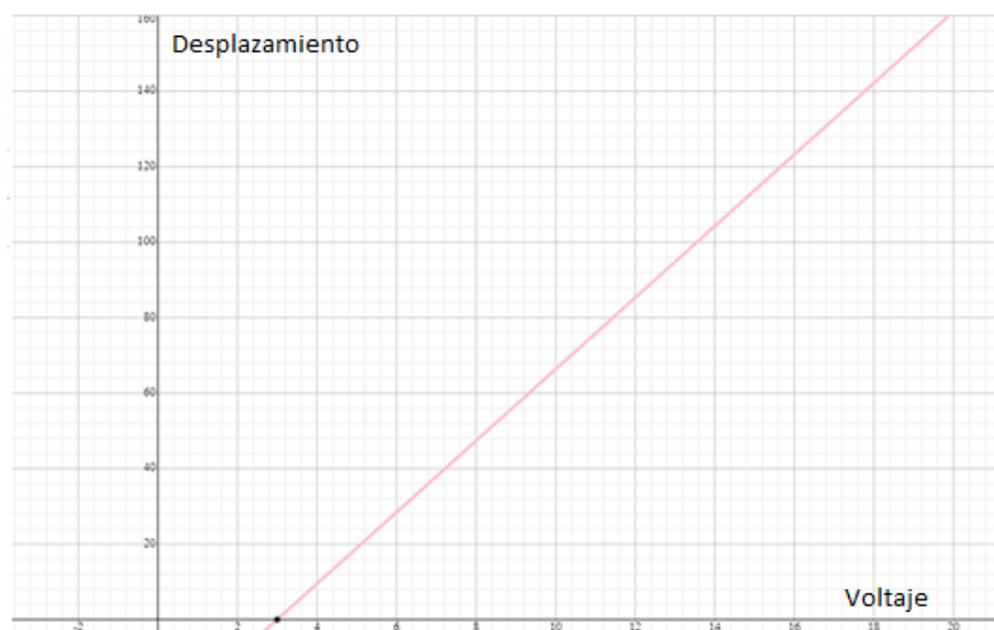
La ecuación  $y = 0.1055x + 3.7578$  es la recta que representa los valores para los que la señal obtenida en voltios, se procesa y se convierte en desplazamiento, pero es la ecuación inversa.

El cociente de determinación denominado  $R^2$  que para este caso es igual a 0.9999, significa que existe una correlación estadística casi perfecta de los datos y la ecuación

$$0.1055x = y - 3.7578$$

$$x = 9.4786y - 28.436$$

$$y = 9.4786x - 28.436$$



**Figura 55.** Ecuación de calibración del Potenciómetro Lineal  
<https://es.symbolab.com/graphing-calculator?functions=y=14.792x%2B0.1902>

### 4.3. Elementos mecánicos

#### Elementos mecánicos para el transmisor de presión

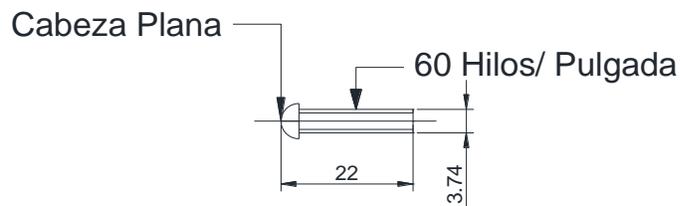
Para acoplar el Transmisor de Presión al sistema, se tuvo que añadir racores o acoples de cobre, de  $\frac{1}{4}$  - 18 NPT, de pulgada, un acople en T, un extensor y un codo.

El sistema está dispuesto de tal manera que el Manómetro tipo Bourdón pueda seguir funcionando mientras el Transmisor de Presión está activo.

### Elementos mecánicos para el potenciómetro lineal

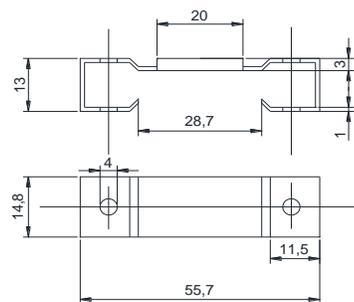
Para añadir el Potenciómetro Lineal a la prensa, se realizaron cuatro agujeros para sujetar y fijar el sensor en una de las caras del bastidor de la Prensa Amsler de cien toneladas, adicionalmente se añadió un elemento mecánico que va fijo en el plato, al mismo que se une el vástago del sensor.

**Pernos:** Son cuatro pernos de 60 hilos por pulgada de 22 milímetros de diámetro.



*Figura 56.* Pernos para sujetar el Potenciómetro Lineal

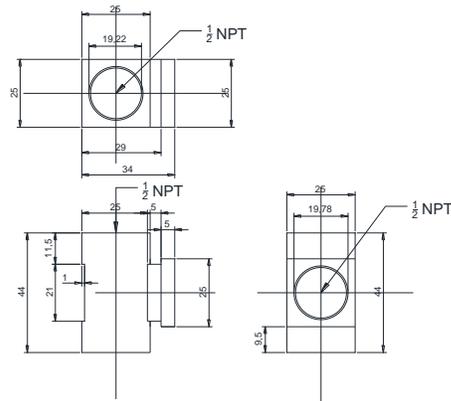
**Sujetadores:** Son elementos de sujeción con orificios para los pernos, se utilizan dos sujetadores, para el potenciómetro lineal, tienen mordazas a presión las cuales ingresan en los canales que tiene el sensor en su chasis.



*Figura 57.* Sujetador para el chasis del Potenciómetro Lineal tipo bincha con agujeros para pernos

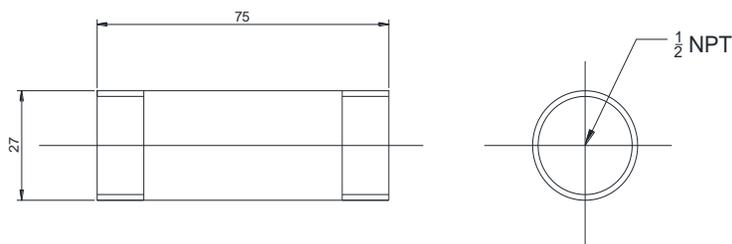


**Racor en T:** Es un acople en forma de T, el cual permite mantener conectado el Manómetro y conectar mediante otros racores el Transmisor de Presión y de forma simultánea mantener operando ambos instrumentos, es de  $\frac{1}{2}$  NPT (National Piping Thread)



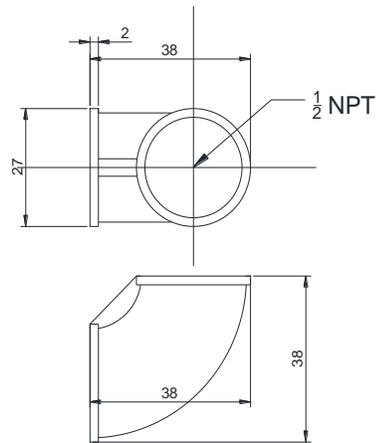
**Figura 60.** Racor T de  $\frac{1}{2}$  NPT

**Racor neplo extensor:** Es un racor extensor, ya que se requiere dar espacio para que el Transmisor de Presión no choque con el Manómetro.



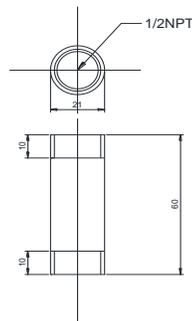
**Figura 61.** Racor Neplo  $\frac{1}{2}$  NPT

**Racor codo a 90 °:** Se trata de un acople de tubería de sección circular el cual cambia 90° la dirección del flujo del fluido de transmisión hidráulica. También es de  $\frac{1}{2}$  NPT.



**Figura 62.** Racor codo a 90° 1/2 NPT

**Racor neplo:** Extensor para dejar el Transmisor de Presión a la misma altura que el Instrumento de Fábrica, adicionalmente se requiere que sea terminal macho para poder conectar el Transmisor de Presión.

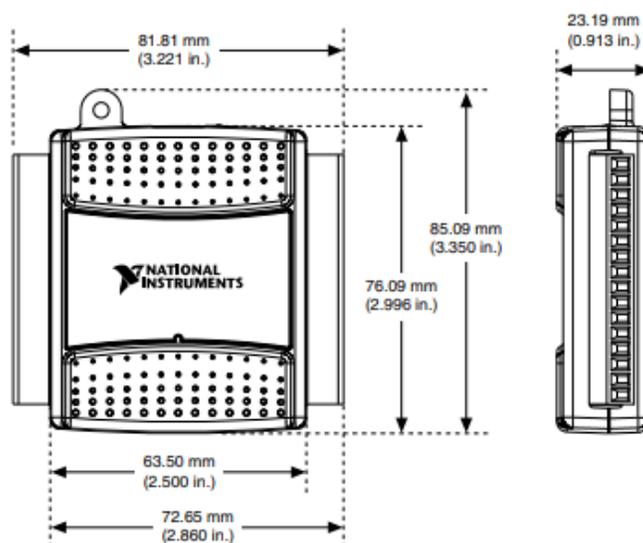


**Figura 63.** Racor Neplo extensor de 1/2 NPT

#### 4.4. Sistema de adquisición de datos y utilización de software.

##### 4.4.1. Sistema de adquisición de datos:

Para adquirir los datos, se adquirió una DAQ Mx 6009 de National Instruments, la cual consta de entradas análogas y digitales, y salidas análogas y digitales, para la realización de este proyecto solamente ocuparemos dos entradas análogas, ya que la DAQ 6009, es un dispositivo USB, lo podemos conectar a un ordenador el cual posea los respectivos Drivers, estos se encuentran de forma gratuita en la página de National Instruments.



**Figura 64.** DAQ 6009 National Instruments

Fuente: (National Instruments, 2018)

La DAQ 6009, de National Instruments, consta de ocho Entradas Análogas de 14 Bits y 48 kS/s (Kilo Samples/ second), lo que significa que es capaz de adquirir 48000 muestras por segundo de cada canal, dos salidas digitales de 150 Hz, y 13 Entradas/Salidas Digitales.

##### Entradas análogas:

Diferencial	4
Terminal Simple	8

##### Resolución de entrada

Diferencial	14 Bits
Terminal Simple	13 Bits

**Máxima velocidad de toma de muestras:** 48 kS/s, dependiente del sistema

**Tipo de convertidor:** Aproximaciones Sucesivas

**Entrada análoga FIFO:** 512 Bytes

**Resolución de sincronización:** 41.67 nanosegundos (24 MHz de tiempo base)

**Precisión de sincronización:** 100 ppm de la tasa de muestreo real

**Rangos de entrada**

**Diferencial:**  $\pm 20$  V,  $\pm 10$  V,  $\pm 5$  V,  $\pm 2,5$  V,  $\pm 2$  V,  $\pm 1,25$  V,  $\pm 1$  V

**Terminal simple:**  $\pm 10$  V

**Voltaje de trabajo:**  $\pm 10$  V

**Impedancia de entrada:** 144 k $\Omega$

**Protección de sobrecarga:**  $\pm 35$  V

**Ruido del sistema:**

**Diferencial**

$\pm 20$ V Rango	5mV
$\pm 1$ V Rango	0,5mV

**Terminal simple:**  $\pm 10$  V Rango 5mV

#### 4.4.2. Utilización del software

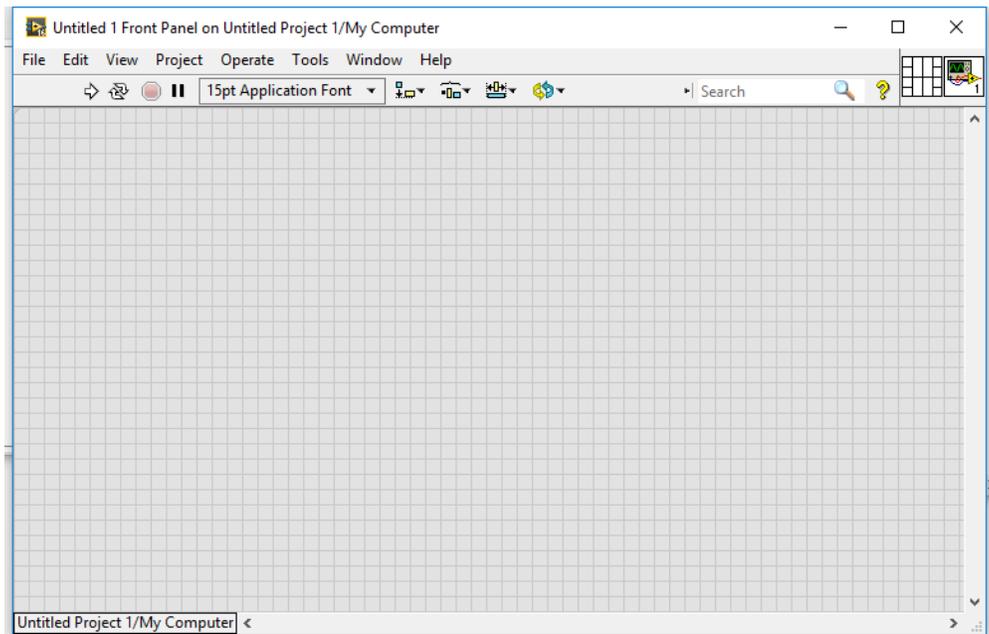
Para realizar el programa que llevará a cabo los procesos de despliegue de información, muestra de datos, e interfaz con el usuario, utilizaremos el software conocido como Labview, de la casa productora National Instruments.

Labview, es un programa que sirve para crear una interfaz gráfica con los usuarios finales, se basa en la utilización de instrumentos virtuales los cuales pueden o no mostrar operaciones y funciones de instrumentos reales, además de complementar funciones que estos desarrollan.

El Labview nos centraremos en los BLANK VI, ya que el programa para este proyecto será desarrollado en un Blank VI.

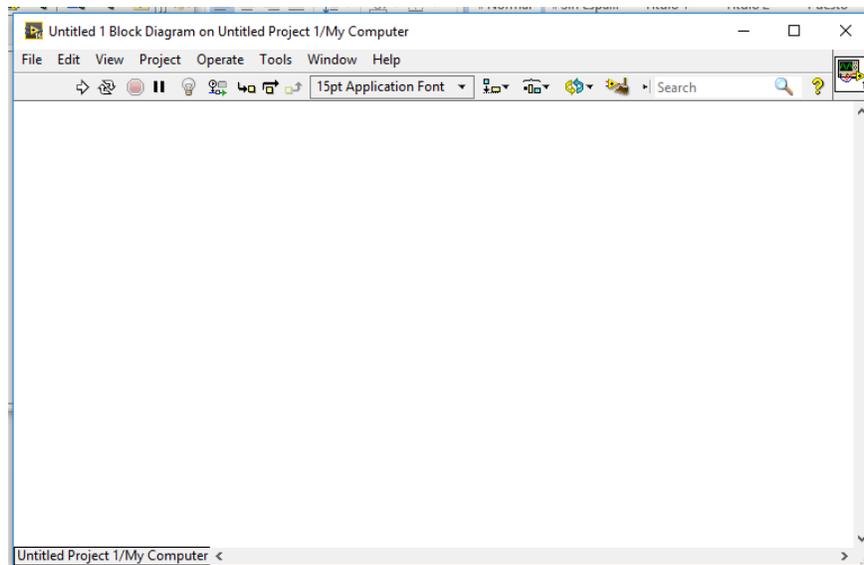
Dentro de los Blank VI tenemos dos ventanas.

**El panel frontal:** Es el espacio en el cual configuraremos y diseñaremos la interfaz que vera el usuario, añadiendo controles virtuales y representaciones también virtuales de instrumentos.



*Figura 65.* Panel frontal de un programa de Labview

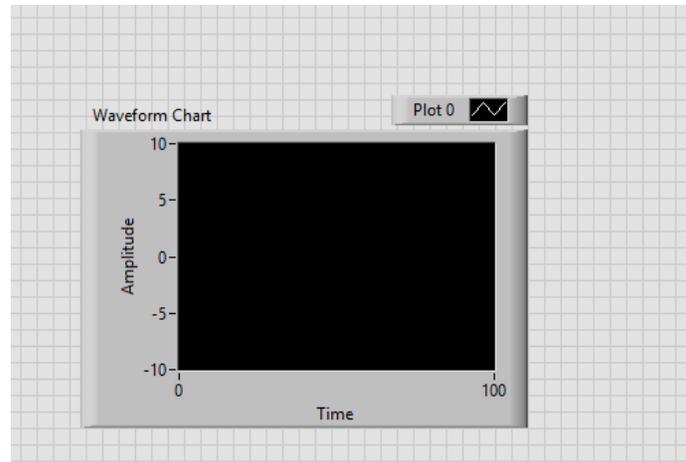
**El diagrama de bloques:** Es el espacio en el cual se realiza la programación de los elementos que se colocan dentro del panel frontal, los instrumentos virtuales, representaciones y diferentes opciones que se muestran en el panel frontal, tienen una representación en el diagrama de bloques, y estas se conectan de forma lógica y realizan las operaciones y muestran los resultados en el panel frontal.



*Figura 66.* Diagrama de Bloques de Labview

Para la realización de este proyecto utilizaremos gráficas, tablas, indicadores numéricos en los cuales se mostrarán los valores de los sensores y representaciones visuales de los instrumentos.

**Gráficas:** Utilizaremos la opción Waveform Chart, la cual nos sirve para graficar la señal generada por un sensor con respecto del tiempo, para este proyecto se utilizarán dos una para la señal del Potenciómetro Lineal y otra para la señal del Transmisor de Presión.



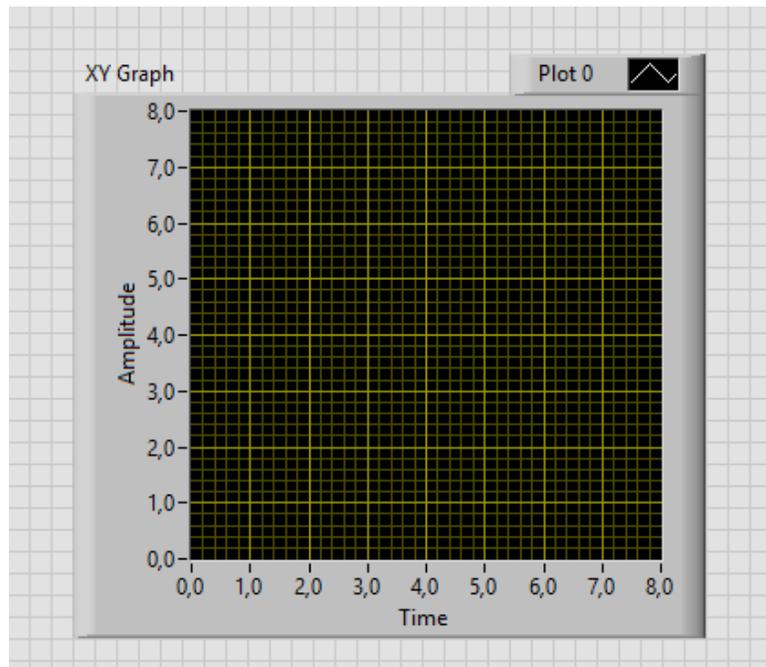
*Figura 67.* Waveform Chart en el Panel Frontal

## Waveform Chart

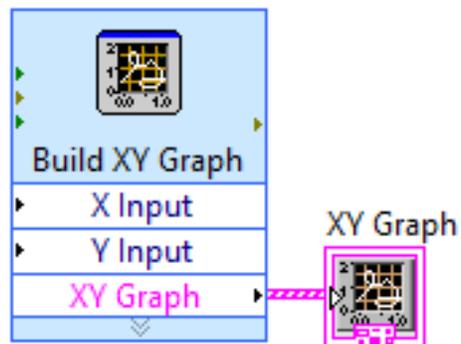


*Figura 68.* Waveform Chart en el Diagrama de Bloques

**Gráficas XY:** Esta es una gráfica que nos permite ingresar dos señales y relacionarlas y graficarlas de forma independiente del tiempo, se debe quitar dentro de las propiedades de este grafico la opción Clear Data on Each Call, para que pueda conservar los datos anteriores y no grafique solamente un punto instantáneo.

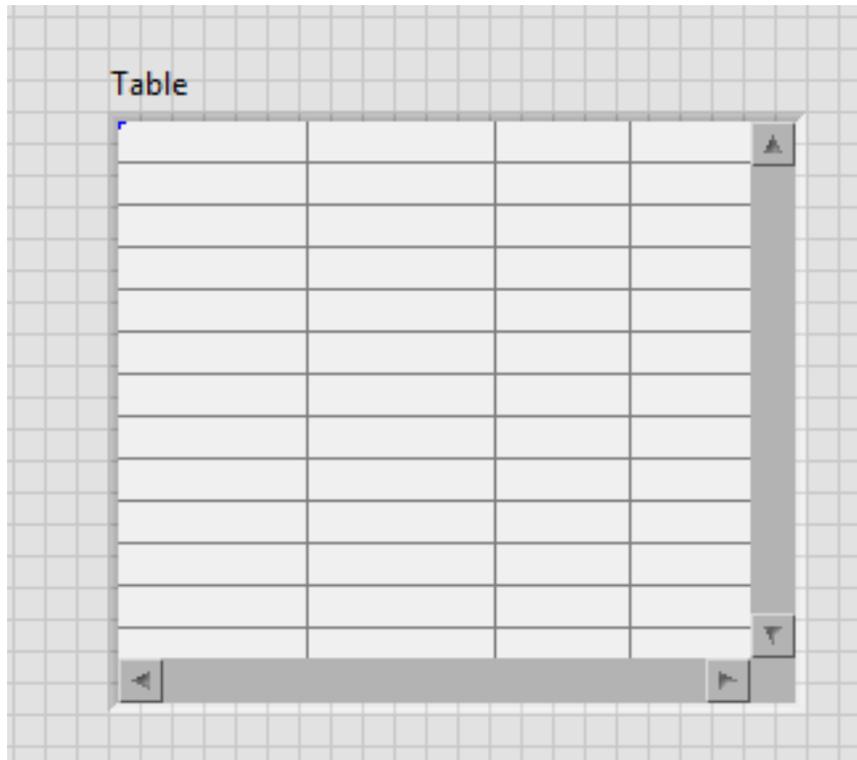


**Figura 69.** XY Graph en el Panel Frontal



**Figura 70.** XY Graph en el Diagrama de Bloques, se ingresa la señal que graficará en X y Y, conectando con cables virtuales y del procesamiento de amos sale el diagrama deseado a un XY Graph

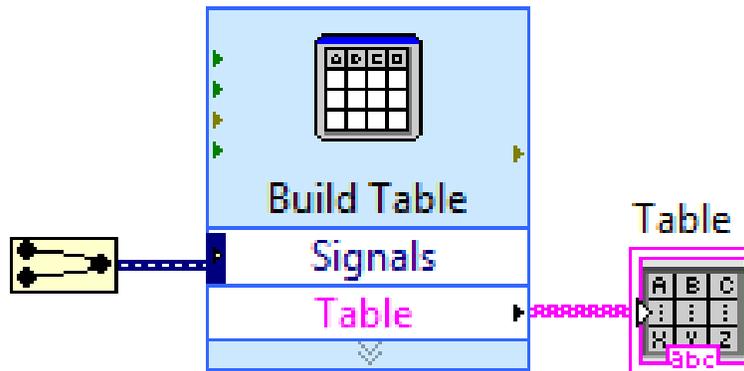
**Tablas:** Utilizamos una tabla, la cual será generada a partir de las señales que generen los sensores, para realizar el conexionado utilizamos la opción Merge Signals. Esta tabla nos servirá para posteriormente enviar los datos de la tabla al Excel sin tener pérdidas debido a la importación de datos.





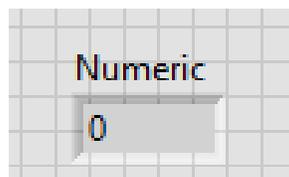


*Figura 71.* Tabla en el Panel Frontal

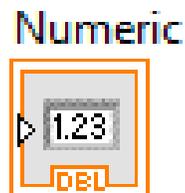


*Figura 72.* Tabla con Merge Signals conectada a Signals en el Diagrama de Bloques.

**Indicador numérico:** Es un recuadro no editable, es decir sobre el cual no podemos escribir, en el mismo que se muestra el valor instantáneo del dato de un sensor, para este proyecto utilizaremos dos, uno para cada sensor.

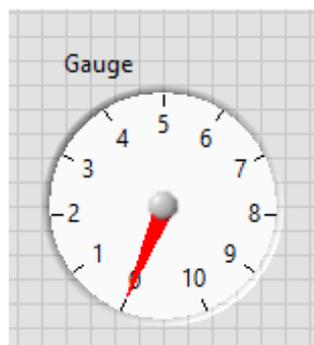


*Figura 73.* Indicador numérico de Labview visto en el Panel Frontal.



*Figura 74.* Indicador numérico de Labview visto en el Diagrama de Bloques

**Gauge:** Se trata de un indicador que representa a un manómetro, tiene la misma forma y nos muestra los datos de la misma forma que un manómetro.

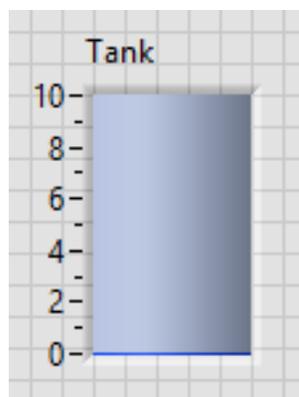


*Figura 75.* Gauge visto en el Panel Frontal de Labview



*Figura 76.* Gauge visto en el Diagrama de Bloques de Labview

**Tank:** Es un instrumento virtual del Labview que nos permite visualizar la forma en la que va incrementándose o reduciéndose el nivel, por este motivo puede ser usado para representar el desplazamiento del plato inferior de la Prensa Hidráulica Amsler de cien toneladas

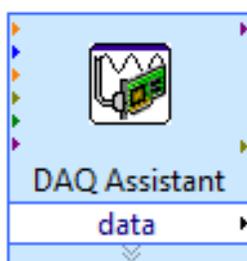


*Figura 77.* Tank, en el Panel Frontal de Labview



*Figura 78.* Tank en el Diagrama de Bloques de Labview

**Daq asistant:** Adicionalmente para este proyecto utilizaremos un Daq Asistant, que es el instrumento virtual que representa a la unidad de adquisición de datos mediante la cual obtendremos los datos de ambos sensores. Este instrumento virtual no tiene representación en el Panel Frontal.



*Figura 79.* DAQ Asistant en el Diagrama de Bloques.

La unidad DAQ se puede configurar de forma independiente para cada sensor en características como los valores máximos y mínimos, pero no de forma independiente en cuanto a el modo de adquirir datos, las muestras a leer y la tasa de muestreo.

## CAPITULO V

### 5. CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se abordarán temas constructivos y de fabricación para lo cual tomaremos como base aspectos de los capítulos anteriores, sobre todo del capítulo de diseño, ya que en base a estos parámetros desarrollaremos la construcción, los montajes y ensamblajes de los diferentes sistemas que componen el proyecto en su totalidad.

#### 5.1. Planeación y programación operacional

Se trata de la forma ordenada y programada de tomar decisiones para realizar el algoritmo de desarrollo del proyecto de forma lógica ordenada y en base a los pasos anteriormente desarrollados planificar los nuevos procedimientos a tomarse en cuenta.

##### 5.1.1. Requisitos/ Personal:

###### **Personal:**

###### **Director del proyecto:**

Ing. José Pérez, docente del DECEM, con múltiples experiencias en dirección y ejecución de proyectos similares y otros proyectos de titulación, adicionalmente es el Director del Laboratorio de Mecánica de Materiales, el mismo en el cuál se lleva a cabo el desarrollo del presente proyecto.

###### **Ejecutor del proyecto:**

Sr. Nelson Núñez Silva, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con habilidades y capacidades para desarrollar un proyecto de titulación de las características que el presente proyecto requiere.

###### **Asistencia en el proyecto:**

- Ing. Francisco Navas, docente del DECEM, con múltiples experiencias en distintos proyectos de titulación, adicionalmente al ser el Encargado del Laboratorio de Mecánica de Materiales, posee información, experiencia y conocimientos varios acerca de todos los equipos y máquinas pertenecientes a dicho laboratorio, a más de conocimientos acerca del mantenimiento de los mismos.
- Sgto. Nelson Cárdenas, Encargado del Laboratorio de Máquinas Herramientas, con experiencia en múltiples procesos de manufactura, es personal del DECEM, asistencia en todo tipo de obra de manufactura mecánica.
- Sgto. Humberto Berniz, Encargado del Laboratorio de Mantenimiento Electrónico, con conocimientos y experiencias en desarrollo de conexiones eléctricas y ubicación y montaje de fuentes y acondicionador sobre el riel DIN, dentro de la caja.

- Ing. Roberty Velasco, Encargado del Área de Soldadura del Laboratorio de Máquinas Herramientas del DECEM, asistencia en todo tipo de obra de manufactura mecánica.
- Ing. David Loza, Director de Carrera de Ingeniería Mecatrónica, asistencia en programación en Labview y en manejo de instrumentos.
- Ing. Luis Echeverría, Docente del DECEM, asistencia en programación en Labview y manejo de instrumentos.
- Ing. Luis Escobar, Docente del DECEM, asistencia en programación en Labview y manejo de instrumentos.
- Ing. Byron Cortez, Docente del DECEM, asistencia en montaje de instrumentos.
- Ing. Alejandra Albán, Encargada del Laboratorio de Instrumentación, asistencia en montaje de instrumentos.

Todo el personal, que ha contribuido en el desarrollo y ejecución del presente proyecto, es personal altamente calificado para desarrollar proyectos de las características que el presente proyecto demanda, por lo tanto, para llevar a cabo este Proyecto de Titulación, solamente se ha ocupado personal calificado.

#### **Requisitos logísticos:**

#### **Ensamblaje y construcción:**

Para llevar a cabo el presente proyecto, se requirió del uso del Laboratorio de Máquinas Herramientas del DECEM, en el mismo que se cuenta con las herramientas necesarias para la construcción de la caja sobre la cual se depositarán las fuentes y el acondicionador de señal.

Las máquinas herramientas utilizadas fueron las siguientes:

- **Cizalladora:** Para recortar el tol y darle las dimensiones requeridas para conformar los lados de la caja.
- **Dobladora de tol:** Para realizar los dobleces en el tol recortado y darle forma rectangular cúbica con las dimensiones requeridas.
- **Soldadora de punto:** Para unir y dejar fijas las caras del rectángulo cúbico de la caja.
- **Taladro de pedestal:** Para realizar los agujeros, tanto de entrada y salida de cables, como los de ventilación y sujeción de bisagras.
- **Remachadora:** Para colocar remaches en varias partes de la caja (bisagras)
- **Martillo:** Para efectuar correcciones en el doblado del tol
- **Lima:** Para usar ajustaje donde las características lo requieren
- **Yunque:** Como guía para el martilleo

Adicionalmente se llevó a cabo el montaje de las fuentes, cableado y conexionado con asistencia del Sgto. Humberto Berniz, en el taller de Mantenimiento Electrónico de la ESPE.

Los instrumentos fueron montados en el Laboratorio de Mecánica de Materiales del DECEM, bajo las indicaciones que se encuentran en los manuales de los mismos, de la misma forma, el conexionado de los instrumentos fue realizado bajo los mismos parámetros y tomando en consideración lo realizado en el taller de electrónica.

Las herramientas utilizadas para realizar las conexiones fueron las siguientes:

- **Bornera:** Utilizada para unir cables blandos o rígidos
- **Pinza peladora de cables:** Utilizada para retirar la cubierta protectora y aislante de los cables utilizados en el conexionado de los instrumentos y fuentes
- **Estilete:** Fue usado para facilitar el uso de la pinza peladora de cables
- **Pinzas y playo:** Su uso mayormente fue para dar forma y sujetar los cables rígidos utilizados en el conexionado, a más de usarlo para realizar cortes en los cables.
- **Desarmadores pequeños o de precisión:** Utilizados para realizar ajustes en terminales de cabezas de estrella o planas y en las borneras.
- **Llaves múltiples:** Fueron usadas para ajustar los prensa estopas a la caja y dejar fijos los cables que entran y salen de la misma.

### Montaje:

El montaje se realizó en su totalidad dentro del Laboratorio de Mecánica de Materiales del DECEM, ya que la prensa se encuentra alojada dentro de este laboratorio, se montaron los sensores y la caja dentro de la cual están ubicados, el acondicionador de señales y las dos fuentes.

Las herramientas utilizadas para realizar el montaje fueron las siguientes:

- **Taladro:** Para realizar agujeros en el bastidor o chasis de la prensa
- **Llave de tubo:** Para realizar los ajustes de racores y accesorios para conexionado a la línea del Transmisor de Presión.
- **Llaves varias:** De igual manera para realizar los ajustes de racores y accesorios y del Transmisor de Presión en sí.
- **Cinta teflón:** Se utilizó cinta Teflón amarilla, ya que esta es más usada para presiones mayores, mientras que la blanca se utiliza más para trabajos de plomería.
- **Desarmadores:** Para realizar el ajuste de los pernos del Potenciómetro Lineal
- **Machuelos:** Se utilizó un machuelo de 60 hilos por pulgada, para realizar los roscados en los agujeros taladrados en el chasis o bastidor de la Prensa Amsler de cien toneladas.

### Programación:

La programación se realizó tanto en el Laboratorio de Mecánica de Materiales del DECEM, tanto como en casa del desarrollador y ejecutor del proyecto, muchas veces se requirió de tutorías y resolución de interrogantes, por lo cual se requirió de internet.

Herramientas utilizadas para realizar la programación:

- **Computador:** Se requirió de un computador, el cual debe estar cargado con el Programa Labview, adicionalmente debe tener cargado el paquete de Office sobre todo Excel.
- **Acceso a Internet:** El acceso a internet es indispensable ya que al realizar la programación surgen dudas y otros tipos de inconvenientes, y se utiliza el internet como herramienta de consulta para disipar dudas y solucionar inconvenientes.
- **Multímetro:** Es necesario para realizar comprobaciones de los valores de los datos que arrojan los sensores y compararlos con los que se obtienen por el programa.
- **Manómetro tipo Bourdón:** Es el manómetro que el fabricante montó sobre la Prensa, se encuentra graduado en Toneladas
- **Comparador de reloj:** Se lo utiliza para

### Pruebas:

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Materiales del DECEM, en base a las prácticas que normalmente se realizan para efectos de aprendizaje de los alumnos, por lo tanto, se utilizaron probetas similares.

Herramientas utilizadas para realizar las pruebas:

- **Prensa Amsler de cien toneladas:** Utilizada para realizar prácticas y ensayos de compresión.
- **Probetas de madera:** Son el cuerpo de ensayo sobre el cual se efectúan las pruebas de compresión.
- **Manómetro:** Es el elemento mediante el cual se efectúan comprobaciones y mediciones de la carga aplicada a las probetas.
- **Comparador de reloj:** Es el elemento mediante el cual se efectúan comprobaciones y mediciones del desplazamiento que se genera al comprimir el cuerpo de pruebas.
- **Transmisor de presión:** Es el instrumento de medición con un transductor eléctrico que genera variaciones en la diferencia de potencial, al ir variando la presión.
- **Potenciómetro lineal:** Es el instrumento de medición con un transductor eléctrico que genera variaciones en la diferencia de potencial, al ir variando el desplazamiento.

### 5.1.2. 5.1.2. Materiales:

**Montaje de sensores:** Para montar los sensores se requiere de elementos mecánicos o de sujeción.

- **Pernos del potenciómetro lineal:** Son cuatro pernos para las binchas que sujetan al potenciómetro lineal
- **Chapa delgada:** Para la realización del elemento al cual va fijo el vástago del Potenciómetro Lineal
- **Racores y fittings:** Para acoplar el Transmisor de Presión en el sistema.

- **Teflón:** Para ajustar correctamente los acoples y fittings en el sistema.

**Cableado:** Se requiere de cable de varios colores y dimensiones dependiendo de lo que se va a cablear, adicionalmente de distintos terminales.

- **Cable de poder:** Cable gemelo #12 AWG blanco
- **Enchufe:** Enchufe de fácil apertura para realizar el empate con el cable gemelo
- **Cable de potenciómetro lineal:** Cable azul blando de hilos múltiples #14 AWG
- **Cable de transmisor de presión:** Cable verde blando de hilos múltiples #14 AWG
- **Cable para fuentes:** Es un cable rígido #12 AWG, sólido de color Rojo para el Polo Negativo y Verde para el Polo Positivo.
- **Cable para fuentes:** Se utilizó además para varias conexiones de las fuentes, cable rígido #14 AWG, sólido de color negro y blanco, para diferenciar los polos positivos y negativos
- **Bornera:** Se utilizó una bornera para realizar uniones entre cables.

**Caja porta instrumentos:** Se requiere construir una caja sobre la cual se montará un riel DIN, sobre este último se sostendrán las fuentes y el acondicionador de señales, la caja posee también un swich el cual sirve para energizar las fuentes.

- **Plancha de tool:** A partir de la plancha de tool, obtendremos la forma de la caja con sus respectivas dimensiones, el espesor es 1/20 de pulgada, y de acero galvanizado.
- **Plancha de policarbonato transparente:** Para la tapa de la caja, se prefiere que esta sea transparente para poder observar los leds de las fuentes y del acondicionador de señales
- **Bisagras:** Para que la tapa de la caja pueda moverse sin desmontarse de la caja
- **Pernos de diferentes medidas:** Para sujetar diferentes partes de la caja
- **Remaches:** Para sujetar las bisagras en partes en las cuales habría inconvenientes debido a las mediadas en caso de utilizar pernos
- **Papel contact:** Para forrar la caja y dar un mejor aspecto visual a la misma.

#### **Instrumentos:**

- **Fuente Siemens Sitop:** Es una fuente de 24 Voltios con conectividad en una y dos fases, utilizada para energizar el Transmisor de Presión y el Acondicionador de Señales del mismo.
- **Fuente Siemens Logo:** Es una fuente de 24 Voltios, de conectividad en una fase, utilizada para energizar el Potenciómetro Lineal.
- **Acondicionador de señal Red Lion IAMA:** Es un acondicionador de señales universal, con capacidad de ser configurado en cuanto a inputs y a outputs, posee característica lineal, lo cual lo hace apto para entregar datos de señales análogas.
- **Transmisor de presión Siemens Sitrans P:** Es un transmisor de presión con panel propio, el cual es capaz de tomar medidas de hasta 400 Bares de presión.
- **Potenciómetro lineal:** Es un sensor de distancias o desplazamientos, de tipo Potenciométrico, de marca Novotechnik, modelo LWH 0275.

- **DAQ Mx 6009:** Es un instrumento de obtención de datos en voltios, fabricado por National Instruments, con conectividad USB.
- **Ventilador:** Es un ventilador de 120 Voltios de 2400 RPM.

### 5.1.3. Requisitos económicos y financieros

En esta sección se analizará de forma breve los precios económicos de los equipos y materiales necesarios para realizar el proyecto.

#### Montaje:

**Tabla 6.**

*Elementos necesarios para realizar el montaje, cantidades y costos*

#	Descripción	Cantidad	Costo	Total
1	Pernos	4	0,15	0,6
2	Chapa Delgada	1	30	30
3	Racores o Fittings	4	5	20
4	Teflón	1	2,5	2,5

**Costo de materiales de montaje: 53,10 USD**

#### Cableado:

**Costo de materiales de cableado: 26,60 USD**

#### Caja:

**Tabla 7.**

*Elementos necesarios para la fabricación de la caja porta instrumentos*

#	Descripción	Cantidad	Costo	Total
1	Tool	1	44	44
2	Policarbonato	1	7	7
3	Bisagras	1	4,5	4,5
4	Pernos	16	0,15	2,4
5	Remaches	2	0,07	0,14
6	Papel Contact	6	4,5	27

**Costo total de materiales para la caja: 85,04 USD**

**Instrumentos:****Tabla 8.***Instrumentos utilizados para la realización del proyecto*

#	Descripción	Cantidad	Costo	Total
1	Fuente Siemens Sitop	1	270	270
2	Fuente Siemens Logo	1	95	95
3	Acondicionador de señal	1	346	346
4	Transmisor de Presión	1	1500	1500
5	Potenciómetro Lineal	1	110	110
6	DAQ MX 6009	1	350	350
7	Ventilador	1	27	27
8	Computadora	1	400	400

**Costo total de instrumentos: 3098 USD.**

Para llevar a cabo el presente proyecto, se requiere un capital de 3262.74 USD, más un 10% de la cantidad total para imprevistos, es decir 3589.01 USD.

**5.2. Construcción del sistema de medición de fuerzas**

El sistema de medición de fuerzas, es el encargado de realizar mediciones de la carga que se aplica sobre los cuerpos de prueba que se encuentran entre los platos de la prensa, por lo tanto, su construcción incluye aspectos como el montaje del sensor en la prensa, el cableado del sensor, la energización del sensor, el acondicionamiento de la señal del sensor, la entrada de la señal a la unidad de adquisición de datos, el tratamiento de la señal dentro del programa.

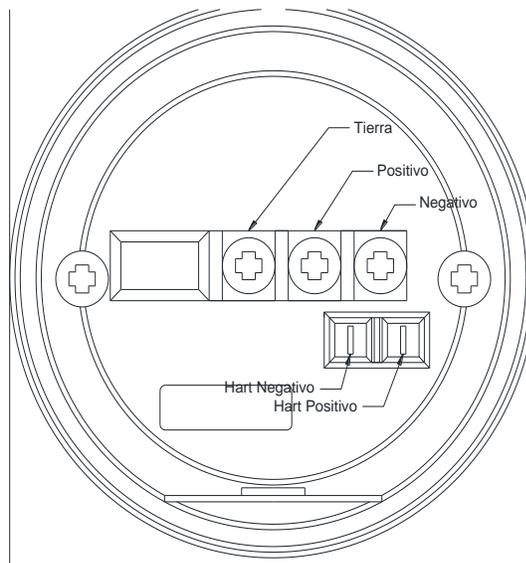
**Montaje del sensor en la prensa:**

Para realizar el montaje del sensor en la prensa, y debido a la intención de mantener el sistema original operativo, se requirió de utilizar racores.

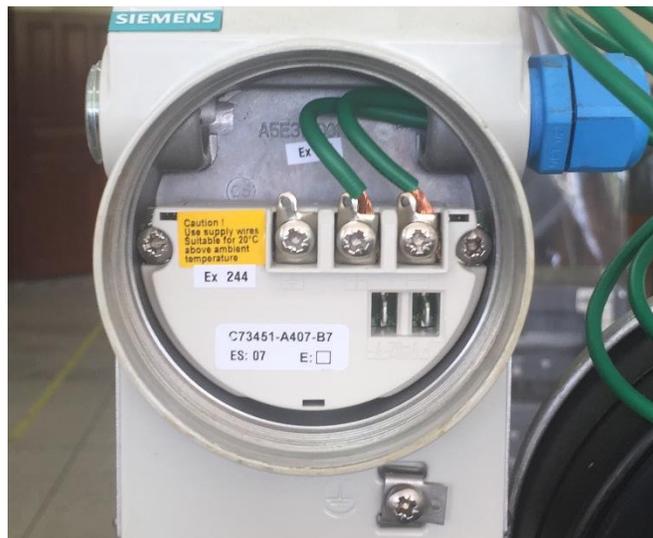
Un racor T de ½ NPT, en el un lado se conecta al proceso en lugar del manómetro, del otro lado, es conectado se conecta a otro racor conocido como neplo, este es de 75mm y su utilidad es para crear espacio entre el manómetro y el transmisor de presión, posteriormente a esto utilizamos un codo de 90°, para poder ubicar el instrumento de forma natural para el observador, debido a el tipo de conexión al sistema del sensor se requiere de otro racor tipo neplo, sobre el cual se realizará el montaje del transmisor de presión.

**Cableado del sensor:**

Al desenroscar la tapa de la parte posterior del transmisor de presión, destapamos la bornera de conexiones, y empatamos los terminales marcados en la bornera del sensor, con las puntas de los cables.



**Figura 80.** Bornera o terminal destapado de conexiones del Transmisor de Presión



**Figura 81.** Foto de la bornera o terminal de conexiones del Transmisor de Presión.

Para el Conector Hart, es necesario comprar terminales de tipo plano, y unirlos al cable.



**Figura 82.** Terminal tipo Plano para conectar en los terminales Hart.

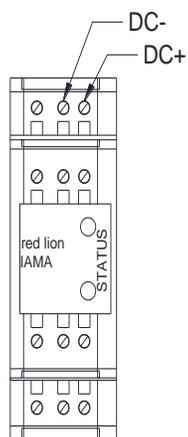
Fuente: (Leeroy Merlin, 2010)

### **Energización del sensor:**

Para energizar el sensor, conectamos la fuente Siemens Sitop, a los terminales Positivo y Negativo, respectivamente, verificamos que la fuente entregue una señal de 24 Voltios de corriente continua.

### **Acondicionamiento de señales:**

Debemos primero energizar el acondicionador de señales, siguiendo las indicaciones en el manual del usuario:



**Figura 83.** Energización del acondicionador de señales.

El acondicionador de señales, es un elemento universal de acondicionamiento de señales, por lo cual debe ser configurado en cuanto a los inputs y a los outputs. Para realizar la configuración es necesario mover unos pines que este posee en una de sus caras para conseguir que los inputs sean 4-20 mA y los outputs en voltaje de 0 a 10 Voltios, para esto seguimos los pasos que se encuentran en el manual.

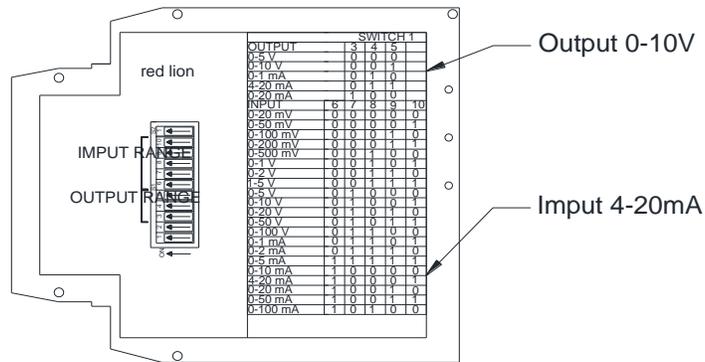


Figura 84. Vista lateral Acondicionador de Señales.

Como indica el manual, debemos mantener la siguiente configuración:

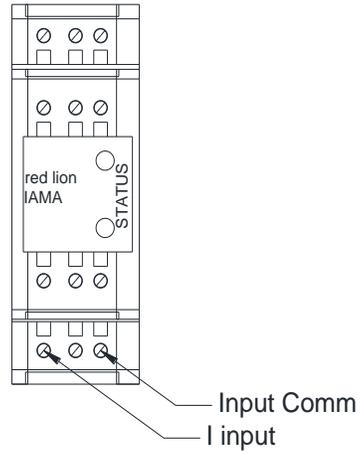
Output		
3	4	5
0	0	1

De esta manera tendremos la salida en voltios de 0 a 10

Input				
6	7	8	9	10
1	0	0	0	1

De esta manera configuramos la entrada en de 4 a 20 miliamperios.

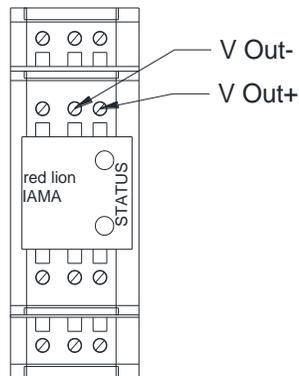
Las entradas de señales en el Acondicionador de Señales, en corriente, utilizan los terminales 10 y 12, los indicados en la figura:



**Figura 85.** Conexión de señales de entrada al Acondicionador de Señales.

Lo que quiere decir que el terminal negativo va al terminal 12 o Común y el terminal Positivo va a el terminal 10.

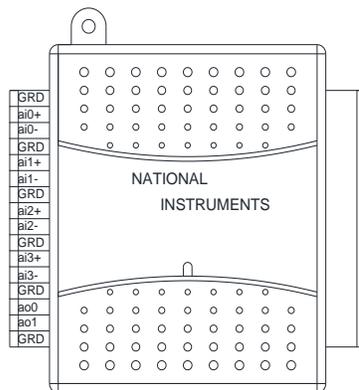
Las salidas de señales acondicionadas para este caso en voltios, serán conectadas a los terminales 5 y 6



**Figura 86.** Conexiones de salida en voltios en el Acondicionador de Señales.

### Entrada de señal en la unidad de adquisición de datos:

Se tratan de señales análogas, por lo tanto, utilizaremos el lado izquierdo de los terminales de la DAQ, al tratarse de los inputs, utilizaremos para el Transmisor de Presión el Analog Input 0 de forma flotante, es decir, sin un 0 de referencia.

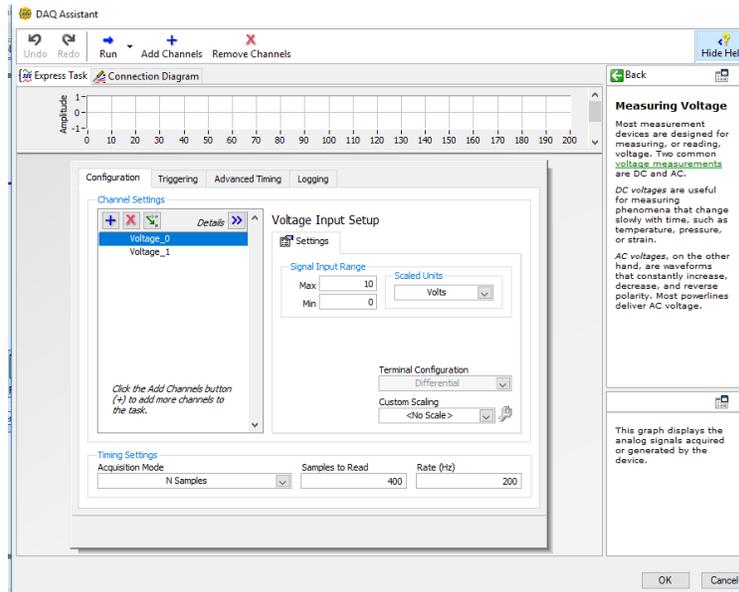


*Figura 87.* DAQ 6009 con terminales análogos representados.

### Tratamiento de la señal dentro del programa:

Primero configuramos la unidad de adquisición de datos en cuanto a la cantidad de datos que genera y la cantidad de datos que lee.

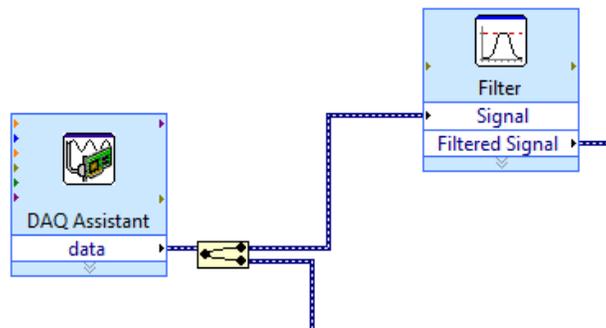
Esta cantidad de datos será la misma para ambos sensores, por lo cual hay que tomar en cuenta que esta tasa de datos generados y leídos, debe ser acorde a las condiciones de ambos sensores, para no tener inconvenientes de tipo sobre muestreo y estar en concordancia al teorema de Nyquist.



**Figura 88.** Ventana de configuración de DAQ

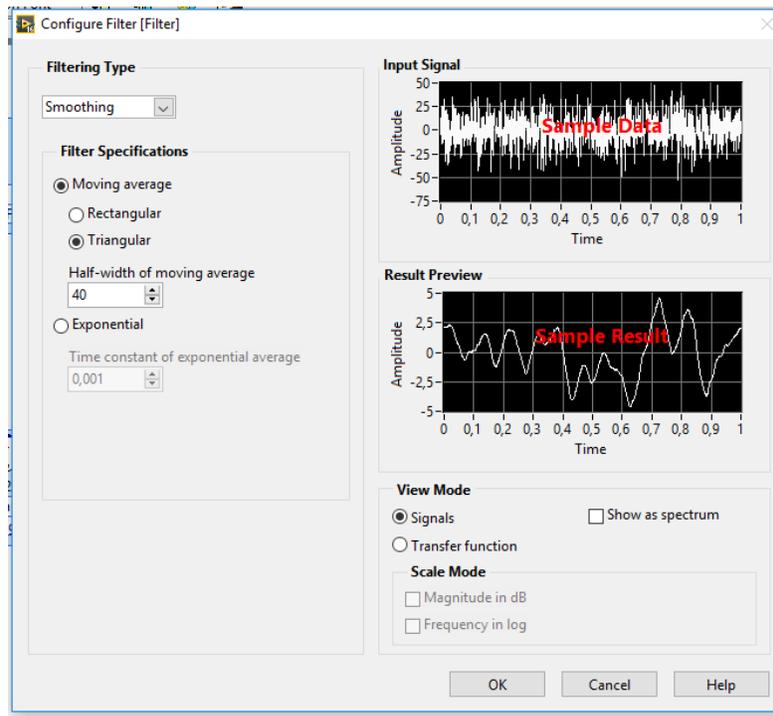
Configuramos en 400 muestras por segundo en Samples to Read y en Rate 200.

Para la señal llamada voltage\_0, la misma que corresponde al Transmisor de Presión, configuramos el rango en de 0 a 10 Voltios, siendo 0 el mínimo y 10 el máximo.



**Figura 89.** DAQ, Signal Splitter, Filtro

A la DAQ, la conectamos a un Signal Splitter, este elemento virtual es el encargado de separar las señales del primer sensor de las del segundo sensor, tomaremos la señal del primer sensor y la filtraremos para eliminar el ruido remanente utilizando un filtro virtual, de tipo smoother.



**Figura 90.** Configuración de un filtro de tipo Smoothing utilizada para mejorar la señal de los sensores

Los filtros de tipo smoother, basan su funcionamiento en el filtro de Savitzky- Golay, es decir una regresión polinomial de grado  $k$  con  $k+1$  elementos espaciados iguales distancias, el resultado es una función similar a la inicial, pero suavizada.

Para este caso utilizamos un espaciado de 40 puntos.

### 5.3. Construcción del sistema de medición de desplazamiento

La construcción del sistema de medición de desplazamientos, requiere de un sensor de desplazamientos que efectúe comparaciones entre las distintas posiciones que va ocupando el plato móvil de la prensa, es decir el plato inferior. Su construcción incluye aspectos como montaje del sensor en la prensa, el cableado del sensor, la energización la entrada de la señal en la unidad de adquisición de datos y como se trata la señal dentro del programa.

#### Montaje del sensor en la prensa:

Para realizar el montaje del sensor en la prensa, elegimos un lado de la misma sobre la cual colocaremos el sensor, posteriormente a esto realizamos 4 agujeros en el bastidor de la prensa para ubicar las binchas de sujeción del Potenciómetro Lineal.

Después machueamos los agujeros para poder empernar el sensor



*Figura 91.* Agujero taladrado en el bastidor de la prensa



*Figura 92.* Machueo de los agujeros para roscarlos

Posteriormente fijamos el sensor y las binchas con los pernos provistos de fábrica, y verificamos que este se encuentre a nivel.

Ajustamos los pernos en su totalidad hasta que estos queden con el torque justo.

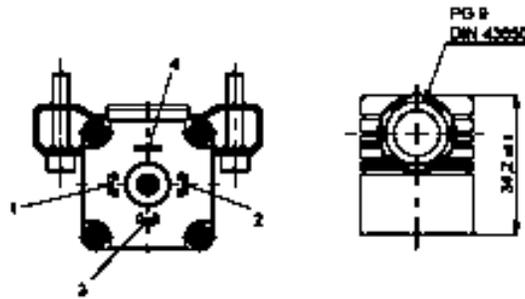
Este sensor requiere de una placa la cual debe desplazarse de forma conjunta con el plato inferior de la prensa, a esta placa va unido mediante pernos el obturador del Potenciómetro Lineal, de esta manera se desplazará hacia arriba o hacia abajo de forma conjunta con el plato inferior de la prensa.



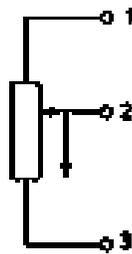
*Figura 93.* Potenciómetro Lineal montado sobre la prensa

#### **Cableado del sensor:**

Para realizar el cableado del sensor seguimos las indicaciones del manual del mismo, en el cual se indica cómo realizar el cableado.



**Figura 94.** Terminal de conexiones Potenciómetro Lineal  
Fuente: (NOVOTECHNIK, 2014)



**Schematic**

**Figura 95.** Guía en esquema de las conexiones del Potenciómetro Lineal  
Fuente: (NOVOTECHNIK, 2014)

En base al esquema conectamos los terminales, 1 para el positivo, 3 para el negativo o común y 2 para el positivo en el cual se dará la variación del voltaje.

### **Energización del sensor:**

Para realizar la energización de este sensor utilizaremos la fuente Siemens Logo de 24 voltios de corriente continua, conectaremos los cables a los bornes y a los terminales de la fuente.

### **Entrada de señal en la unidad de adquisición de datos:**

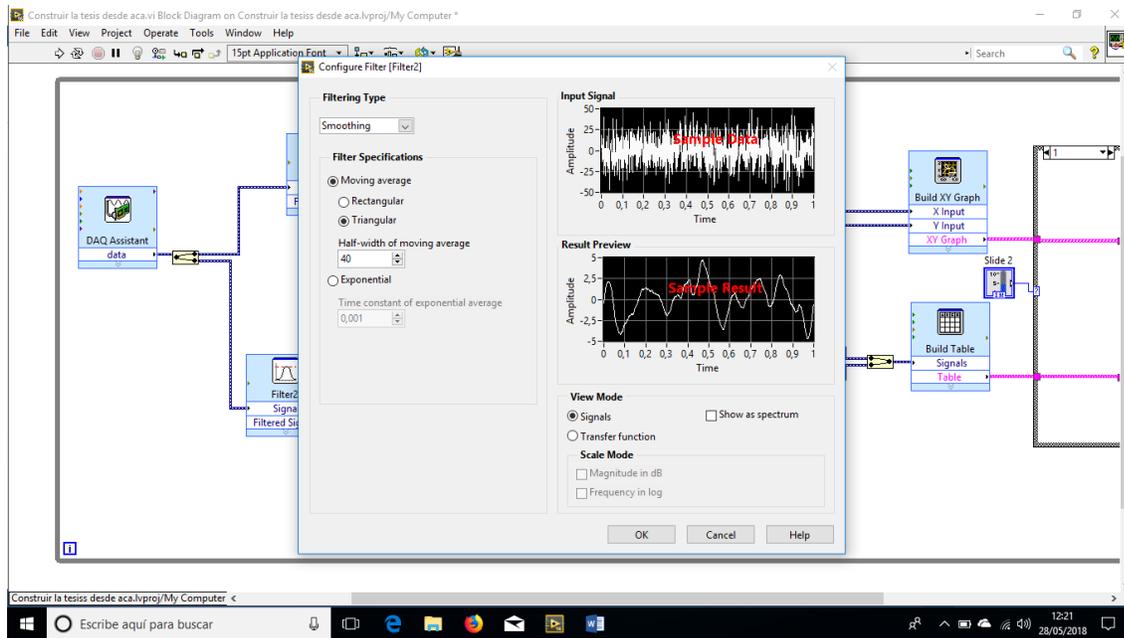
Para este sensor utilizaremos las entradas análogas del analog input 3 del DAQ 6009 de National Instruments, recordando que también es una conexión flotante, sin tierra con 0 voltios de referencia.

### **Tratamiento de la señal dentro del programa:**

Para trabajar con esta señal, configuraremos en el DAQ, la opción voltage\_1, la cual se refiere al analog input 3, las tasas de lectura y generación de los datos ya fue previamente

configurada, ya que las características se comparten con las del Transmisor de Presión, no así el rango de lecturas, para este caso pondremos el valor máximo en 20 y el mínimo en 0.

Adicionalmente debemos configurar un filtro de tipo Smoothing, en el cual incluiremos las mismas características del filtro del Transmisor de Presión, ya que, con las mismas características, muestra un suavizado de la señal que nos reduce el ruido a valores admisibles, para poder ser finalmente leída y trabajada la señal, en otras secciones del programa.



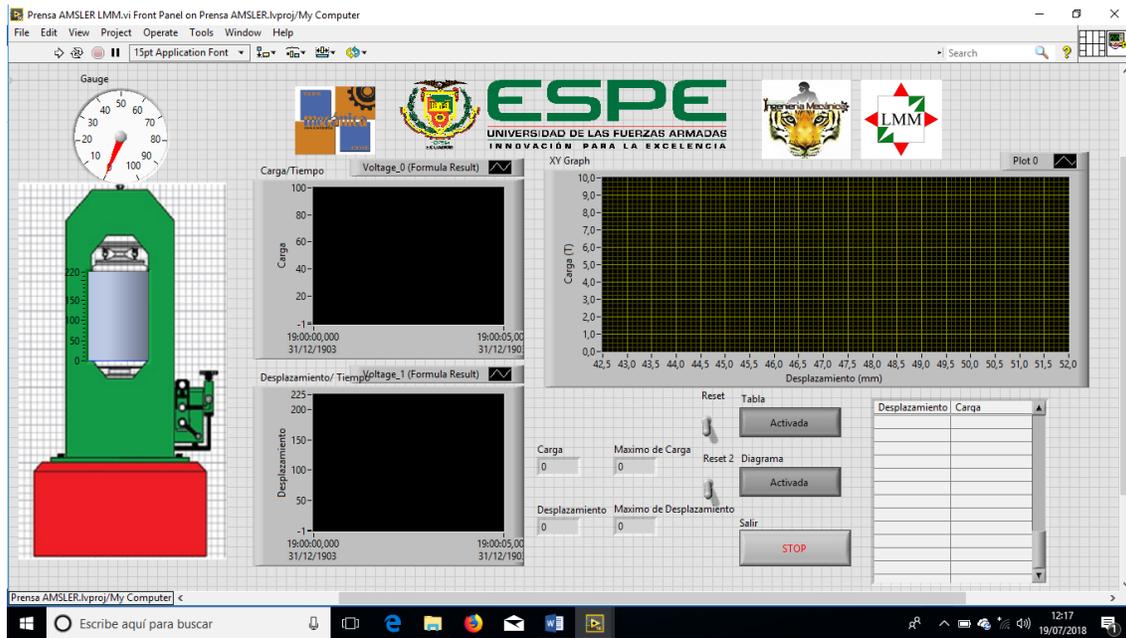
**Figura 96.** Configuración del filtro Smoothing para el potenciómetro lineal

## 5.4. Programación del sistema de adquisición de datos

### Programa.

El programa es capaz de mostrar valores instantáneos de carga y desplazamiento, además de representaciones visuales dinámicas de las variables involucradas. Muestra el desplazamiento del plato inferior de la prensa mediante un Tank virtual, y de la carga con un manómetro virtual. Posee además los valores máximos para carga y desplazamiento, y diagramas carga y desplazamiento con respecto del tiempo.

Finalmente posee el diagrama carga con respecto del desplazamiento y una tabla en la cual se recopilan los datos de carga y el respectivo valor de desplazamiento para ese valor de carga.



*Figura 97.* Vista en el Panle Frontal del programa.

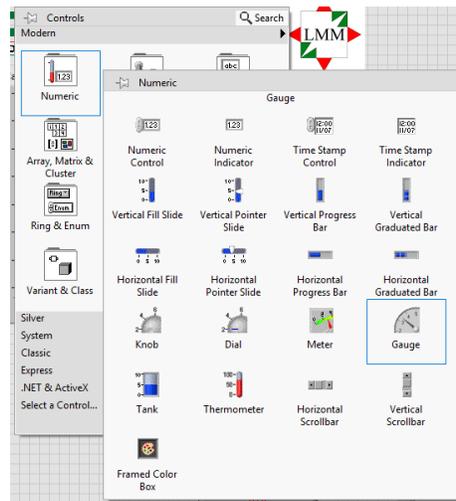
El programa posee además controles para detener la adquisición de datos en el diagrama y en la tabla y para limpiar la tabla y el diagrama.

### Programa en el panel frontal

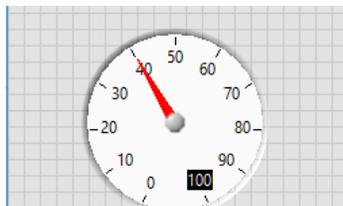
Debemos recordar que en Labview, existen el panel frontal y el diagrama de bloques, en el panel frontal se muestran los instrumentos virtuales de la forma que los vayamos poniendo para que sean visualmente más agradables al usuario, vamos a describir los elementos de izquierda a derecha de arriba hacia abajo en orden.

**Gauge:** Es un instrumento virtual que representa a un manómetro, el que seleccionamos está en la ventana Modern, y dentro de esta en Numeric.

Simplemente lo pegamos y configuramos los limites inferior y superior y el tamaño que deseamos que este tenga.



**Figura 98.** Ubicación del instrumento virtual en Gauge en Controls, Modern, Numeric.

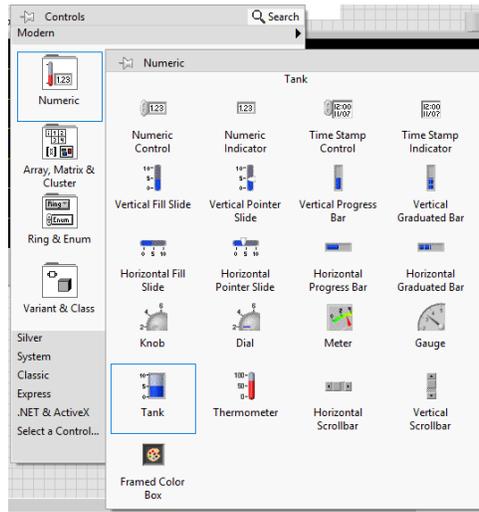


**Figura 99.** Modificación del valor máximo del instrumento virtual Gauge

Utilizamos el Gauge para representar el valor de la carga, tal como lo hace el manómetro de tipo Bourdón que está montado sobre la prensa.

**Tank:** Para representar el valor del desplazamiento utilizamos un instrumento virtual llamado Tank, el mismo que está ubicado en el mismo lugar que el instrumento virtual Gauge.

En la pestaña Controls, la subpestaña Modern y dentro de esta Numeric.



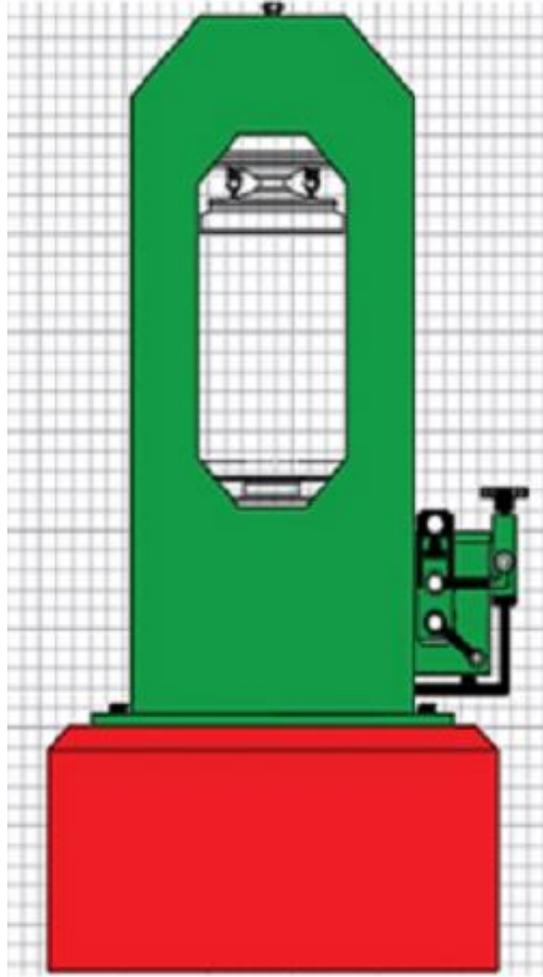
**Figura 100.** Selección de instrumento virtual Tank, desde Controls, Modern, Numeric.



**Figura 101.** Modificación del punto máximo del Tank

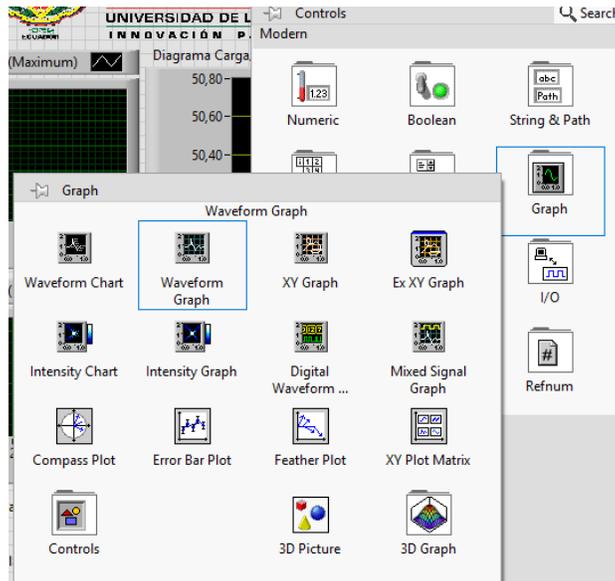
De la misma manera modificamos el punto superior del instrumento virtual Tank, de acorde con las especificaciones de la prensa.

Ambos instrumentos virtuales están montados sobre un gráfico realizado en AutoCAD y grabado con formato de imagen, el mismo que fue pegado en el programa,

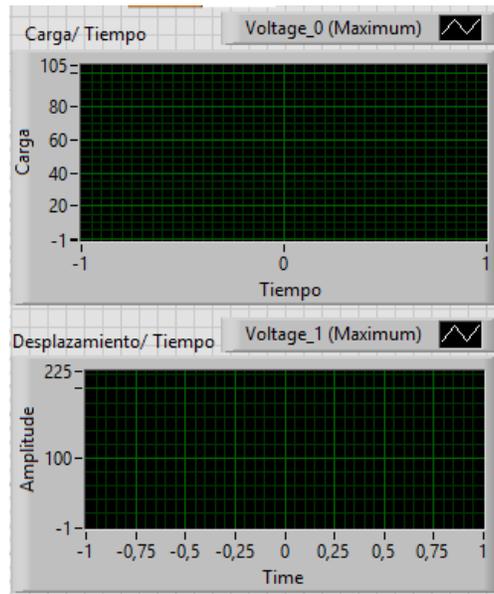


*Figura 102.* Prensa Amsler con formato de imagen utilizada para el programa.

**Waveform Graph:** Utilizamos esta herramienta grafica para diagramar tanto la carga con respecto del tiempo como el desplazamiento con respecto del tiempo, lo encontramos en la paleta Controls que aparece al dar un clic derecho en el panel frontal, dentro de esta en la ventana Graph.



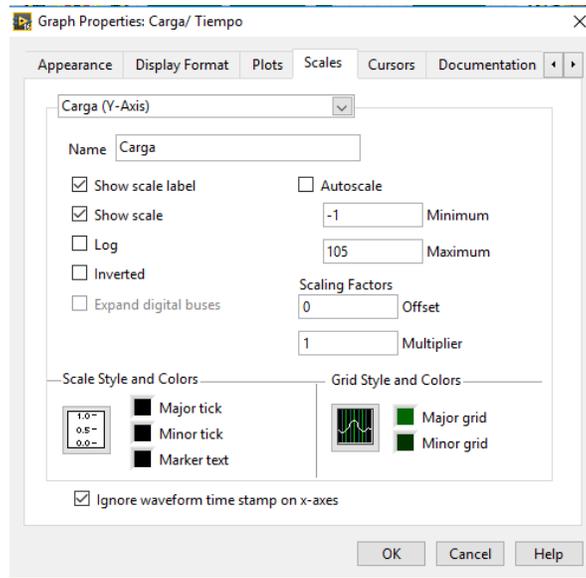
**Figura 103.** Waveform Graph dentro de la paleta Controls, Modern, Graph.



**Figura 104.** Diagramas Carga/ Tiempo y Desplazamiento/ Tiempo en el programa

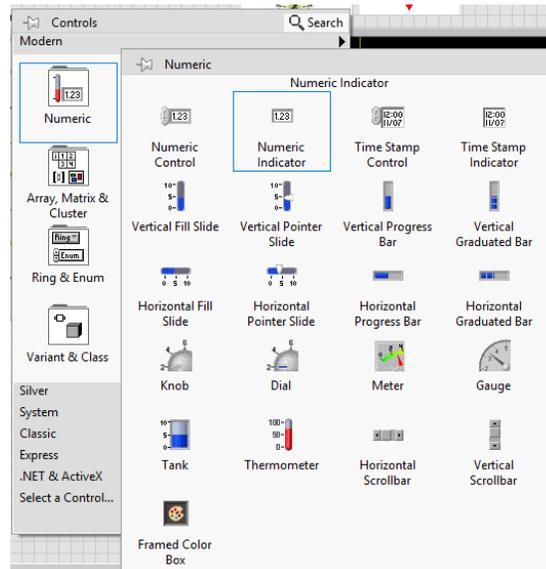
Configuramos los valores máximos y mínimos para cada diagrama de la misma forma que para los instrumentos virtuales Tank o Gauge. Labview por defecto tiene en auto escala las escalas X e Y de los diagramas por lo cual damos clic derecho sobre el diagrama y cambiamos la configuración de la auto escala por una escala definida en el eje Y.

Adicionalmente cambiamos la cantidad de decimales que queremos que sean representados en el diagrama, igualmente en propiedades.



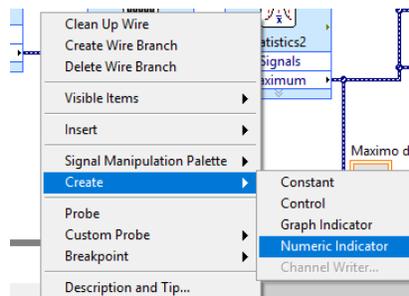
**Figura 105.** Ventana de propiedades de un Waveform Graph en Labview, pestaña Scales.

**Numeric Indicator:** Es un instrumento virtual con la capacidad de mostrar valores, se lo utiliza en el programa para mostrar los valores instantáneos de Carga y desplazamiento y adicionalmente los valores máximos de carga y desplazamiento, este instrumento virtual se encuentra dando clic derecho en el panel frontal, en la paleta Modern, ventana Numeric.



**Figura 106.** Ubicación de Numeric Indicator en la paleta Controls, Modern, Numeric.

Existe otra forma de ingresar o insertar un Numeric Indicator, desde el diagrama de bloques, damos clic derecho en el cable de conexiones o en un terminal de un instrumento virtual, y seleccionamos créate Numeric Indicator.

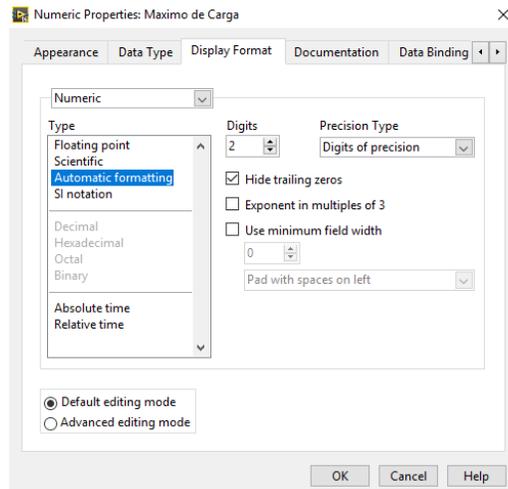


**Figura 107.** Otra forma de insertar un Numeric Indicator desde el diagrama de bloques

Carga	Maximo de Carga
0	0
Desplazamiento	Maximo de Desplazamiento
0	0

**Figura 108.** Valores instantáneos de Carga y Desplazamiento y valores máximos de Carga y Desplazamiento en el Panel Frontal.

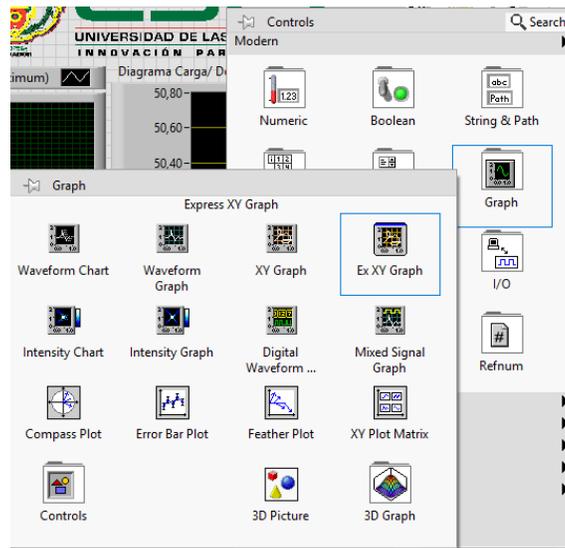
Adicionalmente debemos configurar los Numeric Indicator, para restringir la cantidad de decimales que estos muestren para lo cual, damos clic derecho sobre el instrumento virtual y abrimos la ventana de propiedades, en esta ventana de propiedades en la pestaña Display Format cambiamos a dos dígitos de precisión.



**Figura 109.** Configuración, restricción de cantidad de decimales mostrados en el Numeric Indicator

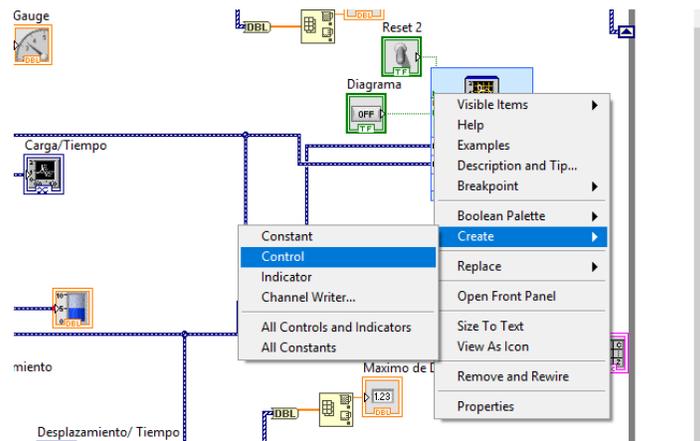
**Ex XY Graph:** Este instrumento virtual es utilizado específicamente para datos de tipo señal, además nos permite ver diagramas en los cuales no se incluye el tiempo como variable si no una señal con respecto de la otra.

Se encuentra al dar clic derecho en el panel frontal, en la paleta Modern, la ventana Graph, se encuentra Ex XY Graph.



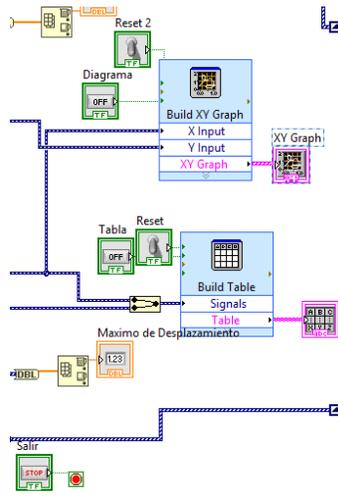
**Figura 110.** Ex XY Graph, dentro de la paleta Controls, Modern, Graph.

**Swich:** El Swich es un instrumento virtual que posee un control booleano, en este programa es utilizado como un control, para resetear tanto el diagrama como la tabla, para insertarlo damos clic derecho sobre la sección Reset de la tabla o del diagrama y Create y Control.

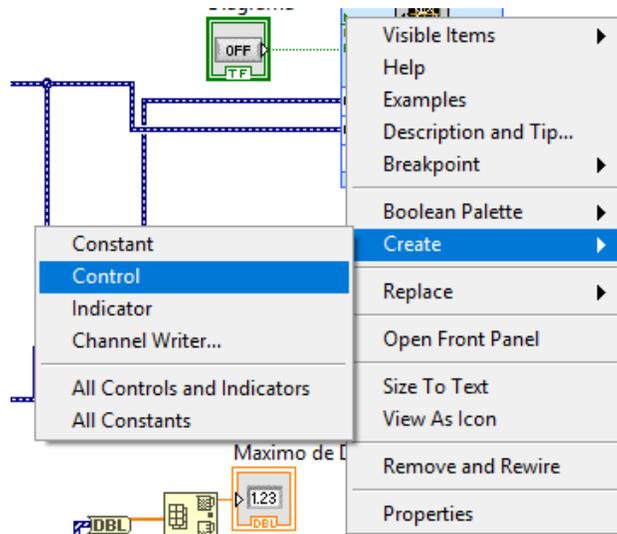


**Figura 111.** Swich en Create Control a partir del instrumento virtual Table o Graph.

Tanto para la tabla como para el diagrama utilizaremos los Swiches virtuales, por lo tanto, debemos repetir este procedimiento para los dos casos, acercar el mouse a los terminales conectables del instrumento virtual Ex Table y Ex XY Graph, y crear un control.



**Figura 112.** Instrumentos virtuales para Tabla y Diagrama.



**Figura 113.** Ventana de creación, se puede elegir entre Constante, Control, Indicador o Modificador de Canales

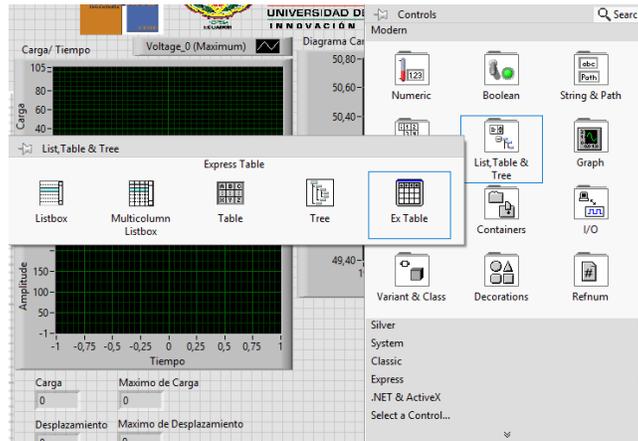
**Botom:** Es un botón de Stop, este es insertado desde el diagrama de bloques, sirve para detener el loop o lazo While que hace que se ejecute el programa mientras no se presione el botón.



**Figura 114.** Botón Stop para detener el programa, terminando con el lazo While

**Ex Table:** Este es un instrumento virtual que utilizamos para mostrar los valores tabulados de carga y desplazamiento, provenientes de las señales de los sensores.

Lo encontramos en el panel frontal, al dar clic derecho en el mismo, en la paleta Controls, Modern, List Table & Tree.

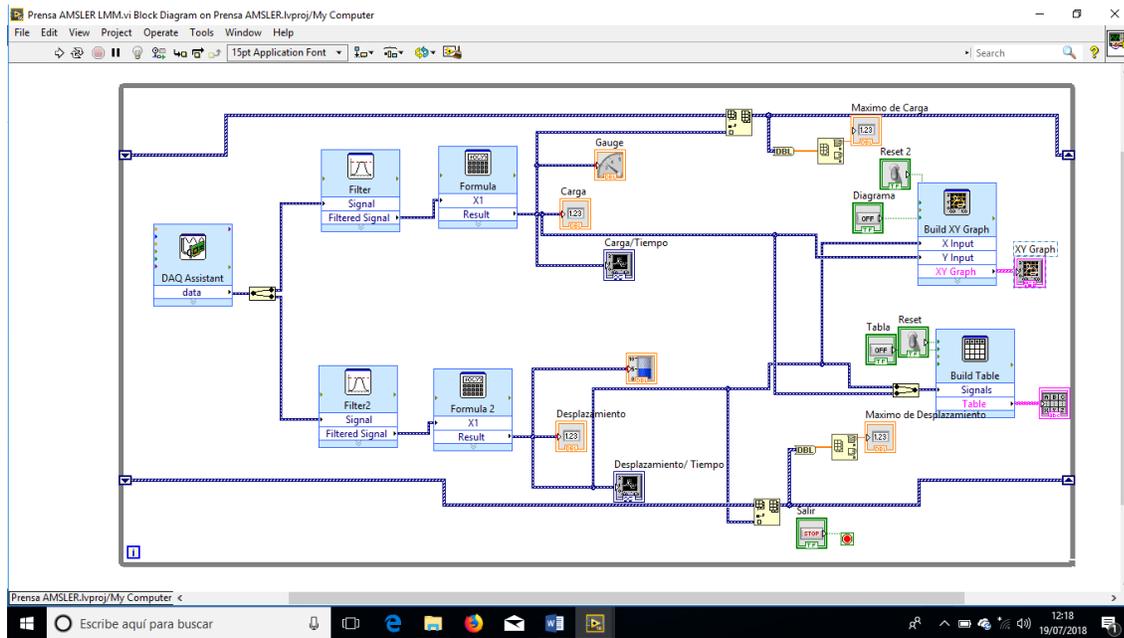


**Figura 115.** Paleta Controls, Modern, Ex Table, en el panel frontal.

Se debe dar clic derecho sobre la tabla para exportar los datos al Excel.

### Programa en el diagrama de bloques

El diagrama de bloques, es una ventana que se abre de forma conjunta al panel frontal, en la cual programaremos las acciones que se desplegarán en el panel frontal con las señales y el procesamiento de las señales para obtener los datos de carga y desplazamiento. En el diagrama de bloques todos los instrumentos virtuales se presentan como bloques de forma gráfica.

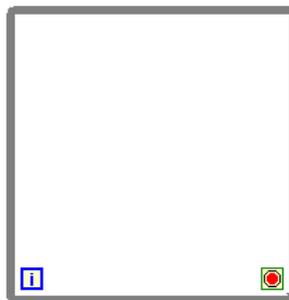


**Figura 116.** Programa en el Diagrama de Bloques de Labview.

**While Loop:** Es un lazo dentro del cual se realizarán de forma continua las acciones que se encuentren dentro del mismo hasta que llegue una señal que indique que ya no se sigan realizando dichas acciones.

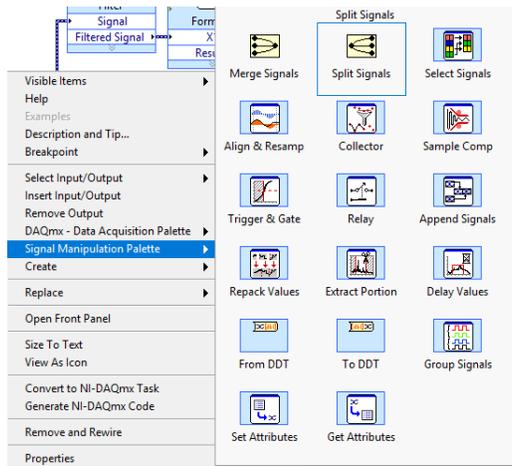
Este se encuentra en el diagrama de bloques al dar clic derecho en la paleta Functions, Programming, Structures.

El while loop, posee un cuadro azul con la letra i dentro del mismo, este indica el número de iteraciones que se van realizando, posee además de un gráfico de Stop, el cual es para detener el loop while.



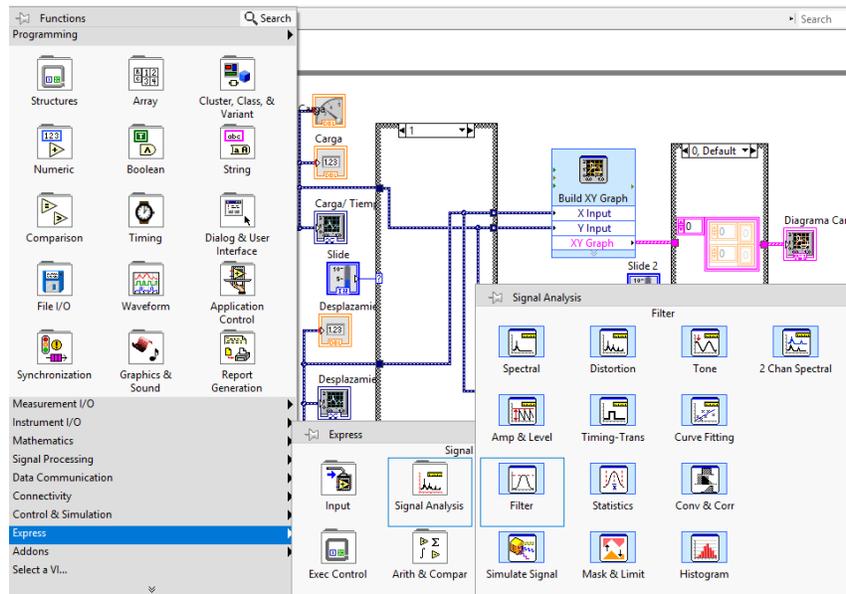
**Figura 117.** While Loop en el Diagrama de Bloques.





**Figura 119.** Split Signals dentro del Diagrama de Bloques

**Filter:** El instrumento virtual Filter, es un filtro de señales, ya que se inducen distintos tipos de ruido los cuales alteran o vuelven de cierta forma errática el comportamiento de la señal con respecto del tiempo. En los apartados de Construcción del sistema de Medición de Fuerza y Desplazamiento encontramos más acerca de la configuración del filtro.



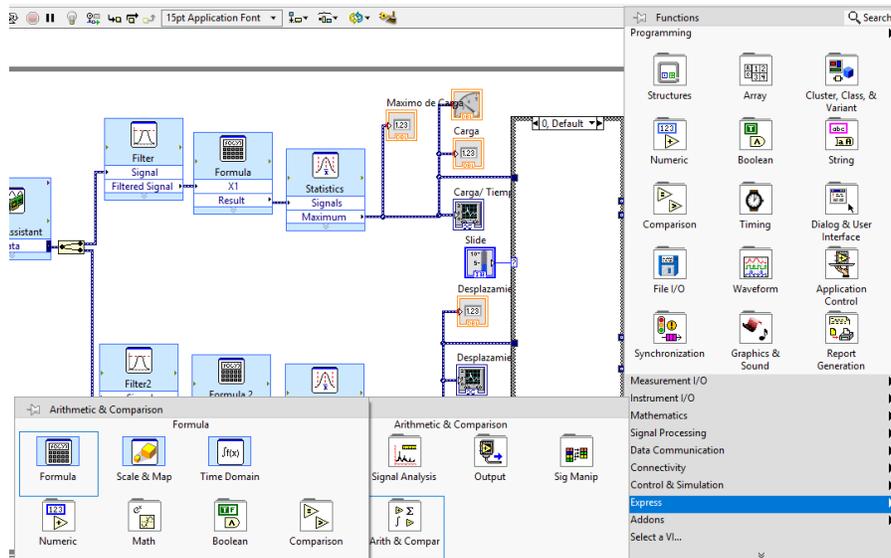
**Figura 120.** Paleta Functions, Programming, Express, Filter.

Para obtener un filtro, damos clic derecho en el panel frontal, desplegamos la paleta Functions, Programming, acercamos el puntero del mouse a Express, desplegamos el menú de Signal Analysis y finalmente Filter.

Repetimos el proceso una vez para cada señal, es decir para este caso 2 filtros, uno para la señal del Potenciómetro Lineal y uno para la señal del Transmisor de Presión.

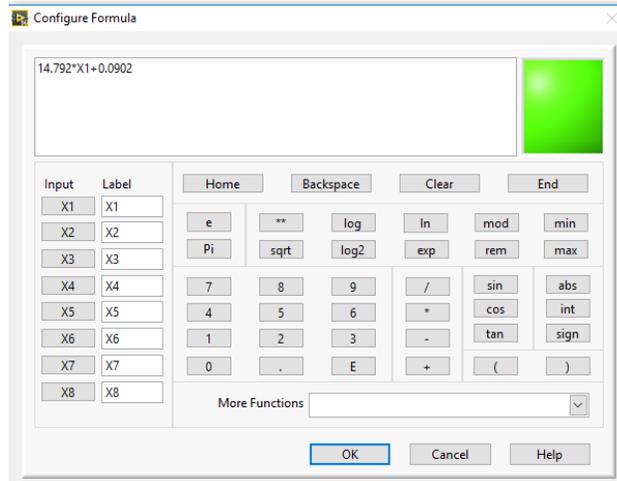
**Formula:** Este es un instrumento virtual que nos permite ingresar la característica estática del sensor y de esta manera obtener los resultados ya no en voltios si no en las unidades que el sensor está diseñado para medir, ya sea de forma directa o indirecta.

Este instrumento virtual, se encuentra al dar clic derecho en el diagrama de bloques, en la paleta de Express, desplegamos el manu de Arit & Comparr y buscamos Formula.



**Figura 121.** Selección de Formula desde el diagrama de bloques, Express, Aritmetica & Comparrison, Formula.

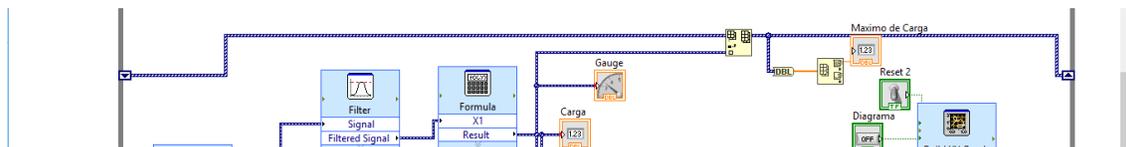
Al dar doble clic en el bloque que representa al bloque de Formula, desplegamos el menú de configuración del mismo, en el cual escribimos la formula correspondiente a la característica estática del sensor respectivo. Realizamos este procedimiento para el Transmisor de Presión y para el Potenciómetro Lineal



**Figura 122.** Ventana de configuración del bloque Fórmula.

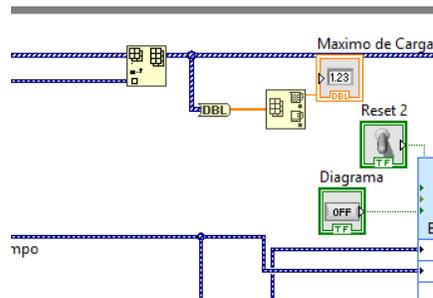
En el programa se debe insertar el \* para la operación multiplicación, la omisión del asterisco \* es considerada un error de escritura.

**Máximos:** Para poder obtener los valores máximos, creamos un Shift Register, insertamos los datos que salen de los sensores en una matriz, a esta matriz la conectamos con un lector de datos de matrices, y conectamos el terminal del máximo a un indicador.



**Figura 123.** Shift Register creado en el lazo while.

El Shift Register sirve para efectuar comparaciones entre los datos que salen de un mismo generador de datos, es decir podemos hacer que un dato nuevo se compare con el dato anterior al ubicarlos de tal manera que el dato nuevo salga del generador de datos mientras el nuevo sea el que llegue a la matriz.

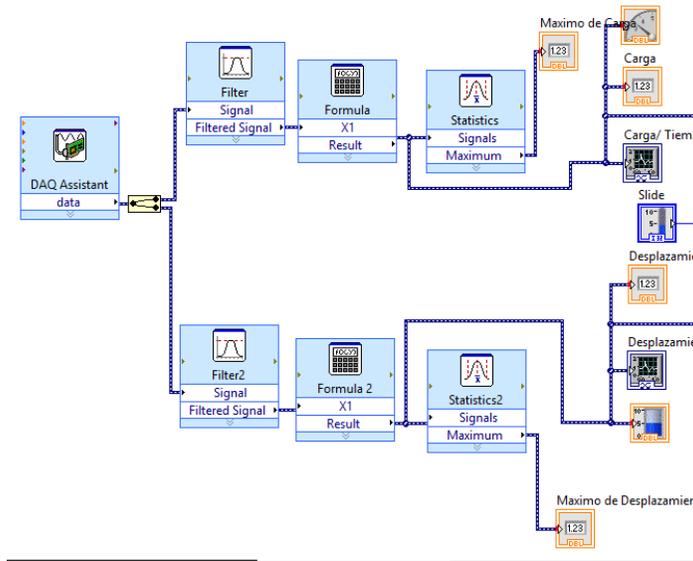


**Figura 124.** Vista de Matriz conectada al Shift Register, Datos reelevantes de la matriz e indicador.

Realizamos este procedimiento para cada sensor, es decir uno para los valores del Potenciómetro Lineal y uno para los del Transmisor de Presión.

A partir de esta parte, mediante cables virtuales, conectamos los instrumentos virtuales para mostrar la señal del Transmisor de Presión, en un Gauge, en un Numeric Indicator y en un Waveform Graph, las señales del Potenciómetro lineal van conectadas a un Tank, un Numeric Indicator y un Waveform Graph.

Las señales que salen del instrumento virtual Statistics, se conectan a un Numeric Indicator.

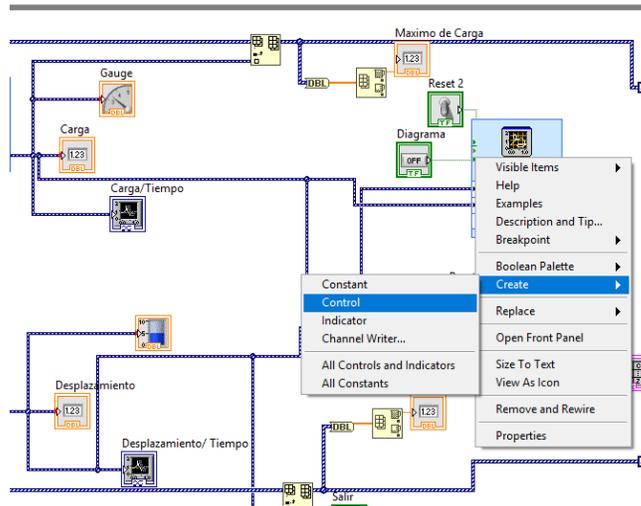


**Figura 125.** Conexiones virtuales entre aplicaciones, herramientas e instrumentos virtuales dentro del diagrama de bloques.

**Botones de Control:** Utilizaremos botones de control para poder iniciar y detener la toma de datos de la Tabla y del Diagrama, ya que los datos desde la posición inicial pueden o no ser relevantes para el ensayo o práctica, además luego de haber llegado al dato final, ya sea una carga establecida

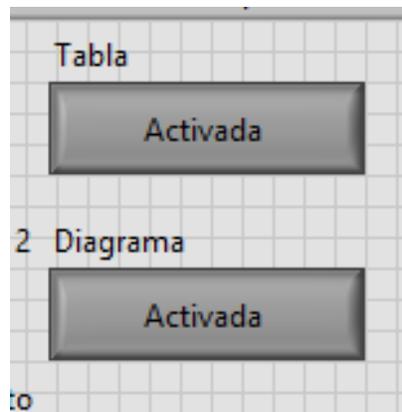
o definida o la ruptura de la probeta, los demás datos que se generen a partir de esto, también pueden ser irrelevantes, por lo cual tenemos la opción de detener la toma de estos datos.

En los terminales respectivos tanto de Ex Table como de Ex XY Graph, tenemos un terminal llamado Activate, acercamos el mouse al terminal, damos clic derecho sobre el mismo y elegimos la opción Create, Create Control.



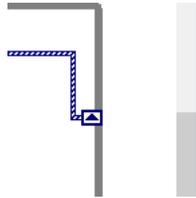
**Figura 126.** Creación de botones de control, en la Tabla.

Con los Vertical Slide debidamente configurados, los utilizamos como controles de los case Structures.



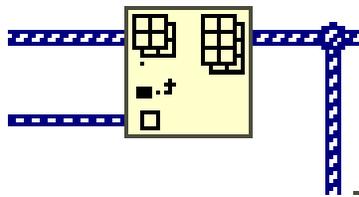
**Figura 127.** Vista de los botones de control en el panel frontal.

**Túneles de datos:** Los túneles de datos, son datos que viajan desde una estructura hacia otra estructura, un Shift Register posee una flecha, lo cual indica que el dato viaja a través de la estructura.



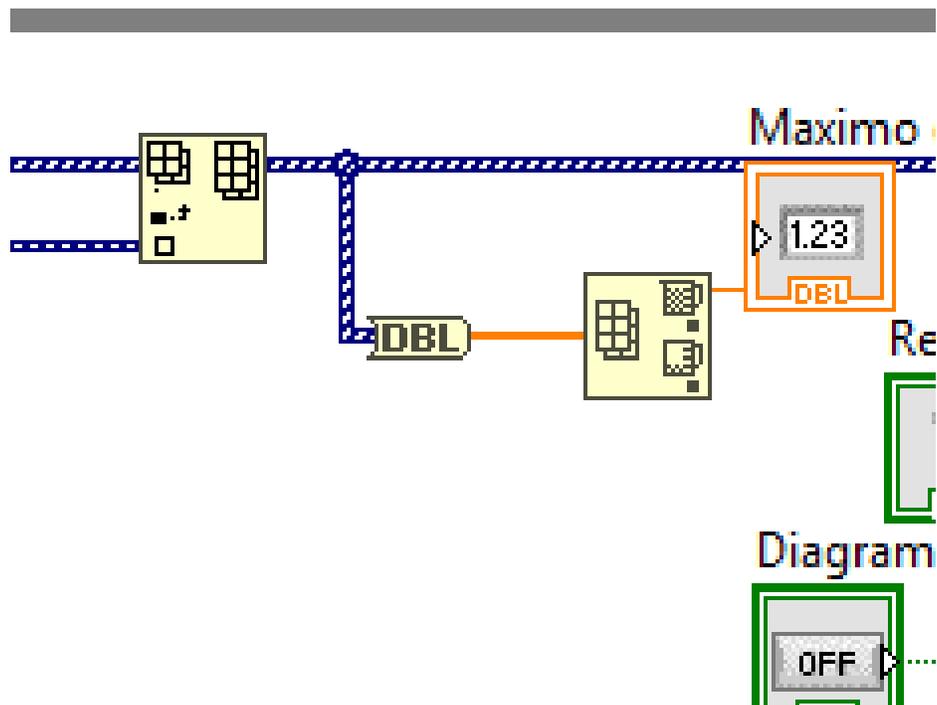
*Figura 128.* Representación de un túnel Shift Register en el diagrama de bloques.

**Matriz:** Para Labview, no existen vectores, es decir los vectores son matrices de una sola dimensión, insertamos un Insert into Array, de tal forma que los datos se ingresen en la matriz desde la Paleta Array, buscamos este instrumento Virtual.



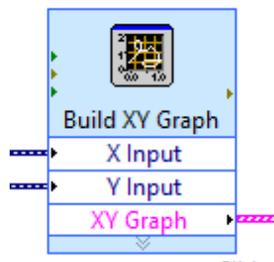
*Figura 129.* Instrumento Virtual Insert into Array.

**Max Min:** Utilizamos este instrumento virtual para detectar los valores máximos o mínimos que se ingresan en una matriz, se encuentra dentro de la paleta Array, a este elemento le creamos un indicador en el terminal del máximo, debemos modificar el tipo de dato al que se refiere este, ya que los datos son de tipo señal y el instrumento virtual no lee datos de tipo señal, lo modificamos o cambiamos a tipo Double.



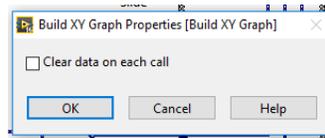
**Figura 130.** Instrumento Virtual Max Min, para obtener el valor máximo de los datos que ingresan en la matriz

**Build XY Graph:** Este elemento aparece en el diagrama de bloques de forma conjunta al elegir un Ex XY Graph desde el panel frontal, en esta herramienta ingresamos las señales de X e Y, las cuales serán las componentes del diagrama.



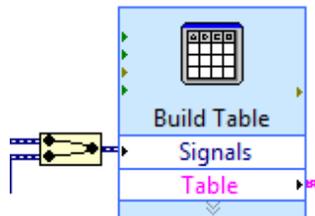
**Figura 131.** Herramienta Build XY Graph conectada a las señales a sus respectivos inputs y dando como resultado el XY Graph.

Por defecto Labview borra los plots anteriores, por lo que debemos dar clic derecho en la herramienta Build XY Graph y quitar el visto de esta opción.



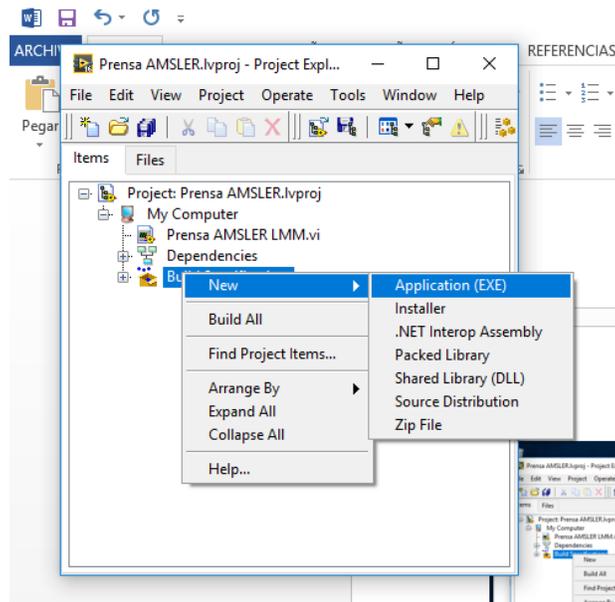
**Figura 132.** Clear Data on Each Call retirado para que se acumulen los plots.

**Build Table:** Es un elemento que aparece en el diagrama de bloques de forma conjunta al elegir un Ex Table, desde el panel frontal, en esta herramienta ingresamos las señales que deseamos que sean tabuladas, para nuestro caso las de los dos sensores, como la herramienta solo posee un solo input para ingresar ambas señales debemos utilizar una herramienta inversa al Splitter de señales, esta se llama Merge. En apariencia Merge, es igual a un Split, pero al revés, es decir a varias entradas las convierte en una sola salida.



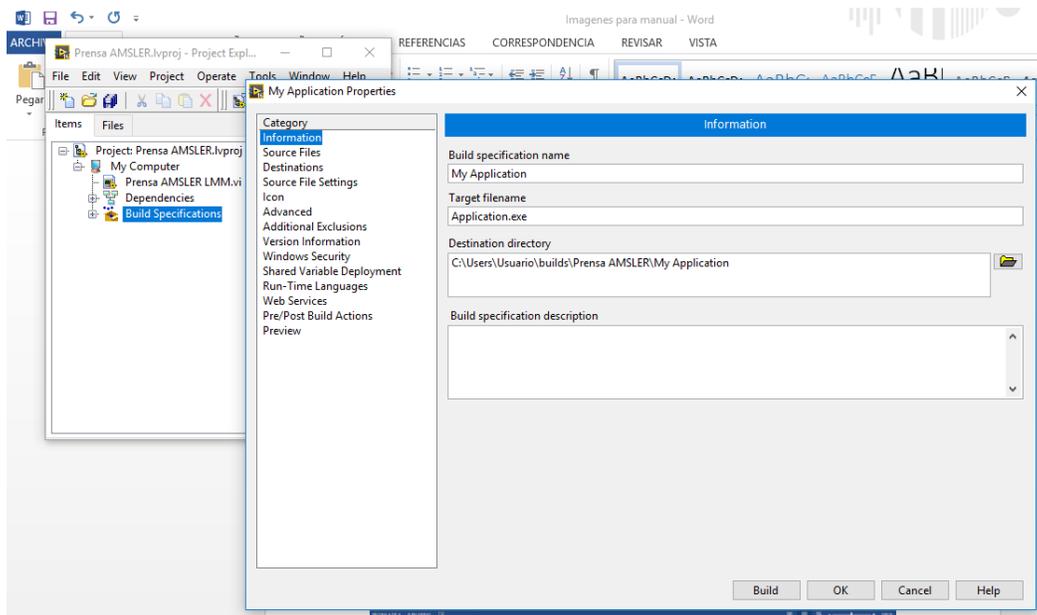
**Figura 133.** Herramienta Build Table con Merge en Signals y la salida en Table.

**Creación del Ejecutable:** Creamos un ejecutable, para que no tenga el usuario posibilidades de modificar el programa al ejecutarlo, las modificaciones del programa se pueden dar de forma no intencional, y el programa puede quedar dañado o no ejecutarse de forma debida después de esta modificación no intencional. Para esto desde la ventana de Project Explorer, una vez terminada la generación del programa, elegimos la opción Build Specifications, damos clic derecho y seleccionamos New y Application (EXE).



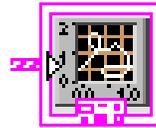
**Figura 134.** Ventana Project Explorer, Build Specifications, New Application(EXE).

Llenamos los campos que tienen la descripción como el nombre de la aplicación, el dueño de la aplicación, etc. Y procedemos a construir el ejecutable dando clic en Build.



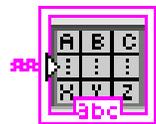
**Figura 135.** Ventana de propiedades de la aplicación, modificable previo a la construcción del ejecutable.

**Graph:** Es la herramienta que representa al grafico del diagrama en el diagrama de bloques, esta se inserta de forma conjunta al Build XY Graph en el diagrama de bloques, al ser insertado un Ex XY Graph desde el panel frontal.



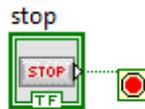
*Figura 136.* Representación de Graph en el diagrama de bloques.

**Table:** Esta es la herramienta que representa al llenado de la tabla en el diagrama de bloques, se inserta de forma conjunta al Build Table en el diagrama de bloques, al insertar un Ex Table desde el panel frontal.



*Figura 137.* Representación de herramienta Table en el diagrama de bloques.

**Stop:** Es la representación del botón, en el diagrama de bloques, el cual fue conectado al Stop para detener la ejecución del While Loop. Es un botón o control conectado al control del lazo While Loop.



*Figura 138.* Botón y control de While Loop conectados, vistos en el diagrama de bloques.

## 5.5. Montaje y ensamblaje.

Para realizar el montaje y ensamblaje de la caja, se requirió de utilizar tanto el laboratorio de Maquinas Herramientas del DECEM, como el de Mantenimiento Electrónico de Ingeniería Electrónica, a más de la asistencia de los encargados de los laboratorios.

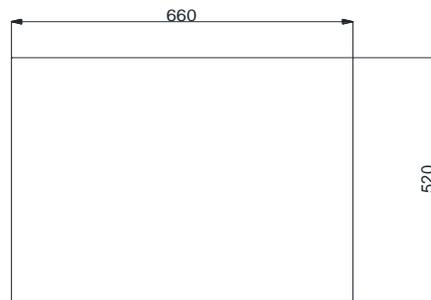
El montaje se realizó en el Laboratorio de Mecánica de Materiales del DECEM y requirió de la asistencia del encargado del mismo, el Ingeniero Francisco Navas.

Para empezar, se mantuvo una conversación con el Sargento Nelson Cárdenas, encargado del Laboratorio de Máquinas Herramientas, quien nos dio pautas en base al diseño preliminar acerca de los materiales y técnicas de construcción y manufactura, así como de las máquinas que serán empleadas en la fabricación y ensamblaje, así como de los permisos y requisitos necesarios para la utilización del laboratorio.

Se procedió a realizar la compra del material (plancha de tool de acero galvanizado de 1/20)

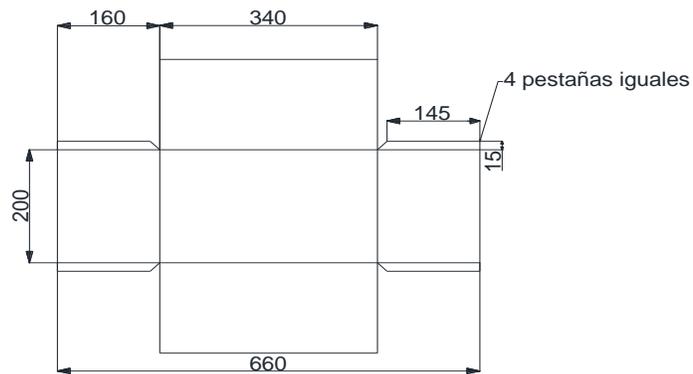
Posteriormente a esto, se transportó la plancha de tool hacia el Laboratorio de Máquinas Herramientas, en el cual se empezarán los trabajos una vez obtenidos los debidos permisos con el Jefe de Laboratorio, Ingeniero Byron Cortez

Se procedió a realizar el marcaje de la plancha de tool en base a las medidas finales, por lo cual se utilizó un retazo de 520x660mm de la plancha, el cual fue extraído del total del tool utilizando la cizalladora.



**Figura 139.** Dimensiones utilizadas del total del tool

Dentro del recuadro de 520x660, se procedió a realizar el marcaje de la caja con sus respectivas dimensiones finales incluyendo unas pestañas para realizar o bien juntas soldadas o empernadas.



**Figura 140.** Dimensiones marcadas y recortadas a partir de la plancha de 520x660mm.

Mediante la cizalladora y la tijera de tool procedemos a cortar tomando en consideración las líneas marcadas con sus respectivas dimensiones.

Adicionalmente de ser necesario se procede a limar los bordes que quedan con rebabas y otro tipo de imperfecciones.



**Figura 141.** Tool montado en la cizalladora siendo recortado.

A continuación de esto, procedemos a montar el tool con la forma en la dobladora de tool, siguiendo las líneas previamente marcadas para darle la forma deseada.



**Figura 142.** Tool montado en la dobladora de tool.

El procedimiento requiere que los dobleces no sean totales, ya que habrá interferencias en los dobleces por superficies previamente dobladas.

Tomando en cuenta esta premisa, tenemos que para darle la forma final a la caja vamos a requerir el uso del martillo y el yunque.



**Figura 143.** Tool semidoblado, listo para ser doblado totalmente y unido.

Mediante el uso del martillo, se procedió a completar los dobleces y cerrar las caras del cubo rectangular.



**Figura 144.** Caja casi cerrada por completo, con sección del riel DIN cortada con las dimensiones adecuadas para que quepa dentro de la caja.

Por recomendación del Ingeniero Roberty Velasco, se realizaron las uniones con soldaduras de punto, se puso tres puntos de suelda por cada pestaña.



**Figura 145.** Puntos de suelda uniendo una cara de la caja con una pestaña.

A continuación, se procedió a realizar agujeros en ambas caras de la caja, tanto para ventilación como para entrada y salida de cables, mediante un rayador, se trazaron líneas para ir ubicando los agujeros, con la broca de 6mm, se realizaron los agujeros para la ventilación, y para entradas y salidas de cables con la de 1" (pulgada).



**Figura 146.** Para realizar los agujeros utilizamos un taladro radial.

Realizamos la tapa de la caja, para lo cual utilizamos una lámina de policarbonato transparente, cortamos y doblamos tool para los bordes de la tapa, y se procedió a perforar agujeros para ajustarle con pernos.

La utilización de policarbonato transparente es para poder apreciar detalles internos de la caja como los leds y el estado de las conexiones.



**Figura 147.** Caja porta instrumentos con la tapa de policarbonato transparente.

El siguiente paso en la construcción de la caja fue realizar los montajes de los elementos que esta va a contener, y las conexiones internas, para lo cual nos prestó ayuda el encargado del Laboratorio de Mantenimiento Electrónico de la Facultad de Ingeniería Electrónica, el Sgto. Humberto Berniz.



**Figura 148.** Caja porta instrumentos siendo preparada para montaje de los mismos.

La caja porta instrumentos adicionalmente cuenta con un separador entre la sección de las fuentes y la del acondicionador de señales.

En los agujeros de 1" (pulgada), se procedió a insertar los prensa estopas para ajustar el cable y que no se desplace a través del agujero.

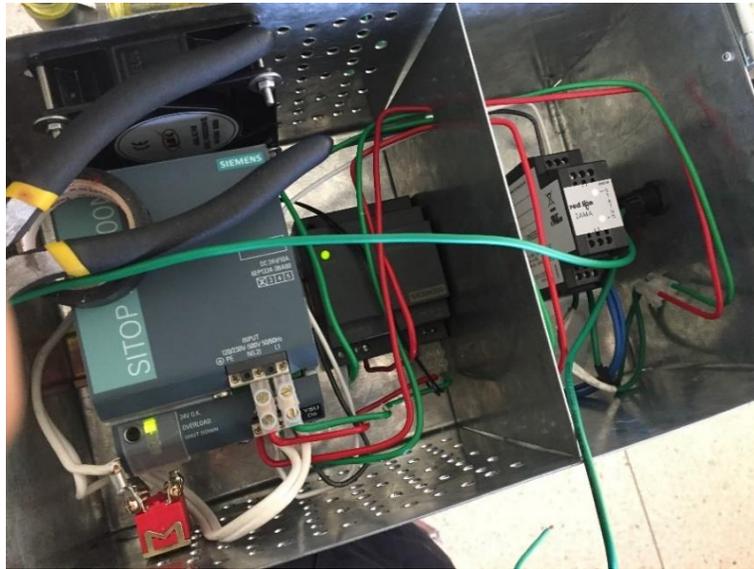
Se empernó las secciones del riel DIN a la parte inferior de la caja, se montaron las fuentes sobre el riel DIN.

Ubicamos el swich de encendido en una de las caras de la caja.

Montamos el ventilador en la parte posterior a las fuentes de poder en la caja.

Procedimos a utilizar tanto las borneras para empatar los cables y los cables solidos a darles la forma que requieren las conexiones.

Se justo los pernos de los terminales de las fuentes y el acondicionador de señales.



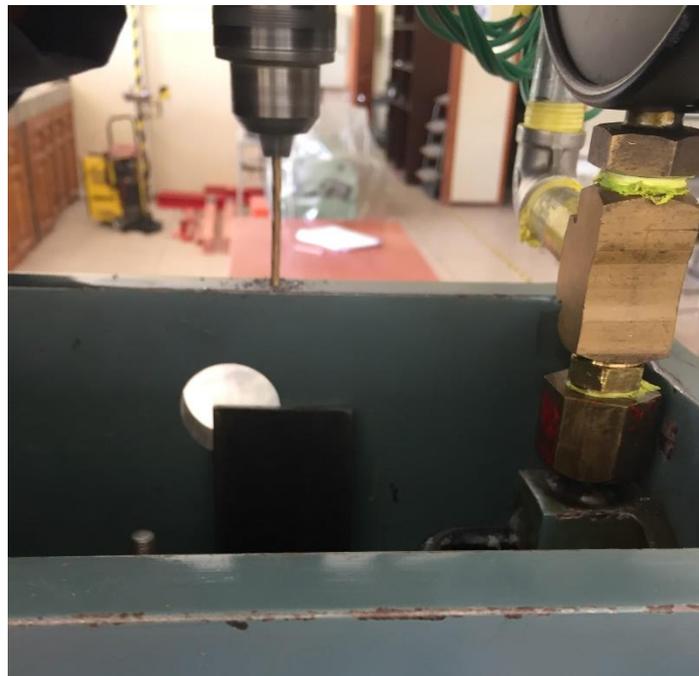
**Figura 149.** Caja porta instrumentos con cableado, fuentes y acondicionador de señales montado.

Finalmente se ubicó la caja en la prensa hidráulica, se seleccionó la parte superior posterior de la misma para ubicarla y posteriormente sujetarla con pernos



**Figura 150.** Caja porta instrumentos ubicada en la parte superior, posterior de la prensa.

Para ubicar la caja y dejarla fija, se realizaron agujeros en la parte superior de la prensa, los agujeros fueron machueleados para que estos posean agujeros roscados y así quede la caja fija a la prensa.



**Figura 151.** Taladrado de agujeros para pernos de sujeción de la caja en la prensa.

## CAPITULO VI

### 6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

En este capítulo describiremos la realización de las pruebas de funcionamiento, así como las novedades encontradas en la realización de las pruebas además mostraremos los resultados obtenidos y mostraremos el resultado de los mismos.

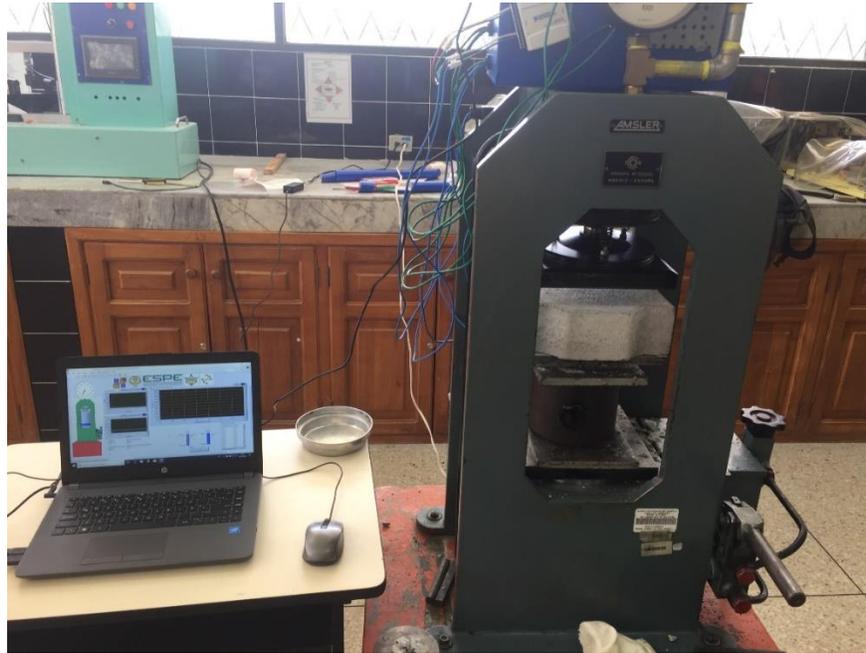
#### 6.1. Protocolo de pruebas

En todo proyecto se realizan las Pruebas SAT, para este caso usaremos SAT Apartado Desempeño

Para realizar las pruebas de funcionamiento, tomamos como base las prácticas de laboratorio que se realizan en la prensa Amsler, motivo de este proyecto, por lo tanto, utilizamos las mismas probetas para los ensayos, cargamos las probetas hasta que estas se rompan, y a los datos obtenidos por el programa, los analizamos realizando diagramas en el Excel, en estos diagramas, vemos la carga máxima y el desplazamiento, así como el comportamiento de las probetas bajo cargas de compresión.

Adicionalmente se realizaron prácticas en adoquines ya que estos soportan más carga que las probetas de madera.

Se realizaron las pruebas en dos etapas, en la primera etapa se encontraron inconvenientes en la realización de las pruebas, estos inconvenientes fueron solventados para la segunda etapa de pruebas.



**Figura 152.** Ensayo de adoquín de alta resistencia.

Para realizar los ensayos se siguió el siguiente procedimiento:

1. Montar el cuerpo a ensayarse en la prensa
2. Ejecutar el programa en Labview
3. En el programa los dos swiches apuntando hacia abajo (OFF) para que no estén adquiriendo datos ni permitiendo el grafico de diagrama.
4. Se procede a cerrar la distancia entre platos para lo cual se bombea manualmente aceite al cilindro hasta que la distancia de separación de los platos sea la menor posible.
5. En el programa se activa la toma de datos y escritura del diagrama, subiendo ambos swiches azules a sus posiciones superiores Adquirir y Datos en cada swich respectivamente.
6. Se bombea aceite al cilindro maestro de la prensa Hidráulica Amsler de cien toneladas de manera constante, hasta que el elemento de pruebas falle o hasta que se alcance el valor previsto para el ensayo (para el caso de las maderas estas fallan bajo las 20 toneladas y los adoquines resisten más de 90 toneladas)
7. Al alcanzar el punto de carga deseada, sea de fallo o de valor de carga máxima, detenemos la toma de datos mediante el swich azul de la izquierda, lo movemos hacia abajo, a la posición Detener, esto impide que sigan ingresando datos tanto a la tabla como al diagrama.
8. Damos clic derecho sobre la tabla y le damos a la opción Exportar, dentro de la cual seleccionamos la opción Exportar datos a Excel.

9. Maximizamos la ventana de Excel que se abre con los datos importados y procedemos a seleccionar los datos y a crear un diagrama de dispersión en base a los mismos
10. Analizamos el gráfico, tanto en forma como en valores

Al realizar las pruebas, notamos que existe una ganancia notable en cuanto al tiempo que se emplea para realizar la práctica, adicionalmente existe ahora la necesidad de notar cual es el valor de desplazamiento para el cual empieza a existir carga, ya que el valor de desplazamiento está encerrado para el 0 de la prensa, no para el 0 del valor inicial para el cual se empieza a cargar el cuerpo de prueba.

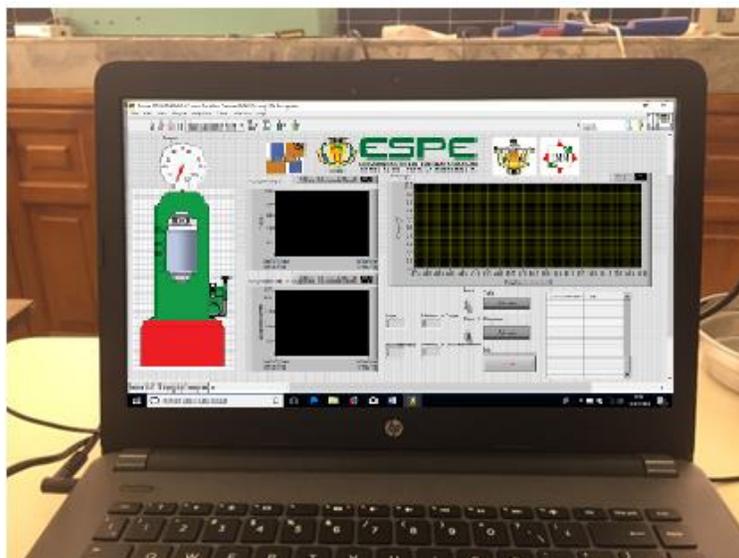
Es importante mantener el lugar limpio y adicionalmente seguir los parámetros de seguridad tanto por el bienestar de los alumnos o usuarios de la Prensa Hidráulica Amsler, como de los equipos que conforman la prensa.

## **6.2. Análisis de resultados**

En esta sección analizaremos los resultados obtenidos en la realización de las pruebas de funcionamiento, hay que mencionar que el programa toma una gran cantidad de datos, ya que, para un ensayo de aproximadamente 3 minutos de duración, este nos muestra un aproximado de cuarenta mil datos, por este motivo no presentaremos más que unos ejemplos del análisis y de los datos obtenidos por el programa.



*Figura 153.* Adoquín cargado, se triza o rompe en las zonas fuera de las mordazas o platos de sujeción.



*Figura 154.* Panel frontal durante los ensayos

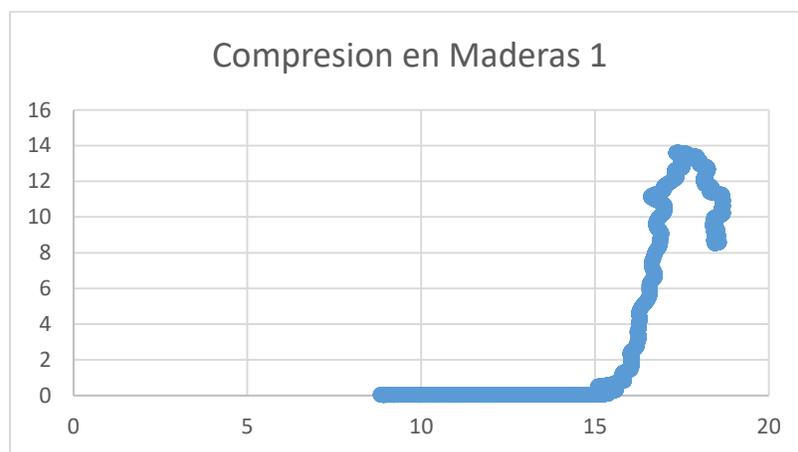
La naturaleza del Labview hace que se creen archivos temporales en el disco duro, crea unas memorias caches, cada vez que se cierra el programa las memorias temporales se vacían, esto quiere decir que debemos reiniciar el programa cada vez que se realice un nuevo ensayo.

Inicialmente se realizaron pruebas sin tomar en cuenta este inconveniente, por lo tanto se decidió dividir las pruebas en dos etapas, la primera desconociendo este inconveniente, y la otra realizando el proceso de reinicio del programa antes de iniciar cada prueba.

### **Resumen de diagramas obtenidos durante las pruebas de ensayo:**

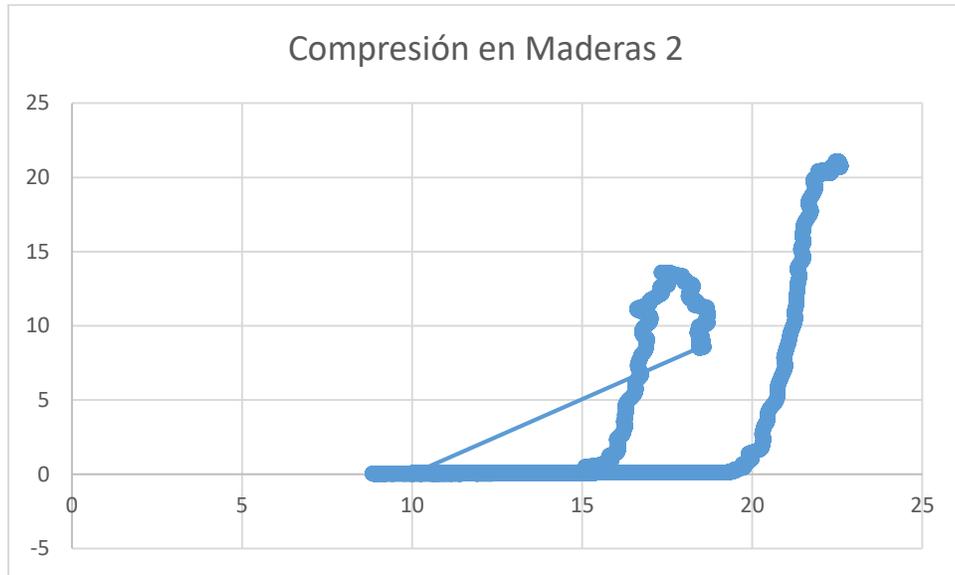
#### **Primera etapa de pruebas.**

Primer ensayo de compresión en maderas:



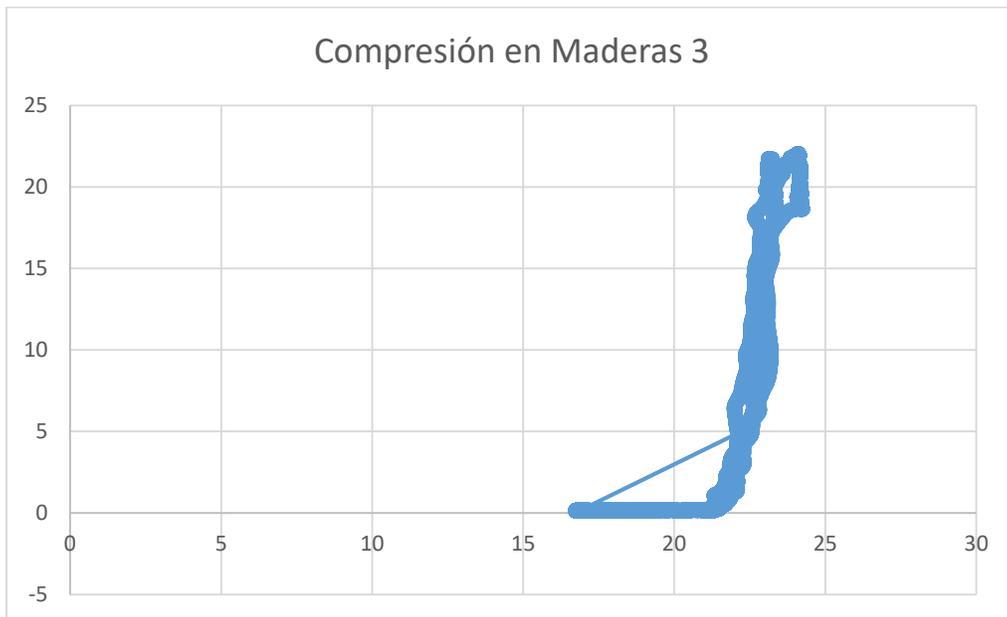
**Figura 155.** Ensayo de compresión en madera.

Segundo ensayo de compresión en maderas



**Figura 156.** Ensayo de compresión en maderas, con datos del ensayo anterior montados.

Tercer ensayo de compresión en maderas

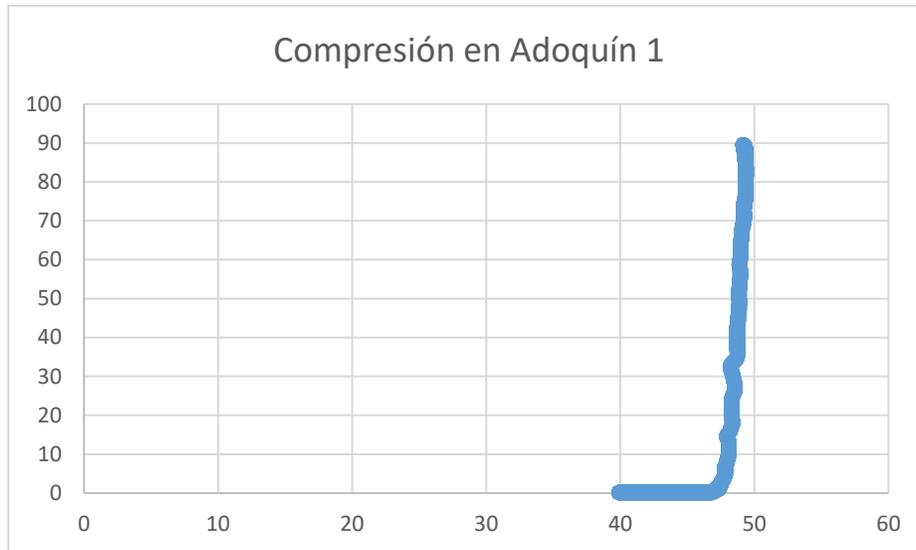


**Figura 157.** Ensayo de compresión en maderas con datos de ensayo anterior, diagramas montados entre sí.

### Segunda etapa de pruebas.

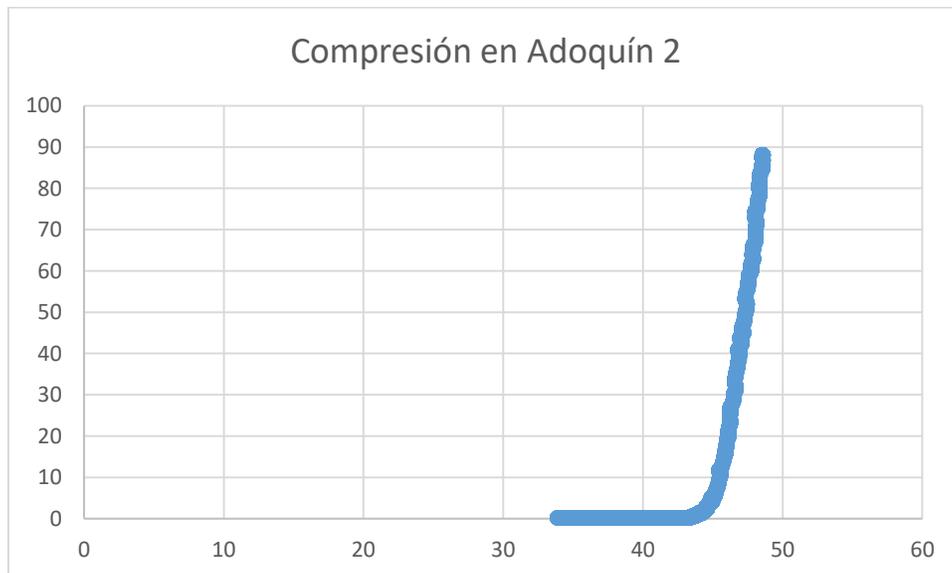
Tomando en consideración la forma de almacenar datos temporales del Labview, para la segunda etapa de pruebas tomamos la decisión de realizar una prueba y posteriormente a esto cerrar o detener el programa antes de iniciar la siguiente prueba, teóricamente esto debe permitir que la memoria cache usada en el disco duro para archivos temporales, se vacíe.

Primer ensayo en adoquines:



**Figura 158.** Diagrama del primer ensayo en adoquines

Segundo ensayo en adoquines



**Figura 159.** Diagrama del segundo ensayo en adoquines.

Tercer ensayo en adoquines

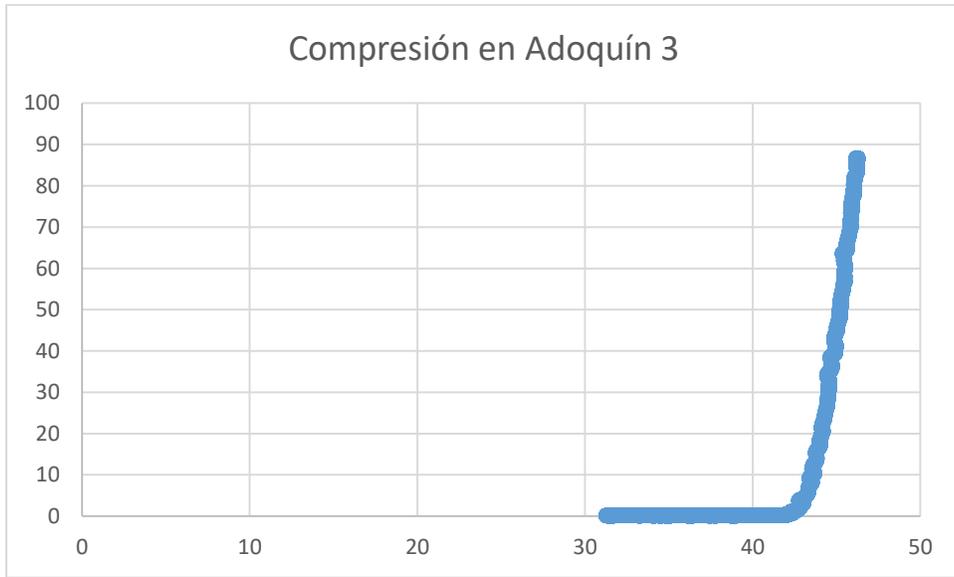


Figura 160. Diagrama del tercer ensayo en adoquines.

Cuarto ensayo en adoquines

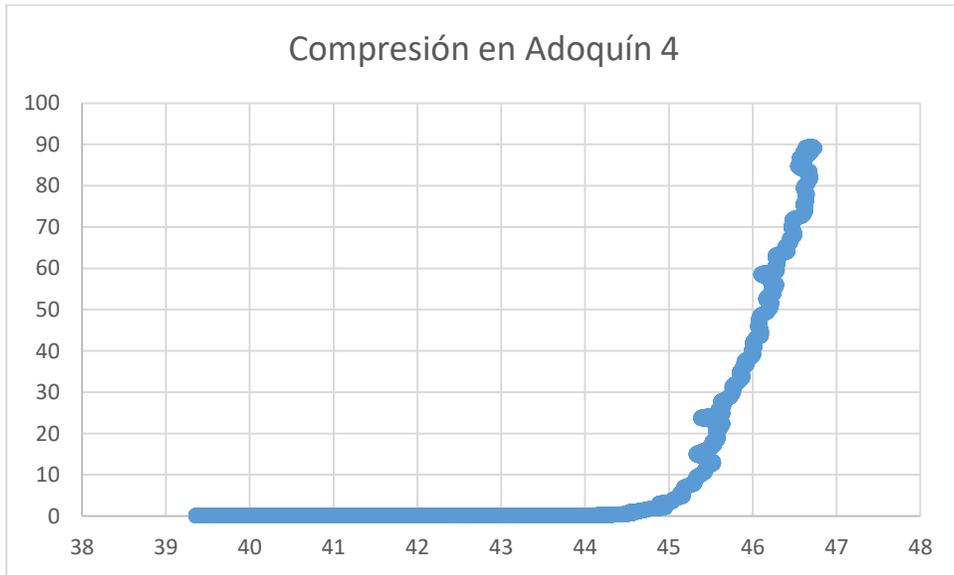
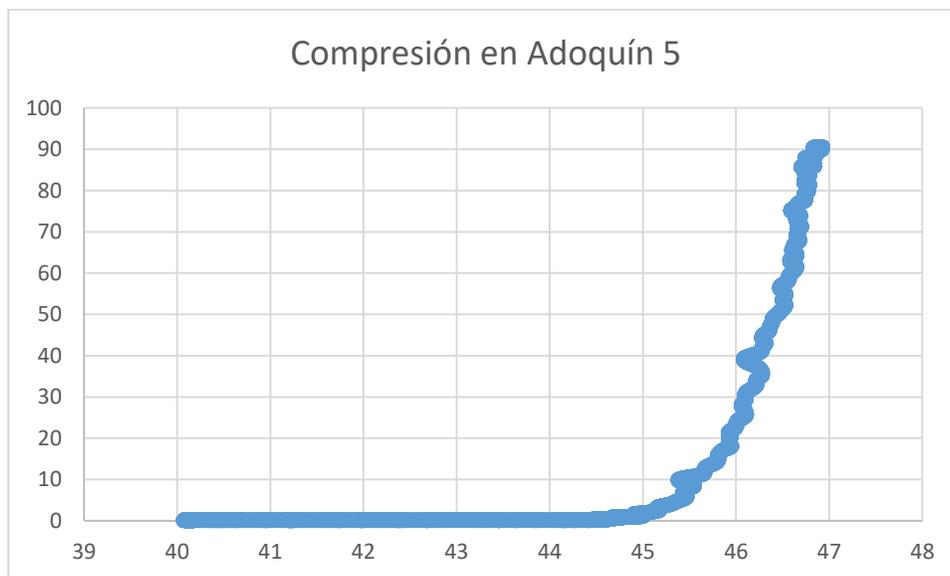


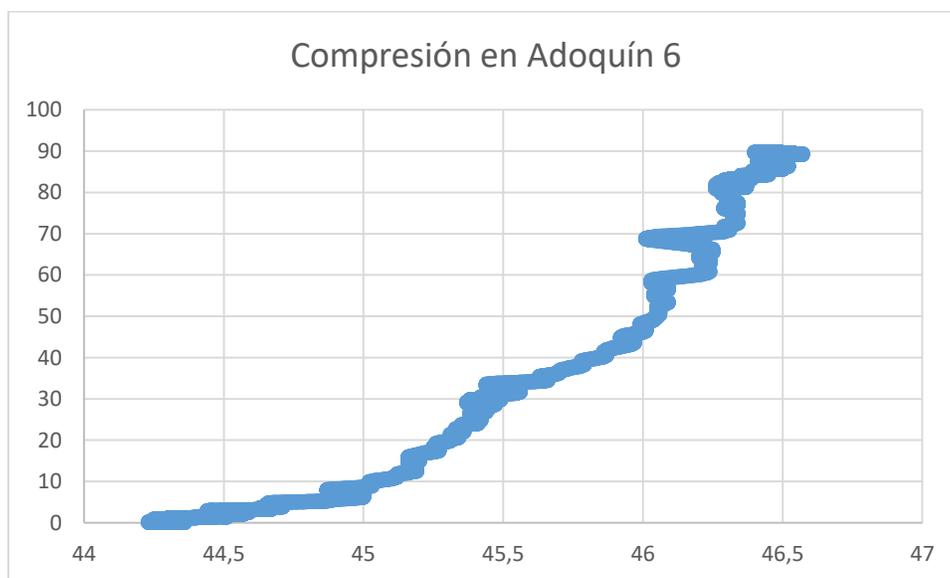
Figura 161. Diagrama del cuarto ensayo en adoquines.

## Quinto ensayo en adoquines



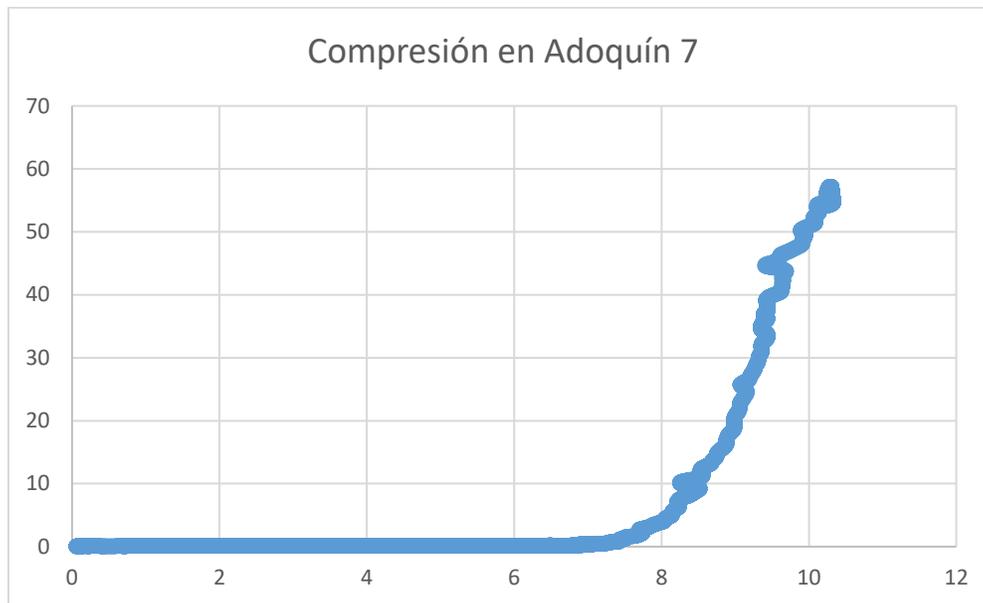
**Figura 162.** Diagrama del quinto ensayo en adoquines.

## Sexto ensayo en adoquines



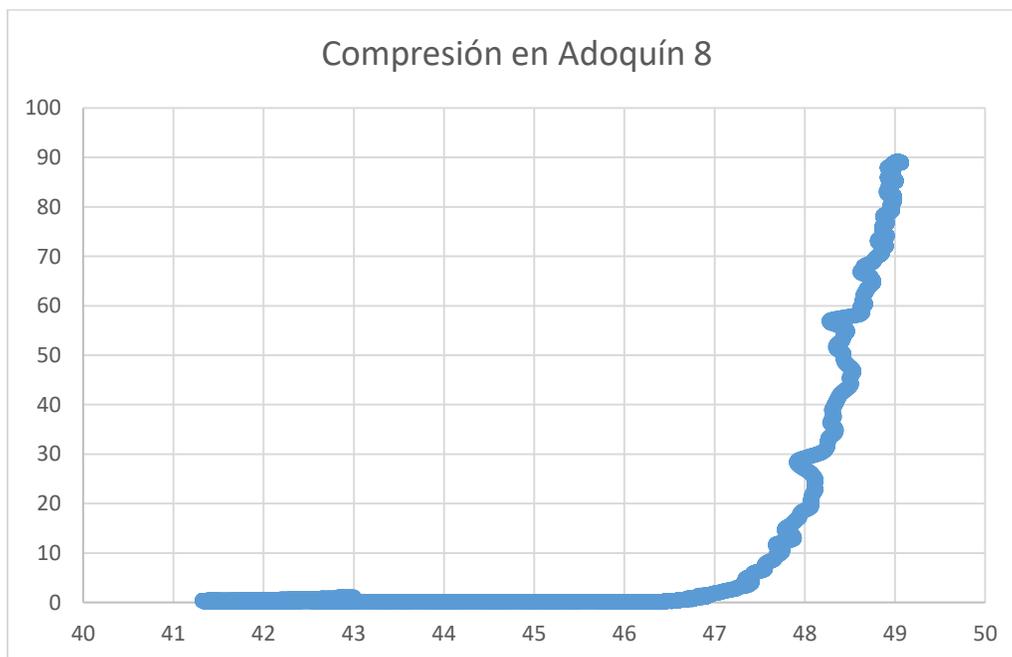
**Figura 163.** Diagrama del sexto ensayo en adoquines.

## Séptimo ensayo en adoquines



**Figura 164.** Diagrama del séptimo ensayo en adoquines.

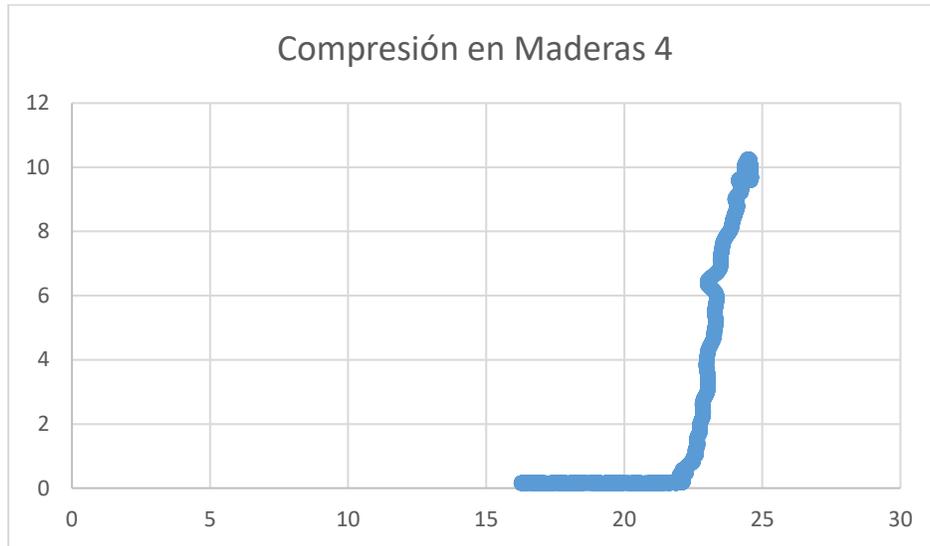
## Octavo ensayo en adoquines



**Figura 165.** Diagrama del octavo ensayo en adoquines.

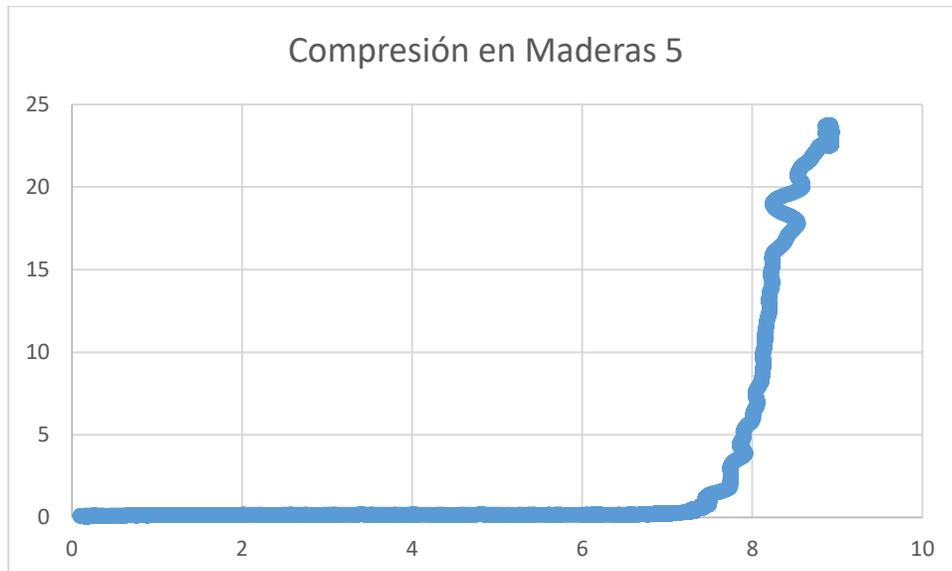
Después de ensayar los adoquines, procedimos a ensayar probetas de madera de eucalipto de 60x60x120mm.

Primer ensayo en maderas.



**Figura 166.** Diagrama del primer ensayo en madera.

Segundo ensayo en madera



**Figura 167.** Diagrama del segundo ensayo en madera.

### Datos para el análisis.

Para realizar un ejemplo de análisis tomaremos como base el ensayo hecho a un adoquín el día 15 de junio de 2018, este ensayo, originalmente consta de 14000 datos de carga y desplazamiento, para realizar el análisis se representó el desplazamiento y la carga en frecuencias de repetición de datos y en rangos. Lo cual nos mostró los siguientes resultados:

**Tabla 9.**

*Tabulación de resultados, agrupando valores por rangos*

Desplazamiento (Rango)	Carga (Rango)	Frecuencia
33,87-34,87	0,15-10,15	1.857
34,87-35,87	0,15-10,15	340
35,87-36,87	0,15-10,15	388
36,87-37,87	0,15-10,15	488
37,87-38,87	0,15-10,15	343
38,87-39,87	0,15-10,15	406
39,87-40,87	0,15-10,15	435
40,87-41,87	0,15-10,15	413
41,87-42,87	0,15-10,15	564
42,87-43,87	0,15-10,15	1.110
43,87-44,87	0,15-10,15	623
44,87-45,87	0,15-10,15	561
	10,15-20,15	355
	10,15-20,15	369
	20,15-30,15	701
45,87-46,87	30,15-40,15	474
	40,15-50,15	47
	30,15-40,15	99
	40,15-50,15	501
46,87-47,87	50,15-60,15	701
	60,15-70,15	258
	60,15-70,15	413
	70,15-80,15	804
47,87-48,87	80,15-90,15	1.750
<b>TOTAL</b>		<b>14.000</b>

## CAPITULO VII

### 7. ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO

En este capítulo, se detallan los costos y distintos gastos realizados en la consecución del presente proyecto, así como de distintos componentes y elementos que han requerido de diseño y construcción, un breve análisis económico y financiero.

La inversión que se realiza en este proyecto tiene la finalidad de mejorar la parte didáctica de las practicas que se realizan en la Prensa Hidráulica AMSLER de cien toneladas, adicionalmente permite la recolección de datos y representación de diagramas, con lo que se maximiza el rendimiento de los trabajos realizados en este equipo, cumpliendo con los objetivos del proyecto.

Para determinar una correcta inversión se elaboró un estricto diseño y desarrolló, así como también una correcta selección de los equipos y accesorios a instalar.

#### 7.1. Análisis Económico

Costos Directos.

Para el presente trabajo se ha contado con el apoyo de varios profesionales en distintas áreas, sus costos se reflejan en la siguiente tabla:

**Tabla 10.**

*Tabla de valores de apoyo de personal calificado en múltiples áreas*

Nombre	Cargo	Valor Hora	Número de horas	Valor Total
Ingeniero José Pérez	Director del Proyecto	\$ 13,90	50	\$ 694,83
Ingeniero Francisco Navas	Docente DECEM	\$ 5,88	120	\$ 706,00
Ingeniero Roberty Velasco	Docente DECEM	\$ 4,67	2	\$ 9,35
Ingeniero David Loza	Docente DECEM	\$ 13,04	5	\$ 65,18
Ingeniero Luis Echeverría	Docente DECEM	\$ 12,69	2	\$ 25,37
Ingeniero Luis Escobar	Docente DECEM	\$ 8,33	2	\$ 16,67
Ingeniero Byron Cortez	Docente DECEM	\$ 8,33	2	\$ 16,67
Ingeniera Alejandra Albán	Docente DECEM	\$ 5,05	2	\$ 10,10
Sgto. Nelson Cárdenas	Personal del DECEM	\$ 4,67	10	\$ 46,74
Sgto. Humberto Bernis	Personal del DEEE	\$ 4,67	8	\$ 37,39
Sr. Nelson Núñez	Estudiante del DECEM	\$ 1,50	400	\$ 600,00
<b>Total 1:</b>				<b>\$ 2.228,30</b>

Adicionalmente para realizar el diseño y construcción del proyecto se utilizaron los siguientes equipos y materiales, en los cuales se detalla los costos y las cantidades en la siguiente tabla:

**Tabla 11.**

*Tabla de costos y cantidades de equipos, instrumentos y accesorios utilizados en el proyecto*

No	Descripción	Unidad	Cant.	Costo Unit.	Costo Total
1	Acondicionador de señal	Unit.	1	\$ 346,00	\$ 346,00
2	Bisagras	Unit.	1	\$ 4,50	\$ 4,50
3	Bornera	Unit.	1	\$ 0,60	\$ 0,60
4	Cable de poder	m.	8	\$ 1,20	\$ 9,60
5	Cable de potenciómetro lineal	m.	4	\$ 0,80	\$ 3,20
6	Cable de transmisor de presión	m.	4	\$ 0,80	\$ 3,20
7	Cable para fuentes	m.	6	\$ 0,60	\$ 3,60
8	Chapa Delgada	Unit.	1	\$ 30,00	\$ 30,00
9	Computadora	Unit.	1	\$ 400,00	\$ 400,00
10	DAQ MX 6009	Unit.	1	\$ 350,00	\$ 350,00
11	Enchufe	Unit.	1	\$ 1,60	\$ 1,60
12	Fuente Siemens Logo	Unit.	1	\$ 95,00	\$ 95,00
13	Fuente Siemens Sitop	Unit.	1	\$ 270,00	\$ 270,00
14	Papel Contact	m.	6	\$ 4,50	\$ 27,00
15	Pernos	Unit.	20	\$ 0,30	\$ 3,00
16	Policarbonato	Unit.	1	\$ 7,00	\$ 7,00
17	Potenciómetro Lineal	Unit.	1	\$ 110,00	\$ 110,00
18	Prensa estopas	Unit.	3	\$ 1,60	\$ 4,80
19	Racores o Fittings	Unit.	4	\$ 5,00	\$ 20,00
20	Remaches	Unit.	2	\$ 0,07	\$ 0,14
21	Teflón	Unit.	1	\$ 2,50	\$ 2,50
22	Tool	Unit.	1	\$ 44,00	\$ 44,00
23	Transmisor de Presión	Unit.	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
24	Ventilador	Unit.	1	\$ 27,00	\$ 27,00
<b>Total 2</b>					<b>\$ 3.262,74</b>

Los instrumentos de precisión como el Transmisor de Presión y el Potenciómetro Lineal, las dos Fuentes y el Acondicionador de Señales fueron adquiridos en tiendas especializadas en

instrumentos de medición, lo cual nos permite tener garantía y un correcto funcionamiento de los mismos, el resto de materiales fueron adquiridos en ferreterías comerciales.

También se cuenta con costos de otros rubros como mano de obra e insumos

**Tabla 12.**

*Tabla de costos de mano de obra de realización de distintas actividades.*

No	Descripción	Cant.	Costo Unitario	Costo Total
1	Construcción de la caja porta instrumentos	1	\$ 120,00	\$ 120,00
2	Construcción tope de fin de carrera	1	\$ 30,00	\$ 30,00
3	Preparación de los cables	26	\$ 0,50	\$ 13,00
4	Conexión	26	\$ 0,50	\$ 13,00
5	Calibración Manómetro	1	\$ 15,00	\$ 15,00
6	Calibración Transmisor de Presión	1	\$ 30,00	\$ 30,00
7	Calibración Potenciometro Lineal	1	\$ 30,00	\$ 30,00
<b>Total 3</b>				<b>\$ 251</b>

**Tabla 13.**

*Tabla de costos de elementos complementarios para el desarrollo del proyecto*

No	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Aceite	20	\$ 4,20	\$ 84,00
2	Labview	1	\$ 200,00	\$ 200,00
<b>Total 4</b>				<b>\$ 284,00</b>

Tanto el ensamblaje de las partes construidas y los instrumentos de medición con la prensa, fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de Materiales del DECEM de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Para realizar las pruebas, se requiere de probetas de madera de eucalipto de 120x60x60

**Tabla 14.**

*Tabla de costo de elementos de pruebas*

No	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1	Probetas	10	\$ 3,75	\$ 37,50
<b>Total 5:</b>				<b>\$ 37,50</b>

El total de los Costos Directos (TCD) lo obtenemos de la sumatoria de todos los costos presentados anteriormente.

$$TCD = Total1 + Total2 + Total3 + Total4 + Total5$$

$$TCD = 2.228,30 + 3.262,74 + 251,00 + 284,00 + 37,50$$

$$TCD = 6.063,54 USD$$

Costos Indirectos:

Para poder desarrollar el presente proyecto se ha tenido que recurrir al uso de los laboratorios de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en la investigación, construcción y pruebas.

Los costos de acuerdo al tiempo utilizado en los laboratorios, se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 15.**

*Tabla de costos de utilización de laboratorios para la realización del proyecto*

No	Laboratorio	Tiempo	Valor Hora	Costo Total
1	Laboratorio de Instrumentación	2	\$ 6,10	\$ 12,20
2	Laboratorio de Mantenimiento Electrónico	5	\$ 4,89	\$ 24,45
3	Laboratorio de Máquinas Herramientas	50	\$ 5,19	\$ 259,50
4	Laboratorio de Mecánica de Materiales	120	\$ 6,10	\$ 732,00
<b>Total</b>				<b>\$ 1.028,15</b>

Para finalizar, dentro de los costos indirectos se toma en cuenta los siguientes materiales e insumos.

**Tabla 16.**

*Tabla de costos indirectos*

No	Rubro	Costo Total
1	Suministros de Oficina	\$ 304,00
2	Servicios básicos	\$ 52,00
3	Internet	\$ 60,00
4	Transporte	\$ 180,00
5	Otros	\$ 50,00
<b>Total:</b>		<b>\$ 646,00</b>

El total de los Costos Indirectos (TCI) lo obtenemos de la sumatoria de todos los costos presentados anteriormente.

$$TCI = Total1 + Total2$$

$$TCI = 1.028,15 + 646,00$$

$$TCI = 1.674,15 \text{ USD}$$

El total de los costos obtenidos para el “Diseño Y Construcción De Un Sistema Graficador De Diagramas Y De Registro De Datos De La Prensa Hidráulica Amsler De Cien Toneladas Perteneciente Al Laboratorio De Mecánica De Materiales Del DECEM” es igual a TCD+TCI.

$$Total \text{ de Costos} = TCD + TCI$$

$$Total \text{ de Costos} = 6.063,54 + 1.674,15$$

$$Total \text{ de Costos} = 7.737,69 \text{ USD}$$

## 7.2. Análisis Financiero.

Inicialmente mencionaremos que el presente proyecto fue realizado con financiamiento propio. En el presente trabajo se ha decidido realizar el análisis financiero comparando el costo total del equipo contra otro similar para verificar el ahorro que este genera, por este motivo se toman en cuenta como base comparativa una prensa hidráulica para ensayos de compresión existentes en el mercado, con las siguientes características.

**Marca:** TSINFA

**Modelo:** TPS-100

**Capacidad:** 1000 KN

**Carrera:** 250+405 mm

**Peso:** 1220 Kg.

**Costo:** 7960 USD Incoterm E

**Procedencia:** China.

A este costo, se le deben agregar los costos de transporte doméstico, documentación, impuestos de salida, bodegaje, flete aéreo o marítimo, desaduanización, almacenaje y finalmente el transporte hasta las bodegas del comprador, lo cual encarece aún más el costo del equipo, por lo tanto resulta mas beneficioso realizar el proyecto de actualizar los sistemas de la prensa, antes que realizar la compra de un equipo moderno.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- Para realizar el proyecto, se adquirió un Transmisor de Presión de 400 Bares, la capacidad máxima de la Prensa AMSLER en cien toneladas, alcanza un 60% de la capacidad total del Transmisor de Presión.
- Se cumplió con el objetivo, y se construyó y diseñó un sistema capaz de realizar diagramas relacionando las dos variables involucradas en tiempo real, además de mostrar los datos instantáneos, los valores máximos para cada variable, y una tabulación de los datos útil para realizar el análisis de los mismos.
- Se analizaron los sistemas que comprenden la prensa, tanto de forma didáctica, como de forma tecnológica, se determinó que es un equipo didácticamente útil para el estudiante y la universidad, pero que tecnológicamente, este equipo ya no está en vigencia.
- Se trabajó en el diseño y la construcción de los sistemas de medición de desplazamiento y fuerza, de forma que actualmente se posee un sistema didáctico, fácil de utilizar, y con equipos modernos, que adicionalmente agiliza la realización de las prácticas, y reduce el número de estudiantes que se requieren para efectuar las mediciones.
- Se programó una interfaz sencilla, con apoyos visuales, y pocos controles para facilitar el uso por parte de los estudiantes.
- Al realizar las pruebas de funcionamiento, nos basamos en los mismos materiales utilizados en las prácticas, adicionalmente, se comprobó el programa y los equipos al 90% de su capacidad máxima, ensayando adoquines de alta resistencia, obteniendo una respuesta positiva por parte de los equipos, tanto para cargas bajas, como para cargas altas.
- Para realizar las mediciones de desplazamiento, se adquirió un Potenciómetro Lineal de 288 milímetros de carrera, con lo cual, nos aseguramos la capacidad de medir durante toda la carrera del cilindro de la prensa.
- En la Norma IP, que se refiere a International Protection, para el caso de el Transmisor de Presión, tenemos IP 65, mientras que para el Potenciómetro Lineal IP 55.
- Aprendimos que, por normativa, en los transductores el fenómeno eléctrico, se produce en el lado de voltaje positivo, es por esto que en muchos sensores como es el caso del Potenciómetro Lineal, y el Acondicionador de Señales, al terminal negativo, se le llama común, ya que este no registra variaciones en voltaje.
- Para mejorar la señal que recibe el computador, se trabajó con un filtro de tipo smoother, el cual basa su funcionamiento en estudios hechos por Savitzky y Golay, para resolver nuestro inconveniente de señales, el filtro realiza operaciones matemáticas en base a tres puntos.

- Aprendimos que Labview tiene una librería propia de instrumentos virtuales, para datos de tipo señal, para el caso de las tablas y diagramas, esta empieza con el prefijo Ex, en el nombre.

## RECOMENDACIONES

- Para realizar la obtención de la curva característica, es recomendable realizar múltiples tomas de datos, posteriormente realizar un proceso estadístico y obtener los valores promedios, en base a estos valores hacer una regresión lineal, y obtenemos así la ecuación o característica estática de los sensores.
- Para facilitar el trabajo, se debe buscar sensores de característica estática lineal, esto hará que la obtención de los valores eléctricos, representen solamente un valor de la magnitud física que se desea medir, en nuestro proyecto tenemos los siguientes:  $y = 14.792x + 0.1902$ , para el Transmisor de Presión y  $y = 9.4786x - 28.436$ , para el potenciómetro lineal.
- Se recomienda que se evite el ingreso de polvo en las fuentes, ya que estas poseen en las caras de sus housings, agujeros para ventilación de sus componentes internos, y el polvo ingresará por estos espacios.
- Se recomienda leer los manuales, tanto de seguridad, mantenimiento y operación previamente a utilizar la Prensa Hidráulica AMSLER, esto reducirá los riesgos que se pueden sufrir al operar la prensa, prolongará su utilización adicionalmente.
- Un aspecto muy importante a tomar en cuenta, las personas que realicen prácticas con la Prensa AMSLER de cien toneladas, llevarán los valores obtenidos en las prácticas, en dispositivos de almacenamiento portable, memorias USB, discos duros, etc. Más que una recomendación, es una exigencia que estos dispositivos se encuentren libres de virus, y adicionalmente que los mismos sean detenidos antes de ser extraídos.
- Se recomienda siempre inspeccionar el estado del aceite del depósito, esto nos puede mostrar si hay inconvenientes con el Sistema Hidráulico, o con el sello del Transmisor de Presión, el aceite del depósito se debe encontrar limpio y de forma y color constante, en caso de tener partículas de metal o de óxido, estos depósitos sólidos rayan las paredes del sistema hidráulico y reducen su capacidad de operación, así como en caso de encontrar otro líquido con el cual no se haya mezclado, esto implicaría que el sello del Transmisor de Presión se ha roto y debe ser cambiado.
- Es importante conocer acerca de los incoterms, ya que el costo de un equipo se incrementa o reduce en base a estos términos de comercio internacional.

## BIBLIOGRAFÍA

- aCORE LV. (2016). *Software ARMFIEL*. Obtenido de Software que utiliza LabView:  
<http://discoverarmfield.com/es/products/view/acorelv/software-de-armfield-acorelv>
- ADR. (2018). *ADR Formación soluciones y learning*. Obtenido de  
<https://www.adrformacion.com/nosotros/educaplay.html>
- ADR Formación. (2018). *Curso Libre Office* . Obtenido de  
<https://www.adrformacion.com/cursos/libreofb/libreofb.html>
- Alejandro Escamilla Navarro, A. C. (2013). Análisis de esfuerzos en un bastidor de prensa tipo C mediante métodos fotoelástico y numérico. *Científica ESIME*, 13-22.
- Aliexpress. (2018). *Deijing XNQ Sensor Store*. Obtenido de  
<http://www.aliexpress.com/item/load-cell-strain-gauge-sensor-50kg-pressure-micro-scale-half-bridge-Weighing-Sensor-Electronic-Scale/1335507952.html>
- APA. (2018). *Normas APA*. Obtenido de <http://normasapa.net/marco-metodologico-tesis/>
- ASK AUDIO. (2015). *Non Linear Educative Company*. Obtenido de Medidor de Sonoridad CAST: <https://ask.audio/articles/review-meterplugs-l-cast-loudness-meter/es>
- Blog Sensores. (2018). *Blogger*. Obtenido de Sensores y Transductores:  
<https://www.blogger.com/blogin.g?blogspotURL=http://1612182.blogspot.com/2013/05/21-sensores-y-transductores.html&bpli=1&pli=1>
- CONTAGAS. (2018). *Transmisores de presión* . Obtenido de Yokogawa:  
<http://www.contagas.com/contagas/ficha.php?idioma=2&c=154&m=30>
- DECEM. (2018). *ESPE DECEM . Misión DECEM*. Obtenido de  
<http://decem.espe.edu.ec/mision/>
- DIGILENT. (2014). *LabView 2014*. Obtenido de Home Bundle:  
<http://store.digilentinc.com/labview-home-bundle/>
- Direct Industry. (2018). *Sensores de Carga*. Obtenido de Celda de Carga:  
[http://img.directindustry.es/images\\_di/photo-g/sensores-fuerza-piezoelectricos-6017-5178545.jpg](http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/sensores-fuerza-piezoelectricos-6017-5178545.jpg)
- ESPE. (2018). *ESPE La Universidad*. Obtenido de Visión Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://espe-el.espe.edu.ec/?q=node/17>
- ESPE. (2018). *Filosofía ESPE. Objetivos Institucionales*. Obtenido de <http://espe-el.espe.edu.ec/?q=node/17>

- Hidroterm. (2017). *Maquinaria Bombas de Agua y Plantas Eléctricas*. Obtenido de <http://www.hidroterm.com.ve>
- Infaimon. (2017). *Que son los sensores de desplazamiento*. Obtenido de <https://blog.infaimon.com/que-son-sensores-de-desplazamiento/>:  
<https://blog.infaimon.com/que-son-sensores-de-desplazamiento/>
- Instrumentación Electrónica 1. (2015). *Instrumentación Electrónica*. Obtenido de <https://instrumentacionelectronica.wordpress.com/2013/09/24/instrumentacion-electronica/>
- Leeroy Merlin. (2010). *Cableado*. Obtenido de Como elegir terminales de cable: [http://www.leroymerlin.es/productos/electricidad/cajas\\_y\\_conexiones/terminales\\_de\\_cable/como-elegir-terminales-de-cable.html](http://www.leroymerlin.es/productos/electricidad/cajas_y_conexiones/terminales_de_cable/como-elegir-terminales-de-cable.html)
- Leon, H. (s.f.). *Principio de Pascal/ Física/ Termodinamica*. Obtenido de <https://hernanleon1002.wordpress.com/fisica-de-fluidos-y-termodinamica/primer-corte/marco-teorico/principio-de-pascal/>
- Marcela. (2018). *Base de Datos*. Obtenido de <http://marcelabasededatos.blogspot.com/p/estatica.html>
- Mendez, J. (2012). *Bases de Datos Dinamicas*. Obtenido de <http://jesusmendez4da.blogspot.com/>: <http://jesusmendez4da.blogspot.com/>
- MIGRO. (2016). *Easy Automation*. Obtenido de <http://www.mitplc.com/plcespanol.htm>
- Mundo compresor. (2018). *Transmisor de Presión*. Obtenido de <https://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/transmisor-de-presion1>:  
<https://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/transmisor-de-presion1>
- National Instruments. (2018). *Que es adquisición de datos*. Obtenido de <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>: <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- National Instruments. (2018). *Que es Labview*. Obtenido de <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>: <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>
- NOVOTECHNIK. (2014). *Sensores de Desplazamiento*. Obtenido de Potenciómetro Lineal LWH:  
[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/802/7353802/att\\_97321/v1/A5E00053220-07es\\_DS3\\_HART\\_Ex\\_OI\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/802/7353802/att_97321/v1/A5E00053220-07es_DS3_HART_Ex_OI_es-ES.pdf)
- Omega. (2018). *Acondicionadores de Señal*. Obtenido de <https://mx.omega.com/prodinfo/acondicionadores-de-senales.html>:  
<https://mx.omega.com/prodinfo/acondicionadores-de-senales.html>

- Omega. (2018). *Que es una celda de carga*. Obtenido de <https://es.omega.com/prodinfo/celulas-de-carga.html>: <https://es.omega.com/prodinfo/celulas-de-carga.html>
- Quintana, M. S. (2015). *Mecatrónica 4b*. Obtenido de Mecánica de Materiales: <http://mecatronica4b.blogspot.com/2011/11/diagrama-esfuerzo-deformacion-unitaria.html>
- Riera, J. J. (2013). *Trabajo de Mecánica de Materiales*. Sangolquí: ESPE.
- Sapinesman. (2018). *Neumática\_Hidráulica*. Obtenido de [http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica\\_hidraulica26.htm](http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica26.htm)
- SCIELO. (2016). *Información Tecnológica*. Obtenido de Codificadores Ópticos Lineales: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642006000600003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642006000600003&script=sci_arttext)
- SCIENTEC. (2016). *LabView*. Obtenido de Que es LabView: <http://scientec.com.mx/labview/>
- SENSIG. (2018). *Sensores de desplazamiento*. Obtenido de [http://www.sensores-de-medida.es/sensing\\_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES\\_35/Sensores-de-desplazamiento\\_215/](http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-desplazamiento_215/): [http://www.sensores-de-medida.es/sensing\\_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES\\_35/Sensores-de-desplazamiento\\_215/](http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-desplazamiento_215/)
- SenSing. (2018). *Potenciómetros Lineales*. Obtenido de [http://www.sensores-de-medida.es/sensing\\_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES\\_35/Sensores-de-distancia\\_36/Potenci%C3%B3metros-lineales\\_53/](http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-distancia_36/Potenci%C3%B3metros-lineales_53/): [http://www.sensores-de-medida.es/sensing\\_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES\\_35/Sensores-de-distancia\\_36/Potenci%C3%B3metros-lineales\\_53/](http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-distancia_36/Potenci%C3%B3metros-lineales_53/)
- Sensores, A. T. (2016). *EHU Sidra*. Obtenido de Sensores: [ftp://ftp.ehu.es/cidira/dptos/depjt/Tecnologia/BK-ANGEL/Presentaciones/10\\_Sensores.pdf](ftp://ftp.ehu.es/cidira/dptos/depjt/Tecnologia/BK-ANGEL/Presentaciones/10_Sensores.pdf)
- Siemens. (2007). *Sitrans*. Obtenido de Transmisor de Presión: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/802/7353802/att\\_97321/v1/A5E00053220-07es\\_DS3\\_HART\\_Ex\\_OI\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/802/7353802/att_97321/v1/A5E00053220-07es_DS3_HART_Ex_OI_es-ES.pdf)
- Soriano, J. A. (2011). *UCO Bombas Hidraulicas*. Obtenido de <http://www.uco.es/termodinamica/ppt/pdf/fluidos%2012.pdf>
- TrackmAR. (2018). *Mantenimiento*. Obtenido de Sistemas Hidraulicos Equipo Caminero: <http://www.trackmar.com.ar/mantenimiento.php?id=6>
- Tufiño, J. R. (2012). *Diseño y construcción de un sistema de automatización hidráulico para la máquina de ensayos destructivos en juntas soldadas del laboratorio de soldadura de la EPN*. Quito: EPN.
- Wikipedia. (2018). *Base de datos- Wikipedia*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Base\\_de\\_datos](https://es.wikipedia.org/wiki/Base_de_datos)

- Wikipedia. (2018). *Bomba Manual*- Wikipedia. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba\\_manual](https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_manual)
- Wikipedia. (2018). *Máquina Hidráulica*- Wikipedia. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina\\_hidr%C3%A1ulica](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_hidr%C3%A1ulica)
- Wikipedia. (2018). *Sensor Piezoeléctrico*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_piezoel%C3%A9ctrico](https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_piezoel%C3%A9ctrico):  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_piezoel%C3%A9ctrico](https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_piezoel%C3%A9ctrico)
- Wikipedia. (2018). *Transformador Diferencial*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador\\_diferencial\\_de\\_variaci%C3%B3n\\_lineal](https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador_diferencial_de_variaci%C3%B3n_lineal):  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador\\_diferencial\\_de\\_variaci%C3%B3n\\_lineal](https://es.wikipedia.org/wiki/Transformador_diferencial_de_variaci%C3%B3n_lineal)
- Wikipedia. (2018). *Wikipedia Principio de Pascal*. Obtenido de Prensa Hidraulica:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Principio\\_de\\_Pascal](http://es.wikipedia.org/wiki/Principio_de_Pascal)
- Wikiteca. (29 de Julio de 2015). *Sensores Sincro*. Obtenido de <https://www.wikiteka.com/apuntes/sensores-sincro/>:  
<https://www.wikiteka.com/apuntes/sensores-sincro/>