



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA UNIVERSAL
TIME SHIJIN SERIE WAN-600C UTILIZADA PARA LA
REALIZACIÓN DE ENSAYOS MECÁNICOS PARA EL
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA.**

AUTORES:

MAYRA MARIBEL MOPOSITA CAGUANA

TANNIA GABRIELA NUÑEZ VALLE

DIRECTOR: ING. WILSON TRÁVEZ

LATACUNGA

2016

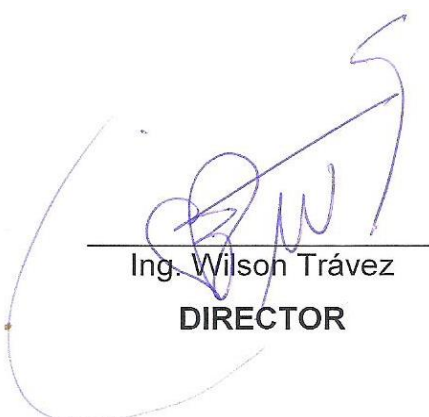


DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el trabajo de titulación, “**REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA UNIVERSAL TIME SHIJIN SERIE WAN-600C UTILIZADA PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS MECÁNICOS PARA EL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA.**”, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto permitimos acreditarlo y autorizar a las **señoritas Mayra Maribel Moposita Caguana y Tannia Gabriela Nuñez Valle** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 25 de Febrero de 2016



Ing. Wilson Trávez

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Mayra Maribel Moposita Caguana**, con cédula de identidad N° 1804441366 y **Tannia Gabriela Nuñez Valle**, con cédula de identidad N°1804605606, declaramos que este trabajo de titulación “**REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA UNIVERSAL TIME SHIJIN SERIE WAN-600C UTILIZADA PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS MECÁNICOS PARA EL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 25 de Febrero de 2016

Mayra Maribel Moposita Caguana

C.C.: 1804441366

Tannia Gabriela Nuñez Valle

C.C.: 1804441366



DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRONICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Mayra Maribel Moposita Caguana y Tannia Gabriela Nuñez Valle**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA UNIVERSAL TIME SHIJIN SERIE WAN-600C UTILIZADA PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS MECÁNICOS PARA EL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 25 de Febrero de 2016

Mayra Maribel Moposita Caguana

C.C.: 1804441366

Tannia Gabriela Nuñez Valle

C.C.: 1804605606

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradecer a Dios, por iluminarnos y permitirnos culminar con éxito esta etapa de nuestras vidas.

A nuestros padres que con su apoyo fueron el pilar fundamental durante este período de formación académica. A nuestros esposos por estar siempre juntos siendo la mano amiga que se necesita para alcanzar cualquier objetivo. Nuestros hijos por ser la inspiración de convertirnos en unas profesionales de éxito luchando cada día por brindarle un futuro mejor. A nuestros hermanos por su apoyo y presencia incondicional.

A los docentes de la universidad por llenarnos de conocimiento, al Director Ing. Wilson Trávez por su confianza entregada y su ayuda invaluable para llegar a fin con este proyecto, al Ing. Oswaldo Jácome por sus consejos y apoyo durante todo este tiempo, nunca dejaremos de estar totalmente agradecidas con ustedes.

Finalmente agradecer a todas aquellas personas que de una u otra manera estuvieron presentes brindándonos su apoyo y deseándonos el mayor de los éxitos.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento muy especial a Dios por darme la vida y la salud, a mis padres Washington Moposita y Rosa Caguana, quienes me enseñaron a luchar en la vida y a esforzarme hasta alcanzar mis objetivos, que a pesar de todas las adversidades, siempre estuvieron para apoyarme. A mis hermanos Verónica y Diego por estar pendientes y dispuestos a ofrecerme su ayuda en todo momento.

A las dos personas más importantes de mi vida, Santiago y Sebastián, quienes estuvieron en este proceso difícil brindándome su amor y siendo el bastón en el cual apoyarme para continuar y no desistir.

Agradezco de manera especial a Gaby, porque juntas pudimos terminar este proyecto, ha sido una excelente compañera y amiga, que a pesar del poco tiempo que nos conocemos hemos formado un lazo muy fuerte de amistad.

Mayra Moposita Caguana

AGRADECIMIENTO

A pesar de las desobediencia siempre has sido fiel y solo nos Ama, me siento amada todas las cosas que han pasado en mi vida es por ti y eso es bueno, el agradecimiento te lo demuestro con la culminación de esto que empezamos juntos.

A mis padres **Gustavo Nuñez y Elsa Valle** porque ha hecho de mi personalidad un carácter fuerte, decidida por ello estoy donde estoy y llegare donde quiero llegar, por su apoyo incondicional y su eterno amor.

A mi Esposo **David Andrés Eugenio**, porque te has convertido en mi confidente por tu apoyo y amor incondicional.

A mis Hermanas es grato para mí poder reconocer la culminación de una de las tantas etapas que tendrá mi vida, por su apoyo y amor en todo momento:

Paty por tu apoyo incondicional tus palabras de sabiduría.

Caty porque con tu admiración ayudó a que crea lo que soy.

Mary siempre estas dispuesta a escucharme con atención.

Mia por participar en cada etapa de mi vida.

Carmita porque solo con tu amor pude culminar por amor a ti.

Nataly Mosquera Con la persona que empecé este reto por sus atinadas palabras en momentos precisos.

Finalmente quiero Agradecer a mi Compañera de Tesis. Mí ahora amiga como así quiero considerarla Mayrita porque entre enojos y alegrías hemos sido apoyo mutuo para llegar a este Fin.

Gabriela Nuñez Valle

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por mantenerme bajo su protección y cuidado durante estos años de vida, y por haberme regalado la gracia de vivir dentro de una familia llena de amor y cariño.

A mis padres **Washington y Rosa** por el apoyo incondicional brindado durante toda mi vida, por el esfuerzo realizado día tras día para poder brindarme la oportunidad de ser una profesional, y poder alcanzar mis metas y sueños.

A mi esposo **Santiago** y mi hijo **Sebastián** por ser mi inspiración y el pilar fundamental que me impulsa a seguir siempre adelante, por el amor puro y verdadero necesario para alcanzar las metas más altas y no decaer jamás.

A mis hermanos **Verónica y Diego** por estar siempre presente en los buenos y malos momentos, y con su cariño han sido partícipes de cada uno de mis logros brindándome su confianza y apoyo, y a mis sobrinos **Angie y Jefe** que con sus sonrisas y ternura han iluminado de alegría cada día difícil.

Para todas aquellas personas que estuvieron siempre pendientes familia, amigos gracias por formar parte de mi vida, para ustedes va dedicado mi trabajo.

Mayra Moposita Caguana

DEDICATORIA

Lo difícil e pasado contigo lo bueno y lo mejor contigo tú has sido mi fiel compañía mi único y eterno amor, desde que sonaba tu corazón con un pun pun pun, el amor sacrificado lo he recibido de ti.

El amor que Detalla Dios lo he vivido contigo: el amor todo lo puede todo lo soporta, todo lo sufre, todo lo espera. 1 Corintios 4-7

No bastarían los árboles, ni papel ni lápiz para describir todo lo que siento por ti.

Eres el motor en mi vida. DIOS TE BENDIGA TODA TU VIDA.

Este es el esfuerzo que has provocado tú en mí.

ISAAC BENJAMÍN EUGENIO NUÑEZ

Gabriela Nuñez Valle

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Objetivos de la Investigación	1
1.1.1. Objetivo General	1
1.1.2. Objetivos Específicos.....	1
1.2. Hipótesis	1
1.3. Definición de las Propiedades de los materiales.....	1
1.3.1. Propiedades Mecánicas.....	2
a. Elasticidad.....	2
b. Tenacidad	2
c. Fragilidad	2
d. Ductilidad	2
e. Plasticidad.....	2
1.4. Ensayos Mecánicos a Materiales.....	3
1.4.1. Definición de Esfuerzo –Deformación	3
a. Esfuerzo	3

b.	Deformación.....	3
1.4.2.	Diagrama Esfuerzo –Deformación Unitaria.....	4
a.	Ley de Hooke.....	5
b.	Módulo de Elasticidad.....	6
1.4.3.	Ensayos de Tracción Mecánica.....	6
1.4.4.	Ensayos de comprensión mecánica.....	8
1.4.5.	Ensayos de corte mecánico.....	9
1.4.6.	Normas técnicas de ensayo de tensión o tracción mecánica.....	10
a.	Normas técnicas ecuatorianas.....	11
b.	Norma técnica internacional.....	17
1.5.	Máquina para ensayos mecánicos.....	19
1.5.1.	Sistema Mecánico.....	20
a.	Cruceta Superior.....	21
b.	Pinza hidráulica automática.....	21
c.	Cruceta Inferior.....	21
d.	Espacio de Prueba.....	21
1.5.2.	Sistema Hidráulico.....	21
a.	Motor Eléctrico.....	22
b.	Bomba hidráulica.....	24
c.	Válvulas.....	26
d.	Cilindro Hidráulico.....	28
1.5.3.	Sistema Eléctrico-Electrónico.....	30
a.	Sensores.....	31
b.	Acondicionamiento de señales.....	37
c.	Amplificación.....	37
d.	Filtrado.....	38
e.	Aislamiento.....	39

f.	Linealización	39
g.	Sistema de adquisición de datos	40
1.5.4.	Principio de Operación de la Máquina	41

CAPÍTULO II

2.	DOCUMENTACIÓN Y SELECCIÓN.....	44
2.1.	Documentación del estado de la Máquina Universal Time Shijin Serie Wan-600c.	44
2.1.1.	Introducción Principal de la Máquina de ensayos	44
2.1.2.	Ámbito.....	44
2.1.3.	Parámetros y Especificaciones Técnicas.....	44
2.1.4.	Condiciones de Trabajo	45
2.1.	Documentación del estado del sistema mecánico.	45
2.1.1.	Estructura y Principio de Funcionamiento.....	45
2.1.2.	Bastidor de Carga	46
2.2.	Documentación del estado del sistema hidráulico.	49
2.2.1.	Conexión de Tuberías.....	49
2.2.2.	Selección del Aceite.....	49
2.2.3.	Llenado y Vaciado del Aceite.....	50
2.2.4.	Bomba Hidráulica.....	50
2.2.5.	Motor Eléctrico	51
2.2.6.	Válvulas distribuidoras de caudal.....	52
2.3.	Documentación del estado de sistema eléctrico.	53
2.3.1.	Parte Eléctrica.....	53
2.3.2.	Dispositivo de Seguridad	53
2.3.3.	Encoder.....	54
2.3.4.	Tarjeta de Control	55
2.4.	Selección de elementos electrónicos para la adquisición de datos.	55

2.4.1. Selección del sensor de Presión.....	56
2.4.2. Selección de la adquisición de Datos.	57

CAPÍTULO III

3. REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ANALÓGICO-DIGITAL.....	61
3.1. Implementación del Sistema de medición de Presión.....	62
3.1.1. Diseño del circuito electrónico que permita el acondicionamiento del sensor de presión.....	63
3.2. Implementación del Sistema de medición del desplazamiento	64
3.3. Implementación del Sistema de Adquisición de datos con el software Labview.....	65
3.3.1. Adquisición de Datos	65
a. Adquisición de Datos del Sensor de Presión.....	66
b. Adquisición de Datos del Sensor de Desplazamiento	69
c. Adquisición de Datos para el Final de Carrera	72
3.3.2. Generación de Señales.....	73
a. Generación de Datos Análogos	74
b. Generación de Datos Digitales	76
3.3.3. Implementación de la Tarjeta Daq en el tablero de Control	79
3.4. Diseño y construcción del Interfaz Hombre-Máquina para la visualización de resultados en un ordenador.....	80
3.4.1. Programa de la página de inicio.....	81
3.4.2. Programa del menú principal	82
a. Tipo de Probetas.....	83
b. Tipo de Material	84
c. Tipo de Ensayos	84
3.4.3. Programa del ingreso de longitud Inicial	85

3.4.4.	Programa Principal del Ensayo Mecánico.....	86
a.	Programa de la Adquisición de Datos de Sensores.....	87
b.	Programa de la Adquisición del Diagrama Esfuerzo-Deformación ..	87
c.	Programa de encendido y apagado de la bomba.	87
d.	Programa del Botón Calcular	88
e.	Programa del Botón Reporte	88

CAPÍTULO IV

4.	PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	90
4.1.	Pruebas del Equipo Instalado	90
4.1.1.	Calibración del Transductor de Presión	90
4.1.2.	Calibración del Encoder.....	91
4.2.	Análisis de Resultados.....	91
4.2.1.	Prueba del ensayo de tracción.....	92
a.	Datos obtenidos de manera analógica.....	92
b.	Datos obtenidos a través del sistema de adquisición de datos.....	96
4.3.	Manual de Usuario.....	96
4.3.1.	Manual de Usuario para preparación y colocación de las Probetas	96
a.	Colocación de probetas para el ensayo de tracción	96
b.	Colocación de probetas para el ensayo de compresión.....	98
4.3.2.	Manual de Usuario para iniciar el software Máquina Universal Time Shijin Serie WAN-600C	101
4.3.3.	Manual de Usuario para la realización del ensayo de Tracción.....	102
4.3.4.	Manual de Usuario para la realización del ensayo de Compresión	108

CAPÍTULO V

5.	ÁNÁLISIS DE COSTOS.....	114
5.1.	Costos directos	114

5.1.1. Materiales Directos	114
5.1.2. Mano de Obra	115
5.1.3. Costo Total del Proyecto Directo	116
5.2. Costos Indirectos	116
5.3. Costo de la Implementación del Sistema	117

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	118
6.1. Conclusiones	118
6.2. Recomendaciones	118
BIBLIOGRAFÍA	121
LINKOGRAFÍA.....	123
ANEXOS.....	126
ANEXO A: NORMAS APLICADAS A ENSAYOS MECÁNICOS	
ANEXO B: CATÁLOGOS DE EMPRESAS FABRICANTES	
ANEXO C: PRUEBAS DE ENSAYOS EN LABORATORIO NOVACERO	
ANEXO D: PRUEBAS DE ENSAYOS EN LABORATORIO ESPE	
ANEXO E: REPORTES DE ENSAYOS	
ANEXO F: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA	
ANEXO G: MANUAL DE SEGURIDAD	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Símbolos y designaciones de la norma NTE INEN 109:2009	13
Tabla 2	Símbolos y designaciones de la norma NTE INEN 143:1973	16
Tabla 3	Dimensiones admisibles para probetas de ensayos de tracción..	18
Tabla 4	Parámetros y Especificaciones Técnicas Principales	45
Tabla 5	Características del Motor YYB-100L-6A	52
Tabla 6	Factores a tomar en cuenta para la elección de sensores.....	55
Tabla 7	Parámetros del sensor de presión CYB-12SA West.....	57
Tabla 8	Parámetros del sensor de presión Truck PT1500.....	57
Tabla 9	Especificaciones Generales de la Tarjeta NI My DAQ	60
Tabla 10	Resumen de las señales adquiridas	66
Tabla 11	Valores de Presión y Voltaje obtenidos mediante experimento ...	68
Tabla 12	Señales del contador/temporizador de la tarjeta Ni MyDaq	69
Tabla 13	Datos adquiridos por el sensor de desplazamiento	71
Tabla 14	Funcionamiento de las válvulas de la Máquina Universal.....	73
Tabla 15	Elementos de Control y tipo de señal	74
Tabla 16	Conexiones de los Relés	79
Tabla 17	Tipo de Secciones para Probetas	84
Tabla 18	Calibración del Transductor de Presión	90
Tabla 19	Calibración del Sensor de Desplazamiento	91
Tabla 20	Datos obtenidos de manera analógica.....	93
Tabla 21	Resultados obtenidos de forma analógica y digital	96
Tabla 22	Costo de Materiales Mecánicos	114
Tabla 23	Costo de Materiales Eléctrico- Electrónicos.....	115
Tabla 24	Costo de Materiales de Instrumentación y Control	115
Tabla 25	Costo de Materiales para Pruebas.....	115
Tabla 26	Costo de la Mano de Obra	116
Tabla 27	Costo Total del Proyecto Directo	116
Tabla 28	Costo Total de Ingeniería	116
Tabla 29	Costo de la Implementación del Sistema	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama Esfuerzo.- deformación	4
Figura 2	Ensayo de tracción	7
Figura 3	Magnitudes presentes en el ensayo de tracción	7
Figura 4	Ensayo de compresión	8
Figura 5	Diagrama esfuerzo–deformación	9
Figura 6	Ensayo de corte mecánico.....	10
Figura 7	Límite de fluencia superior e inferior en diferentes curvas.....	13
Figura 8	Dimensiones de las probetas para ensayos de tracción.....	18
Figura 9	Máquina universal de ensayos mecánicos	19
Figura 10	Partes relevantes de una máquina de ensayos	20
Figura 11	Partes de un motor eléctrico de corriente alterna	22
Figura 12	Rotor de un motor sincrónico.....	23
Figura 13	Esquema circular de un motor asincrónico	24
Figura 14	Esquema de una bomba hidráulica con engranajes externos .	24
Figura 15	Esquema de una bomba de émbolo	25
Figura 16	Esquema gráfico de una bomba con engranajes internos	26
Figura 17	Válvula de Control Representativa	26
Figura 18	Esquema de una válvula distribuidora 4/2	27
Figura 19	Gráfica de una válvula reguladora unidireccional	28
Figura 20	Gráfica de una válvula limitadora de presión	28
Figura 21	Gráfica de un cilindro hidráulico con sus partes	29
Figura 22	Cilindro actuador tipo émbolo de simple efecto	30
Figura 23	Cilindro émbolo de doble efecto	30
Figura 24	Esquema del funcionamiento de un sensor	31
Figura 25	Esquema de una Galga Cementada.....	33
Figura 26	Esquema de una Galga sin Cementar	33
Figura 27	Puente de Wheatstone para galga extensométricas.....	34
Figura 28	Sensor de presión tipo Turck PT 1500.....	35
Figura 29	Representación de un Encoder Yuheng	35
Figura 30	Representación gráfica de señales incrementales	36
Figura 31	Conexiones del amplificador operacional AD620	38
Figura 32	Comparación de un filtro pasabanda ideal con uno real	39

Figura 33	Esquema de un proceso de linealización.....	40
Figura 34	Adquisición, procesamiento y distribución de datos.....	40
Figura 35	Matrices para un ensayo de corte.....	42
Figura 36	Probetas después del ensayo de corte.....	42
Figura 37	Representación gráfica del ensayo de tracción	42
Figura 38	Probeta para el ensayo de compresión	43
Figura 39	Estructura mecánica de la máquina universal de ensayos	46
Figura 40	Motor de elevación de la máquina de ensayos.....	47
Figura 41	Caja de control para sujeción de las mordazas	47
Figura 42	Mordazas de la máquina de ensayos	48
Figura 43	Elementos provistos en el interior de la máquina de ensayos .	49
Figura 44	Gráfica de la bomba hidráulica	50
Figura 45	Descripción gráfica de la moto bomba.....	51
Figura 46	Electro válvula Feng DSG-01-2B2-D24-N1-50	53
Figura 47	Electro válvula Feng DSG-01-3C2-D24-N1-50.....	53
Figura 48	Encoder incremental YuhengLEC-500BM-G05E.....	54
Figura 49	Tarjeta de control PCI original de la máquina	55
Figura 50	Sensor de presión CYB-12SA West	56
Figura 51	Sensor de presión Turck PT5000	57
Figura 52	Tarjeta Universal PCI, original de la máquina.....	58
Figura 53	Tarjeta de adquisición de datos NI My DAQ	58
Figura 54	Diagrama de Flujo del funcionamiento de la máquina	61
Figura 55	Instalación del Transductor Turck (PT500).	62
Figura 56	Pines de Conexión del transductor	62
Figura 57	Acondicionamiento de la Ni MyDAQ para corriente	63
Figura 58	Circuito de conexión para el transductor de presión.....	64
Figura 59	Implementación del sensor de desplazamiento	65
Figura 60	Adquisición de datos del sensor de presión.....	66
Figura 61	Canales de entradas analógicas.....	67
Figura 62	Adquisición de datos del sensor de presión.....	67
Figura 63	Filtrado de la señal del sensor de presión	68
Figura 64	Presión vs Voltaje del sensor de Presión.....	69
Figura 65	Adquisición de datos del sensor de desplazamiento	70
Figura 66	Canal de entrada de la señal del encoder	70

Figura 67	Adquisición de datos del sensor de desplazamiento	71
Figura 68	Desplazamiento vs Distancia/Pulso	72
Figura 69	Final de Carrera Implementado	72
Figura 70	Canal de adquisición de datos del final de carrera	73
Figura 71	Generación de datos análogos	75
Figura 72	Canal de generación de datos análogos.....	75
Figura 74	Accionadores manuales reemplazados	76
Figura 75	Implementación de la válvula de retorno	77
Figura 76	Generación de datos digitales	77
Figura 77	Entradas y salidas digitales de la tarjeta Daq	78
Figura 78	Configuración de la generación de datos digitales	78
Figura 79	Implementación de módulos de relés	79
Figura 80	Implementación de la tarjeta Ni MyDaq	80
Figura 81	Diagrama de Flujo sobre el funcionamiento del software	81
Figura 82	Diagrama de Flujo de la Caratula	82
Figura 83	Esquema de programación para la página de inicio	82
Figura 84	Diagrama de flujo del Menú Principal	83
Figura 85	Programa de Selección del tipo de ensayo.....	85
Figura 86	Diagrama de Flujo de la Longitud Inicial.....	85
Figura 87	Esquema de programación del ingreso de la longitud inicial ...	85
Figura 88	Diagrama de Flujo del Ensayo Mecánico.....	86
Figura 89	Programación para la adquisición de datos de los sensores ...	87
Figura 90	Programa para adquirir el Diagrama Esfuerzo-Deformación ...	87
Figura 91	Programación de encendido y apagado de la bomba.....	88
Figura 92	Programa para el Cálculo de Datos	88
Figura 93	Programa para generar un reporte de ensayos	89
Figura 94	Programación del Reporte en documento Word	89
Figura 95	Calibración del sensor de presión.....	91
Figura 96	Representación gráfica de la probeta	92
Figura 97	Montaje de la probeta en la máquina universal	92
Figura 98	Diagrama Esfuerzo- Deformación Unitaria	95
Figura 99	Representación gráfica de medición de la probeta.....	97
Figura 100	Encendido de la Maquina Universal.....	97
Figura 101	Encendido de Clamping Pump On.....	97

Figura 102	Colocación de la probeta en las mordazas	98
Figura 103	Medición de la probeta para el ensayo de compresión.....	99
Figura 104	Encendido de la Maquina Universal.....	99
Figura 105	Encendido de Clamping Pump On.....	100
Figura 106	Caja de control de Mordazas.	100
Figura 107	Ubicación de la Probeta para Ensayo de compresión	101
Figura 108	Ícono de activación para el programa de ensayos.....	101
Figura 109	Inicio del HMI para los ensayos mecánicos	102
Figura 110	Representación gráfica para ensayo de Tracción.....	102
Figura 111	Representación gráfica datos iniciales.....	103
Figura 112	Representación gráfica de valores en cero.....	103
Figura 113	Ingreso de la longitud inicial para el ensayo de tracción	104
Figura 114	Inicio del Ensayo de Tracción	104
Figura 115	Paro del Ensayo de Tracción	105
Figura 116	Representación gráfica de los resultados obtenidos.....	105
Figura 117	Inicio del reporte del Ensayo de Tracción.	106
Figura 118	Generación del reporte de Ensayos de Tracción	106
Figura 119	Reporte de Ensayos de Tracción.....	107
Figura 120	Representación gráfica para ensayo de Compresión	108
Figura 121	Datos iniciales de Ensayo de Compresión.....	109
Figura 122	Representación gráfica valores en cero.....	109
Figura 123	Ingreso de la longitud inicial para el ensayo de compresión .	110
Figura 124	Inicio del Ensayo de Compresión	110
Figura 125	Paro del Ensayo de Compresión	111
Figura 126	Representación gráfica de los resultados obtenidos.....	111
Figura 127	Inicio del reporte de Ensayos de Compresión	112
Figura 128	Generación del reporte de Ensayos de Compresión	112
Figura 129	Reporte de Ensayos de Compresión	113

RESUMEN

El presente proyecto consistió en la Repotenciación de la Máquina Universal Time Shijin serie Wan-600c para lo cual se consideró la implementación de nuevos dispositivos electrónicos así como elementos para la adquisición de datos, con la implementación de estos equipos se llevó a cabo un completo y mejorado sistema para el desarrollo de las pruebas de materiales. El sistema de adquisición de datos se desarrolló cumpliendo pasos y procesos, como primer paso, recolecta datos de entrada de los equipos electrónicos como los sensores que convierten la señal física en electrónica, siendo estas señales acondicionadas y llevadas a cumplir con el proceso de generación de datos. Para su interpretación y programación de la interface HMI se utilizó el software Labview. Una vez que la información es generada cumpliendo cada uno de los procesos se crea un reporte de los datos obtenidos en el ensayo, el que ayudará a tomar decisiones importantes. Este proyecto se efectuó para ensayos mecánicos demostrativos predeterminados de tracción y compresión, el mismo que tiene un enfoque educativo y no de prestación de servicios.

PALABRAS CLAVE:

- **MÁQUINA UNIVERSAL TIME SHIJIN SERIE WAN-600C**
- **SOFTWARE LABVIEW**
- **HIDRÁULICA**
- **MATERIALES- RESISTENCIA**

ABSTRACT

The present project involved on the repowering of the Universal Time Machine Shijin wan-600c series, For the implementation, there were considered new electronic devices like data acquisition equipment, with the implementation of them was carried out a complete and improved system for the development of materials testing. The data acquisition system was developed fulfilling steps and processes, as a first step, it gathers input data from electronic equipment such as sensors that convert the physical sign in an electronic one, and then these signs are put up and taken to meet with the generation process of data. In order to have a good interpretation trough an interface the algorithms were developed in LabVIEW software. Once the information is generated complying with each of the processes then the program generates a report of the data obtained in the trial, which will help to make important decisions. This process was made taking into account the needs previously met, the program that manages the machine, this makes it easy and easy to learn. This project was carried out for predetermined mechanical testing demonstration tension and compression, the same that has an educational approach rather than service delivery.

KEYWORD:

- **UNIVERSAL MACHINE SHIJIN WAN-600C**
- **LABVIEW SOFTWARE**
- **HYDRAULIC**
- **MATERIALS- RESISTANCE**

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Objetivos de la Investigación

1.1.1. *Objetivo General*

Realizar la repotenciación de la Máquina Universal Time Shijin Serie WAN-600C utilizada para la realización de ensayos mecánicos para el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

1.1.2. *Objetivos Específicos*

- Analizar y documentar el funcionamiento y operación de la Máquina Universal Time Shijin Serie WAN-600C.
- Investigar el acondicionamiento de señales necesarias para repotenciar la máquina universal de ensayos mecánicos.
- Repotenciar el sistema de adquisición de transformación de señales de la máquina universal de ensayos mecánicos.
- Realizar los ensayos mecánicos de tracción y compresión en muestras de materiales predeterminados utilizando tipos de probetas que ensaya las fábricas de Acero del Ecuador como: Adelca, Novacero.

1.2. Hipótesis

La repotenciación de la máquina universal para ensayos mecánicos del laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad de la Fuerzas Armadas Extensión Latacunga ¿Ayudará a la confirmación de datos teóricos obtenidos a través de cálculos analíticos dentro de las aulas?

1.3. Definición de las Propiedades de los materiales

Para un diseño futuro es importante saber el tipo de material que se manejará y las propiedades del mismo.

1.3.1. Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas de los materiales refieren al comportamiento de un material en estado sólido a resistir acciones de cargas o fuerzas. Estas propiedades se expresan en términos de cantidades que son funciones del esfuerzo o de la deformación o ambas simultáneamente.

Las propiedades mecánicas de los materiales se determinan realizando ensayos cuidadosos de laboratorio que presentan las condiciones de servicio hasta donde sea posible de cada material, tales como los factores que deben considerarse son la naturaleza de la carga aplicada, su duración, así como las condiciones del medio (Callester, 1995).

Las propiedades mecánicas fundamentales son la resistencia, la rigidez, la elasticidad, la plasticidad y la capacidad energética.

a. *Elasticidad*

Es la propiedad que presentan los materiales de volver a su estado inicial cuando han sido sometidos una fuerza. La deformación provocada por la acción de una fuerza o carga no es permanente, volviendo el material a su forma original al retirarse la carga.

b. *Tenacidad*

Es una medida de la cantidad de energía que un material puede absorber antes de fracturarse.

c. *Fragilidad*

Es la capacidad de un material de fracturarse con escasa deformación.

d. *Ductilidad*

Es propiedad que presentan los materiales de deformarse sin romperse obteniendo hilos.

e. *Plasticidad*

Es la propiedad mecánica de un material anelástico, natural, artificial, biológico o de otro tipo, de deformarse permanentemente e irreversiblemente

cuando se encuentra sometido a tensiones por encima de su rango elástico, es decir, por encima de su límite elástico.

1.4. Ensayos Mecánicos a Materiales

Los ensayos mecánicos nos permiten conocer las propiedades que tiene cada uno de los materiales que son sometidos a dichas pruebas. Estos pueden ser de dos tipos los ensayos destructivos y los no destructivos.

1.4.1. Definición de Esfuerzo –Deformación

a. Esfuerzo

El esfuerzo es la resistencia interna dada por una unidad de área del material del cual está fabricado un miembro a una carga aplicada externamente. El esfuerzo de diseño es ese nivel de esfuerzo que puede desarrollarse en n material al mismo tiempo que se garantiza que el miembro cargado es seguro (Mott, 2009).

$$\text{Esfuerzo} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{área}} = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 1}$$

El esfuerzo de compresión tiende a aplastar el material del miembro de carga y de esta manera acortarlo, mientras que el esfuerzo de tensión tiende a alargar y a separar el material.

b. Deformación

Deformación Unitaria (ϵ), se puede definir como la relación existente entre la deformación total y la longitud inicial del elemento, la cual permitirá determinar la deformación del elemento sometido a esfuerzos de tensión o compresión axial.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad \text{Ecuación 2}$$

La deformación unitaria no tiene dimensiones debido a que las unidades del numerador y denominador se anulan por ser las mismas pero para mantener

la definición de deformación por unidad de longitud del miembro es mejor mantener las unidades como in/in o mm/mm (Mott, 2009).

1.4.2. Diagrama Esfuerzo – Deformación Unitaria

El diagrama que se muestra en la figura 1 es necesario para la determinación de las propiedades de los materiales.

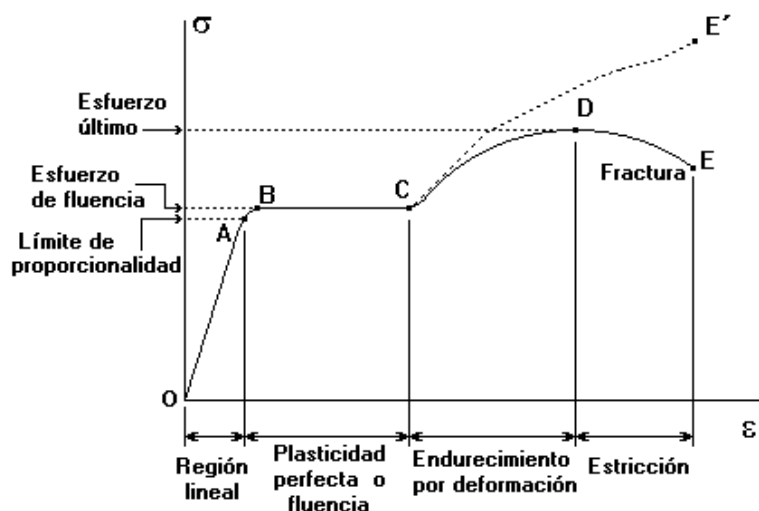


Figura 1 Diagrama Esfuerzo.- deformación

Fuente: (Mott, 2009)

En la figura 1 se muestra el diagrama esfuerzo deformación de los materiales dúctiles. El diagrama empieza con una línea recta desde el punto O hasta el punto A. En esta región, el esfuerzo y la deformación son directamente proporcionales, y se dice que el comportamiento del material es lineal. Después del punto A ya no existe una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación, por lo que el esfuerzo en el punto A se denomina límite de proporcionalidad. Es en esta región donde se llega a cumplir la conocida ley de Hooke.

A partir del punto A y hasta llegar a B el comportamiento no es lineal y se observa que las deformaciones crecen rápidamente con pequeños incrementos de tensión. En la zona AB la curva toma cada vez una pendiente más pequeña hasta llegar a B, punto en el que la curva se vuelve prácticamente horizontal.

Entre B y C sin variar la tensión se producen notables incrementos de longitud. Este fenómeno se conoce con el nombre de fluencia y el valor de la tensión en C se denomina límite de fluencia. En la zona BC el material se

vuelve perfectamente plástico. El fenómeno de fluencia se da cuando las impurezas o los elementos de aleación bloquean las dislocaciones de la red cristalina impidiendo su deslizamiento, mecanismo mediante el cual el material se deforma plásticamente.

A partir de C aparece el denominado endurecimiento por deformación debido a que el material sufre cambios en su estructura cristalina. Así se observa hasta que llega al punto representado por D en el diagrama. El valor de la tensión en este punto se denomina esfuerzo último, máximo o admisible.

A partir de D el alargamiento posterior de la barra se acompaña de una reducción en la carga hasta que llega al punto E del diagrama denominado punto de fractura. En el punto E en la barra se aprecia una importante contracción lateral con notable disminución de la sección transversal. Este fenómeno se conoce con el nombre de estricción. La estricción es la responsable del descenso de la curva tensión- deformación; realmente las tensiones no disminuyen hasta la rotura, sucede que lo que se representa es el cociente de la fuerza aplicada (creciente) entre la sección inicial y cuando se produce la estricción la sección disminuye, efecto que no se tiene en cuenta en la representación gráfica (Mott, 2009).

a. *Ley de Hooke*

La ley de Hooke define que la tensión es proporcional a la deformación basado en un experimento llevado a cabo con un sencillo dispositivo en el cual a un plato se le van agregando pesos y se van midiendo las deformaciones producidas progresivamente en el resorte (Salazar, 2007).

$$\sigma = E * \varepsilon \qquad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

σ = Esfuerzo axial

E = Modulo elástico del material o modulo de Young

ε = Deformación unitaria

b. *Módulo de Elasticidad*

El coeficiente de proporcionalidad entre la tensión y la deformación se denomina módulo de elasticidad o de Young y es característico del material y está representado por la pendiente de la recta OA (figura 1.1). El módulo de la elasticidad es una medida de la rigidez de una material, a veces también llamada rigidez específica, en el Sistema Estado Unidense Tradicional las unidades de la resistencia a la tensión y del módulo de elasticidad se define por libras sobre pulgadas cuadradas (Mott, 1992).

$$\text{Módulo de Elasticidad (E)} = \frac{\text{Esfuerzo Normal}}{\text{Deformación Normal}} = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \text{Ecuación 4}$$

Un material con un valor de E elevado se deformará menos con un esfuerzo dado que uno con un valor reducido de E . El término módulo de elasticidad, sin ningún modificador, generalmente se considera como el módulo de tensión.

1.4.3. *Ensayos de Tracción Mecánica*

El en ensayo de tracción es el ensayo más importante ya que proporciona la información más completa de la conducta mecánica de un material sometido a un estado de tensión uniaxial, estado sencillo que se prefiere ante las dificultades que presentan otros estados de tensión aunque éstos presenten mejor las situaciones reales de servicio de los materiales ensayados (Nuñez, Roca, & Jorba, 2011).

El objetivo principal de los ensayos de tracción es el someter un material con dimensiones conocidas hasta que se produzca el fallo. La resistencia de un material depende de su capacidad para soportar una carga sin deformación excesiva o falla. Esta propiedad es inherente al material mismo y debe determinarse por experimentación, una de las pruebas más importantes son las de tensión (Mott, 2009).

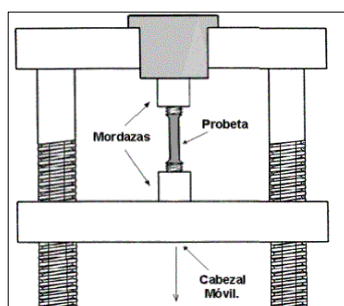


Figura 2 Ensayo de tracción

Fuente: (Cervera, 2004)

Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o una fuerza aplicada lentamente por una maquina Universal Figura 2, las velocidades de deformación en un ensayo de tensión son relativamente pequeñas.

El resultado del ensayo de tracción es una gráfica en la que se representa en abscisas el incremento de longitud de la probeta en cada instante, dividido entre su longitud inicial, y en ordenadas la fuerza aplicada en cada instante, dividida entre el área de la sección de la probeta (ver la figura 3).

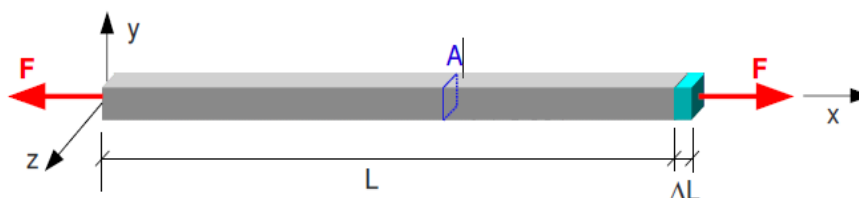


Figura 3 Magnitudes presentes en el ensayo de tracción

Fuente: (Cervera, 2004)

Porcentaje de Alargamiento.- Es el porcentaje que tiene la probeta luego de ser sometida a tracción su medición se la realiza entre dos puntos y es expresada en tanto por ciento.

$$\% \text{ alargamiento} = \frac{l_f - l_0}{l_0} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

l_f = Longitud final de la probeta

l_0 = Longitud inicial de la probeta

1.4.4. Ensayos de compresión mecánica

Los ensayos de compresión-deformación se llevan a cabo si las fuerzas que operan en servicio son de este tipo. Un ensayo de compresión se ejecuta de forma similar a un ensayo de tracción, excepto que la fuerza es compresiva y la probeta se contrae a lo largo de la dirección de la fuerza. Una fuerza de compresión se considera negativa y, por tanto, produce un esfuerzo negativo, como se muestra en la figura 5.

Los ensayos de tracción son mucho más comunes porque son más fáciles de realizar; pero por otra parte, para la mayoría de los materiales utilizados en aplicaciones estructurales, se obtiene muy poca información adicional a partir del ensayo de compresión. Los ensayos de compresión se utilizan cuando se desea conocer el comportamiento del material bajo deformaciones permanentes grandes (plásticas), tal como ocurren en los procesos de conformación, o bien cuando tiene un comportamiento frágil a tracción (Callester, 1995).

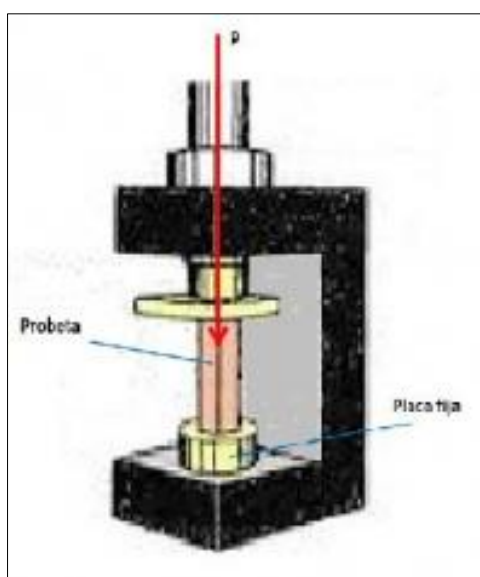


Figura 4 Ensayo de compresión

Fuente: (EcuRed, 2013)

Existen algunas limitaciones para el ensayo de compresión.

- La dificultad de aplicar una carga verdaderamente concéntrica o axial.
- El carácter relativamente inestable de este tipo de carga, existe siempre una tendencia al establecimiento de esfuerzos flexionantes y a que el

efecto de las irregularidades de alineación de las accidentales dentro de la probeta se acentúa a medida que la carga prosigue.

- La fricción entre las placas de apoyo de la máquina y las superficies de los extremos de la probeta debido a la expansión lateral de ésta, esto puede alterar considerablemente los resultados del ensayo.

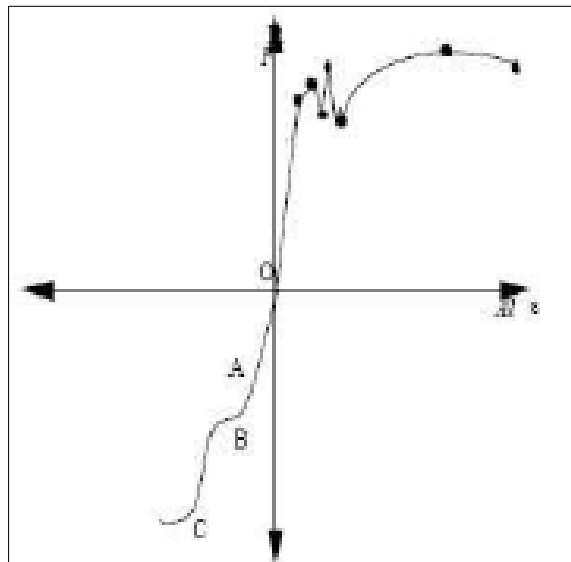


Figura 5 Diagrama esfuerzo–deformación para ensayo de compresión
Fuente: (Garcia, 2009)

Como se puede observar en la figura 5, el diagrama obtenido en un ensayo de compresión presenta varios tramos como:

- Límite de proporcionalidad: OA: Periodo de proporcionalidad. Ley de Hooke.
- Límite de rotura o aplastamiento: AB: Limite de fluencia al aplastamiento. Esfuerzo a partir del cual las deformaciones son permanentes.

1.4.5. Ensayos de corte mecánico

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

Debido a que el ensayo de corte tiene poca aplicación práctica, rara vez se lo solicita en las especificaciones, ya que no permite deducir características mecánicas de importancia en el material que se ensaya (véase figura 6).

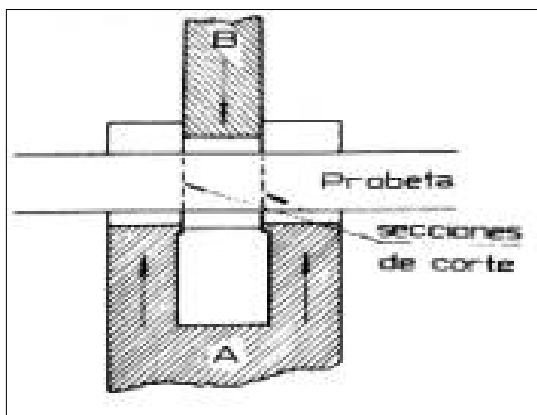


Figura 6 Ensayo de corte mecánico

Fuente: (ONI, 2012)

El esfuerzo de corte no puede ser obtenido prácticamente como un esfuerzo puro o simple, ya que generalmente se produce un esfuerzo de flexión, cuyo valor variará según el procedimiento a seguir pues es indudable que si se considera una sola cuchilla su importancia decrecerá, aunque también se tendrá una pequeña influencia en el valor obtenido sobre la dureza del filo y la penetración en cuña del mismo. Sin embargo prácticamente se calcula el esfuerzo de corte como si se tratara de un esfuerzo simple, aplicando la ecuación de tensión ya conocida, debido a que éste predomina tomando valores de tal magnitud que permiten despreciar los efectos secundarios.

1.4.6. Normas técnicas de ensayo de tensión o tracción mecánica

La mencionada normativa indica las dimensiones admisibles en las probetas, el procedimiento correcto de ensayo y los instrumentos de medida que se han de utilizar así como el tratamiento de datos que debe realizarse. Las normas técnicas se rigen a estudios ya realizados y tienen como función normalizar un procedimiento determinado, obligando a las personas a cumplir con lo establecido. Se anuncia algunas normas tanto nacionales como internacionales:

a. *Normas técnicas ecuatorianas*

Las normas técnicas que en el Ecuador están vigentes son las normas técnicas INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), tienen por objeto establecer el método para el ensayo de tracción, en el ensayo de tracción del acero, existen varias:

- **NTE INEN 109:2009, ENSAYO DE TRACCIÓN PARA MATERIALES METÁLICOS A TEMPERATURA AMBIENTE.**

Esta norma determina el método para el ensayo de tracción de materiales metálicos y define las propiedades mecánicas que se pueden determinar a temperatura ambiente. Se aplica al ensayo de tracción de todos los productos de acero de sección transversal constante. Para ciertos materiales metálicos y aplicaciones particulares, el ensayo de tracción debe estar sujeto a normas específicas o exigencias particulares (INEN, 2009).

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

En esta norma se aplican las siguientes definiciones:

- *Longitud calibrada (L)*. Es la longitud de la sección cilíndrica o prismática de la probeta de ensayo en la que se va a medir la elongación en cualquier momento durante el ensayo.
- *Longitud calibrada inicial (Lo)*. Longitud previamente calibrada antes de la aplicación de la carga.
- *Longitud calibrada final (Lu)*. Es la longitud calibrada después de la rotura de la probeta ensayo.
- *Longitud paralela (Lc)*. Se refiere a la longitud de la sección reducida paralela de la probeta de ensayo.
- *Elongación*. Es el incremento de la longitud calibrada inicial (Lo) en cualquier instante del ensayo. Dentro de este parámetro hay que tomar en cuenta los siguientes términos: Porcentaje de elongación, porcentaje de

elongación permanente, porcentaje de elongación después de la rotura, porcentaje de elongación total a la rotura, porcentaje de elongación al esfuerzo máximo.

- *Longitud calibrada del extensómetro (L_e)*. Es la longitud de la sección paralela de la probeta de ensayo usada para la medición del alargamiento por medio de un extensómetro.
- *Extensión*. Incremento de la longitud calibrada (L_e) del extensómetro en un momento dado del ensayo. Dentro de este parámetro hay que tomar en cuenta los siguientes términos: porcentaje permanente de extensión y el porcentaje de extensión en el límite de fluencia.
- *Porcentaje de reducción de área (Z)*: Cambio máximo en el área de la sección transversal que ha ocurrido durante el ensayo ($S_o - S_u$) expresado como un porcentaje del área de la sección transversal inicial (S_o).
- *Carga máxima (F_m)*: Es la carga más alta que ha resistido la probeta durante el ensayo, una vez que ha sido superado el límite de fluencia. Para materiales que no presentan puntos de fluencia este es el máximo valor durante el ensayo.
- *Esfuerzo*. Carga en cualquier momento del ensayo dividida por el área de la sección transversal inicial (S_o) de la probeta de ensayo.
- *Resistencia a la tracción (R_m)*. Esfuerzo correspondiente a la carga máxima (F_m).
- *Resistencia a la fluencia (límite de fluencia)*. Se produce cuando el material metálico muestra un fenómeno de fluencia, se alcanza un punto durante el ensayo en el cual la deformación plástica se produce sin ningún incremento en la carga. Se definen dos tipos de fluencia: Límite de fluencia superior, valor del esfuerzo en el momento en que se observa el primer decrecimiento de la carga y Límite de fluencia inferior, valor más bajo del esfuerzo en el campo plástico, ver figura 7.

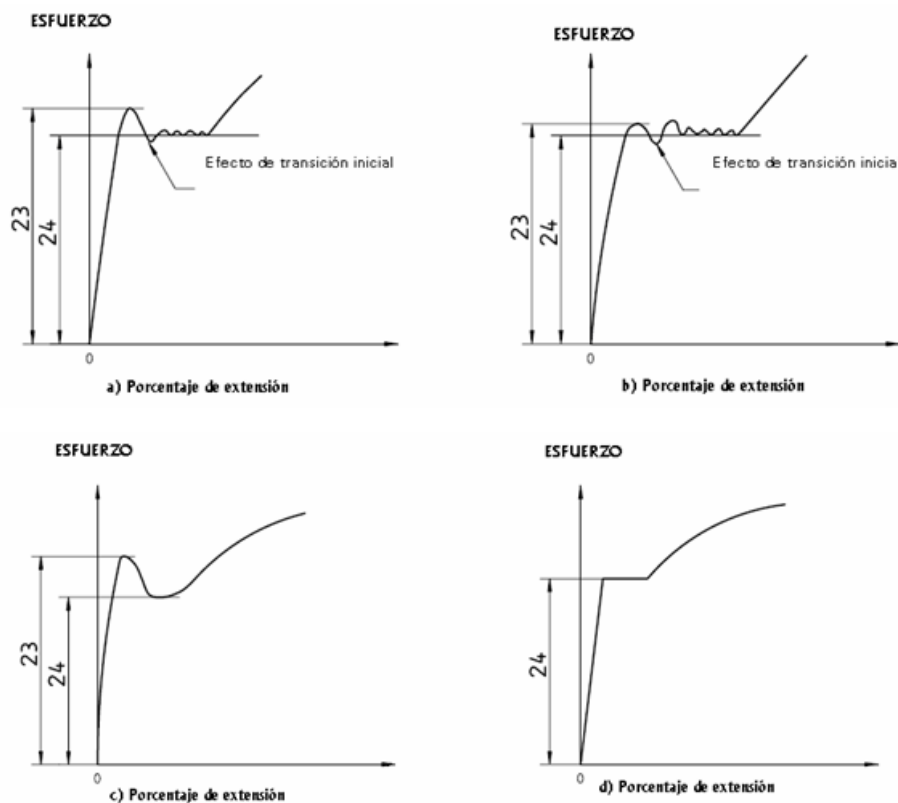


Figura 7 Límite de fluencia superior e inferior en diferentes curvas

Fuente: (INEN, 2009)

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

En el contenido de esta norma se utilizarán los símbolos y sus correspondientes designaciones, las mismas que se establecerán en la tabla 1.

Tabla 1

Símbolos y designaciones de la norma NTE INEN 109:2009

Nombre de Referencia	Símbolo	Designación	Unidades
PROBETA			
1	a	Espesor de la probeta de ensayo plana o de la pared de un tubo	mm

CONTINÚA ➡

2	b	Ancho de la longitud paralela de la probeta de ensayo plana o ancho promedio de una tira longitudinal tomada de un tubo o ancho de un alambre plano	mm
3	d	Diámetro de la longitud paralela de una probeta circular o diámetro de un alambre Redondo o diámetro interno de un tubo.	mm
4	D	Diámetro externo de un tubo	mm
5	L_o	Longitud calibrada inicial	mm
-	$L'o$	Longitud calibrada inicial para determinar A_g	mm
6	L_c	Longitud paralela	mm
-	L_e	Longitud calibrada del extensómetro	mm
7	L_t	Longitud total de la probeta	mm
8	L_u	Longitud final calibrada después de la rotura	mm
-	$L'u$	Longitud calibrada final después de la rotura para determinar A_g	mm
9	S_o	Área de la sección transversal inicial de la longitud paralela.	mm ²
10	S_u	Área mínima de la sección transversal después de la rotura.	mm ²
	k	Coefficiente de proporcionalidad.	
11	Z	Porcentaje de reducción de área	%
12	-	Área de la sección transversal inicial de la longitud paralela.	-
ELONGACIÓN			
13	-	Elongación después de la rotura L_u-L_o	mm
14	A	Porcentaje de elongación después de la rotura.	%
15	A_e	Porcentaje de extensión en el punto de fluencia	%
16	ΔL_m	Extensión a la carga máxima	mm
17	A_g	Porcentaje de elongación no proporcional, a la carga máxima(F_m)	%
18	A_{gt}	Porcentaje de elongación total, a la carga máxima(F_m)	%
19	A_t	Porcentaje de elongación total, a la rotura	%
20	-	Porcentaje especificado de extensión no proporcional	%
21	-	Porcentaje de extension total.	%
CARGA			
22	F_m	Carga Máxima	N
Límite de fluencia– Esfuerzo de prueba–Resistencia a la tracción			
23	ReH	Límite de fluencia superior	MPa
24	ReL	Límite de fluencia inferior	MPa
25	R_m	Resistencia a la tracción	MPa
26	R_p	Esfuerzo de prueba con extensión no proporcional	MPa
27	R_r	Esfuerzo a la deformación permanente	MPa
28	R_t	Esfuerzo de prueba con extensión total	MPa
-	E	Módulo de elasticidad	MPa

Fuente: (INEN, 2009)

Las diferentes mediciones de las probetas según la norma NTE INEN 109: 2009 se encuentran en el anexo A.

- **NTE INEN 143:1973, ENSAYO DE TRACCIÓN PARA TUBOS DE ACERO**

Esta norma se aplica para ensayos de tracción de tubos completos de acero o secciones longitudinales de espesor completo, cortadas de los tubos de acero. El ensayo de la sección longitudinal no se efectúa en tubos cuyas paredes tengan un espesor menor que 0,5 mm (0.02").

El ensayo se fundamenta en someter una longitud de tubo de sección completa, o una sección longitudinal cortada de un tubo, con espesor igual a la pared del mismo, a un incremento del esfuerzo de tracción, hasta llegar a la rotura, con el objeto de determinar una o más de las propiedades (INEN, 1976).

Dentro de esta norma se detallan los siguientes términos:

- *Longitud inicial entre marcas (L_0)*. Se refiere a la longitud entre marcas, antes de la aplicación de las cargas.
- *Longitud final entre marcas (L_u)*. Longitud entre marcas después de la rotura de la probeta y una vez que los dos fragmentos han sido ajustados cuidadosamente, de manera que sus ejes respectivos permanezcan colineales.
- *Alargamiento permanente porcentual*. Es la variación de la longitud entre marcas de la probeta sometida a una tensión prescrita y luego descargada.
- *Alargamiento porcentual después de la rotura (A)*. Alargamiento permanente de la longitud entre marcas después de la rotura de la probeta, expresado en porcentaje de la longitud inicial entre marcas L_0 .
- *Reducción porcentual del área por estricción (Z)*. Es la máxima disminución de la sección transversal que se produce durante el ensayo, expresada en por ciento del área de la sección inicial S_0 .
- *Carga máxima (F_m)*. Determinada como la mayor carga que soporta la probeta.
- *Carga final (F_u)*. Carga soportada por la probeta en el momento de la rotura.

- *Carga en el límite de fluencia (Fe)*. Es la carga bajo la cual sucede por primera vez un aumento en el alargamiento de la probeta, sin un incremento de la carga o aún con la disminución de ésta.
- *Esfuerzo*. Es el cociente entre la carga y el área de la sección transversal inicial de la probeta, en cualquier momento del ensayo.

La tabla 2 detalla la simbología y designación los parámetros sobresalientes de la norma 143 establecida para ensayos de tracción para tubos de acero

Tabla 2

Símbolos y designaciones de la norma NTE INEN 143:1973

N°	Símbolo	Designación	Unidad
1	D	Diámetro exterior de los tubos redondos, o en tubos de otras secciones transversales.	mm
2	a	Espesor del tubo	mm
3	b	Ancho medio del fleje longitudinal	mm
4	Lo	Longitud inicial entre marcas	mm
5	Lc	Longitud paralela	mm
6	Lt	Longitud Total	mm
7	-	Extremos amordazados	-
8	So	Área de la sección transversal inicial de la parte equilibrada	mm ²
9	Lu	Longitud final entre marcas	mm
10	Su	Área mínima de la sección transversal de la parte calibrada después de la fractura	mm ²
11	-	Alargamiento permanente después del límite de fluencia	mm
12	Fe	Carga en el límite de fluencia	daN
13	Re	Esfuerzo en el límite de fluencia	daN/mm ²
14	Fm	Carga Máxima	daN
15	Rm	Resistencia a la tracción	daN/mm ²
16	Fu	Carga final en el momento de la rotura	daN
17	Lu-Lo	Alargamiento permanente después de la rotura.	mm
18	A	Alargamiento porcentual después de la rotura.	%
19	Z	Reducción porcentual después del área de la rotura	%
20	Ra	Esfuerzo correspondiente a un alargamiento permanente prescrito.	daN/mm ²
21	-	Alargamiento permanente prescrito.	%
22	Rc	Esfuerzo en el límite convencional de elasticidad.	daN/mm ²
23	-	Límite convencional de elasticidad	%

Fuente: (INEN, 1976)

Las gráficas de las diferentes medidas para este tipo de probetas se representan en el Anexo A.

b. *Norma técnica internacional*

Las normas técnicas internacionales ASTM (Sociedad Americana para el Ensayo y Materiales) e ISO (Organización Internacional para Regularización), también son aplicadas dentro del país, y son utilizadas como base para la elaboración de las normas INEN, por lo cual se menciona la norma:

- **NTE INEN-ISO 377:2009, ACERO Y PRODUCTOS DE ACERO - LOCALIZACIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS Y PROBETAS PARA ENSAYOS MECÁNICOS.**

Esta Norma detalla requisitos para la identificación, ubicación, preparación de muestras y probetas destinadas para ensayos mecánicos en secciones de acero, barras, varillas, productos planos y productos tubulares, como se define en la ISO 6929. No es aplicable para ensayos no destructivos.

Esta norma no es aplicable para ensayos no destructivos pero si para muestras y probetas que son para el uso en pruebas que se llevan a cabo de conformidad con los métodos especificadas en el producto o en la norma del material o, en la ausencia de esto, en la norma de ensayo (INEN, 2009).

- **NORMAS ASTM E8, E8M-09**

La ASTM determina a la norma E8, E8M-09 como Métodos de Prueba Estándar para Pruebas de Tensión de Materiales Metálicos. Estas pruebas de tensión suministran información sobre la resistencia y la ductilidad de los materiales en tracción uniaxial. Esta información puede ser útil en las comparaciones de los materiales, el desarrollo de aleación, control de calidad y diseño en determinadas circunstancias. Se utilizan probetas con dimensiones específicas tal y como se muestra en la figura 8.

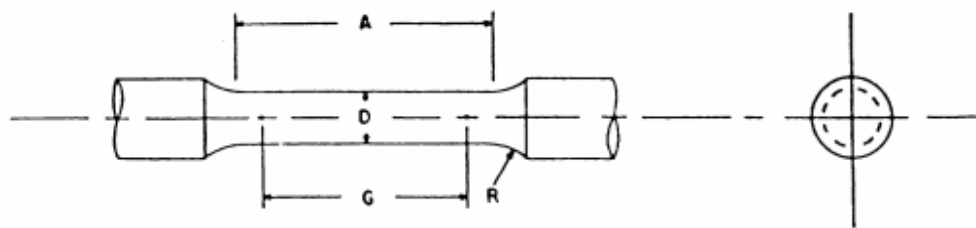


Figura 8 Dimensiones de las probetas para ensayos de tracción

Fuente: (Escacena, 2006)

En la tabla 3 se detallan las dimensiones en milímetros admisibles para probetas que se utilizan en ensayos de tracción según la norma ASTM E8, E8M-09.

Tabla 3

Dimensiones admisibles para probetas de ensayos de tracción

		Dimensiones mm				
		Muestra Estándar	Tamaño de muestras pequeñas proporcionales al estándar			
Símbolos		12.5	9	6	4	2.5
G	Longitud Calibrada	62.5±0.1	45.0±0.1	30.0±0.1	20.0±0.1	12.5±0.1
D	Diámetro de la sección reducida	12.5±0.2	9.0±0.1	6.0±0.1	4.0±0.1	2.5±0.1
R	Radio del filete	10	8	6	4	2
A	Longitud de la sección reducida	75	54	36	24	20

Fuente: (Escacena, 2006)

Para estas probetas se deben verificar las medidas A, D y R. El diámetro de la sección reducida (D) se mide en tres puntos, anotando estos valores y considerando el valor medio como diámetro. Además se debe comprobar en cada caso que la sección reducida no presente irregularidades tales como entallas o marcas que puedan provocar una variación en la medida realizada (Escacena, 2006).

Los resultados de las pruebas de tensión de las muestras a máquina a las dimensiones normalizadas de las partes seleccionadas de una pieza o material no del todo pueden representar la fuerza y propiedades de ductilidad del producto final completo o su comportamiento en servicio en diferentes ambientes. Estos métodos de ensayo cubren los test de tensión de los materiales metálicos en cualquier forma a temperatura ambiente, en concreto,

los métodos de determinación de la resistencia a la fluencia, fluencia, resistencia a la tracción, el alargamiento, y la reducción de la superficie.

1.5. Máquina para ensayos mecánicos

Se denomina máquina universal a una máquina similar a una prensa utilizada para someter materiales a ensayos de tracción y compresión y de esta manera medir sus propiedades. La presión se logra mediante placas o mordazas accionadas por tornillos o por un sistema hidráulico. La máquina de ensayos universales (ver Figura 9) tiene como función comprobar la resistencia de distintos tipos de materiales. Para esto está provisto de un sistema que aplica cargas controladas sobre una probeta) y mide en forma de grafica la deformación, y la carga al momento que se produce su ruptura.



Figura 9 Máquina universal de ensayos mecánicos

Fuente: (Shijin, 2003)

Dichas máquinas se llaman así porque poseen las especificaciones de carga universales, es decir, que posee las medidas exactas de peso en kilogramos. La palabra ensayo significa realizar pruebas, en el ámbito de laboratorio, todo para llegar a unas conclusiones. Se usan probetas a escala, que conservan las propiedades completas del material que se desea probar (Pinto, 2013).

Entre los tipos de ensayos más conocidos se encuentran: tracción, compresión, cizalladura, flexión, pelado, desgarramiento, cíclico y ductilidad a la flexión; de lo cual se obtienen algunas propiedades como: elasticidad, dureza, embutibilidad, resistencia, etc.

1.5.1. Sistema Mecánico

El tablero de peso está conformado por un cabezal superior y un cabezal inferior. El cabezal ajustable, el cual es normalmente motorizado, permanece fijo durante la prueba. Su juego de ajuste es usado solamente para cambios de herramientas, etc., y no se usa para aplicar cargas (ver figura 10).

Las máquinas que se emplean para el ensayo mecánico generalmente contienen los siguientes elementos para: sujetar la probeta, para deformarla, para medir la carga necesaria para producir la deformación. Algunas máquinas omiten la medición de la carga y la sustituyen por una medición de deformación, mientras que otras máquinas efectúan tanto la medición de la carga como la de la deformación por medio de aparatos que forman parte integrante de la máquina misma o bien son auxiliares de ella.

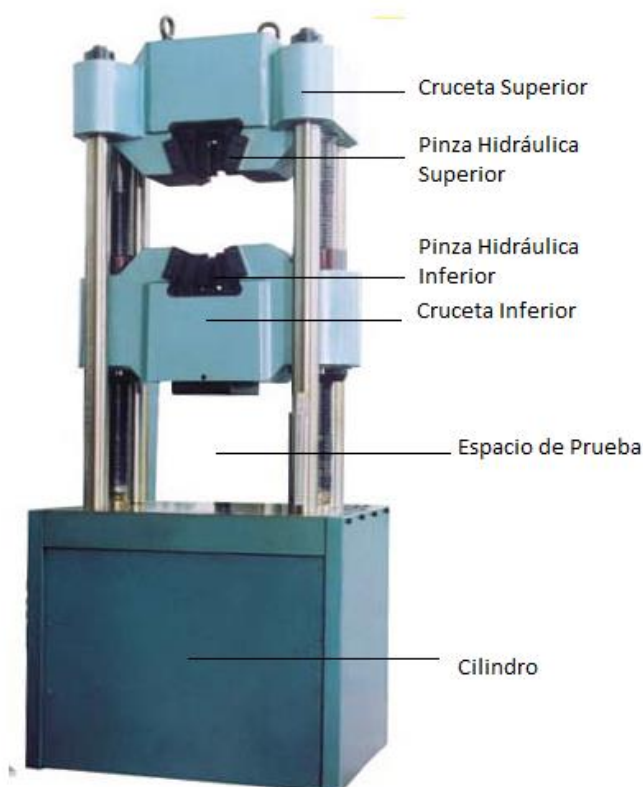


Figura 10 Partes relevantes de una máquina de ensayos

Fuente: (Shijin, 2003)

En la mayoría de máquinas de ensayo universales, se regula la deformación como la variable independiente y se mide la carga resultante, y en muchas máquinas especializadas, particularmente las que trabajan con cargas ligeras, se regula la carga y se determina la deformación resultante (Marks, 2002).

La figura 10 detalla algunas de las partes más relevantes de una máquina de ensayos mecánicos, los mismos que se definen a continuación:

a. Cruceta Superior

La posición superior de la cruceta se puede ajustar de acuerdo con la longitud de las muestras de ensayo.

b. Pinza hidráulica automática

Produce la acción de cuña para un agarre hidráulico independiente que sostenga firmemente las muestras. Asegurar la seguridad y fiabilidad durante ensayos de tracción.

c. Cruceta Inferior

La cruceta inferior es impulsada por el motor y el engranaje para hacer que se mueva hacia arriba y a una distancia preestablecida.

d. Espacio de Prueba

Es un doble espacio que se utiliza según la prueba mecánica requerida; el espacio de ensayo superior se utiliza para realizar ensayos de tracción, mientras que el espacio de ensayo inferior se usa para hacer ensayos de compresión (Shijin, 2003).

1.5.2. Sistema Hidráulico

El sistema hidráulico de una máquina universal de ensayos mecánicos posee varios componentes que hacen que su acción sea efectiva. A continuación se establecen algunos elementos:

a. Motor Eléctrico

Los motores eléctricos son el fundamento básico de toda la mecánica en general, ya que convierte la energía eléctrica en energía mecánica y ésta a su vez en movimiento. Los motores cumplen un amplio en la vida moderna, esto siendo desde el propio hogar hasta cualquier tipo de actividad que desarrolle el hombre.

Hay una variedad amplia de motores tanto en formas, tipos y tecnologías aplicadas para conseguir a partir de la electricidad la rotación. Los motores asincrónicos trifásicos son los más utilizados (Roldán, 1994).

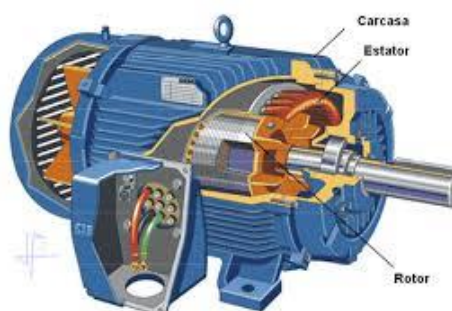


Figura 11 Partes de un motor eléctrico de corriente alterna

Fuente: (Zona Vertigo 2040, 2012)

Dentro de un motor se pueden distinguir tres partes fundamentales (ver figura 11) : la carcasa o caja que envuelve las partes eléctricas del motor (es la parte externa); el estator cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado estatórico, que es una parte fija y unida a la carcasa; y por ultimo tenemos el rotor cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado rotórico, que constituye la parte móvil del motor y resulta ser la salida o eje del motor(Zona Vertigo 2040, 2012).

En cuestiones industriales es común utilizar motores de corriente alterna ya que la mayoría de maquinaria acciona con este tipo de corriente. Los motores de corriente alterna trifásicos se clasifican en:

- *Motor sincrónico*

El motor síncrono es un alternador trifásico que funciona a la inversa. La velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator son iguales, funcionan a la velocidad de sincronismo, sin deslizamiento, como la frecuencia es fija, la velocidad del motor permanece constante, independientemente de la carga o voltaje de la línea trifásica.

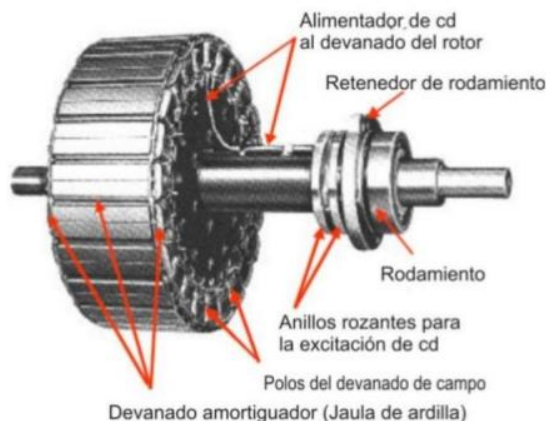


Figura 12 Rotor de un motor sincrónico

Fuente: (Durán, 2013)

Su funcionamiento se basa en que los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica (López, 2013).

Este tipo de motor no se emplea industrialmente por una serie de problemas que origina su puesta en marcha proceso de trabajo y desconexión.

- *Motor Asíncrono*

Un motor se considera asíncrono cuando la velocidad del campo magnético generado por el estator supera a la velocidad de giro del rotor. El motor asíncrono no ofrece problemas de puesta en marcha y parada ni durante el proceso de trabajo siendo su rendimiento muy aceptable dentro del campo industrial.

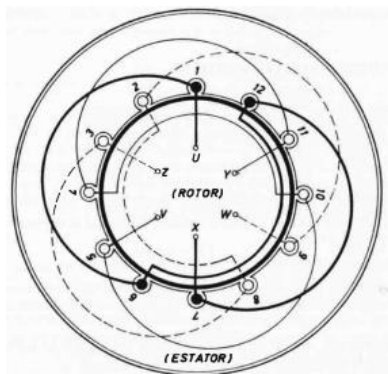


Figura 13 Esquema circular de un motor asincrónico

Fuente: (Roldán, 1994)

Como se observa en la figura 13 consta de estator y rotor. El estator es la parte en reposo del motor. En él están las ranuras en que va el bobinado. Los principios U-V-W y finales X-Y-Z de las fases van en una caja de conexiones o bornes que podrán ir conectados en estrella o triángulo. El rotor es generalmente de jaula de ardilla o cortocircuito. En este caso no lleva bobinado alguno.

b. Bomba hidráulica

Se define como máquinas generadoras a aquellas que transmiten la energía al fluido mediante el movimiento de un elemento rotatorio llamado impelente y que obliga al fluido a moverse de forma acelerada por su interior, esto se resume en que una bomba hidráulica debe cumplir dos misiones: mover el líquido y obligarlo a trabajar.

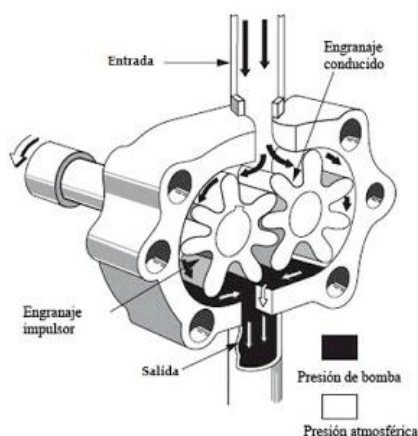


Figura 14 Esquema de una bomba hidráulica con engranajes externos

Fuente: (Automatización Industrial, 2011)

Las bombas de desplazamiento positivo son un tipo de bombas que tienen como principio el teorema de Pascal, y una construcción difícil que las hace en la mayoría de los casos de coste elevado. Esta dificultad es consecuencia de la necesidad de dar estanquidad a la separación entre las zonas de presión elevada y reducida, y la de la propia bomba con el exterior (Berrondo, Mongelos, & Pellejero, 2007). Se clasifican en bombas alternativas y bombas rotativas.

- *Bombas Alternativas*

Las bombas alternativas constan esencialmente de una carcasa cilíndrica con un émbolo desplazable en uno y otro sentido y una serie de válvulas que comunican las tuberías de aspiración e impulsión con el interior de la carcasa. Las bombas alternativas se subclasifican en: bombas de émbolo y de membrana, considerando la esencia del elemento que se desplaza alternativamente.

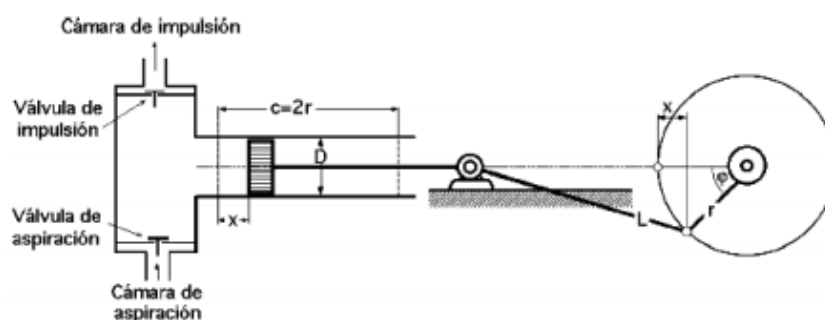


Figura 15 Esquema de una bomba de émbolo

Fuente: (Mestizo, 2014)

- *Bombas Rotativas*

Las bombas rotativas, también denominadas rotoestáticas, constan de un cuerpo de bomba de forma variable, dentro del cual están instaladas unas piezas móviles giratorias que provocan el desplazamiento positivo del líquido. Las piezas móviles están dispuestas de tal forma que crean volúmenes en una zona de la carcasa, estableciendo automáticamente una depresión que aspira el líquido, a continuación lo desplaza y por último lo deposita en otra zona donde el líquido se halla a presión.

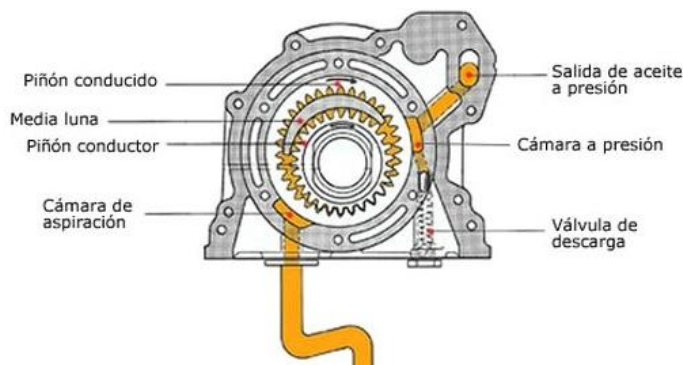


Figura 16 Esquema gráfico de una bomba con engranajes internos

Fuente: (Automatización Industrial, 2011)

Estas bombas no poseen válvulas, provocando así que se requiera un ajuste perfecto entre las distintas piezas, para impedir que el líquido retroceda y de esta forma obtener un alto rendimiento. Se utilizan en general, para obtener grandes presiones, y por lo tanto para generar grandes fuerzas; solo pueden trabajar con líquidos viscosos, que sirven a la vez de lubricantes, con un alto grado de limpieza (Berrondo, Mongelos, & Pellejero, 2007)

c. Válvulas

Una válvula (ver figura 17) es un elemento o dispositivo usado para controlar el flujo de un fluido en una canalización o tubería, el control de un fluido en una tubería incluye: cantidad de flujo y dirección. Es importante entonces para las características de una válvula el tipo de fluido, así como las condiciones del mismo (Pérez, 2000).

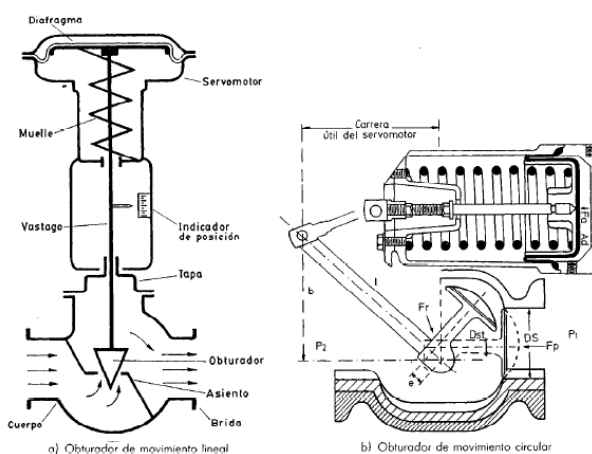


Figura 17 Válvula de Control Representativa

Fuente: (Creus, 1993)

A continuación se detallan algunas de las válvulas más representativas dentro de una máquina:

- Válvulas distribuidoras

Las válvulas distribuidoras (ver figura 18) son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o almacenada en un depósito (Pérez, 2000).

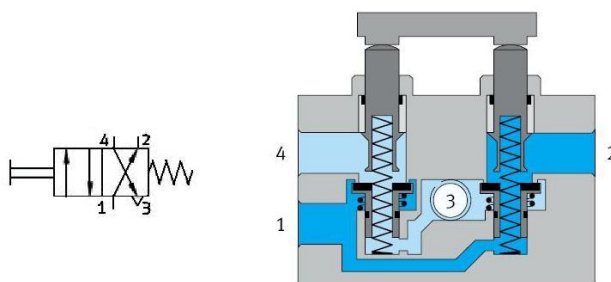


Figura 18 Esquema de una válvula distribuidora 4/2

Fuente: (WordPress, 2012)

- Válvulas reguladoras de caudal unidireccionales

El funcionamiento de estas válvulas se basa en que para reducir el caudal se debe reducir la sección de paso en la tubería. Se puede mantener el caudal circulante por un conducto a pesar de disminuir la sección de paso esto a costa de una mayor pérdida de carga. La pérdida de carga aumenta en proporción inversa al cuadrado de la sección de paso. Para conservar un caudal debe fijarse un paso de aceite (Pérez, 2000). El principio básico de un regulador de caudal se basa en la relación entre caudal, paso y pérdida de carga (ver figura 19).



Figura 19 Gráfica de una válvula reguladora unidireccional

Fuente: (WordPress, 2012)

- Válvula limitadora de presión o de seguridad

Las válvulas limitadoras son conocidas como válvulas de alivio o sobrepresión. Su función es limitar la presión máxima ya que no admiten que la presión en el sistema sobrepase un valor máximo admisible.

Es una válvula normalmente cerrada y sólo se abre y vierte parte o todo el caudal de la bomba al depósito cuando llega a alcanzar el valor calibrado previamente preestablecido. Las válvulas se ponen en derivación en el circuito. Son de dos vías (Mestizo, 2014). La figura 20 muestra el esquema de una válvula limitadora de presión.

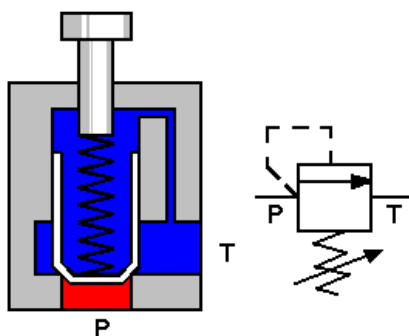


Figura 20 Gráfica de una válvula limitadora de presión

Fuente: (Mestizo, 2014)

d. Cilindro Hidráulico

Un cilindro hidráulico es un componente que convierte la potencia fluídica en fuerza mecánica y movimiento lineal. Consiste de una elemento movable, como un pistón, un vástago, etc., actuando dentro de un cilindro. Como se observa en la figura 21 las partes de trabajo esenciales son: camisa cilíndrica

encerrada entre dos cabezales, el pistón con sus guarniciones, y el vástago con su buje y guarnición.

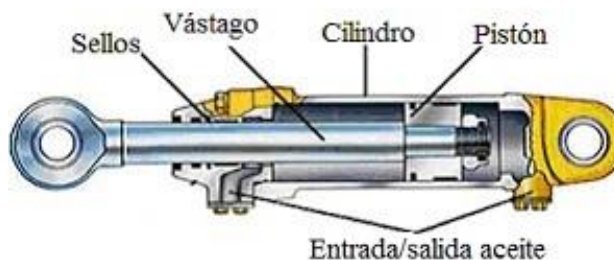


Figura 21 Gráfica de un cilindro hidráulico con sus partes

Fuente: (Rodríguez, 2014)

En los sistemas hidráulicos y neumáticos la energía es transmitida a través de tuberías, esta energía se obtiene en función del caudal y presión del aire o aceite que circula en el sistema. La presión del fluido determina la fuerza de empuje de un cilindro, el caudal de ese fluido es quien establece la velocidad de desplazamiento del mismo. La combinación de fuerza y recorrido produce trabajo, y cuando este trabajo es realizado en un determinado tiempo produce potencia (Pérez, 2000).

Los tipos de cilindros más utilizados para las máquinas de ensayos son:

- *Cilindro Simple efecto*

Se denomina cilindro de simple efecto a dichos cilindros que hidráulicamente solo se moverá en un sentido, y el movimiento opuesto lo realiza por un medio mecánico, como puede ser un muelle, o por la ley de la gravedad. Se pueden identificar a simple vista al tener solo una conexión hidráulica (Automantenimiento, 2012).

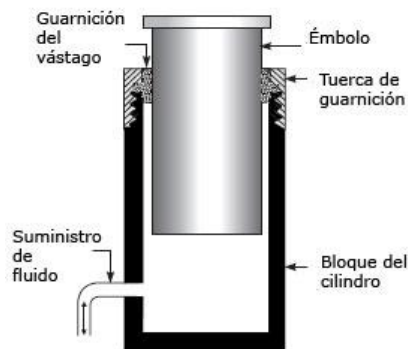


Figura 22 Cilindro actuador tipo émbolo de simple efecto

Fuente: (Sapiensman, 2014)

- *Cilindro de doble efecto*

Los cilindros de doble efecto son aquellos que generan movimiento en los dos sentidos por medio de la energía hidráulica. Tienen dos conexiones hidráulicas, una de ellas para extraer el pistón y la otra para contraer el pistón por medio de los componentes del circuito hidráulico (Automantenimiento, 2012).

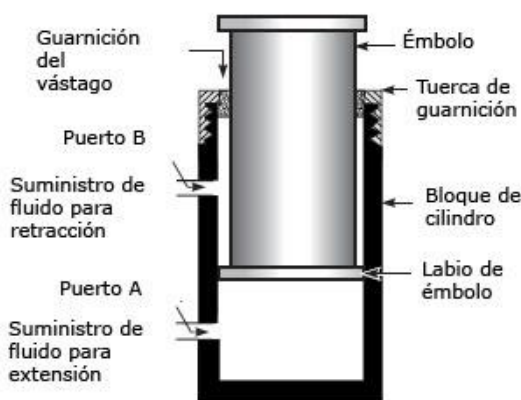


Figura 23 Cilindro émbolo de doble efecto

Fuente: (Sapiensman, 2014)

1.5.3. Sistema Eléctrico-Electrónico

El sistema eléctrico electrónico tiene ciertos parámetros de medición que debe tomar en cuenta, estos son:

- La fuerza aplicada por la Máquina Universal.
- La deformación que sufre el material ensayado.
- El desplazamiento del pistón del sistema hidráulico.

Las máquinas para estas pruebas comprenden de un accionamiento que realiza una deformación regular a la muestra y los mide con indicadores que permiten medir la fuerza y el alargamiento de la probeta. La señal que emiten los sensores debe ser sometida a un acondicionamiento y posteriormente por medio de una tarjeta de adquisición de datos conectarla a un puerto de la computadora.

A continuación se establecen algunas de las partes importantes para que el sistema eléctrico-electrónico realice sus funciones:

a. Sensores

Un sensor es un dispositivo que pertenece al conjunto de los transductores pero con una característica particular distintiva, este tiene una energía de salida eléctrica, esto quiere decir que la energía de entrada puede ser de diferente tipo pero la salida siempre será una variable eléctrica que refleja el valor de una propiedad capaz de ser cuantificada y manipulada (Pérez, 2000), tal como se muestra en la figura 24.

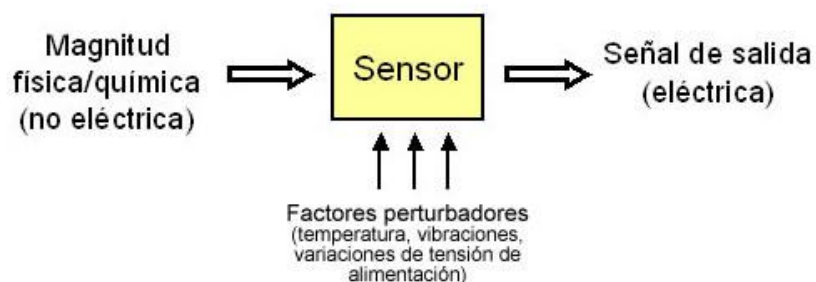


Figura 24 Esquema del funcionamiento de un sensor

Fuente: (Meganeboy, 2014)

Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y pueden ser: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc.

Dependiendo del tipo de sensor, su salida eléctrica puede ser un voltaje, corriente, resistencia u otro atributo eléctrico que varía con el tiempo. Algunos sensores pueden requerir componentes adicionales y circuitos para producir correctamente una señal que puede ser leída con precisión y con toda seguridad por un dispositivo DAQ (National Instruments Corporation, 2015).

Entre las características técnicas de un sensor destacan las siguientes:

- *Rango de medida*: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- *Precisión*: error de medida máximo esperado.
- *Offset o desviación de cero*: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula.
- *Linealidad o correlación lineales*: Se produce cuando el valor de la variable de entrada es directamente proporcional al valor de la variable de salida.
- *Sensibilidad*: relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- *Resolución*: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- *Rapidez de respuesta*: depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- *Derivas*: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, estas pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.

Dentro de una máquina de ensayos se distinguen dos tipos de sensores fundamentales, estos son:

- *Galgas Extensométricas (straingage)*

Se basan en la variación de longitud y de diámetro, y por lo tanto de resistencia, que tiene lugar cuando un hilo de resistencia, que tiene lugar cuando un hilo de resistencia se encuentra sometido a una tensión mecánica por la acción de una presión.

Existen dos tipos de galgas extensométricas: galgas cementadas (ver figura 25) formadas por varios bucles de hilo muy fino que están pegados a una hoja de cerámica, papel o plástico, y una galga sin cementar (ver figura 26) en las que los hilos de resistencia descansan entre un armazón fijo y otro móvil bajo una ligera tensión inicial (Creus, 1993)

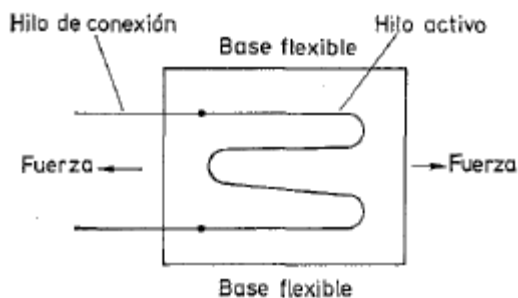


Figura 25 Esquema de una Galga Cementada

Fuente: (Creus, 1993)

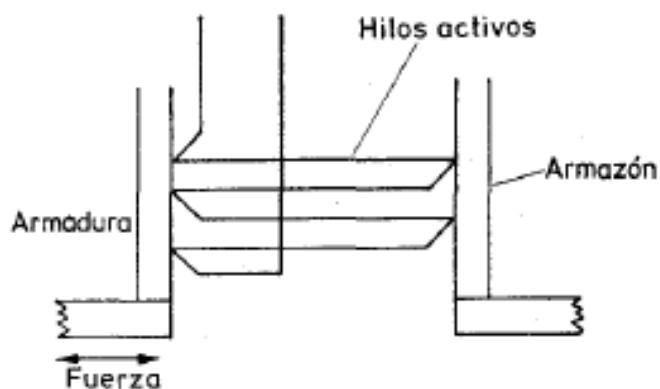


Figura 26 Esquema de una Galga sin Cementar

Fuente: (Creus, 1993)

En estos dos tipos de galgas, la aplicación de presión estira o comprime los hilos según sea la disposición que el fabricante haya adoptado, modificando pues la resistencia de los mismos.

La galga forma parte de un puente de wheatstone, véase la figura 27. Y cuando esta sin tensión tiene una resistencia eléctrica determinada. Se aplica al circuito una tensión, nominal tal que la pequeña corriente que circula por la resistencia crea una caída de tensión en la misma y el puente de se equilibra para estas condiciones (Creus, 1993).

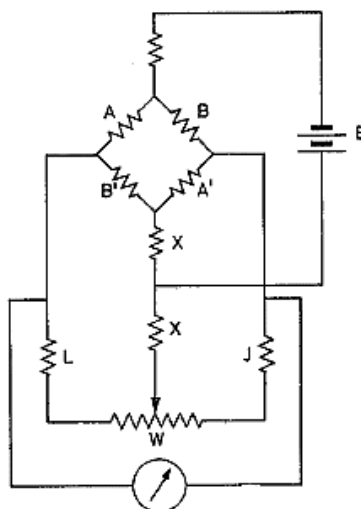


Figura 27 Puente de Wheatstone para galga extensométricas

Fuente: (Creus, 1993)

Cualquier variación de presión que mueva el diafragma del transductor cambia la resistencia de la galga y desequilibra el puente. El intervalo de medida de estos transductores varía de 0-0,6 a 0-10.000 bar y su precisión es del orden de $\pm 0,5\%$.

Las galgas extensométricas pueden alimentarse con c.c. o c.a. Tienen una respuesta frecuencia al excelente y pueden utilizarse en medidas estáticas y dinámicas. Presentan una compensación de temperatura relativamente fácil y generalmente no son influidas por campos magnéticos. Con excepción de las galgas de silicio difundido poseen las siguientes desventajas: señal de salida débil, pequeño movimiento de la galga, alta sensibilidad a vibraciones y estabilidad dudosa a lo largo del tiempo de funcionamiento.

La galga de silicio difundido tiene la ventaja adicional de estar en contacto directo con el proceso sin mecanismos intermedios de medición de la presión pudiendo así trabajar correctamente aunque el fluido se deposite parcialmente sobre el diafragma del elemento ya que mide directamente la presión del fluido y no la fuerza que este hace sobre el diafragma (Creus, 1993).

- *Sensor de presión*

Los sensores de presión o transductores de presión, son muy habituales en cualquier proceso industrial o sistema de ensayo. Su objetivo es transformar

una magnitud física en una eléctrica, en este caso transforman una fuerza por unidad de superficie en un voltaje equivalente a esa presión ejercida.

Los formatos son diferentes, pero destacan en general por su robustez, ya que en procesos industriales están sometidos a todo tipo de líquidos, existiendo así sensores de presión para agua, sensores de presión para aceite, líquido de frenos, etc.



Figura 28 Sensor de presión tipo Turck PT 1500

Fuente: (Turck, 2015)

Los rangos de medida y precisión varían mucho en función de la aplicación existen distintos tipos de sensores de presión dentro de ellos. La figura 28 muestra uno del sinnúmero de sensores de presión disponibles en el mercado. (Sensing, 2015).

- *Encoder*

Los encoders son sensores que generan señales digitales en respuesta al movimiento. Para medir movimientos lineales, velocidad y posición se les usa en conjunto con dispositivos mecánicos tales como engranes, ruedas de medición o flechas de motores.



Figura 29 Representación de un Encoder Yuheng

Fuente: (Yuheng Optics, 2013)

Están disponibles en dos tipos, uno que responde a la rotación, y el otro al movimiento lineal, y están disponibles con diferentes tipos de salidas, uno de ellos son los encoders incrementales, que generan pulsos mientras se mueven y se utilizan para medir la velocidad, o la trayectoria de posición. Otro tipo de encoders son los absolutos que generan multi-bits digitales, que indican directamente su posición actual (West Instrument, 2010).

Encoder Incremental

Los encoders de incremento proveen un número específico de pulsos espaciados equitativamente por revolución, por pulgada o milímetro de movimiento lineal como se muestra en la figura 30. Se utiliza un solo canal de salida para aplicaciones donde el sentido de la dirección de movimiento no es importante (unidireccional), en caso de que requiera el sentido de dirección, se utiliza la salida de cuadratura (bidireccional), con dos canales de 90 grados eléctricos fuera de la fase.

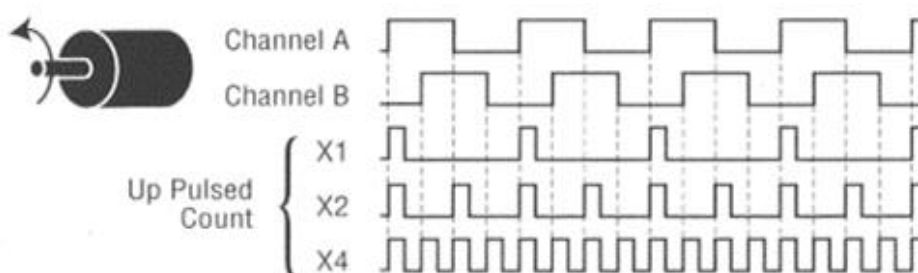


Figura 30 Representación gráfica de señales incrementales

Fuente: (West Instrument, 2010)

Una salida de un encoder incremental indica movimiento y para determinar la posición, sus pulsos deben ser acumulados por un contador. La cuenta está sujeta a pérdida durante una interrupción de energía o corrupción por transistores eléctricos. Cuando comienza, el equipo debe ser dirigido a una referencia o posición de origen para inicializar los contadores de posición.

Encoder Absoluto

Un encoder absoluto genera mensajes digitales lo cual representa la posición actual del encoder, así como su velocidad y dirección de movimiento. Su característica particular es si la energía se pierde, su salida será corregida cada vez que la energía sea reestablecida, ya que no es necesario ir a una posición referencial como con los encoders de tipo incremental.

La resolución de un encoder absoluto es definida como el número de bits por mensaje de salida. Esta salida puede ser directamente en código binario o Gray, el cual produce un cambio de un solo bit encada paso para reducir errores.

b. Acondicionamiento de señales

La mayoría de las señales requieren de preparación antes de poder ser digitalizadas. Aún las señales de voltaje puro pueden requerir de tecnología para bloquear señales grandes de modo común o picos. Todas estas tecnologías de preparación son formas de acondicionamiento de señal.

Los siguientes son algunos de los procesos que se pueden presentar en el acondicionamiento de una señal:

- Protección para evitar daño al siguiente elemento.
- Convertir una señal en un tipo de señal adecuado, sería el caso cuando es necesario convertir una señal a un voltaje de cd, o a una corriente.
- Obtención del nivel adecuado de la señal, si la señal se va a alimentar a un convertidor analógico a digital para después entrar a un microprocesador, será necesario ampliarla en forma considerable, haciéndola de una magnitud de milivoltios a otra de voltios para ello es muy común utilizar amplificadores operacionales.
- Eliminación o reducción del ruido.
- Manipulación de la señal, por ejemplo, convertir una variable en una función lineal (Lara, 2012).

Con más detalle, en una etapa de acondicionamiento se puede encontrar estas etapas, aunque no todas están siempre presentes:

c. Amplificación

La amplificación de señales es el tipo más común de acondicionamiento, para conseguir la mayor precisión posible la señal de entrada deber ser amplificada de modo que su máximo nivel coincida con la máxima tensión que el convertidor pueda leer. Para realizar una amplificación de señal es frecuente utilizar amplificadores operacionales y en el caso de máquinas comúnmente se utilizan amplificador es de instrumentación, un ejemplo de este tipo de dispositivos se observa en la figura 31.

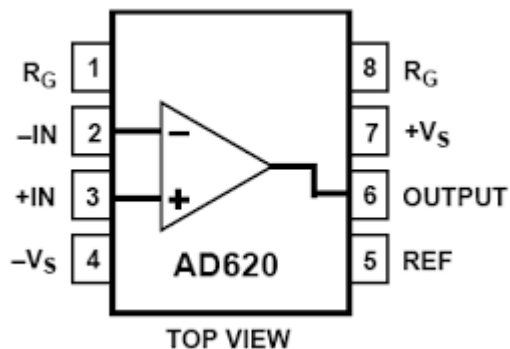


Figura 31 Conexiones del amplificador operacional AD620

Fuente: (Pallas, 2005)

Cuando los niveles de voltaje que se va a medir son muy pequeños, la amplificación se usa para maximizar la efectividad del digitalizador. Al amplificar la señal de entrada, la señal acondicionada usa más efectivamente el rango del convertidor analógico-digital (ADC) y mejora la precisión y resolución de la medición (Pallas, 2005).

d. Filtrado

Continuamente la señal eléctrica obtenida de los transductores contiene ciertas distorsiones con respecto a la señal mecánica, esto debido a interferencias que se dan en la red, radiofrecuencias, etc, a estas interferencias se las conoce como ruido, que normalmente suele tener un comportamiento espectral diferente a la señal deseada.

La forma de eliminar el ruido es por medio de un proceso denominado filtrado de frecuencias mediante los filtros que selecciona cierta banda de frecuencias, eliminando los armónicos que no le corresponden a la frecuencia deseada y no permite que se transmitan (Lara, 2012).

Los filtros se dividen en 5 grupos: paso bajo, paso alto, sintonizados, eliminadores de banda, y sin atenuaciones. Un filtro de paso bajo ideal no atenúa ninguna señal de entrada de frecuencia en la banda útil, que se definen como todas las frecuencias de paso bajo. Los filtros reales son señales de entrada sujetas a funciones de transferencia matemáticas que aproximan sus características a las de un filtro ideal.

En la figura 32 se comparan la atenuación de las funciones de transferencia de un filtro ideal y real.

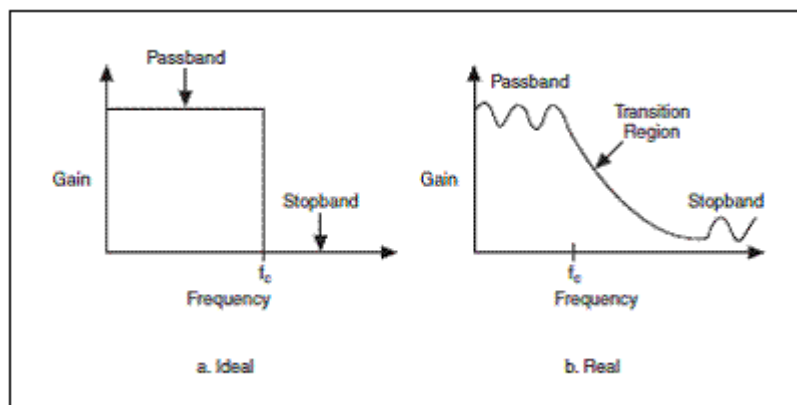


Figura 32 Comparación de un filtro pasabanda ideal con uno real

Fuente: (Pallas, 2005)

e. Aislamiento

La conexión incorrecta entre los sistemas y tierra, es una de las causas más comunes de los problemas de medida. Los sistemas de acondicionamiento de señal con aislamiento pueden prevenir la mayor parte de estos problemas. Estos dispositivos pasan la señal de su fuente al dispositivo de medida sin una conexión física usando un transformador, óptico, o técnicas de acoplamiento capacitivo.

Las señales de voltaje fuera del rango del digitalizador pueden dañar el sistema de medición y ser peligrosas para el operador. Es preciso tener aislamiento y atenuación para proteger al sistema y al usuario de voltajes de alta tensión o picos (Lara, 2012).

Otra aplicación habitual en acondicionamiento de la señal es el aislamiento eléctrico entre el transductor y el ordenador, para proteger al mismo de transitorios de alta tensión que puedan dañarlo. Un motivo adicional para usar aislamiento es el garantizar que las lecturas del convertidor no son afectadas por diferencias en el potencial.

f. Linealización

La linealización consiste en obtener una señal de salida que varíe linealmente con la variable que se requiere medir. Un caso bastante frecuente

es la de un sensor donde su salida varía de forma exponencial con respecto a la variable a medir (WordPress, Instrumentación Mecatrónica, 2013).

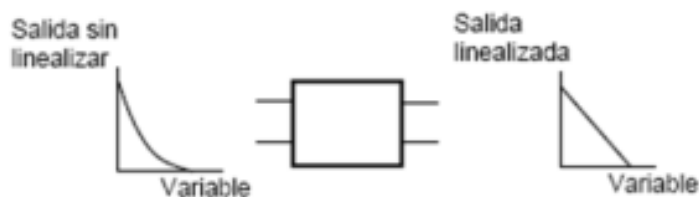


Figura 33 Esquema de un proceso de linealización

Fuente: (WordPress, Instrumentación Mecatrónica, 2013)

Algunos tipos de sensores producen señales de voltaje que no son lineales en relación con la magnitud física medida. La linealización, puede realizarse a través de acondicionamiento de señal o software.

g. Sistema de adquisición de datos

En esta etapa la información de las magnitudes físicas es adquirida y convertida en una señal eléctrica. De esta etapa dependerá la mayoría prestaciones del sistema de medida. La variable del mundo físico es convertida en una señal eléctrica mediante un dispositivo sensor a fin de ser procesada adecuadamente.

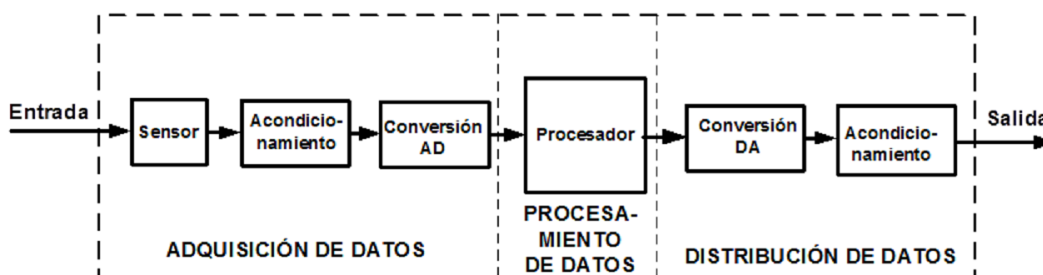


Figura 34 Adquisición, procesamiento y distribución de datos

Fuente: (WordPress, 2013)

Como se muestra en la figura 35 seguidamente de la adquisición de datos se procede al procesamiento, selección y manipulación de los datos, la cual puede ser realizada por un DSP (Procesador Digital de Señal). Un DSP es un sistema basado en un procesador o microprocesador que posee un conjunto de instrucciones, un hardware y un software optimizados para aplicaciones

que requieran operaciones numéricas a muy alta velocidad (WordPress, 2013).

En la distribución de datos valor medido se presenta a un observador o se transmite a otro sistema. La señal que toma el sensor puede tener algunas características que la hacen poco adecuada para ser procesada (señal de pequeño nivel, espectro grande, falta de linealidad, etc.), estas características pueden ser corregidas en la etapa de acondicionamiento de la señal (ver figura 34).

1.5.4. Principio de Operación de la Máquina

Todas las cargas de prueba son aplicadas por el movimiento hacia arriba del pistón impulsado hidráulicamente. Las válvulas de carga y descarga controlan el porcentaje de carga y descarga por la regulación del flujo de aceite desde la bomba montada en la unidad de potencia hidráulica al cilindro hidráulico bajo el tablero de peso. Una carga aplicada a una muestra se detecta como un cambio de presión de aceite en el cilindro de carga y se traduce en una señal de voltaje de una celda de presión de alta precisión y amplificador de alto rendimiento. Esta señal analógica se convierte en una señal digital, que se calcula en términos de la escala completa. Por lo tanto, el sistema de medición de la carga proporciona la digitalización de displays analógicos de la carga aplicada en la unidad de KN (tf).

La prueba de compresión, flexión y corte se realiza en el área entre el cabezal inferior y el cabezal ajustable. Las matrices utilizadas para realizar los ensayos de corte se los puede observar en la figura 35, y las probetas después de ser sometidas al ensayo de corte y después de producirse la fracturase los detalla en la figura 36.



Figura 35 Matrices para un ensayo de corte.

Fuente: (ONI, 2012)

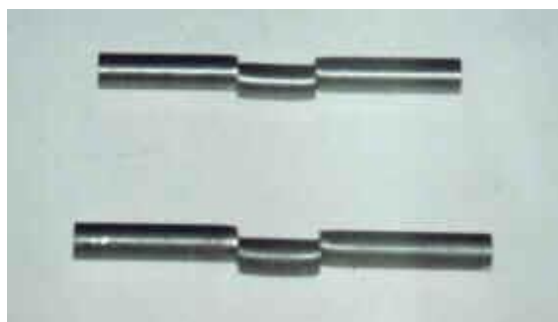


Figura 36 Probetas después del ensayo de corte

Fuente: (ONI, 2012)

La prueba de tensión se realiza en el área entre el cabezal superior y el cabezal ajustable, tal como se observa en la figura 37.



Figura 37 Representación gráfica del ensayo de tracción

Fuente: (Tecnolowikia, 2009)

El ensayo de compresión es poco frecuente en los metales, este ensayo técnico es utilizado para la determinación de la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión, consiste en aplicar a la probeta, en la dirección de su eje longitudinal, una carga estática que tiende a provocar un acortamiento de la misma y cuyo valor se irá incrementando hasta la rotura o suspensión del ensayo, se realiza con la utilización de probetas en una máquina universal como se muestra en la figura 38.



Figura 38 *Probeta para el ensayo de compresión*

Fuente: (ONI, 2012)

La velocidad de la prueba no debe ser mayor que aquella a la cual las lecturas de la carga de tensión puedan ser hechas de forma exacta. La velocidad del ensayo se expresa en términos de la velocidad de los cabezales, el rango de separación de los dos cabezales de la máquina de ensayo bajo carga o en términos del rango de tensión de la probeta, entre otros.

La velocidad conveniente de ensayo debe ser usada hasta alcanzar la mitad del punto de cedencia especificado, cuando este punto es alcanzado, el rango de separación de los cabezales bajo carga debe ser ajustado para que no exceda 1/16 pulg/min por cada pulgada de la longitud de la sección central de la probeta (Marks, 2002).

CAPÍTULO II

DOCUMENTACIÓN Y SELECCIÓN

2.1. Documentación del estado de la Máquina Universal Time Shijin Serie Wan-600C.

2.1.1. Introducción Principal de la Máquina de ensayos

Utiliza bastidor de carga con equipo bajo cilindro. Las partes fundamentales del servo electrohidráulico se abastecen de líquido, como la servo válvula y el motor. El amplificador completamente digital de doble canal y el Controlador PC desarrollado por los fabricantes realiza el control a lazo cerrado de carga, deformación, desplazamiento de la muestra; China controla el paquete de software que adopta la tecnología de aparatos virtuales visualizando la pantalla principal, desplazamiento del pistón, deformación y curva de prueba.

El inteligente modo de control ajusta un sistema experto que hace que los usuarios tengan la capacidad de ajustar el modo de control por sí mismos. Además, el paquete cumple con estándar nacional DE “MÉTODOS DE MÁQUINAS DE ENSAYOS DE TENSION DE METAL” DE GB228-2002.

2.1.2. Ámbito

Está diseñado para ensayos de tensión, compresión, doblado y corte de materiales metálicos y no metálicos, y puede usarse ampliamente para materiales de construcción, metalurgia, ciencia y unidades de investigación para universidades, colegios, centros de inspección de calidad y unidades de inspección de productos básicos. Es un equipo de ensayo ideal para industrias de producción, investigación científica y enseñanza, etc.

2.1.3. Parámetros y Especificaciones Técnicas

La tabla 4 muestra los parámetros y especificaciones técnicas principales con los que cuenta la Máquina Universal Time Shijin Serie WAN-600C, las cuales son fundamentales para el correcto funcionamiento de la misma.

Tabla 4**Parámetros y Especificaciones Técnicas Principales**

Elemento	Especificación
Máxima Capacidad de Carga	600KN
Rango de Carga	2% - 100% de Carga Máxima
Distancia máxima entre las pinzas de tensión(incluido el recorrido del pistón)	600mm
Diámetro de la muestra (mm)	$\phi_{13} \sim \phi_{26}$; $\phi_{26} \sim \phi_{40}$
Máxima Sujeción la anchura de muestra plana	80mm
Sujeción del grosor de muestra plana	0mm~ 30 mm
Máxima Distancia entre la Superficie de Compresión	550mm
Tamaño de alto y bajo de la platina de compresión	204 x 204 (mm)
Distancia entre apoyos para el ensayo de doblado	600mm
Anchura de los apoyos de doble	140mm
Grado de doblado admisible	100mm
Distancia entre columnas	650mm
Diámetro de la muestra de corte	ϕ_{10} mm
Máximo Velocidad de Levantamiento del Pistón	70 mm/min
Velocidad de elevación de la Cruceta Inferior	150 mm/min
Máximo recorrido del Pistón	250mm
Dimensión aceptable de la mesa de trabajo	650mm x 650mm
Dimensión del contorno del bastidor de carga (LxAxE)	1180mmx750mmx2633mm
Dimensión del Gabinete Eléctrico	600mmx480mmx960mm

2.1.4. Condiciones de Trabajo

- Temperatura ambiente: 10°C ~ 35°C
- Humedad Relativa $\leq 80\%$
- Entorno sin vibraciones.
- Entorno sin medio corrosivo e interferencia de fuertes campos magnéticos.
- En base firme; nivelación no mayor que 0.2/1000.
- Rango de fluctuación

2.1. Documentación del estado del sistema mecánico.**2.1.1. Estructura y Principio de Funcionamiento**

Está compuesto de: bastidor de carga, gabinete eléctrico, suministro principal de líquido, suministro del líquido de sujeción, computadora e impresora.



Figura 39 Estructura mecánica de la máquina universal de ensayos

2.1.2. Bastidor de Carga

El cilindro se fija en la base con el tornillo. El pistón se fija con la mesa de trabajo. La mesa de trabajo soporta columnas que tienen cuatro ranuras de círculos en la parte superior. La cruceta superior se puede fijar en tres posiciones diferentes.

Cuando el pistón se eleva, mueve el bastidor cerrado consistente en la mesa de trabajo, columna, y la cruceta superior se mueve hacia arriba y hacia abajo. Tornillo de conducción, pasando por la mesa de trabajo, de los cuales el extremo inferior está fijado a la base, y el extremo superior está conectado con la cruceta inferior con tornillo en forma de T.

El motor de elevación (véase la figura 40), a través de rueda de correa, y el tornillo sin fin, gira la tuerca del tornillo haciendo mover la cruceta inferior hacia arriba y hacia abajo a lo largo del husillo de modo que sea fácil el ajuste del

espacio para el ensayo. La base, el tornillo principal y la cruceta inferior constituyen un firme marco cerrado.



Figura 40 Motor de elevación de la máquina de ensayos

En la columna derecha se encuentra una caja de control para la sujeción de las mordazas y movilización del cabezal, la misma que se puede observar en la figura 41. El espacio entre los asientos superior e inferior es para la prueba de tensión. El asiento de las mordazas está equipado con un bloque en forma de cuña.



Figura 41 Caja de control para sujeción de las mordazas

Cambiando la especificación de las mordazas (ver figura 42) se puede contener diferentes formas. El espacio entre la cruceta inferior y la mesa de trabajo es para la prueba de compresión. Cambiando las diferentes platinas e inclinado la mesa de trabajo se puede llevar a cabo el ensayo de compresión, doblado y corte.

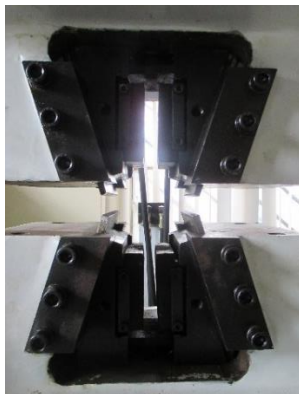


Figura 42 Mordazas de la máquina de ensayos

Cuando el líquido del cilindro hace subir del pistón, a través de banco de trabajo y la columna, llevan la cruceta superior y el asiento de la pinza superior hacia arriba. Así, en el espacio se puede realizar la prueba de tensión a la probeta, o en el espacio puede realizarse la prueba de compresión a la probeta.

El cilindro de trabajo y el pistón son las piezas principales del bastidor de la máquina. Su superficie de contacto está mecanizadas con precisión y tiene cierto espacio libre para garantizar un movimiento independiente movimiento y mínima fricción.

Entre la base y mesa de trabajo está provisto con el detector para el desplazamiento del pistón. Apoyos inamovibles están fijados en la base con tornillos, en los cuales está previsto con pulsos del codificador foto-eléctrico, interruptor de posición del cilindro de trabajo y el límite superior del cilindro. La figura 43 detalla la ubicación del detector de desplazamiento, junto al pistón y otros elementos ubicados entre la mesa de trabajo y la base.



Figura 43 Elementos provistos en el interior de la máquina de ensayos

Soportes móviles fijados bajo la superficie inferior de la mesa de trabajo, a través de la cuerda de acero inoxidable, son debilitados con una pequeña rotación del codificador foto-electrónico. El pistón maneja la mesa de trabajo y los soportes móviles de elevación mientras el codificador foto-electrónico también rota. La señal de pulso enviada es adquirida, enviada y mostrada por la computadora.

2.2. Documentación del estado del sistema hidráulico.

La parte hidráulica es el accionamiento de la máquina de ensayos, gracias a ésta se hace uso de la presión hidráulica para la aplicación de la carga sobre la probeta de ensayo, el accionamiento es hidráulico debido a que la energía hidráulica es la mejor cuando se trata de grandes fuerzas. La máquina de ensayos de tracción funciona a través del cilindro hidráulico, el mismo que recibe su fuerza del módulo hidráulico.

2.2.1. Conexión de Tuberías

Conexión de la tubería debe ser realizada por personal especializado, de manera que se garantice el correcto desempeño durante la operación.

2.2.2. Selección del Aceite

Selecione 8150 # y 8.220 de aceite marca SUN hecha por Japón. Tasa de mezcla es de 1: 1.

2.2.3. Llenado y Vaciado del Aceite

Gire la tapa del filtro de aire en el tanque, allí se verá un filtro de aceite de cobre a través de la cual el aceite debe ser llenado en el tanque de aceite. El Volumen de aceite se mide con nivel barra de al lado. Al drenar el aceite, abrir la boquilla de la parte inferior del tanque. El período de uso de aceite es de un año. Según el clima variable se puede ampliar y reducir. Si se encuentra el aceite sucio.

2.2.4. Bomba Hidráulica

Las bombas hidráulicas son máquinas receptoras cuyo trabajo es incrementar la energía de los líquidos, transformando la energía mecánica que reciben del motor de arrastre en energía hidráulica. La energía hidráulica es la suma de tres clases de energía: de posición, de velocidad y de presión; por lo tanto una bomba hidráulica ha de ser capaz de aumentar uno o más de dichos tipos de energía.



Figura 44 Gráfica de la bomba hidráulica

El incremento de la energía de las bombas es efectuado por el método de Arquímedes, denominado "Tornillo de Arquímedes", que es utilizado hoy en día.

Consiste en un tubo al que se le enrolla exteriormente una chapa en espiral, todo ello ubicado en un canal circular o semicircular dispuesto en plano inclinado, encontrándose su extremo inferior sumergido en un canal o depósito alimentador. Produciendo un giro al tornillo se consigue, gracias al rozamiento, que el agua se eleve hasta un punto superior donde se vierte. El

ángulo de inclinación con que se dispone el tornillo es del orden de 30° y la velocidad de giro oscila entre 30 y 60 rpm; el rendimiento alcanza el 75% (Berrondo, Mongelos, & Pellejero, 2007).

2.2.5. Motor Eléctrico

Un motor eléctrico es fundamental en toda instalación hidráulica industrial en la que necesariamente exista una transformación de energía eléctrica que pasa a energía hidráulica y después a energía mecánica. Se encarga de producir la energía de rotación para accionar la bomba hidráulica que se encarga en poner el fluido hidráulico a la presión que requiere la aplicación.

Es un elemento importante y a su vez interesante puesto que evita acoplar por separado un motor eléctrico a una bomba hidráulica, el grupo moto – bomba está en una estructura metálica donde interiormente tiene acoplado un motor eléctrico y su respectiva bomba hidráulica.

El motor que utiliza la maquina universal de ensayos de tracción se muestra en la figura 45.



Figura 45 Descripción gráfica de la moto bomba

Las características más relevantes del motor YYB-100L-6A se detallan en la tabla 5.

Tabla 5

Características del Motor YYB-100L-6A

Lugar del origen:	China (Continental)	Fase:	Trifásico
Marca:	LANDTOP, tops	Tipo:	Motor de inducción
Proteja la característica:	Completamente cerrada	Clase de protección:	IP44, IP54, IP55
Eficiencia:	IE 1	Método de enfriamiento:	IC0141
Clase de aislamiento:	Clase F o B	Certificación:	CCC, CE, ISO9001, SONCAP, SGS
Vivienda:	Hierro fundido, aluminio	Número de Modelo:	Y, Y2, MS, YC, YCL, YL, JY, ML
Salida:	100% Salida	Bobinado:	100% alambre de cobre
Voltaje ca:	110 V-690 V	Garantía:	2 año
De potencia de salida:	0.06kw 0.55-315kW	Método de enfriamiento:	IC0141
Velocidad:	2, 4, 6, 8, 10 polos	Función:	Conducción

2.2.6. Válvulas distribuidoras de caudal

En los circuitos hidráulicos las válvulas de control direccional llamadas válvulas de vías o válvulas direccionales son las que controlan los actuadores dirigiendo su funcionamiento en una dirección u otra, permitiendo o bloqueando el paso de aceite o aire ya sean hidráulicas o neumáticas, tanto con presión o al tanque.

- N^a de vías y posiciones
- Tipo de accionamiento
- Misión que desempeña
- Construcción interna

El sistema hidráulico consta de dos válvulas la una electroválvula servo pilotada de cuatro vías y tres posiciones (figura 46) y una válvula activada por electroimán de cuatro vías y dos posiciones (figura 47).



Figura 46 Electro válvula Feng DSG-01-2B2-D24-N1-50

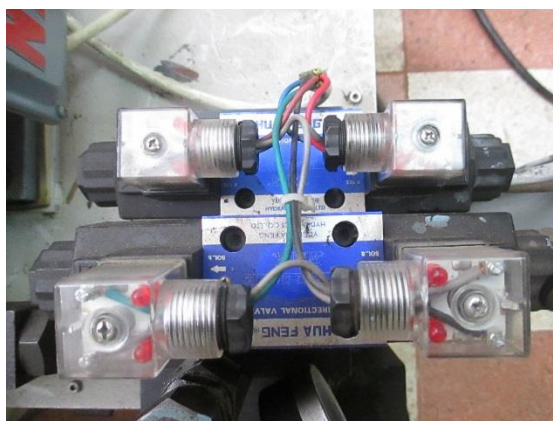


Figura 47 Electro válvula Feng DSG-01-3C2-D24-N1-50

2.3. Documentación del estado de sistema eléctrico.

2.3.1. Parte Eléctrica

La placa Eléctrica y la medición a bordo de amplitud se establecen dentro del gabinete eléctrico y conectado con el computador, bastidor de carga y el suministro de líquido conectado a través del terminal para llevar a cabo la comunicación eléctrica y señal.

2.3.2. Dispositivo de Seguridad

- Cuando el pistón alcanza su límite superior se detendrá automáticamente el motor de la bomba para suministro de aceite principal.
- Cuando la carga es superior a 2% -5% de Max de la Capacidad de carga, para automáticamente.
- En situación de emergencia, pulse el botón de emergencia para apagar la energía.

2.3.3. Encoder

La máquina de ensayos universal utiliza un encoder incremental de la serie LEC-500BM-G05E (ver figura 48) ya que genera un número exactamente definido de impulsos por revolución. Los mismos que indican la medida de la distancia angular y lineal recorrida.

Este tipo de encoder utiliza una alimentación de 5 voltios. El sentido de rotación se analiza debido al desplazamiento de fase entre las señales A y B (de aproximadamente 90 grados).



Figura 48 Encoder incremental Yuheng LEC-500BM-G05E

Los encoders absolutos presentan dificultad en la cantidad de líneas que se necesita leer y conectar ya que por la complejidad del disco óptico que codifica las posiciones la resolución no se eleva en gran escala. Esto no sucede con los encoders incrementales debido a su electrónica ya que es más simple y tienen menos líneas de salida proporcionando mayor resolución a un costo más bajo.

Gracias a dicha comparación entre un encoder incremental y un absoluto se reafirma la necesidad de utilizar un encoder incremental dentro del funcionamiento de una máquina universal de Ensayos Mecánicos.

2.3.4. Tarjeta de Control

Según el manual de la máquina Time Shijin - Time Group INC, la tarjeta de control PCI se adapta a todo tipo de ordenador personal y la tarjeta principal. Es un circuito de la medida y el control digital provista de carga, el desplazamiento y la deformación tienen diferente canal de medición. Cerca de control de bucle con sólo la configuración del software, está lista para utilizar.



Figura 49 Tarjeta de control PCI original de la máquina
Fuente: (Shijin, 2003)

2.4. Selección de elementos electrónicos para la adquisición de datos.

Para la correcta selección de instrumentos es necesario considerar los factores que se detallan en la tabla 6.

Tabla 6

Factores a tomar en cuenta para la elección de sensores

Magnitud a Medir	Margen de medida Resolución Exactitud deseada Estabilidad Ancho de banda Tiempo de respuesta Límites absolutos de la magnitud a medir Magnitudes interferentes
Características del Ambiente	Margen de temperatura Humedad Vibraciones Agentes químicos Atmósfera explosiva Entorno Electromagnético

CONTINÚA 

Características de salida	Sensibilidad Tipo: tensión, corriente, frecuencia Salida señal: unipolar, flotante, impedancia Destino: analógico, digital, telemetría
Características de Alimentación	Tensión Corriente Frecuencia (e caso de alterna) Potencia disponible Estabilidad
Otros factores	Peso Dimensión Vida media Precio de compra Disponibilidad Tiempo de Instalación Longitud del cable necesario Tipo de conector Situación en caso de fallo Costo de mantenimiento Costo de Instalación Costo de sustitución

2.4.1. Selección del sensor de Presión

Para la selección del sensor de presión se consideró las características del sensor que se encuentra instalado en la máquina de ensayos de procedencia China, dentro de las características principales que se consideraron fueron: la corriente y el rango de presión que soporta, véase figura 50.



Figura 50 Sensor de presión CYB-12SA West

La tabla 7 presenta los parámetros relevantes del sensor de presión CYB-12SA West.

Tabla 7

Parámetros del sensor de presión CYB-12SA West

Marca	Precisión	Fuente de Alimentación	Salida Corriente	Rango de Presión
CYB-12SA West	0.01%	5-15 DCV	4-20mA	0-28 Mpa

Basados en esas características y considerando la disponibilidad en el mercado y su precio se seleccionó el siguiente tipo de sensor, con características similares, las mismas que se detallan en la tabla 8.

Tabla 8

Parámetros del sensor de presión Turck PT5000

Marca	Precisión	Fuente de Alimentación	Salida Corriente	Rango de Presión
PT5000 Sensor de presión	0.3%	8-33 DCV	4-20mA	0-5000Psi

La figura 51 representa gráficamente el sensor adquirido.



Figura 51 Sensor de presión Turck PT5000

2.4.2. Selección de la adquisición de Datos.

La adquisición de datos se realizaba mediante una tarjeta Universal PCI. La misma que va conectada al CPU del computador, la cual cumple la función de amplificar la señal y la adquisición de datos. Tal como se muestra en la figura 52.



Figura 52 Tarjeta Universal PCI, original de la máquina

Se seleccionó una nueva tarjeta de adquisición de datos tipo NI myDAQ (ver figura 53) debido a que se adquirió un nuevo sensor, esto hace que la tarjeta universal no pueda leer de manera efectiva la señal emitida por el nuevo sensor.



Figura 53 Tarjeta de adquisición de datos NI My DAQ

La máquina de ensayos de materiales tiene una máxima capacidad de carga de 600KN.

Para Obtener una resolución de 2KN se determina el número de bits.

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

Ecuación 6

Donde:

r es la resolución de medida.

n es el número de bits.

P_{max} Es la carga máxima de la Maquina Universal

Despejando n de la ecuación 6:

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

Ecuación 7

$$n = \frac{\log\left(\frac{600\text{ KN}}{3\text{ KN}} + 1\right)}{\log 2}$$

Ecuación 8

$$n = 7$$

Aproximadamente resulta ser de 7 bits y la tarjeta de adquisición de datos es de 16 Bits lo cual se confirma la adquisición de la tarjeta. Se calcula la resolución de 16 bits con la ecuación 6.

$$r = \frac{600\text{ KN}}{2^{16} - 1}$$

$$r = 0.0091\text{ kN}$$

Las Especificaciones Generales de la tarjeta de adquisición de datos seleccionada se detallan en la tabla 9.

Tabla 9**Especificaciones Generales de la Tarjeta NI My DAQ**

Entradas Analógicas	2 canales diferenciales Tasa de muestreo: 200 kS/s Resolución: 16 bits Rango: +/- 10V
Salidas Analógicas	2 canales referenciados (RSE) Tasa de muestreo: 200 kS/s Resolución: 16 bits Rango: +/- 10V Corriente de salida: 2 mA
Entradas/Salidas digitales	Número de líneas: 8 de entrada/salida Dirección: Cada línea individualmente programable Nivel lógico entrada: 5 V compatible LVTTTL Nivel lógico salida: 3.3 V compatible LVTTTL Máxima corriente de salida por línea: 4 mA
Contadores/Temporizadores	Contador/temporizador Resolución: 32 bits Base de Reloj Interno: 100 MHz Máxima frecuencia de medición y generación: 1MHz Compatible con PWM y Codificadores de Cuadratura
Multímetro Digital	Voltaje AC, 20 Vrms Corriente AC, 1 Arms Voltaje DC, 60 VDC Corriente DC, 1 A Resistencia, hasta 20 M Ω Diodo, continuidad. Nivel de aislamiento: 60 VDC / 20 Vrms
Fuentes de Poder	+15 V, 32 mA -15 V, 32 mA +5 V, 100 mA

CAPÍTULO III

REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ANALÓGICO – DIGITAL

Previo a implementar los componentes necesarios para la Repotenciación de la Máquina Universal se realiza un análisis del funcionamiento general del equipo, el mismo que se detalla en el diagrama de flujo de la figura 54.

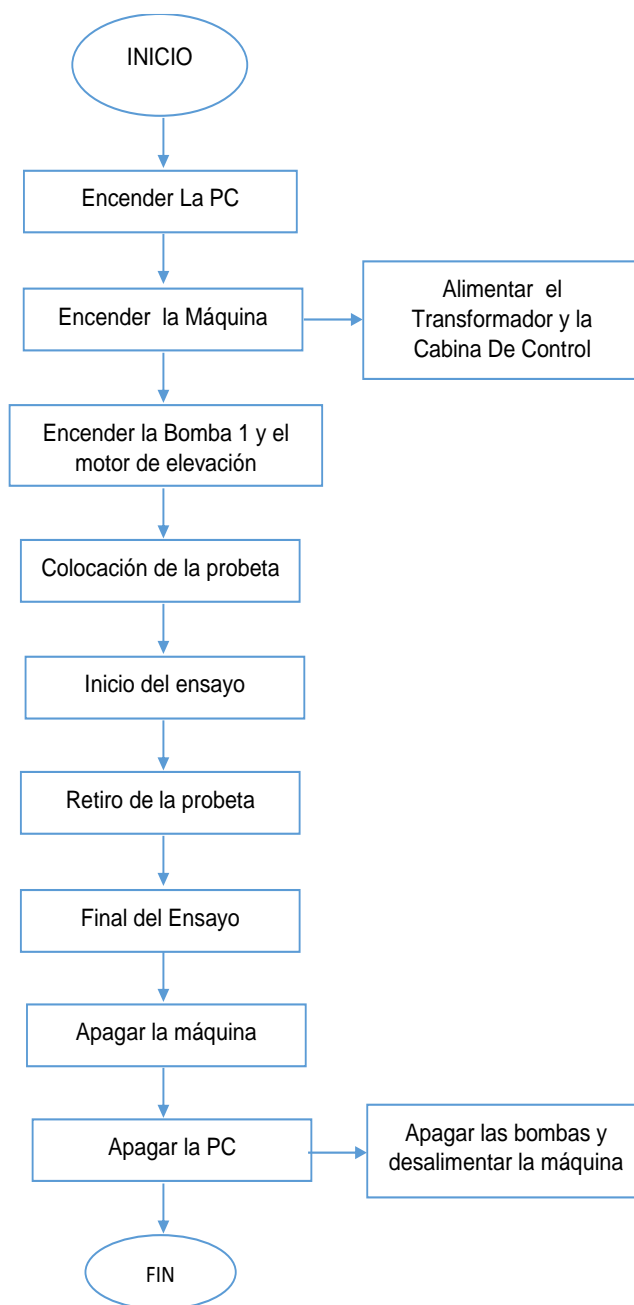


Figura 54 Diagrama de Flujo del funcionamiento de la máquina

3.1. Implementación del Sistema de Medición de Presión

Como se detalló en el capítulo anterior el sensor de presión que se seleccionó es de la marca Turck, el cual se muestra en la figura 55, serie PT500 con un rango de 0-5000Psi con un alimentación de 8 a 33V DC y una salida de 4-20mA.

Este transductor se instaló con un acople unido al acople propio de la máquina como se muestra en la figura 55, en la implementación se usó.

- Un acople de $\frac{1}{4}$.
- Teflón.



Figura 55 Instalación del Transductor Turck (PT500).

El sensor consta de un conector macho con tres pines de conexión respectivamente enumerados, tal como se muestra en la figura 56. Además, posee un cable M12 considerado como el conector hembra, éste cuenta con cinco pines de conexión, lo cual no resulta ningún inconveniente a la hora de unirse ya que se ajustan perfectamente.

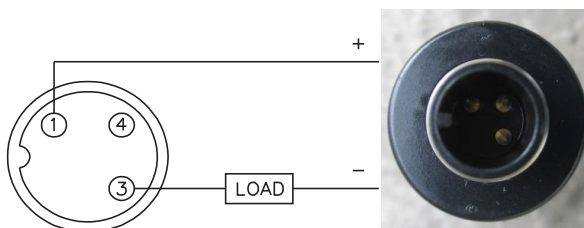


Figura 56 Pines de Conexión del transductor

Fuente: (Turck, 2015)

3.1.1. Diseño del circuito electrónico que permita el acondicionamiento del sensor de presión

Debido a que el sensor de presión emite una señal de salida en miliamperios se requiere un acondicionamiento de previo antes de llevar la señal del transductor a la tarjeta de adquisición de datos. La Ni MyDaq está diseñada para recibir datos de corriente poniendo en medio una resistencia, tal como se muestra en la figura 57.

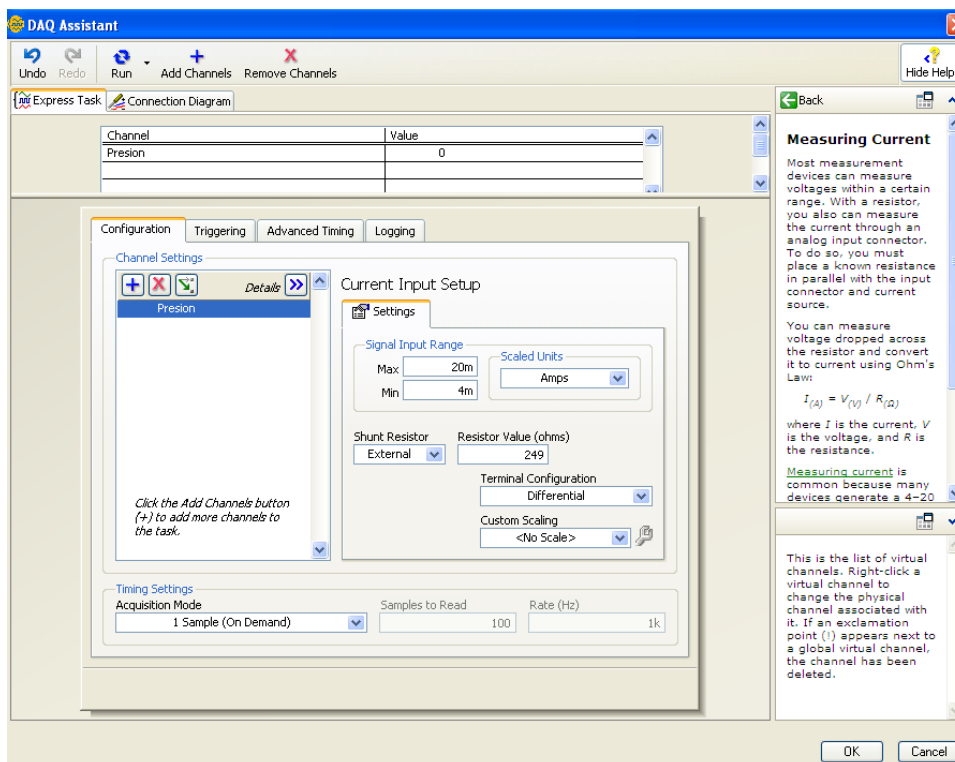


Figura 57 Acondicionamiento de la Ni MyDaq para corriente

De la figura 57 se obtiene que para un rango de 4-20 mA en corriente de salida se debe colocar una resistencia externa de 249 ohmios. Con la información recaudada de la tarjeta y la del manual del transductor para la correcta conexión y alimentación se crea el circuito electrónico necesario para obtener los datos del sensor de presión (véase figura 58).

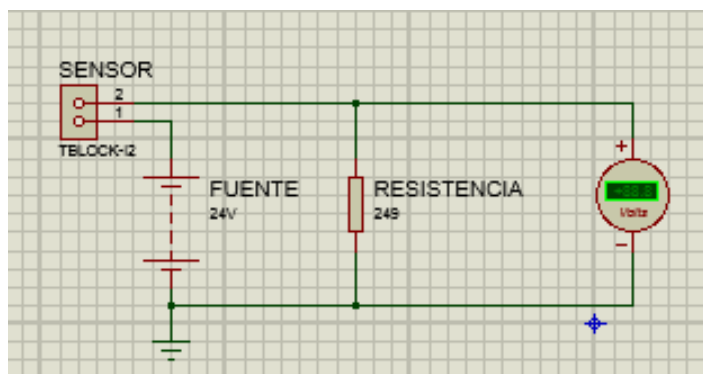


Figura 58 Circuito de conexión para el transductor de presión

Tal como muestra la figura anterior se ha realizado un convertidor de señal de corriente a voltaje para mayor facilidad en la adquisición de datos. De esta manera se tiene por medio de la ley de Ohm un voltaje de salida de 1 a 5 voltios aproximadamente.

$$V = R \cdot I$$

Ecuación 9

$$V = R \cdot I$$

$$V = 249 \Omega (4mA)$$

$$V = 0.996 V$$

$$V = R \cdot I$$

$$V = 249 \Omega (20mA)$$

$$V = 4.98 V$$

Dichos valores son admisibles ya que la tarjeta de adquisición de datos está diseñada para recibir una señal de voltaje entre 0 a 10V, y estos valores se encuentran dentro de este rango.

3.2. Implementación del Sistema de medición del desplazamiento

Dentro de los dispositivos de medición que incluye la máquina se encuentra el codificador foto eléctrico (ver figura 59).

Tiene las siguientes características:

Tipo de sensor: Encoder incremental

Alimentación: 5V DC



Figura 59 Implementación del sensor de desplazamiento

El dispositivo de desplazamiento originalmente está ubicado en la cabina inferior de la máquina atornillado a un soporte de lo mantiene fijo. Durante el proceso de ensayo la mesa de trabajo sube desenrollando su hilo midiendo así la distancia que ésta ha recorrido.

3.3. Implementación del Sistema de Adquisición de Datos con el software Labview

El software Labview es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones de automatización de procesos, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el *lenguaje C* o *BASIC* los cuales se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que Labview emplea la programación gráfica o *lenguaje G* para crear programas basados en diagramas de bloques, haciéndolo muy útil para crear un interfaz hombre máquina (HMI).

Labview es un programa sencillo de usar por lo que no se requiere gran experiencia en programación debido a que se emplean iconos y símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las aplicaciones, además que incluye librerías específicas para la adquisición, generación y almacenamiento de datos , control de instrumentación, análisis presentación, entre otros usos.

3.3.1. Adquisición de Datos

La tarjeta de datos Ni MyDaq como se mencionó anteriormente posee dos canales diferenciales para entradas analógicas y ocho entradas/salidas

digitales para señales digitales. La tabla 9 detalla las diferentes señales que se deben adquirir para

Tabla 10

Resumen de las señales adquiridas

Elemento	Tipo de Señal	Alimentación
Sensor de Presión	Análoga	8 – 33 Vcc
Sensor de Desplazamiento	Digital	5 Vcc
Final de Carrera	Digital	5 Vcc

a. Adquisición de Datos del Sensor de Presión

El transductor de presión emite voltaje como señal analógica por lo cual la programación de adquisición de datos del dispositivo se basa en la obtención de una señal analógica.

En el software se programa seleccionado el icono Daq Assistant y dentro de éste se escoge Adquirir señal Análoga y posteriormente el tipo de señal que en este caso es voltaje (véase figura 60).

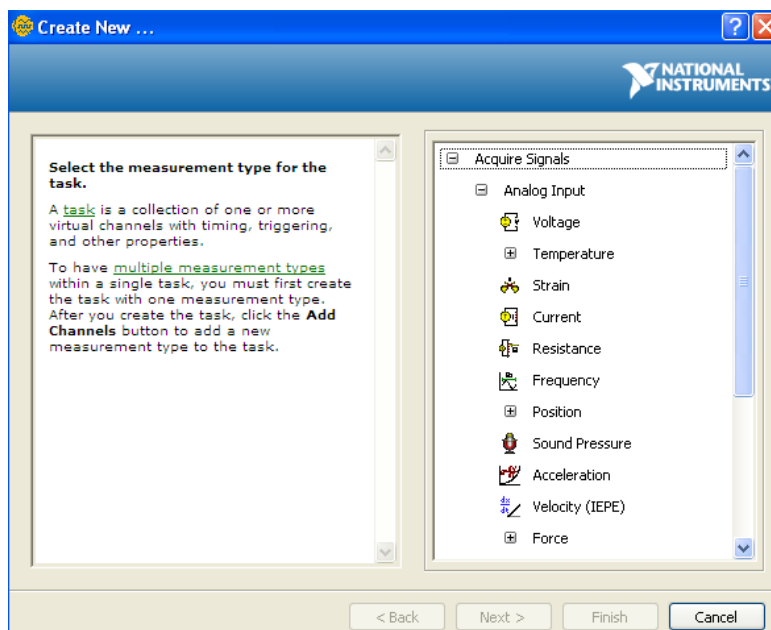


Figura 60 Adquisición de datos del sensor de presión

A continuación se escoge el canal con el que se trabajará dicha señal. La figura 62 presenta los canales disponibles para este tipo de entradas, y el que se ha escogido para la señal del sensor de presión siendo éste **ai0**. Tomando

en cuenta este parámetro se conecta las líneas de salida del transductor al pin de entrada analógica **A10** de la tarjeta Daq.

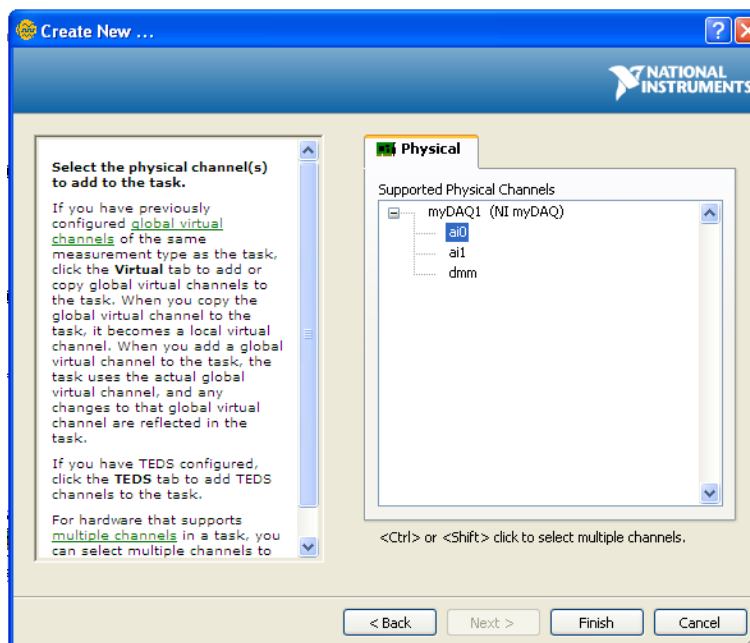


Figura 61 Canales de entradas analógicas

De esta manera el canal de entrada analógica para el sensor de presión fue configurada y mediante el software Labview se pueden visualizar los datos que se muestran cuando el transductor genere voltaje dentro de los rangos de 0 a 10 voltios como lo muestra la figura 62.

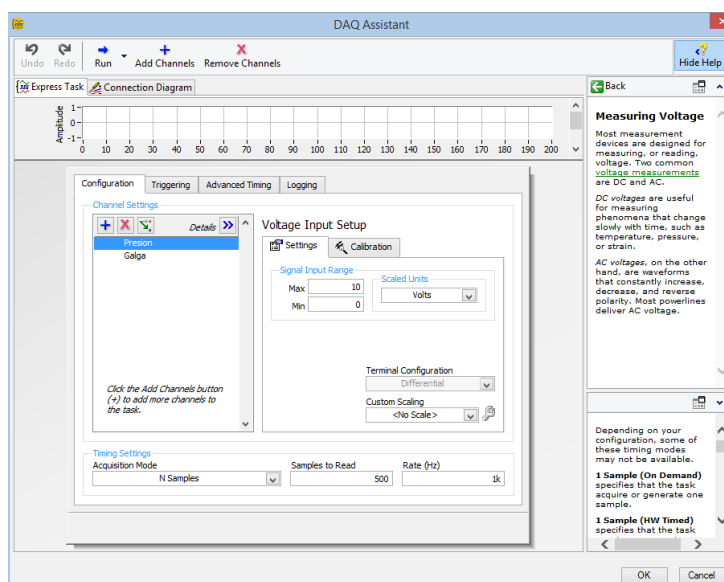


Figura 62 Adquisición de datos del sensor de presión

El circuito electrónico de control y el motor eléctrico que acciona la bomba del sistema hidráulico generan ruido y a esto se le suma la vibración que existe cuando la Máquina Universal está en funcionamiento que provocan que la señal adquirida presente mucho ruido generando inconvenientes al momento de utilizar estos datos.

Para solucionar este problema se realizó un filtrado pasabanda presente en el software para eliminar en lo más posible el ruido que interfiere en la señal, tal y como se presenta en la figura 63.

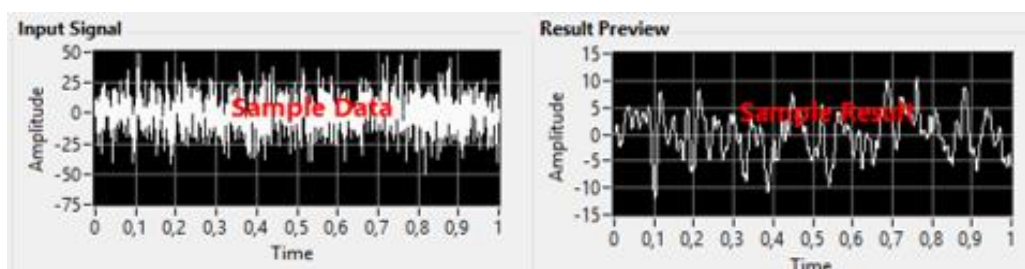


Figura 63 Filtrado de la señal del sensor de presión

Una vez filtrada la señal del transductor se procede a interpretar los datos obtenidos, para ello la señal de voltaje se deben convertir en señal de presión. Para realizar esto se llevó a cabo un experimento en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, el cual consistió en aplicar presión al sensor mediante una bomba hidráulica y obtener la señal de salida en voltaje.

Tabla 11

Valores de Presión y Voltaje obtenidos mediante experimento

Presión (PSI)	Voltaje (V)
50	1,075
100	1,107
200	1,169
300	1,248
400	1,322
500	1,404
600	1,484
700	1,566
800	1,654

Como se mencionó anteriormente el sensor trabaja con salida analógica de corriente según el datasheet del transductor proporciona una salida de 4mA

para 0 PSI y un máximo de 20 mA para 5000 PSI. En valores de voltaje se obtiene un rango de 0.996- 4.98 voltios. La tabla 11 demuestra que los valores de voltaje obtenidos experimentalmente se encuentran dentro de este rango.

Con estos datos y la ayuda del software Excel se logró obtener la ecuación de presión en función del voltaje, la misma que es usada para convertir el voltaje adquirido por la tarjeta en valores de presión, como se observa en la figura 64.

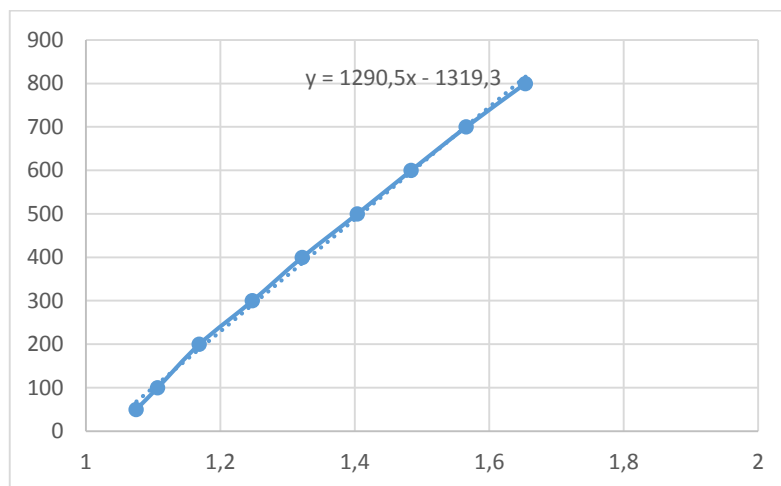


Figura 64 Presión vs Voltaje del sensor de Presión

b. Adquisición de Datos del Sensor de Desplazamiento

La tarjeta Ni MyDAQ está equipada con una junta en el contador que se puede utilizar para las funciones de contador / temporizador. Cuando se utiliza el contador / temporizador, se accede a la fuente a través DIO 0, a través de la Puerta de DIO 1, la entrada auxiliar a través DIO 2, a través de la salida DIO 3, y la salida de frecuencia a través DIO 4. En algunos casos, el software y los controladores NI MyDAQ pueden referirse a las líneas de salida como líneas PFI en oposición a DIO.

La Tabla 12 enlista las señales de contador / temporizador correspondiente a través de los terminales de DIO, según National Instruments.

Tabla 12

Señales del contador/temporizador de la tarjeta Ni MyDAQ

Señal Ni MyDAQ	Interfaz de función programable	Señal del Contador / Temporizador	Señal del Codificador de cuadratura
DIO 0	PFI 0	CTR 0 Fuente	A
DIO 1	PFI 1	CTR 0 Puerta	Z
DIO 2	PFI 2	CTR 0 Auxiliar	B

DIO 3*	PFI 3	CTR 0 Salida	--
DIO 4	PFI 4	Frecuencia de Salida	--

Teniendo en cuenta que el sensor de desplazamiento utilizado por la Máquina Universal posee tres líneas de salida A, B y Z, se procede a la programación del encoder de la misma forma que el sensor de presión en el icono Daq Assistant, Adquirir Señal, Contador de entrada, Posición y Lineal. Tal como se muestra en la figura 65.

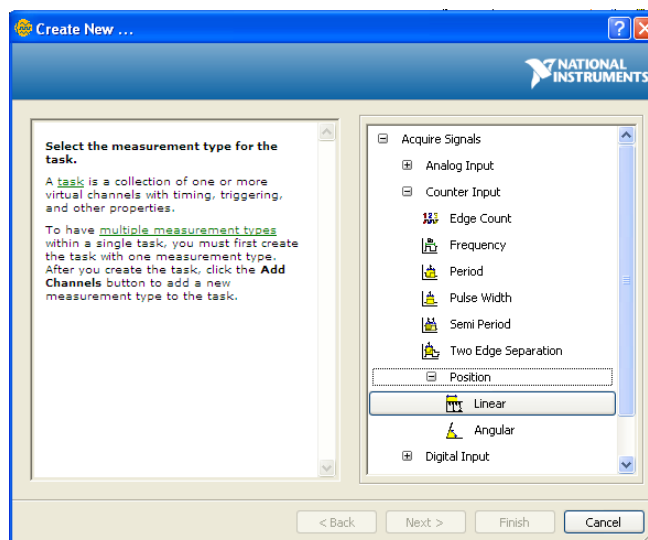


Figura 65 Adquisición de datos del sensor de desplazamiento

Posteriormente se escoge el canal de entrada de la señal. La figura 66 presenta los canales disponibles para este tipo de entradas, en este caso solo existe uno **ctr0**.

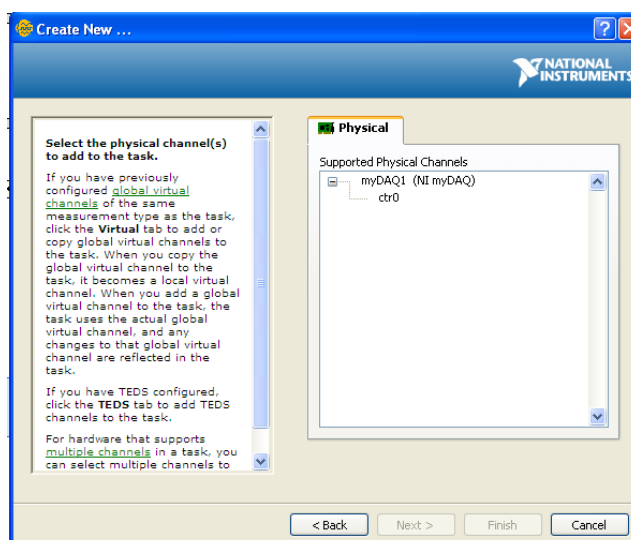


Figura 66 Canal de entrada de la señal del encoder

De esta manera el canal de entrada analógica para el sensor de presión fue configurada y mediante el software Labview se pueden visualizar los datos obtenidos del encoder. Tomando en cuenta los parámetros de la Tabla 12 y los presentados en la figura 67 se conecta las líneas de salida del sensor de desplazamiento a los pines de la Daq.

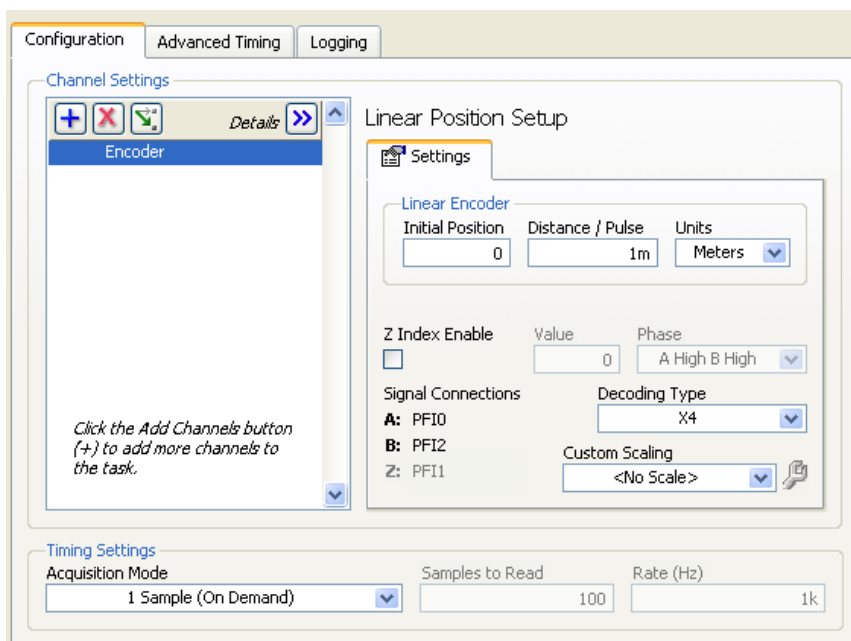


Figura 67 Adquisición de datos del sensor de desplazamiento

Una vez configurada el Daq Assitant en el software Labview se procede a interpretar los datos adquiridos estando estos en unidades de mm/pulso. Lo que se necesita de este sensor es saber los valores de desplazamiento de la mesa de trabajo durante el ensayo para ello se tomaron datos del encoder en relación a la distancia que recorría la mesa.

Tabla 13

Datos adquiridos por el sensor de desplazamiento

Distancia (mm)	Distancia/ Pulso
0	0
50	6,385
100	13,052
150	19,597
200	26,232
250	32,102

Con estos datos y la ayuda del software Excel se logró obtener la ecuación de desplazamiento (véase figura 68) en función del distancia/ pulso, los mismos que serán utilizados para la deformación. Se optó tomar valores en relación a la distancia/pulso ya que del sensor de desplazamiento no se tienen valores nominales ni se pudo encontrar el datasheet de este dispositivo solo se cuenta con la placa que el elemento posee y que como se muestra en la figura 67 la tarjeta de adquisición de datos genera los valores de este dispositivo en esas unidades.

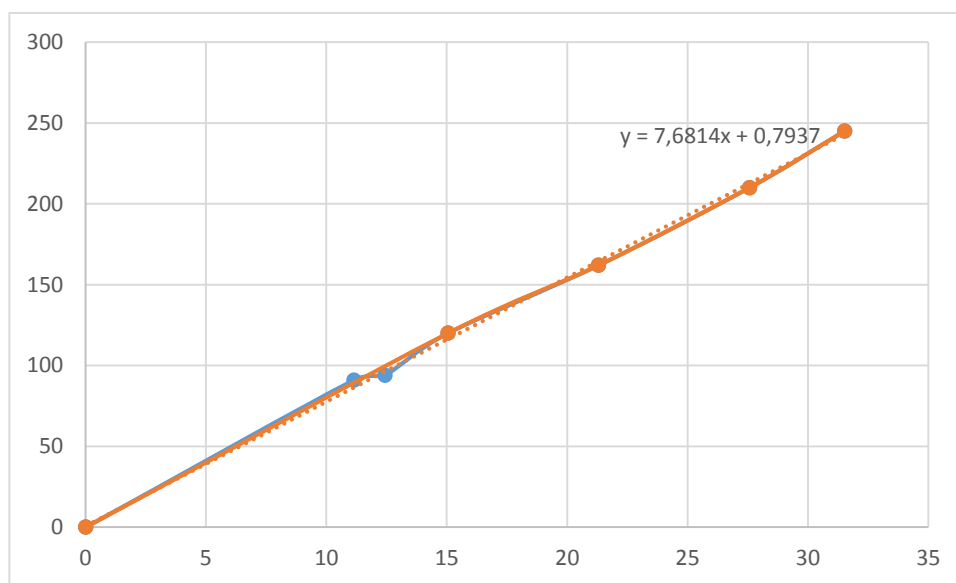


Figura 68 Desplazamiento vs Distancia/Pulso

c. Adquisición de Datos para el Final de Carrera

Se implementó en la máquina un final de carrera (véase figura 69) para que envíe una señal que desconecte la válvula de retorno, la cual permite regresar la mesa de trabajo a su posición de reposo.



Figura 69 Final de Carrera Implementado

Para adquirir la señal digital que envía el final de carrera se procede de la misma manera que las señales anteriores con el icono Daq Assistant, Adquirir Señal Digital, Línea de Entrada y finalmente se escoge el canal al que se va a conectar. Tomando en cuenta que la línea 0 y línea 2 se encuentran ocupadas por el sensor de desplazamiento se ha escogido conectar en la **línea 4**, como se observa en la figura 70.

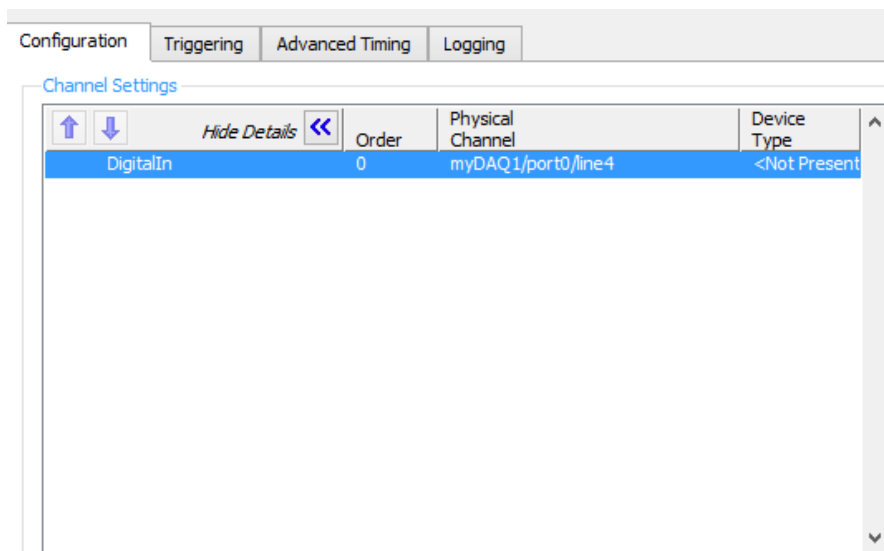


Figura 70 Canal de adquisición de datos del final de carrera

La programación de esta señal se analiza en temas posteriores.

3.3.2. Generación de Señales

Como se examinó con anterioridad la máquina universal trabaja con la ayuda de cuatro válvulas, las mismas que se utilizan para el control del equipo. Para el proceso de repotenciación se requiere analizar el funcionamiento de cada una de ellas, lo que se especifica en la tabla 14.

Tabla 14

Funcionamiento de las válvulas de la Máquina Universal

Elemento	Función	Accionamiento
Válvula Proporcional	Subir la mesa de trabajo	Software
Válvula de Retorno	Regresar mesa de trabajo	Software
Válvula Magnética 1	Abrir y cerrar mordazas superiores	Manual
Válvula Magnética 2	Abrir y cerrar mordazas inferiores	Manual

Con la información obtenida en las tablas 14 se procede a realizar la generación de datos para controlar el funcionamiento de la válvula proporcional y de retorno. Un parámetro importante que se debe tomar en cuenta es la necesidad de controlar de forma automática la bomba que permite el accionamiento de dichas válvulas.

Considerando estos parámetros se establece que la cantidad de señales a generar es de cuatro, las funciones de cada una de ellas se especifica en la tabla 15.

Tabla 15

Elementos de Control y tipo de señal

Elemento	Tipo de Señal
Válvula Proporcional	Análoga
Válvula de Retorno	Digital
Prender Bomba	Digital
Apagar Bomba	Digital

a. *Generación de Datos Análogos*

La tarjeta de datos Ni MyDaq cuenta con dos canales referenciales para la salida de datos análogos, uno de estos se utiliza para enviar la señal de voltaje a la válvula proporcional para subir la mesa de trabajo.

El icono Daq Assistant cumple dos funciones la de adquirir y generar datos desde la daq y se procede de la siguiente manera: Generar señales, Salida Análoga y el tipo de señal Voltaje. Este procedimiento se observa en la figura 71.

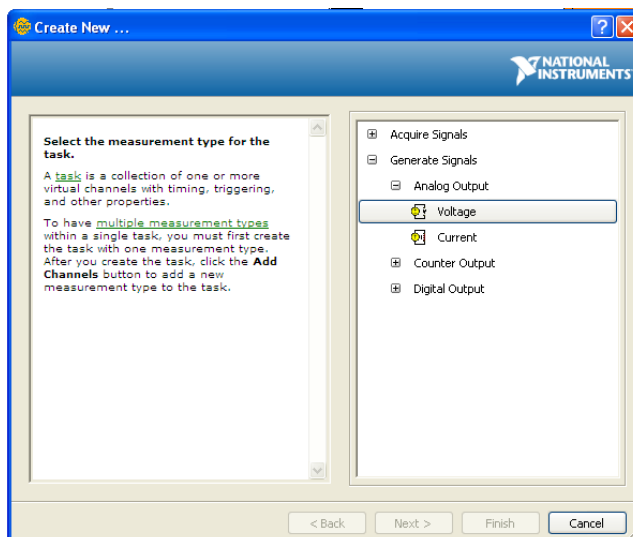


Figura 71 Generación de datos análogos

Consecutivamente se elige el canal a conectar, se optó por utilizar el canal **ao0** para llevar a cabo esta función (véase figura 72), mientras tanto externamente se conecta el cable numero 37 al pin **AO0** y cable numero 38 al pin **GND** de las salidas análogas. Los números de los cables fueron definidos por los diseñadores de la máquina y conectados a la antigua tarjeta, la misma que se reemplazó por la tarjeta de adquisición de datos Ni MyDaq.

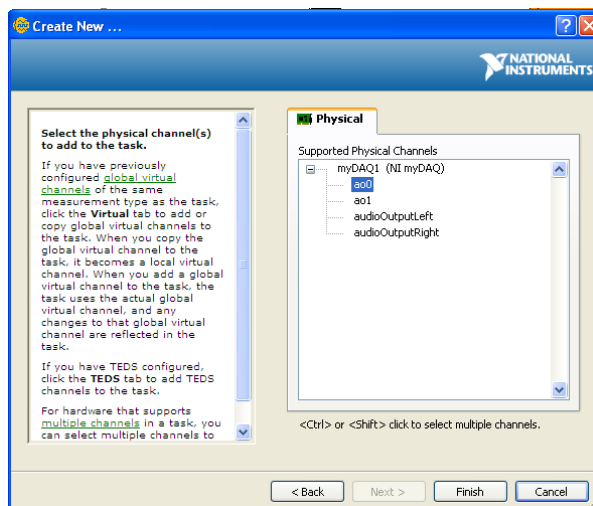
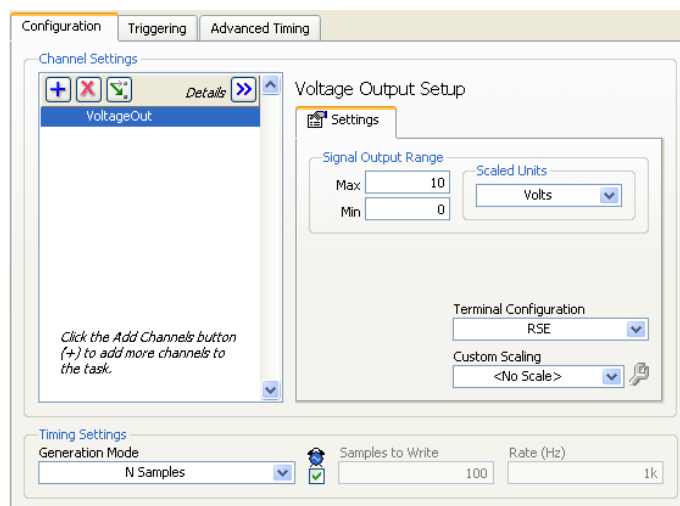


Figura 72 Canal de generación de datos análogos

De esta manera se programó la generación de voltaje para la válvula proporcional quedando establecido que el voltaje enviado debe estar dentro del rango de 0 a 10 voltios siendo 10 el valor máximo que la tarjeta entrega, como se indica en la figura 73.



b. Generación de Datos Digitales

Los datos a generar restantes son señales digitales ya que actuarán como pulsadores automáticos reemplazando así dos de los accionadores manuales (vea la figura 74) usados para encender una de las dos bombas que posee la máquina. Acción que se realiza debido a que al encender la válvula, ésta ya envía una señal que permite subir la mesa de trabajo sin necesidad de empezar la prueba, lo que se consideró un problema al momento de adquirir los datos de los sensores para llevar a cabo el ensayo mecánico.



Figura 73 Accionadores manuales reemplazados

La otra señal digital tiene como función activar la válvula de retorno que permita regresar a la mesa de trabajo a su posición inicial. La cual se encuentra implementada originalmente como se observa en la figura 75.



Figura 74 Implementación de la válvula de retorno

A continuación se procede a programar la generación de datos digitales para ello se usa el Icono Daq Assistant en el software Labview y se procede a programarlo de la siguiente manera: Generar señales, Salidas digitales (véase figura 76).

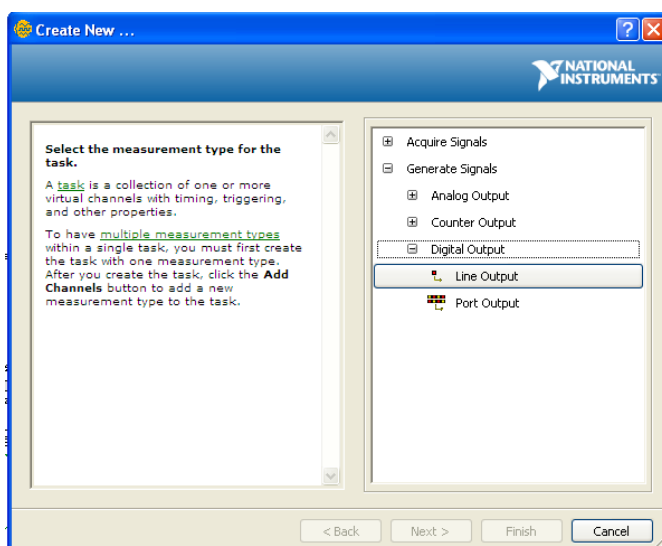


Figura 75 Generación de datos digitales

La figura 77 muestra el listado de líneas de entradas y salidas digitales existentes dentro de la tarjeta Daq, antes de proceder a programar hay que tomar en cuenta que la línea 0, 2 y 4 están ya ocupadas con la función de adquisición de datos. Teniendo cinco disponibles se decidió utilizar la **línea 3** para activar la válvula de retorno, la **línea 5** para el pulsador de encendido y **línea 6** para e pulsador de apagar.

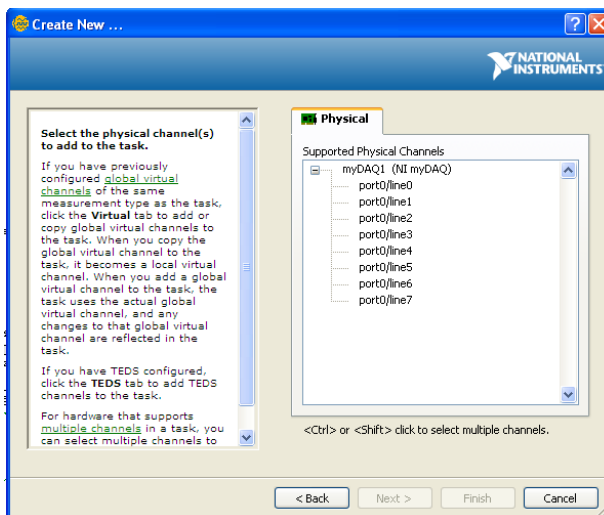


Figura 76 Entradas y salidas digitales de la tarjeta Daq

La ventana de programación para enviar datos digitales desde la Daq es similar para todas las señales requeridas para el diseño del sistema de control, por lo tanto la configuración permanecería de la forma que se presenta en la figura 78.

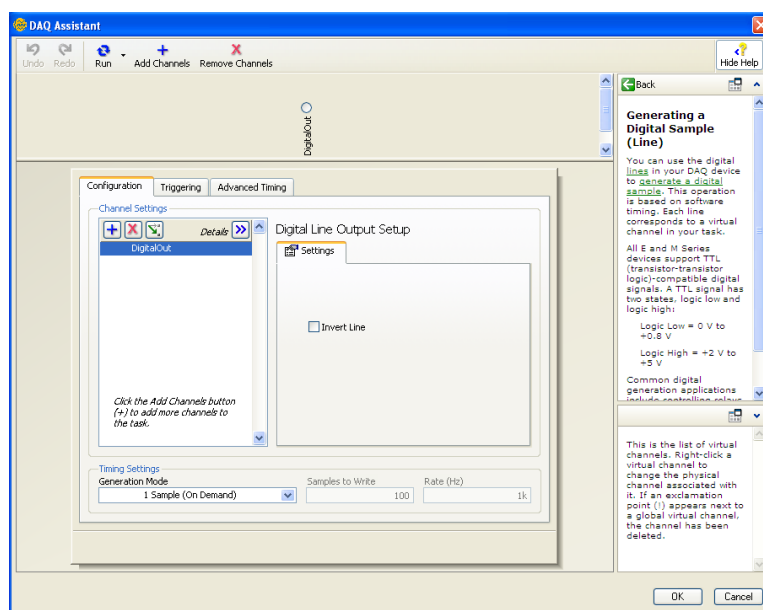


Figura 77 Configuración de la generación de datos digitales

Un parámetro esencial a tomar en cuenta que los datos a generar no pueden ser enviados directamente ya que simplemente generan pulsos por lo que es necesario utilizar elementos que actúen como switch tanto abierto como cerrado. Como solución se implemento módulos de relés que generen la señal necesaria para llevar a cabo la función de dispositivo. La figura 79 muestra la implementación de los módulos en la cabina de control de la máquina.

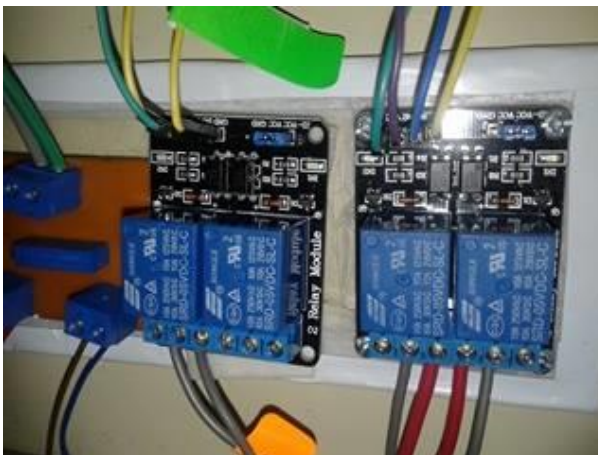


Figura 78 Implementación de módulos de relés

Cada módulo posee tres pines en la parte superior: Gnd, IN y Vcc. Se alimentan con 5v y la señal requerida es la enviada por la Daq. El funcionamiento de cada relé se detalla en la tabla 16.

Tabla 16

Conexiones de los Relés

Elemento	Línea de Entrada	Estado y Conexión de Salida
Relé 1	Línea 3	
Relé 2	Línea 5	
Relé 3	Línea 6	

- El Relé 1 activa la válvula de retorno al enviar un pulso que se mantiene hasta el momento que el final de carrera envía la señal de desactivación.
- El Relé 2 y Relé 3 envían un pulso instantáneo para conectar y desconectar el circuito de poder.

3.3.3. Implementación de la Tarjeta Daq en el tablero de Control

Después de establecer las conexiones internas y externas de la Tarjeta de Adquisición de Datos se procede a implementarle dentro de la cabina de control. Siendo este uno de los elementos más importantes en el control de la

máquina se instaló en un lugar seguro y con espacio suficiente para no tener enredos entre cables u otro posible inconveniente. La figura 81 presenta la ubicación de la Ni MyDaq dentro de la cabina.

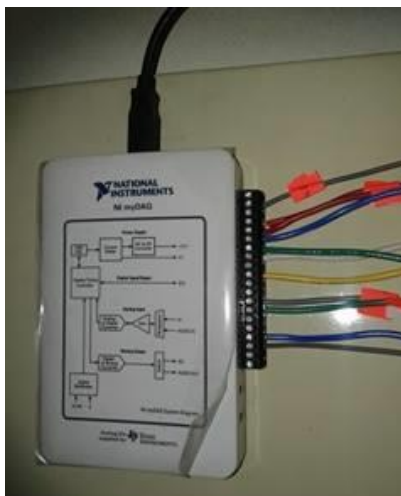


Figura 79 Implementación de la tarjeta Ni MyDaq

3.4. Diseño y construcción del Interfaz Hombre-Máquina para la visualización de resultados en un ordenador.

Un programa creado en Labview es considerado como un Interfaz Hombre-Máquina, el cual consta de tres partes a crear: el Panel frontal ,donde estarán ubicados todos los indicadores y controles que el usuario podrá ver cuando el programa esté en funcionamiento; el diagrama de bloques muestra el programa en código gráfico G usando diagramas, estructuras de programación, y flujo de datos entre las diferentes entradas y salidas, a través de líneas ; y el flujo se aprecia, como se dibujaría en un bosquejo de sistemas, cuando se habla de teoría de sistemas, donde cada subsistema se representa como un cuadro con entradas y salidas.

La figura 81 representa el diseño del interfaz hombre-máquina y el funcionamiento en forma secuencial de cada diagrama de bloques programado en el software Labview. Los tres ensayos mecánicos más conocidos son ensayo tracción, compresión y corte. Todos los botones deben estar programados para actuar siempre que el usuario haya ingresado todos los datos citados como es: el tipo de probeta con los valores correspondientes,

el material a utilizar y darle un nombre al archivo, etc. Sin estos parámetros el programa no continúa y le pide una y otra vez ingresar los datos requeridos.

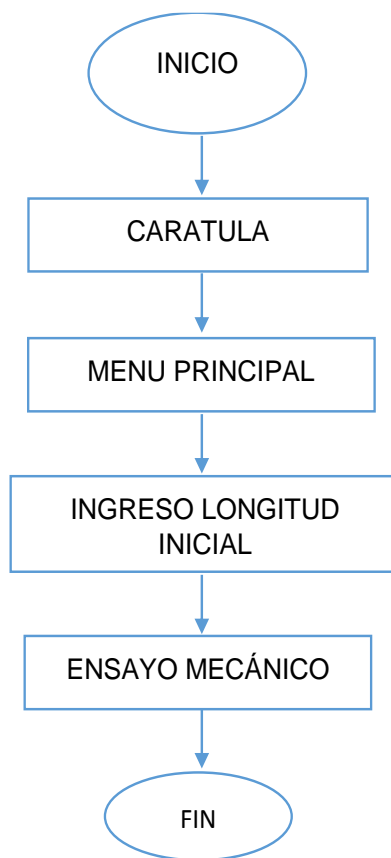


Figura 80 Diagrama de Flujo sobre el funcionamiento del software

3.4.1. Programa de la página de inicio

La página de inicio debe constar con Usuario y una Contraseña que le permitan a la persona continuar con el HMI, en el caso de ser incorrecto volver a ingresar los valores, como se muestra en el diagrama de flujo de la figura 82.

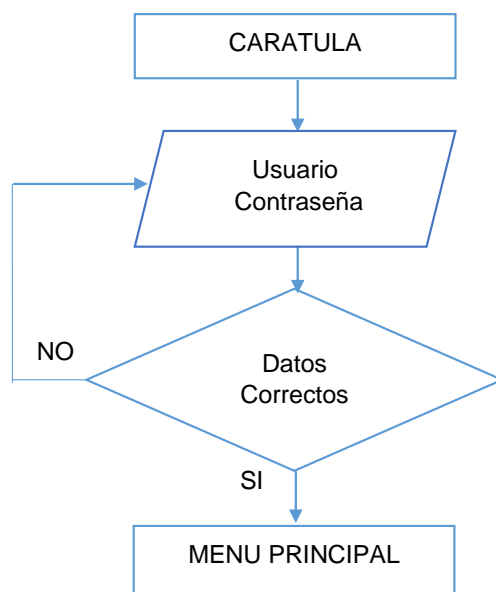


Figura 81 Diagrama de Flujo de la Caratula

En la figura 83 se muestra el esquema de la programación de la ventana de inicio, cuenta de datos string para ingresar un usuario y una contraseña para continuar con el HMI y un mensaje en el caso de que los datos ingresados sean incorrectos.

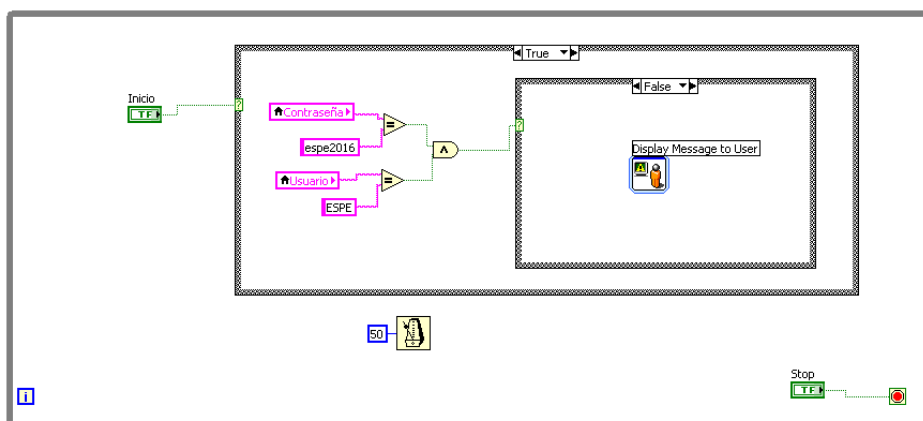


Figura 82 Esquema de programación para la página de inicio

3.4.2. Programa del menú principal

Cuando se programa el menú principal se debe tomar en cuenta varios parámetros. Cada uno de ellos se analiza de forma individual. El diagrama de bloques de la figura 84 representa la forma de programación de la ventana de menú principal y las condiciones necesarias.

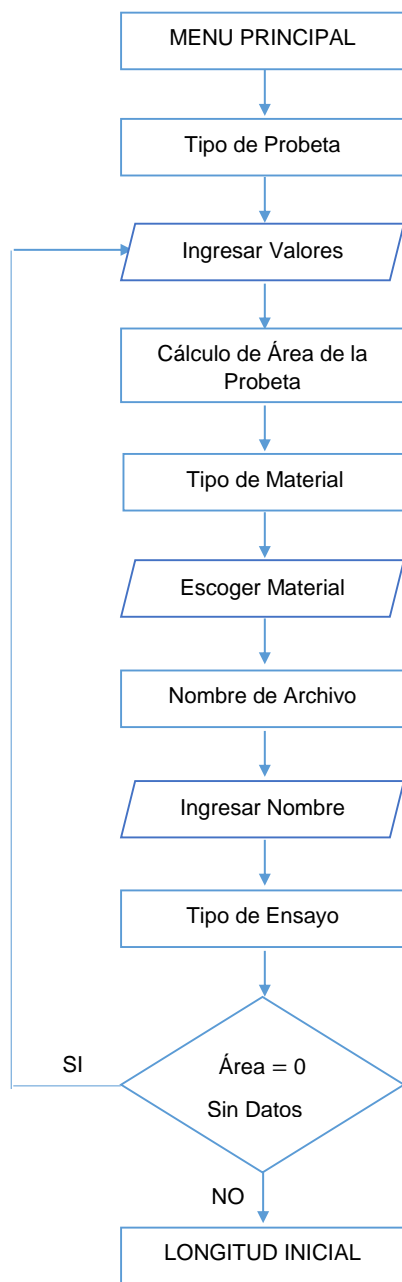


Figura 83 Diagrama de flujo del Menú Principal

a. *Tipo de Probetas*

Existen diferentes tipos de probetas para cada tipo de ensayo y entre las principales secciones utilizadas tenemos las que se detallan en la tabla 17.

Tabla 17

Tipo de Secciones para Probetas

Tipo Sección	Parámetros Ingresados (mm)	Área Calculada (mm ²)	
Circular	diámetro	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	Ecuación 10
Laminar	ancho espesor	$A = a \times e$	Ecuación 11
Rectangular	base altura	$A = b \times h$	Ecuación 12
Tubular	d exterior d interior	$A = \frac{\pi}{4} (de^2 - di^2)$	Ecuación 13

b. *Tipo de Material*

Entre los principales materiales utilizados para realizar ensayos mecánicos se encuentran los siguientes:

- Acero
- Aluminio
- Madera
- Latón

c. *Tipo de Ensayos*

Los tres ensayos mecánicos más conocidos son:

- Ensayo de tracción
- Ensayo de compresión y
- Ensayo Corte

El diagrama de bloques de la figura 85 representa la forma de programación de la ventana de menú principal y las condiciones necesarias.

Los ensayos programados son tracción y compresión. Una vez ingresados todos los datos requeridos por el programa se puede avanzar con el interfaz.

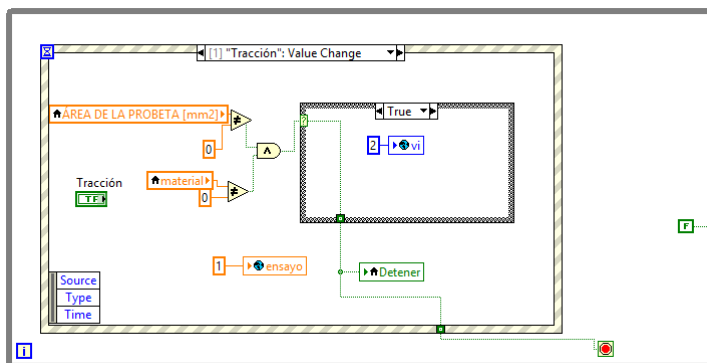


Figura 84 Programa de Selección del tipo de ensayo

3.4.3. Programa del ingreso de longitud Inicial

Un dato importante en la realización de los ensayos mecánicos es la longitud inicial de la probeta. El usuario debe ingresar un valor diferente de cero para ingresar al programa de ensayo, esta secuencia se puede observar en el diagrama de flujo de la figura 86.

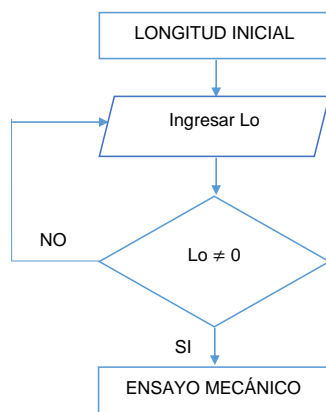


Figura 85 Diagrama de Flujo de la Longitud Inicial

La programación del ingreso de la longitud inicial de la probeta se representa en la figura 87.

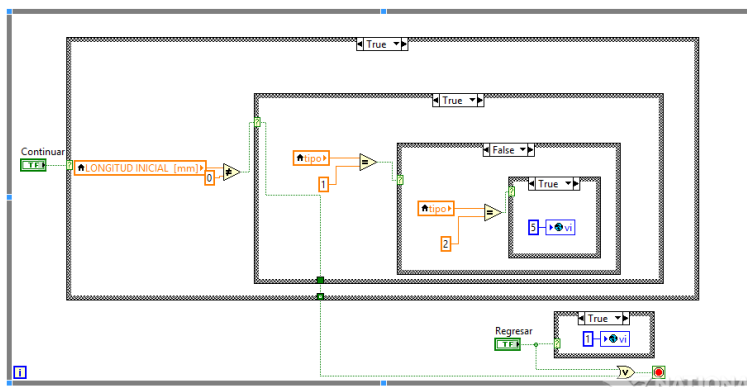


Figura 86 Esquema de programación del ingreso de la longitud inicial

3.4.4. Programa Principal del Ensayo Mecánico

Dentro de esta ventana se halla una compleja programación que permite al usuario visualizar el comportamiento del material que se ensaya, para ahorrar espacio y memoria de la computadora fue necesario el uso de subrutinas que facilitan el flujo de programación. Una idea de cómo se debe ejecutar el ensayo se observa en el diagrama de la figura 88.

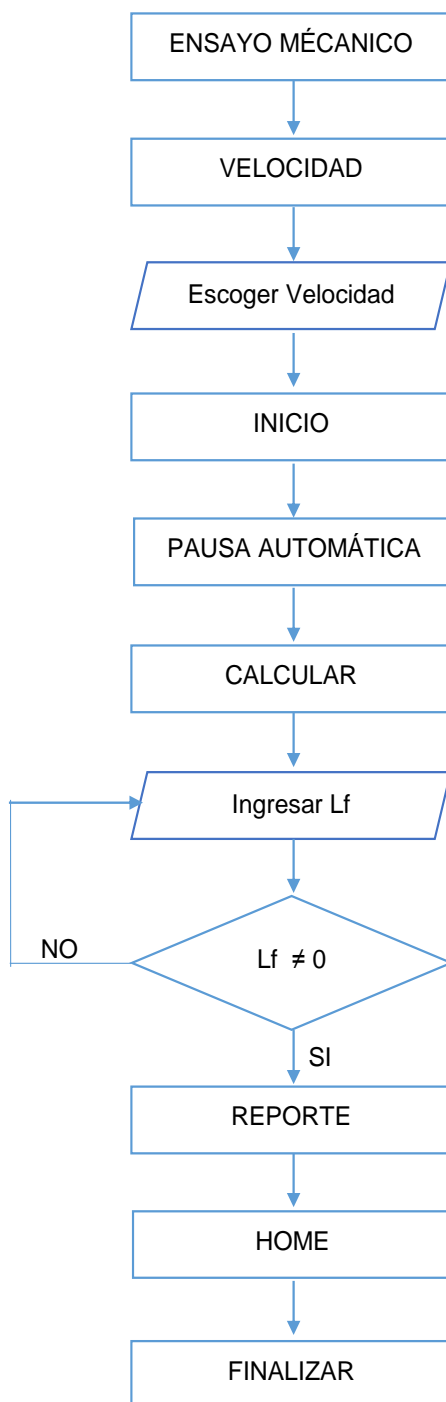


Figura 87 Diagrama de Flujo del Ensayo Mecánico

a. *Programa de la Adquisición de Datos de Sensores*

Como se habló anteriormente se utilizaron Daq Assistant para adquirir los datos de cada uno de los sensores, además de realizar la filtración y conversión en distancia y Fuerza respectivamente dentro de subrutinas, las conexiones realizadas para este proceso se observan en la figura 89.

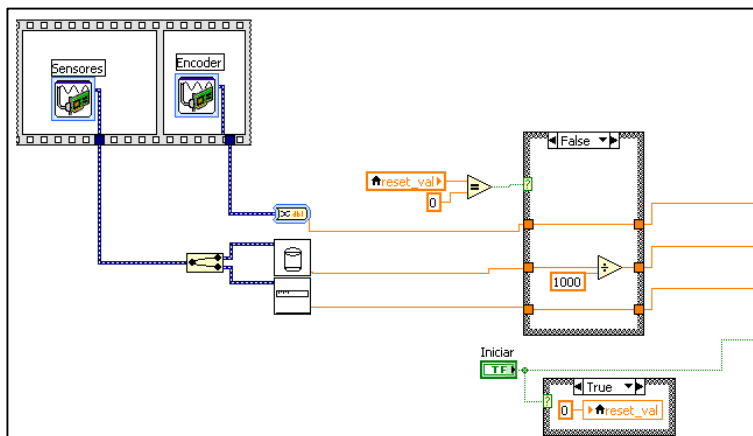


Figura 88 Programación para la adquisición de datos de los sensores

b. *Programa de la Adquisición del Diagrama Esfuerzo-Deformación*

Dentro de una subrutina acondicionamiento se debe ingresar el área y la longitud inicial extraídas de los programas anteriores y de este saldrán los valores de esfuerzo y deformación necesarios para graficar el diagrama Esfuerzo-Deformación (véase figura 90).

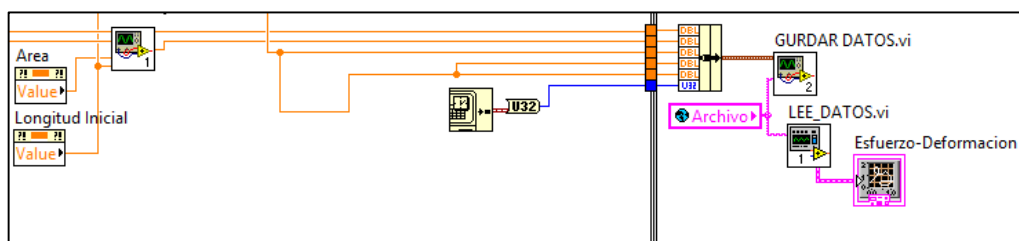


Figura 89 Programa para adquirir el Diagrama Esfuerzo-Deformación

c. *Programa de encendido y apagado de la bomba.*

La programación está efectuada para que la bomba se encienda cuando el ensayo empiece y una vez elegida la velocidad la mesa de trabajo suba y posteriormente la bomba debe apagarse cuando el material haya llegado a romperse evitando de esta forma que la mesa siga ascendiendo.

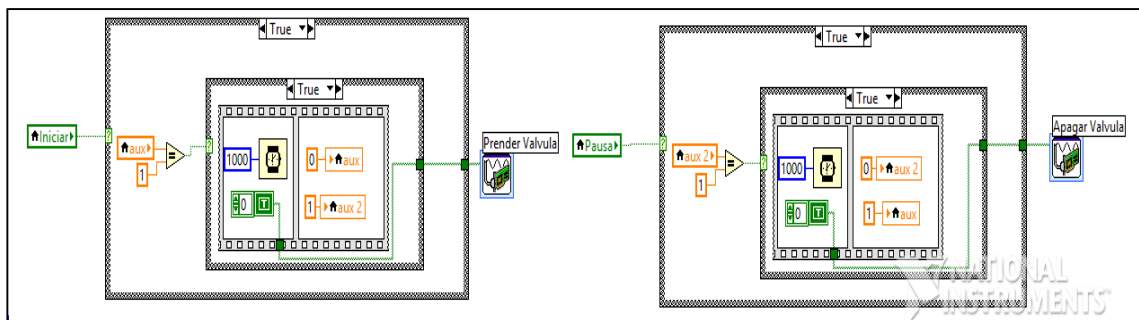


Figura 90 Programación de encendido y apagado de la bomba

d. *Programa del Botón Calcular*

Se debe ingresar la longitud final de la probeta una vez que esta se haya roto, esto para calcular varios datos como son: esfuerzo máximo, fuerza máxima, límite de fluencia, límite de ruptura % porcentaje de alargamiento o de acortamiento. Para su cálculo se necesitan de matrices y otros métodos matemáticos, como se observa en la figura 92.

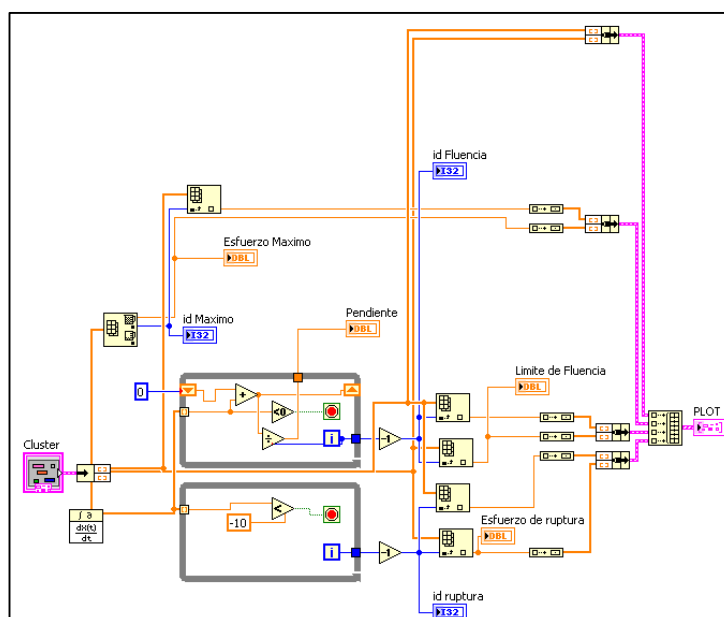


Figura 91 Programa para el Cálculo de Datos

e. *Programa del Botón Reporte*

Este botón abre una nueva ventana donde el usuario se ingresa los datos más relevantes dentro de un reporte (nombre del documento, material, observaciones, etc.), además aparecen los datos que previamente se calcularon.

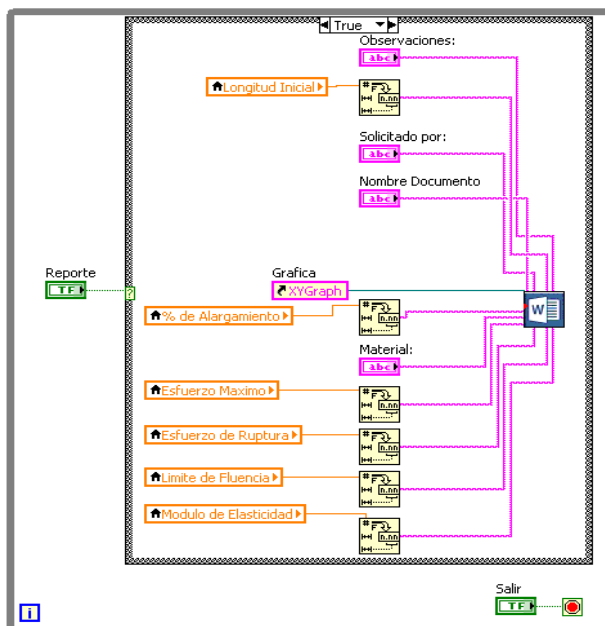


Figura 92 Programa para generar un reporte de ensayos

Dentro del SUB VI generar reporte se halla una subrutina que lleva todos estos parámetros a un documento de Word, facilitando de esta manera su manipulación e impresión.

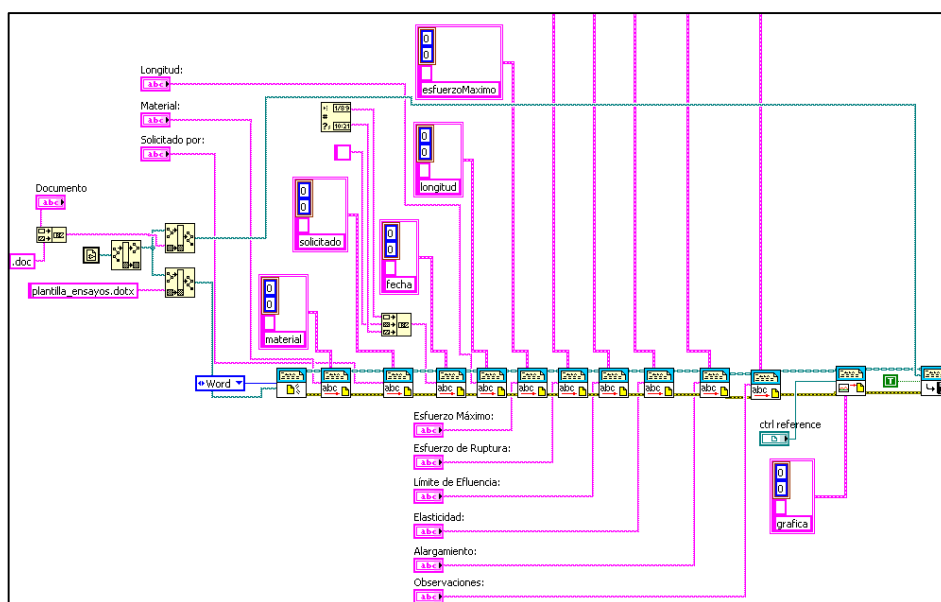


Figura 93 Programación del Reporte en documento Word

El procedimiento es el mismo para la programación de los dos ensayos. Verificando el correcto funcionamiento del programa se crea un programa ejecutable que abarca los toda la programación y ahorra memoria para que éste trabaje de mejor manera,

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Pruebas del Equipo Instalado

En este capítulo se realiza las evaluaciones y pruebas del equipo instalado que garantiza la calibración de los instrumentos de medida para la validación de los ensayos de materiales.

4.1.1. Calibración del Transductor de Presión

Como se mencionó en la implementación se realizó un experimento para medir la presión generada por el transductor de presión. La tabla 18 muestra los valores obtenidos mediante dicho experimento.

Tabla 18

Calibración del Transductor de Presión

PSI	Voltaje
50	1,075
100	1,107
200	1,169
300	1,248
400	1,322
500	1,404
600	1,484
700	1,566
800	1,654

Con los datos obtenidos en la tabla 18 y se puede obtener una calibración del sensor de presión, es decir son valores referenciales útiles para obtener los valores de presión necesarios para graficar el diagrama esfuerzo-deformación. La figura 95 representa estos valores.

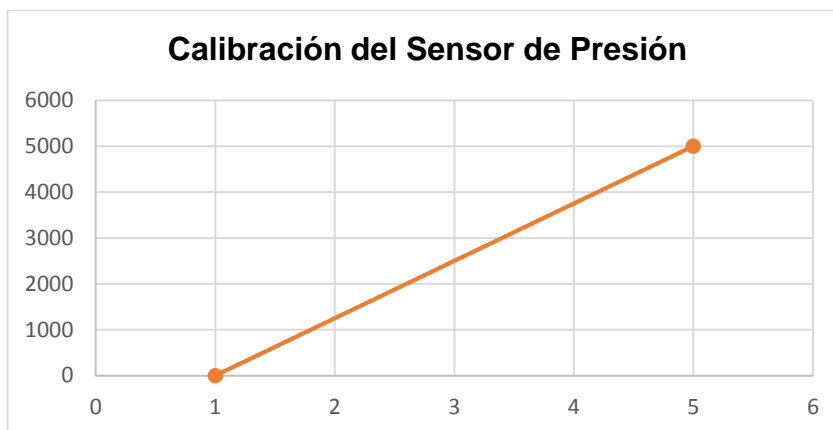


Figura 94 Calibración del sensor de presión

4.1.2. Calibración del Encoder

La tabla 19 muestra valores referenciales que fueron adquiridos del encoder al momento de que éste está en funcionamiento como ya se mencionó los valores obtenidos del encoder están en unidades de distancia/ pulso, son los que se observa a la derecha y los valores de la izquierda están ya transformados en desplazamiento en unidades de milímetros.

Tabla 19

Calibración del Sensor de Desplazamiento

Datos	
Encoder	Desplazamiento
0,000	0,79
0,001	0,80
0,107	1,62
1,005	8,51
1,108	9,30
2,025	16,35
2,127	17,13
3,008	23,90
3,062	24,31

4.2. Análisis de Resultados

Las pruebas y resultados de los ensayos luego de haber sometido las probetas a esfuerzos, estos datos se mostraron ya que fueron obtenidos por los transductores de presión de desplazamiento los que fueron visualizados en una pantalla amigable. Mediante esta adquisición son la referencia para la validación del proceso automatizado de ensayos mecánicos de materiales.

4.2.1. Prueba del ensayo de tracción

Para la comprobación del software y su funcionamiento se realizó el ensayo de tracción, para ello se ocupó una barrilla de 200 mm de longitud inicial y 16 mm de diámetro de la marca comercial Adelca, de esta forma se comprueba los valores extendidos por el fabricante y los obtenidos en la realización del ensayo de tracción.

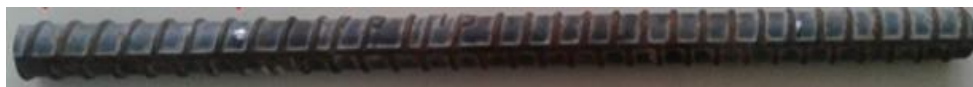


Figura 95 Representación gráfica de la probeta

Una vez seleccionado el tipo de probeta el siguiente paso es colocarlas en las mordazas de la máquina realizando un ajuste el cual fije la probeta en la misma.



Figura 96 Montaje de la probeta en la máquina universal

Una vez colocada la probeta en las mordazas se debe seleccionar la velocidad para que cumpla el proceso de ensayo y seguidamente se procede a dar click en el botón iniciar para que se enceren los valores en la interfaz Humano Máquina, inmediatamente se inicia la prueba.

Se aplican fuerzas hasta que la probeta se rompa, la máquina transmite datos de la fuerza y deformación respectivamente, mientras se cumple el proceso, una vez concluido el proceso se mide la longitud final de la probeta para el cálculo del porcentaje de alargamiento.

Como datos iniciales tenemos:

$L_0=200$ mm

$D=16$ mm

$A=307.87$ mm²

Como dato final se tiene:

$L_f= 210$ mm

Los datos obtenidos en el ensayo de forma analógica y mediante el sistema de adquisición de datos se detallan a continuación.

a. *Datos obtenidos de manera analógica*

La tabla 20 muestra los valores de esfuerzo y deformación obtenidos durante el ensayo.

Tabla 20

Datos obtenidos de manera analógica

Esfuerzo [Mpa]	Deformación [mm]	Fuerza [N]
60,743959	-0,000009	12213,2977
82,950866	0,000479	16678,2612
100,670729	0,000769	20241,051
125,291927	0,00104	25191,4367
147,280829	0,001289	29612,5678
170,460355	0,00152	34273,088
194,903275	0,00174	39187,6286
222,562439	0,001945	44748,8336
247,668213	0,002148	49796,6488
273,197615	0,002341	54929,6396
295,889294	0,002523	59492,0724
323,180053	0,002704	64979,2051
393,346518	0,00323	69948,613
416,65203	0,00339	75173,6336

CONTINÚA 

487,205722	0,003862	79087,01
513,082567	0,00401	83772,8612
533,592053	0,004157	89518,0344
<u>585,072521</u>	<u>0,004585</u>	<u>93118,3535</u>
582,606099	0,004738	97958,5226
580,012322	0,004886	103161,371
574,545851	0,005036	107285,048
571,122375	0,0055	112101,161
570,955069	0,005814	115874,016
571,68319	0,006426	117635,81
574,424033	0,00658	117139,907
572,361638	0,006734	116618,397
571,288013	0,006886	115519,298
576,990682	0,00703	115237,4

En la Figura 98 se muestra el diagrama de Esfuerzo- Deformación del Ensayo de Tracción de Acero para la construcción, donde se detallan los valores de límite de fluencia, esfuerzo máximo.

- Límite de fluencia máximo de ADELCA 540 MPa.
- Límite de fluencia máximo de ENSAYO DE TRACCIÓN 418 MPa.
- Resistencia a la Tracción mínima de ADELCA 550MPa.
- Resistencia a la Tracción mínima de ENSAYO DE TRACCIÓN 566 MPa.
(**VER ANEXO B**).

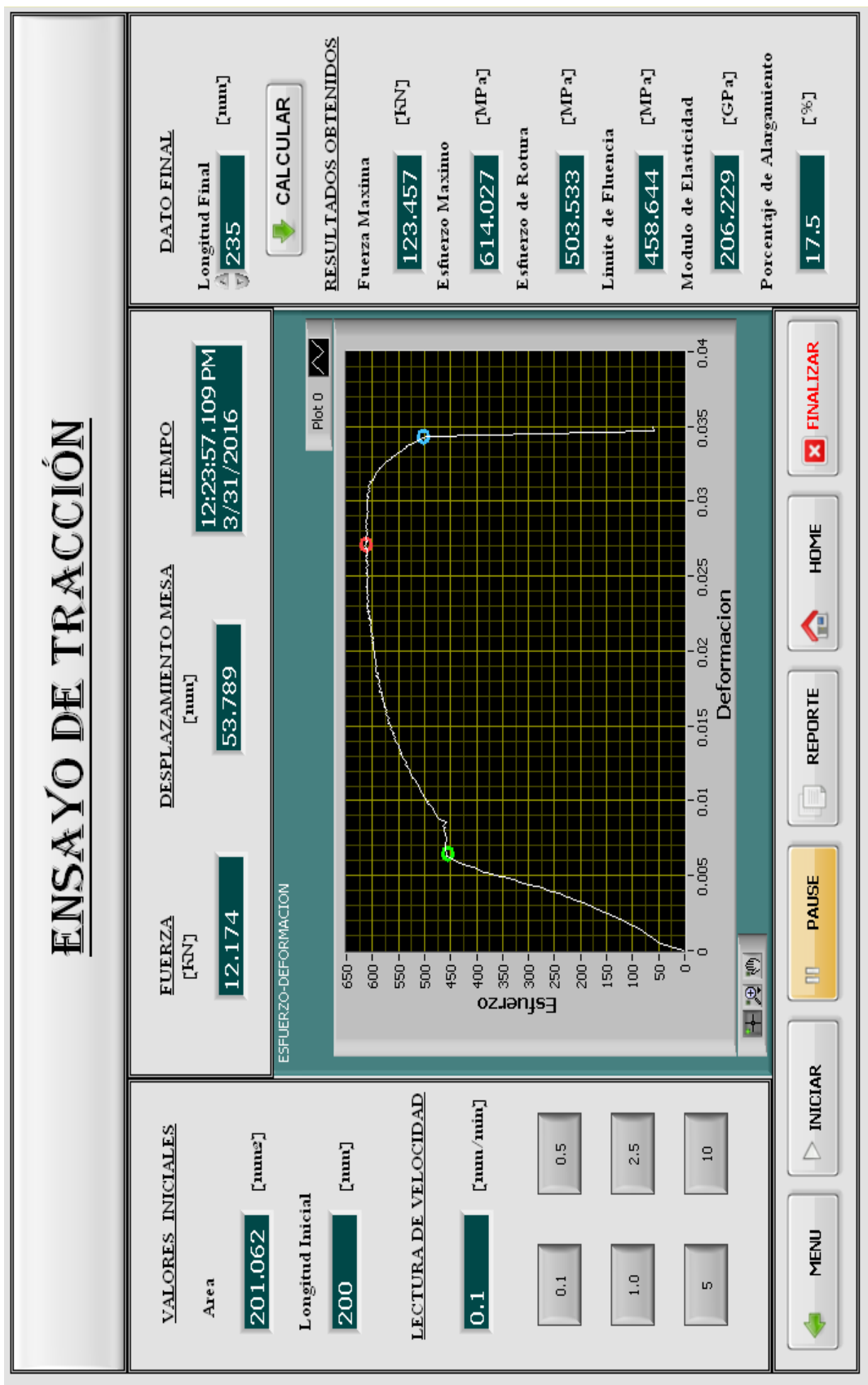


Figura 97 Diagrama Esfuerzo- Deformación Unitaria

b. *Datos obtenidos a través del sistema de adquisición de datos*

Los resultados obtenidos de forma analógica y forma digital son muy similares el resumen de esa comparación se muestra a continuación en la tabla 21.

Tabla 21

Resultados obtenidos de forma analógica y digital

Forma		
	Analógica	Digital
Ensayo de Tracción		
Esfuerzo [MPa]	550	614.026
Límite de fluencia [MPa]	540	458.644
Módulo de Elasticidad [GPa]	200	206.22
Porcentaje de Alargamiento %	13.872	17.5

Al comparar los resultados obtenidos en forma analógica y en el sistema de adquisición se observa que el programa se encuentra calibrado, obteniéndose valores similares con respecto los resultados obtenidos en forma analógica. Obteniéndose como máximo porcentaje de variación de 0,6% el cual es aceptable.

4.3. Manual de Usuario

4.3.1. Manual de Usuario para preparación y colocación de las Probetas

Seleccionar la probeta establecida por ADELCA Y NOVACERO VER ANEXO B.

a. Colocación de probetas para el ensayo de tracción

1. En el ensayo de tracción la preparación de las probetas es necesario medir la longitud de la probeta y colocar la misma distancia tanto para la mordaza superior como para la inferior tal como se muestra en la figura 99.



Figura 98 Representación gráfica de medición de la probeta

2. Colocación de la probeta en la Máquina Universal Time Shijin Serie WAN-600C. Se debe pulsar el botón **POWER ON**, para encender la máquina.



Figura 99 Encendido de la Máquina Universal

Seguidamente se debe pulsar el botón **Clamping Pump On** que encenderá la bomba para mover las mordazas y accionará al motor de elevación para subir y bajar el cabezal inferior.



Figura 100 Encendido de Clamping Pump On

3. Colocación de la probeta en las mordazas. Para realizar este paso se procede con la ayuda de la caja de pulsadores que se encuentra en la parte izquierda de la máquina, la misma que posee seis botones divididos en tres pares, un par sujeta y libera a las mordazas superiores y el otro par lo hace para las mordazas inferiores y el último par sube y baja el cabezal inferior.



Figura 101 Colocación de la probeta en las mordazas

b. *Colocación de probetas para el ensayo de compresión*

El ensayo de compresión está hecho para demostración con materiales predeterminados y para un solo tipo de probeta, la misma que se detalla a continuación:

1. En el ensayo de compresión la preparación de las probetas es necesario medir la longitud inicial de la probeta generalmente esta en 100mm en la figura 103 se muestra la colocación de la probeta.

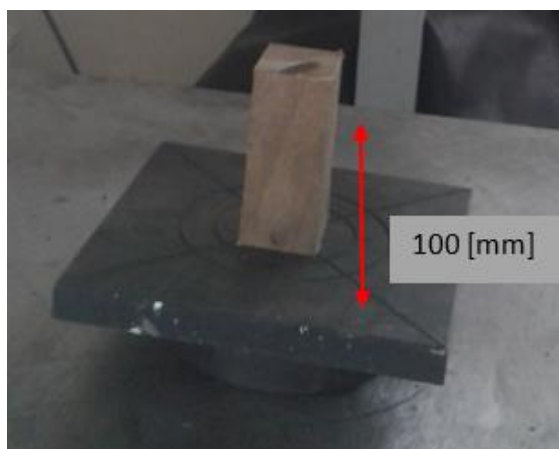


Figura 102 Medición de la probeta para el ensayo de compresión

2. Colocación de la probeta en la Máquina Universal Time Shijin Serie WAN-600C. Se debe pulsar el botón **POWER ON**, para encender la máquina.

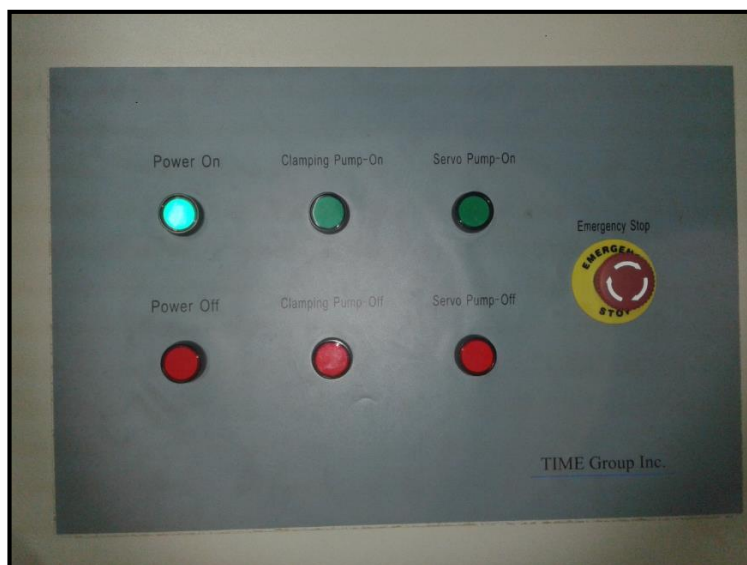


Figura 103 Encendido de la Máquina Universal

Seguidamente se debe pulsar el botón **Clamping Pump On** que encenderá las bombas para mover las mordazas.



Figura 104 Encendido de Clamping Pump On

3. Colocación de la probeta para compresión. Para la colocación de la probeta se maneja una caja de control en la que están los pulsadores que mueven al cabezal móvil y los pulsadores que abren y cierran las mordazas.

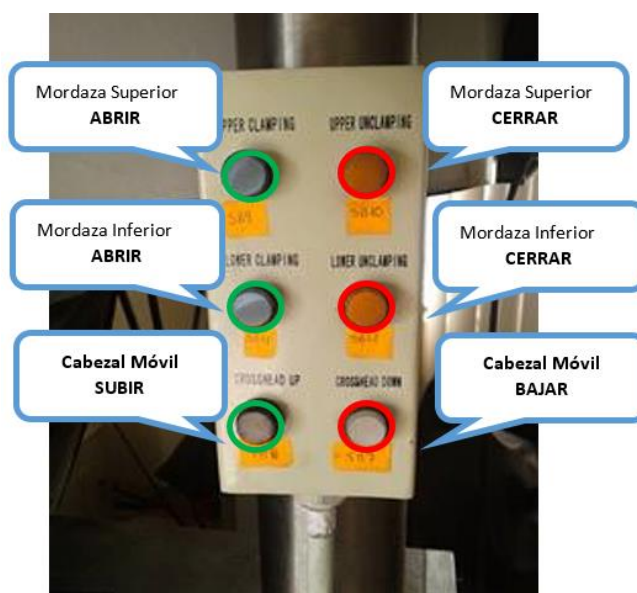


Figura 105 Caja de control de Mordazas.

Las mordazas para el ensayo de compresión son diferentes a las mordazas para el ensayo de tracción. La colocación y sujeción de la probeta debe ser precisa ya que estas mordazas tienen otro tipo de ajuste más que presionar la probeta entre las mordazas como se observa en la figura 107.



Figura 106 Ubicación de la Probeta para Ensayo de compresión

4.3.2. *Manual de Usuario para iniciar el software Máquina Universal Time Shijin Serie WAN-600C*

1. Para que se inicie el programa se debe dar clic en el icono de Máquina de ensayos, que se encuentra ubicado en el escritorio del ordenador como se muestra en la figura 108.



Figura 107 Ícono de activación para el programa de ensayos

2. Al abrirse el archivo ejecutable se presenta la siguiente pantalla principal donde se pide obligatoriamente Usuario y una Contraseña.

Usuario: ESPE

Contraseña: espe2016



Figura 108 Inicio del HMI para los ensayos mecánicos

4.3.3. Manual de Usuario para la realización del ensayo de Tracción

1. Seleccione Ensayo de Tracción

Para realizar el ensayo de tracción se debe seleccionar el tipo de probeta que va a ser sometido a esfuerzo, el tipo de material. Seguidamente es necesario guardar el NOMBRE DEL ENSAYO con extensión .dat por ejemplo ensayo1.dat.



Figura 109 Representación gráfica para ensayo de Tracción

2. Seleccione Tipo de Probeta

Una vez seleccionado el tipo de probeta, se debe ingresar los datos requeridos. Para citar un ejemplo en la figura 111 se seleccionó el tipo de probeta Laminar donde los datos iniciales son el ancho y el espesor en [mm] respectivamente.

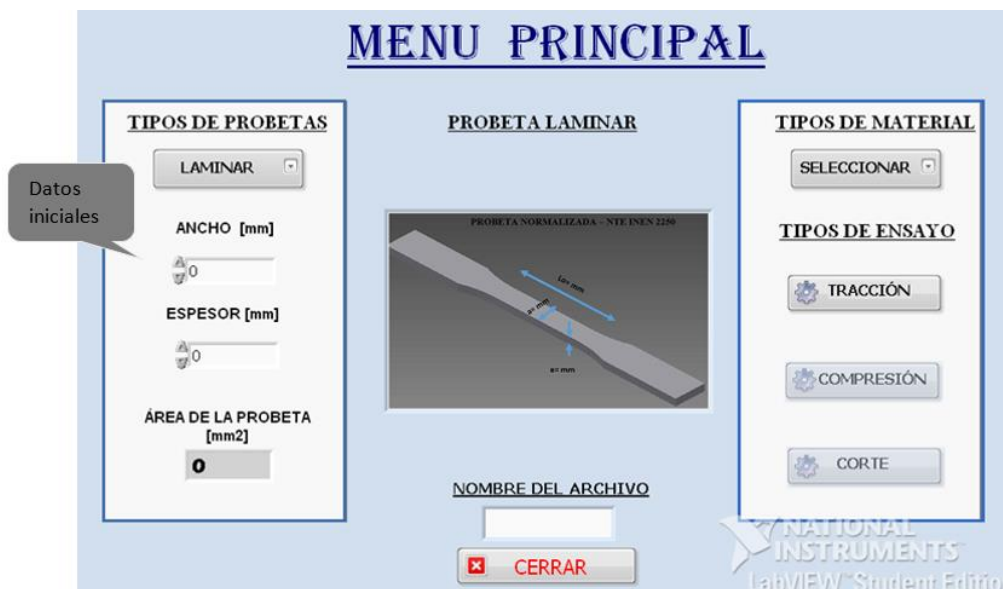


Figura 110 Representación gráfica datos iniciales

3. Ingresas todos los datos requeridos

Todos los campos en blanco son necesarios y deben ingresarse. En el caso de que no sea así inmediatamente saldrá un mensaje. “Existen valores en cero. Ingrese nuevamente”.

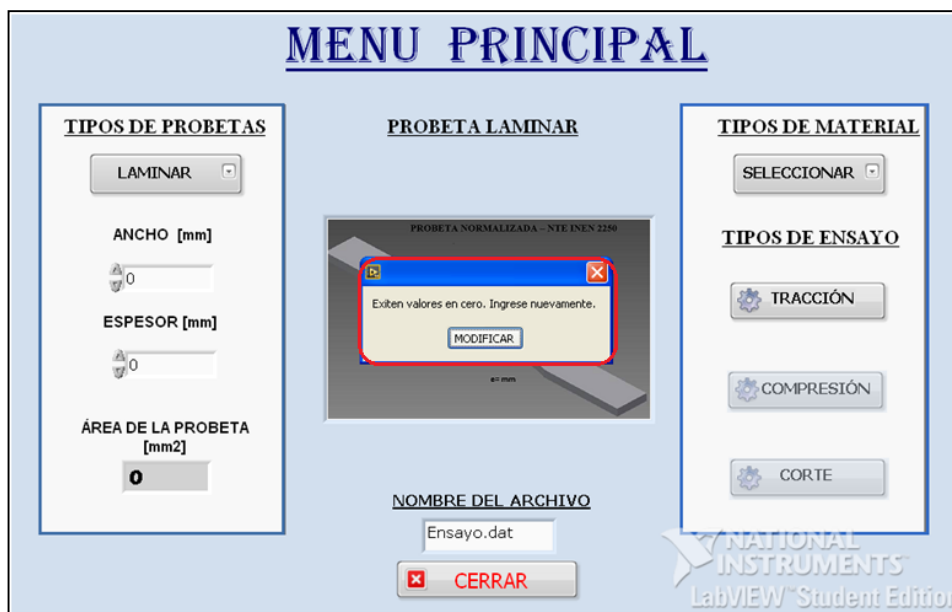


Figura 111 Representación gráfica de valores en cero

4. Ingreso de longitud Inicial

El cálculo de porcentaje de alargamiento se basa en la diferencia entre la longitud final y la longitud inicial.



Figura 112 Ingreso de la longitud inicial para el ensayo de tracción

5. Realización de Ensayo de Tracción

Seleccionar la velocidad que quiere realizar un ensayo, Dar clic en el botón Iniciar para que empiece el ensayo.



Figura 113 Inicio del Ensayo de Tracción

- Una vez concluido el ensayo inmediatamente se activará el botón *PAUSE*, el mismo que detendrá la adquisición de datos..



Figura 114 Paro del Ensayo de Tracción

- Como Dato Final se debe ingresar la longitud final de la probeta. A Continuación se debe pulsar el botón *CALCULAR* para mostrar los resultados obtenidos de dicho ensayo.



Figura 115 Representación gráfica de los resultados obtenidos

8. Reporte del Ensayo de Tracción

Para la generación del reporte del ensayo de tracción se debe presionar el botón *REPORTE*.



Figura 116 Inicio del reporte del Ensayo de Tracción.

Una vez pulsado el botón de REPORTE se abrirá una ventana de reporte de ensayo donde se deberá completar los espacios requeridos, Nombre de Documento, Material, Solicitado por: Observaciones, finalmente pulsar el botón GENERAR

Figura 117 Generación del reporte de Ensayos de Tracción

9. Seguidamente se abrirá un archivo **.doc** donde estará listo para imprimir y hacer uso adecuado del mismo

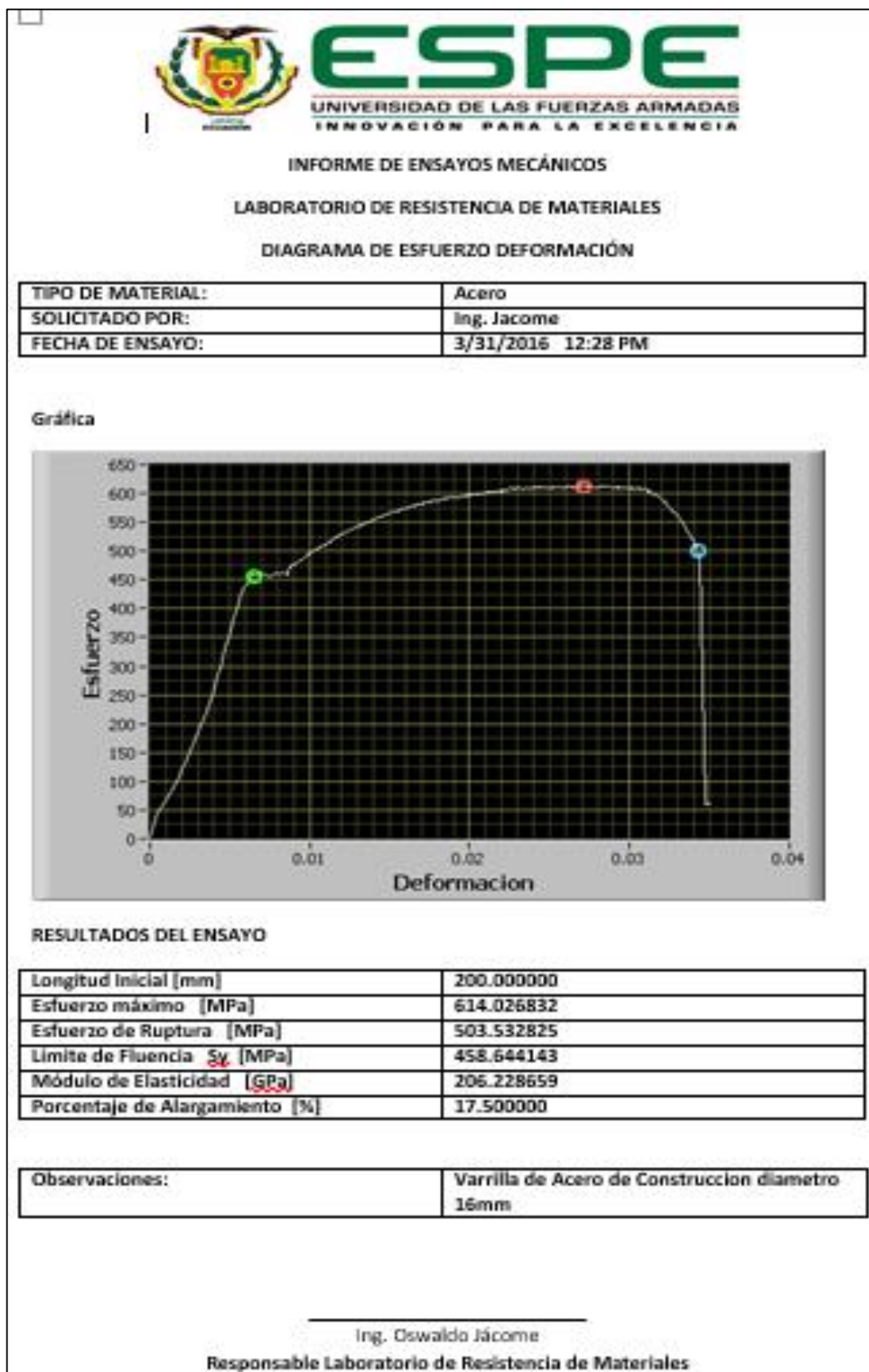


Figura 118 Reporte de Ensayos de Tracción

4.3.4. Manual de Usuario para la realización del ensayo de Compresión

1. Seleccione Ensayo de Compresión

Para realizar el ensayo de compresión se debe seleccionar el tipo de probeta, el material que va a ser sometido a compresión, para este tipo de ensayo las probetas son de tipo circular. Rectangular, Tubular. Seguidamente es necesario guardar el NOMBRE DEL ENSAYO con extensión .dat por ejemplo ensayo29.dat.



Figura 119 Representación gráfica para ensayo de Compresión

2. Seleccione Tipo de Probeta

Una vez seleccionado el tipo de probeta, se debe ingresar los datos requeridos. Para citar un ejemplo en la Figura 121 se seleccionó el tipo de probeta rectangular donde los datos iniciales son la base y la altura en [mm] respectivamente.



Figura 120 Datos iniciales de Ensayo de Compresión

3. Ingresas todos los datos requeridos

Todos los campos en blanco son necesarios y deben ingresarse. En el caso de que no sea así inmediatamente saldrá un mensaje. Existen valores en cero. Ingrese nuevamente.



Figura 121 Representación gráfica valores en cero

4. Ingreso de longitud Inicial

El cálculo de porcentaje de acortamiento se basa en la diferencia entre la longitud final y la longitud inicial.



Figura 122 Ingreso de la longitud inicial para el ensayo de compresión

5. Realización de Ensayo de Compresión.

Seleccionar la velocidad que quiere realizar un ensayo, Dar clic en el botón Iniciar para que empiece el ensayo.

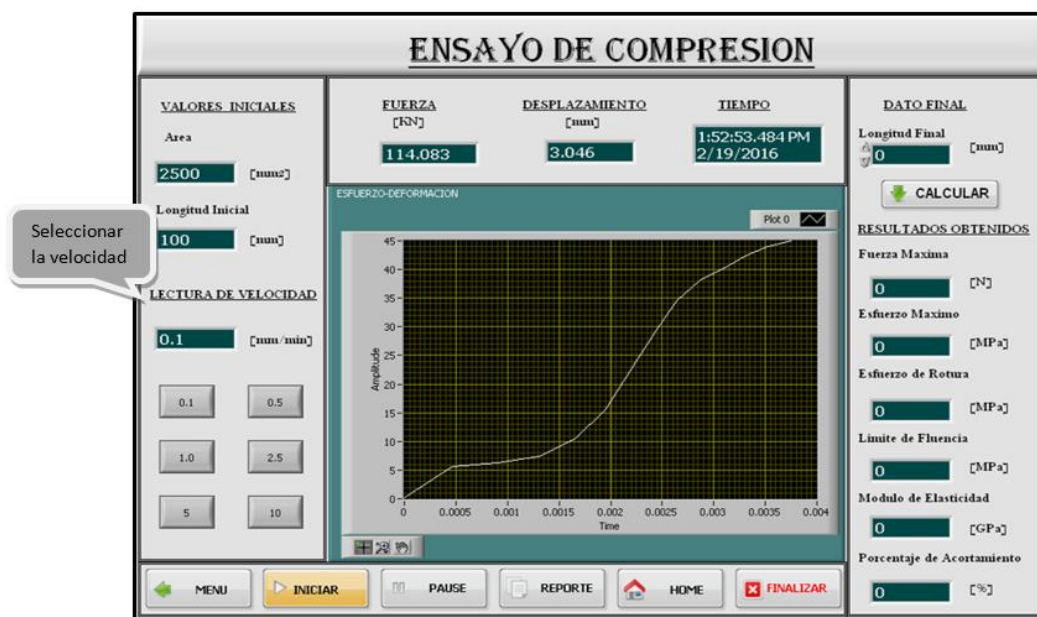


Figura 123 Inicio del Ensayo de Compresión

6. Una vez concluido el ensayo inmediatamente se activará el botón *PAUSE*, el mismo que detendrá la adquisición de datos.

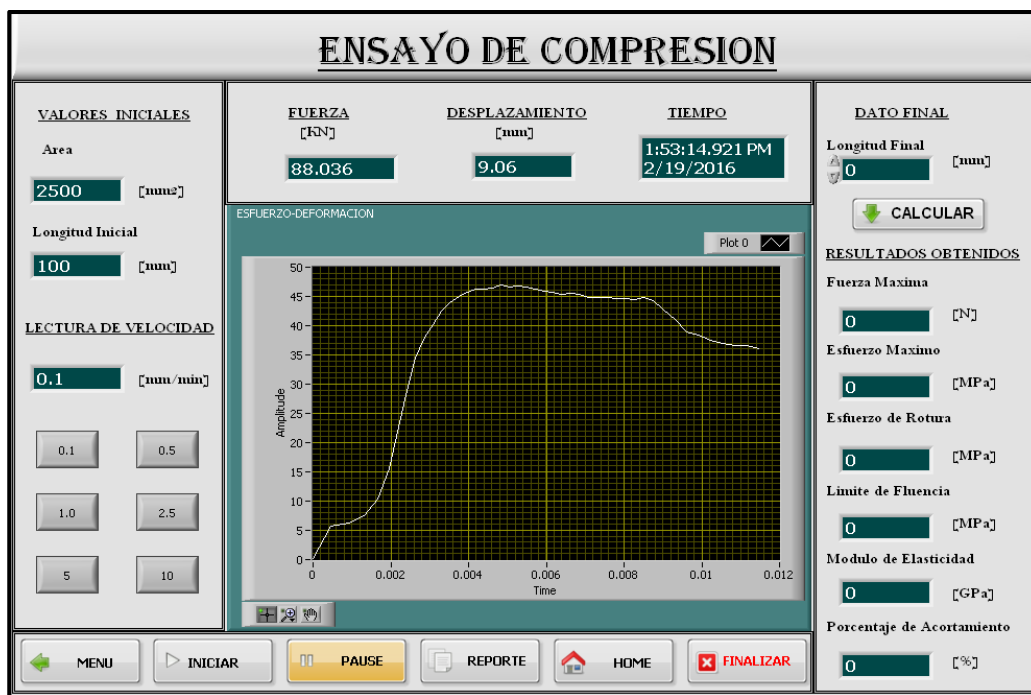


Figura 124 Paro del Ensayo de Compresión

7. Como Dato Final se debe ingresar la longitud final de la probeta. A Continuación se debe pulsar el botón *CALCULAR* para mostrar los resultados obtenidos de dicho ensayo.



Figura 125 Representación gráfica de los resultados obtenidos

8. Reporte del Ensayo de Compresión

Para la generación del reporte del ensayo de compresión se debe presionar el botón *REPORTE*.

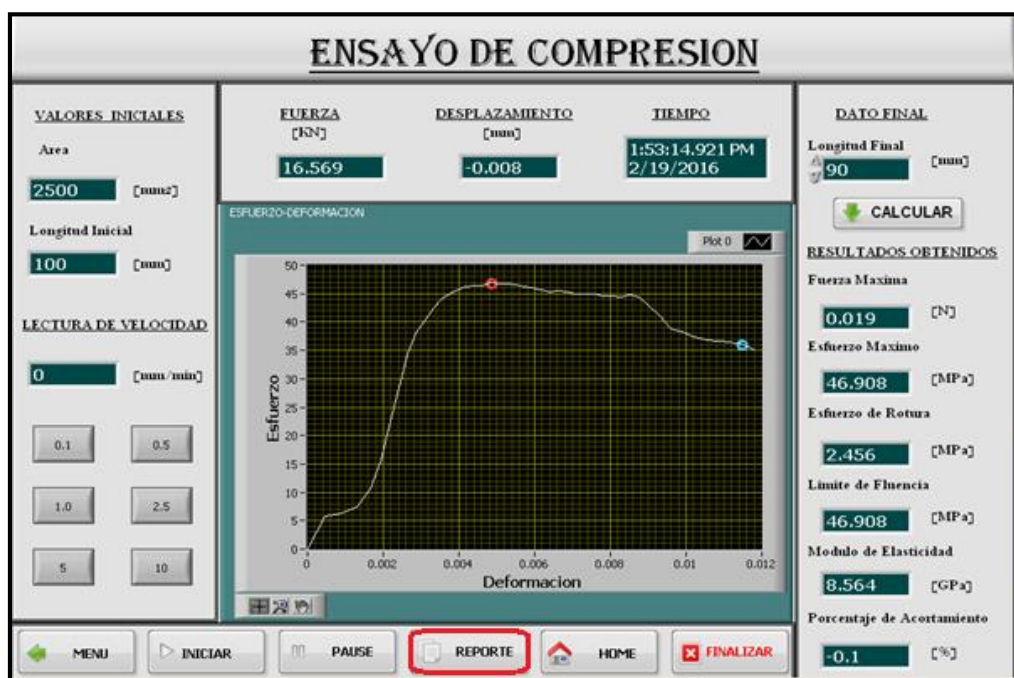


Figura 126 Inicio del reporte de Ensayos de Compresión

Una vez pulsado el botón de REPORTE se abrirá una ventana de reporte de ensayo donde se deberá completar los espacios requeridos, Nombre de Documento, Material, Solicitado por: Observaciones, finalmente pulsar el botón GENERAR

Figura 127 Generación del reporte de Ensayos de Compresión

9. Seguidamente se abrirá un archivo .doc donde estará listo para imprimir y hacer uso adecuado del mismo.

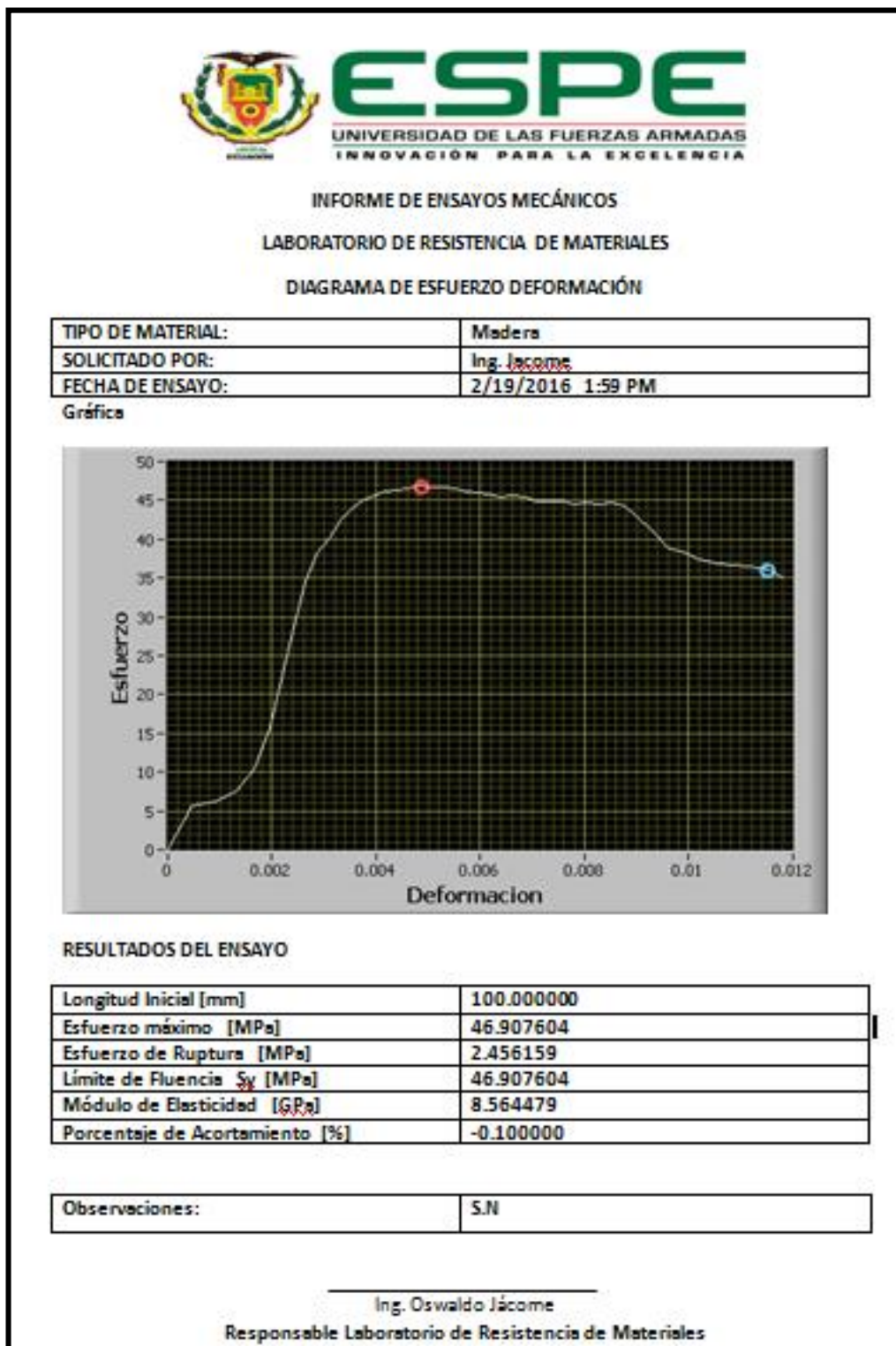


Figura 128 Reporte de Ensayos de Compresión

CAPÍTULO V

ÁNÁLISIS DE COSTOS

El presente capítulo muestra el costo total que representa el desarrollo de la repotenciación de la Máquina Universal Time Shijin para la realización de ensayos mecánicos donde se suman los agentes directos e indirectos necesarios para su ejecución.

5.1. Costos directos

Conforman la mano de obra directa y los materiales directos, es decir, son los todos los costos que afectan al producto final.

5.1.1. Materiales Directos

Para la realización de la repotenciación de la máquina universal adquirieron varios tipos de materiales entre ellos están: mecánicos, eléctrico-electrónicos, instrumentación y control, y para realizar pruebas. Las siguientes tablas detallan el costo de cada elemento adquirido según el grupo perteneciente.

Tabla 22

Costo de Materiales Mecánicos

Cantidad	Especificaciones	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
6	Pernos	0,15	0,90
8	Tornillos	0,20	1,60
1	Acople válvula	5,00	5,00
1	Acople sensor de Presión	5,00	5,00
1	Teflón	1,00	1,00
1	Riel	5,26	5,26
2	Cinta doble faz	1,40	2,80
1	Canaleta	5,60	5,60
1	Tablero	20,00	20,00
1	Acrílico	6,20	6,20
SUBTOTAL			53,36

Tabla 23

Costo de Materiales Eléctrico- Electrónicos

Cantidad	Especificaciones	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
4	Potenciómetros 500Ω	1,00	4,00
6	Borneras dos entradas	5,00	5,00
30	Cable N0 18	0,40	12,00
1	Extensión USB	5,40	5,40
1	Extensión eléctrica 3m	3,50	3,50
1	Interruptor 220V	5,95	5,95
2	Estaño	0,80	1,60
3	Adaptador hembra DB9	0,80	2,40
3	Adaptador macho DB9	0,80	2,40
SUBTOTAL			42,45

Tabla 24

Costo de Materiales de Instrumentación y Control

Cantidad	Especificaciones	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
1	Transductor de Presión	312,10	312,10
1	Tarjeta Ni MyDaq	386,55	386,55
1	Final de Carrera	4,50	4,50
2	Módulos de Relés	15,00	30,00
SUBTOTAL			733,15

Tabla 25

Costo de Materiales para Pruebas

Cantidad	Especificaciones	Precio Unitario (USD)	Precio Total (USD)
20	Barrillas Corrugadas	1,00	20,00
15	Platinas	0,75	11,25
10	Ejes	5,00	50,00
SUBTOTAL			71,25

5.1.2. Mano de Obra

La mano de obra utilizada durante el desarrollo del proyecto es un parámetro influyente dentro de los costos directos. La Tabla 26 enlista la mano de obra participada más relevante.

Tabla 26**Costo de la Mano de Obra**

Horas	Proceso	Costo/Hora	Precio Total (USD)
2	Taladrado	8,00	16,00
15	Torneado ejes	5,00	75,00
SUBTOTAL			91,00

5.1.3. Costo Total del Proyecto Directo

Después de haber analizado cada uno de los costos directos se procede a realizar la suma total dichos valores. En la Tabla 27 se observa a detalle los materiales directos, su valor y el porcentaje que representa.

Tabla 27**Costo Total del Proyecto Directo**

Proceso	Costo (USD)	Porcentaje (%)
Costo de Materiales Mecánicos	53,36	5,38
Costo de Materiales Eléctricos- Electrónicos	42,45	4,28
Costo de Materiales de Instrumentación y Control	733,15	73,97
Costo de Materiales para Pruebas	71,25	7,19
Costo de Mano de Obra	91	9,18
Costo Total	991,21	100

5.2. Costos Indirectos

Se denominan costos indirectos a aquellos costos que no se pueden asignarse con precisión, y dentro de estos costos se detalla en la Tabla 28.

Tabla 28**Costo Total de Ingeniería**

Descripción	Valor (USD)
Capacitación	100
Criterio de Ingeniería	700
Total	800

5.3. Costo de la Implementación del Sistema

Una vez analizado los costos directos y los costos indirectos independientemente se procede a realizar la suma total que sería equivalente al costo total utilizado para realizar la repotenciación de la maquina universal siendo este valor 1,791.21 dólares. La tabla 29 presenta en detalle cómo se obtuvo dicho valor y el porcentaje representativo de cada parámetro.

Tabla 29

Costo de la Implementación del Sistema

Descripción	Valor (USD)	Porcentaje (%)
Costos Directos	991,21	55,34
Costos Indirectos	800	44,66
Costo Total de Implementación	1,791.21	100

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Se efectuó la repotenciación de la Máquina Time Shijin Serie WAN-600C utilizada para la realización de ensayos mecánicos que se encuentra en el laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad De Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga, que por mucho tiempo estuvo fuera de servicio, Los tipos de ensayos aplicados a esta máquina son el de tracción y compresión que sirve de refuerzo de los conocimientos académicos de los. En cuanto a la repotenciación fue conseguida debido a la implementación del sistema de medición de presión y la Interfaz Humano Máquina desarrollada con un nuevo modelo en la manipulación pero muy similar al propio de la máquina. Los resultados obtenidos de dicho proceso son mejores ya que dentro de la interfaz se dispone de campos requeridos que necesariamente debe otorgar la persona responsable del laboratorio así como la persona que quiera realizar el ensayo, finalmente se entrega un reporte detallado de todo el proceso con fecha y horas exactas, materiales y las personas responsables de dicho ensayo.
- Se realizó ingeniería inversa para analizar el funcionamiento y operación original de la Máquina Universal, además se documentó cada factor importante encontrado durante este proceso, la máquina y sus sistema eléctrico se encontró detallado y conectado cumpliendo una secuencia ordenado lo que hizo fácil su entendimiento. Debido la vida útil de la máquina muchos cables se encontraron en mal estado lo que provocaba errores al momento de ponerla en marcha, otro de los factores negativos que se encontró fue la válvula que elevaba la mesa, recibía valores basura que hacían que la mesa suba de poco simulando el inicio de un ensayo.
- Se realizó el acondicionamiento de señal al sensor de presión debido a que su dato de salida está en el rango de 4 a 20 m.a. y los datos de entrada

a la tarjeta necesariamente es de 0 a 10 V. no se efectuó la disminución de ruido ya que no se hizo un circuito que filtre estas señales, por lo que esto se llevó a cabo en la programación del HMI.

- Se realizó ajustes pertinentes de los equipos electrónicos, como el acondicionamiento de sensores lo que aseguró que los valores obtenidos sean los correctos para obtener el diagrama Esfuerzo- Deformación.
- Se optó por no utilizar el deformímetro para la obtención del módulo de elasticidad, esto en virtud que las probetas no se rompen en el punto medio de instalación del sensor, lo que no permite medir de una forma correcta la deformación del material de prueba; además existe un inconveniente al retirar este dispositivo durante la ejecución de los ensayos, siendo necesario realizar una pausa al proceso.
- El proceso del ensayo es continuo, solo se realiza una pausa en el momento que se realiza la ruptura en la probeta, además que no es estrictamente necesario realizar pruebas con probetas normalizadas sino que también se realizan con muestras de materiales disponibles en el mercado ya que de esta manera se procede en la mayoría de máquinas.
- El ensayo de compresión se condicionó para que únicamente se pueda hacer una demostración del proceso con una probeta y tipo de material específico se consideró la probeta con la que se hacía el ensayo de compresión cuando la máquina estaba funcionando correctamente, esto debido a que no existen normas que avalen el tipo de probeta a utilizar.
- Se realizaron pruebas de los ensayos de tracción y compresión con probetas normalizadas por la INEN, conjuntamente se efectuaron pruebas con muestras de varillas y ejes encontrados en el mercado para realizar una comparación con catálogos de empresas (ADELCA, NOVACERO, etc.) fabricantes de dichos elementos.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda revisar el sistema mecánico antes de proceder a realizar el control de la máquina y de ser necesario realizar el mantenimiento correctivo, ya que dichos errores pueden afectar los resultados finales.

- Previo a la realización del ensayo revisar el manual de operación, considerando que primero se debe encender la computadora y posteriormente la máquina de ensayos, esto por seguridad para la tarjeta de adquisición de datos.
- Revisar las conexiones eléctricas y el sistema hidráulico, para evitar inconvenientes durante la realización del ensayo mecánico. Además de realizar una revisión continua sobre el nivel de aceite por si este ya no fuese suficiente para el correcto funcionamiento del equipo.
- Antes de regresar la máquina a su estado de reposo se debe asegurar de retirar la probeta de ensayo, debido a que su permanencia puede causar choques entre las mordazas al momento que la mesa de trabajo regrese.
- Realizar periódicamente la calibración de los equipos electrónicos para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de control de la máquina.
- Para evitar accidentes en la manipulación de probetas y mordazas es necesario la utilización de Equipos de Protección Personal.
- En caso de que el programa de la maquina salga de funcionamiento o deje de procesar la información, como ocurre frecuentemente porque su sistema hardware y Software están obsoletos. Se debe desconectar los puertos UBS de la tarjeta de adquisición de datos esperar un tiempo prudente estimado de 15 segundo y volver a conectar, seguidamente reiniciar la prueba desde el computador.

BIBLIOGRAFÍA

- Berrondo, J., Mongelos, M., & Pellejero, I. (2007). Apuntes de Máquinas Hidráulicas. San Sebastián : Universidad del Pais Vasco.
- Callester, W. (1995). Ciencia e Ingeniería de los Materiales (Primera ed.). México, D.F.: Reverte S.A.
- Creus, A. (1993). Instrumentación Industrial. Barcelona: Marcombo.
- Escacena, J. (2006). Caracterización de las Propiedades Mecánicas del Aluminio 7075-T651. Madrid.
- INEN. (1976). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 0143. Quito.
- INEN. (2009). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 109:2009. Quito.
- INEN. (2009). NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN ISO 377:2009. Quito.
- Marks. (2002). Manual del Ingeniero Mecánico. México D.F.: Mcgraw-Hill Interamericana.
- Mestizo, J. (2014). Máquina Hidráulicas: Bombas y Turbinas. México D.F.: Fime.
- Mott, R. (1992). Diseño de Elementos de Máquinas (Segunda ed.). México D.F.: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.
- Mott, R. (2009). Resistencia de Materiales (Quinta ed.). México D.F.: Pearson Educación.
- Nuñez, C., Roca, A., & Jorba, J. (2011). Comportamiento Mecánico de los Materiales (Primera ed., Vol. Dos). Barcelona: Graficas Rey.
- Pallas, R. (2005). Sensores y Acondicionadores de Señal. Barcelona: Marcombo.
- Pérez, A. (2000). Curso de Instrumentación. San Luis de Potosi: Instituto Tecnológico de San Luis de Potosi.

Roldán, J. (1994). Manual de Electricista de Taller (Octava ed.). Madrid: Paraninfo.

Salazar, J. (2007). Resistencia de Materiales Básica para estudiantes de Ingeniería (Primera ed.). Bogotá: Centro de Publicaciones de la Universidad de Colombia.

Shijin, J. (2003). Materials Testing Machine. Time Group INC, Págs. 11-14.

West Instrumenst. (2010). Manual de Aplicación de Encoders. México D.F.

LINKOGRAFÍA

Automantenimiento. (28 de Octubre de 2012). Obtenido de Tipos de Cilindros Hidráulicos: <http://automantenimiento.net/hidraulica/tipos-de-cilindros-hidraulicos/>, Recuperado el 02 de Mayo de 2015.

Automatización Industrial. (15 de Agosto de 2011). Obtenido de <http://industrial-automatica.blogspot.com/2011/08/bombas-hidraulicas-2-bombas-de.html>, Recuperado el 26 de Abril de 2015.

Cervera. (01 de Junio de 2004). Propiedades Mecánicas. Obtenido de http://www.unedcervera.com/c3900038/ciencia_materiales/propiedades_mecanicas.html, Recuperado el 24 de Abril de 2015.

Durán, R. (13 de Abril de 2013). Slideshare. Obtenido de <http://es.slideshare.net/robertoduran338/motores-sincronos-3347875>, Recuperado el 26 de Abril de 2015.

EcuRed. (23 de Julio de 2013). Ensayo a la compresión. Obtenido de http://www.ecured.cu/index.php/Ensayo_a_la_compresi%C3%B3n, Recuperado el 02 de Mayo de 2015.

Escacena, J. (15 de Enero de 2014). Normas Aplicadas a los Ensayos. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4089/fichero/6.pdf>, Recuperado el 10 de Mayo de 2015.

Garcia, C. (23 de Junio de 2009). Scribd. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/1666857/RESISTENCIA-DE-MATERIALES>, Recuperado el 16 de Abril de 2015.

Lara, P. (27 de Noviembre de 2012). Introducción a la Mecatrónica. Obtenido de <http://1538445.blogspot.com/2012/11/22-acondicionamiento-de-senales.html>, Recuperado el 02 de Mayo de 2015.

López, J. (28 de Julio de 2013). Motores Eléctricos. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2013/ing/pim/12.pdf>, Recuperado el 25 de Abril de 2015.

- Meganeboy. (16 de Enero de 2014). Aficionados a la Mecánica. Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/sensores.htm>, Recuperado el 25 de Abril de 2015.
- National Instruments Corporation. (29 de Julio de 2015). Obtenido de <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>, Recuperado el 29 de Julio de 2015.
- Neetescuela. (19 de Septiembre de 2013). Máquinas de Ensayos Mecánicos. Obtenido de <http://neetescuela.com/maquinas-de-ensayos-mecanicos>, Recuperado el 02 de Mayo de 2015.
- ONI. (24 de Marzo de 2012). Ensayo de Compresión. Obtenido de <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi2000/santa-fe-sur/ensayodemat/Ensayos/Compres.htm>, Recuperado el 02 de Mayo de 2015.
- ONI. (02 de Abril de 2012). Ensayo de Corte. Obtenido de <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi2000/santa-fe-sur/ensayodemat/Ensayos/corte.htm>, Recuperado el 02 de Mayo de 2015.
- Pinto, A. (25 de Agosto de 2013). Ingenieria Real. Obtenido de <http://ingenieriareal.com/tipos-de-maquinas-universales-de-tension-y-compresion/>, Recuperado el 28 de Abril de 2015.
- Rodríguez, H. (26 de Mayo de 2014). Ingemécanica. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html>, Recuperado el 26 de Abril de 2015.
- Sapiensman. (17 de Octubre de 2014). Neumática e Hidráulica. Obtenido de http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica22.htm, Recuperado el 26 de Abril de 2015.
- Sensing. (24 de Septiembre de 2015). Sensores y Traductores. Obtenido de http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-presi%C3%B3n_107/, Recuperado el 24 de Septiembre de 2015.

Tecnolowikia. (20 de Diciembre de 2009). Ensayo de Tracción. Obtenido de <https://tecnolowikia.wikispaces.com/Ensayo+de+Tracci%C3%B3n>, Recuperado el 02 de Mayo de 2015.

Turck. (26 de Febrero de 2015). Sensors Catalog. Obtenido de <http://www.turck.com.mx/Products/Sensors/>, Recuperado el 26 de Febrero de 2015.

WordPress. (18 de Mayo de 2012). Estudio funcional de las Válvulas Distribuidoras. Obtenido de <https://eepiastecnologia4a11.wordpress.com/neumatica-2/estudio-funcional-de-las-valvulas-distribuidoras/>, Recuperado el 25 de Abril de 2015.

WordPress. (24 de Septiembre de 2013). Instrumentación Mecatrónica. Obtenido de <https://instrumentacionelectronica1.wordpress.com/2013/09/24/instrumentacion-electronica/>, Recuperado el 26 de Abril de 2015.

Yuheng Optics. (14 de Agosto de 2013). Obtenido de <http://yuheng.com/>, Recuperado el 03 de Mayo de 2015.

Zona Vertigo 2040. (28 de Febrero de 2012). Obtenido de <https://vertigo2040.wordpress.com/2012/02/28/motor-electrico-tipos-y-fundamentos/>, Recuperado el 26 de Abril de 2015.

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por las señoritas: **Mayra Maribel Moposita Caguana** y **Tannia Gabriela Nuñez Valle**.

En la ciudad de Latacunga a los 07 días de marzo del 2016.



Ing. Wilson Trávez
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:



Ing. Vicente Hallo
DIRECTOR DE CARRERA



Dr. Juan Carlos Díaz
SECRETARIO ACADÉMICO

