



REPÚBLICA DEL ECUADOR
Escuela Politécnica Nacional
"SCIENTIA HUMANIS SALUS"

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la .ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN
DE DATOS PARA UNA MÁQUINA DE ENSAYOS UNIVERSALES
PARA EL CENTRO TEXTIL DE LA ESCUELA POLITÉCNICA
NACIONAL**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIEROS EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

ASIMBAYA DIAZ DAVID SEBASTIAN

sebas_dav25@hotmail.com

TOPON VISARREA BLANCA LILIANA

lilyt_8607@hotmail.com

DIRECTOR: Dr. Hugo Banda

hbanda@ieee.org

Quito, junio 2012

DECLARACIÓN

Nosotros, ASIMBAYA DIAZ DAVID SEBASTIAN y TOPÓN VISARREA BLANCA LILIANA, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

ASIMBAYA D. DAVID SEBASTIAN

TOPÓN V. BLANCA LILIANA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por ASIMBAYA DIAZ DAVID SEBASTIAN y TOPÓN VISARREA BLANCA LILIANA, bajo mi supervisión.

Ph D. Hugo Banda Gamboa
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A ti papá, que me enseñaste todo el valor y toda la fuerza en un solo abrazo.

A mi mamá, que dentro de todas sus preocupaciones siempre me dio la posibilidad de brillar.

A mis hermanos Patricio y Diana, porque no solo hermanos sino mis mejores amigos y con quienes siempre puedo confiar.

A mis tíos Eduardo y Josefina, porque siempre tuve una palabra de aliento en ellos.

A Lily Topón y Diana Zapata, porque su amistad va mas allá de un simple apoyo y compañía, siempre me brindaron una palabra de aliento o alegría que he necesitado.

Al Dr. Hugo Banda por su acertada dirección para la culminación de este proyecto.

Al personal del Centro Textil Politécnico, pero sobretodo al Ing. Omar Bonilla quien estuvo siempre dispuesto a colaborarnos en la realización de este proyecto.

David Sebastián Asimbaya

A mi familia por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida y por haber depositado en mí su confianza y sus anhelos.

A mi novio Israel Pozo quien ha estado conmigo en todos los momentos difíciles y supo aconsejarme y darme ánimos para seguir adelante.

A mis amigos David Asimbaya y Diana Zapata por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.

Al Dr. Hugo Banda por su acertada dirección para la culminación de este proyecto.

Al personal del Centro Textil Politécnico, pero sobretodo al Ing. Omar Bonilla quien estuvo siempre dispuesto a colaborarnos en la realización de este proyecto.

Lily Topón Visarréa

DEDICATORIA

A mis padres, porque creyeron en mi y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron apoyándome a en los momentos más difíciles de mi carrera.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles

A mis hermanos, tíos primos y amigos, por fomentar en mí el deseo de superación y anhelo de triunfo en la vida.

A mi compañera de tesis Lily Topón, porque no solo fue una amiga sino una hermana para mi, siempre brindándome una palabra de apoyo y aliento. Ya que con su apoyo este proyecto puedo ser culminado.

David Sebastián Asimbaya

A mi padre Alfredo y mi hermano Eduardo que ya partieron a la presencia del Altísimo, quienes permanentemente me apoyan con su espíritu, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos, quienes seguramente desde el cielo me cuidan y bendicen.

A mi madre Rosita, a mis hermanos Mario, e Iván quienes me acompañaron a lo largo del camino, brindándome la fuerza necesaria para continuar, ayudándome en lo que fuera posible, dándome consejos y orientación, estoy muy agradecida especialmente con mi madre, gracias por todo.

A mis sobrinos Sebastián, Gabriela, Ismael y Anahí quienes siempre me regalaron una sonrisa que iluminó los días oscuros.

A mi novio Israel por haber estado en los momentos difíciles y apoyarme cuando más lo necesitaba.

A mi compañero de tesis David por el apoyo en la terminación de este proyecto, y por su gran amistad.

Lily Topón Visarréa

CONTENIDO

CONTENIDO DE TABLAS	vi
CONTENIDO DE FIGURAS	vii
RESUMEN	xiii
PRESENTACIÓN	xiv
CAPITULO 1	1
GENERALIDADES	1
1.1 CONCEPTOS BÁSICOS	1
1.1.1 FIBRA TEXTIL	1
1.1.1.1 Título [1].....	1
1.1.2 MORDAZA.....	2
1.1.3 CRUCETA [2]	2
1.1.4 TENSIÓN O TRACCIÓN	3
1.1.5 COMPRESIÓN	3
1.1.6 CELDA DE CARGA [4]	3
1.1.6.1 Galga Extensiométrica [5].....	4
1.1.7 LEY DE HOOKE [6]	5
1.1.8 ESFUERZO EN HILOS.....	5
1.1.9 ELONGACIÓN Y DEFORMACIÓN [7].....	6
1.1.10 MÓDULO INICIAL O MÓDULO DE YOUNG [8]	6
1.1.11 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES [9]	6
1.1.12 MÓDULO TANGENTE [10].....	7
1.1.13 TENACIDAD A LA RUPTURA [10]	7
1.1.14 DIAGRAMA ESFUERZO – DEFORMACIÓN.....	7
1.1.14.1 Elementos de Diagrama Esfuerzo – Deformación [12].....	8
1.1.15 DIAGRAMA FUERZA – ELONGACIÓN.....	9

1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS UNIVERSALES DEL CENTRO TEXTIL POLITÈCNICO.....	10
1.2.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA	10
1.2.1.1 Ensayo de Tensión [10].....	10
1.2.1.1.1 Procedimiento del Ensayo de Tensión	10
1.2.1.1.2 Descripción del Método para el Ensayo de Tensión.	11
1.2.1.1.3 Cálculo del módulo inicial de la curva esfuerzo-deformación	12
1.2.1.2 Ensayo de Compresión	13
1.3 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS UNIVERSALES	15
1.3.2 COMPONENTES MECÁNICOS	18
1.3.2.1 Motor de Corriente Continua	19
1.3.2.2 Encoder – Optoacoplador de Presencia [14].....	20
1.3.2.3 Transductor de posición lineal [15]	21
1.3.2.4 Transductor de peso – Celda de carga.....	21
1.3.2.5 Final de carrera [16].....	21
1.3.2.6 Sistema de poleas y correas dentadas [17].....	22
1.3.3 REFORMAS DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS UNIVERSALES	24
CAPITULO 2	25
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE	25
2.1. ARQUITECTURA DEL SISTEMA	25
2.2. CIRCUITO DE POTENCIA.....	25
2.2.1.1 Dimensionamiento de Diodos	27
2.2.1.2 Dimensionamiento del Filtro Capacitivo	29
2.2.1.3 Diseño del Circuito de Carga y Descarga del Capacitor	31
2.3. CIRCUITO DE CONTROL	42
2.3.1 DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN 12 VOLTIOS Y 5 VOLTIOS [18].....	42

2.3.1.1	Transformador de entrada.....	42
2.3.1.2	Puente rectificador	43
2.3.1.3	Filtro Capacitivo	44
2.3.1.3.1	Dimensionamiento del Capacitor	44
2.3.1.4	Regulador de Voltaje.....	45
2.3.2	DISEÑO DEL HARDWARE DE AISLAMIENTO Y PUENTE H.....	46
2.3.2.1	Encoder	49
2.5	TRANSDUCTOR DE POSICIÓN LINEAL.....	53
2.6	TRANSDUCTOR DE PESO.....	53
2.6.1	AMPLIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE LA CELDA DE CARGA.....	55
2.7	TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS-NI USB MYDAQ [22].....	57
CAPÍTULO 3	60
DESARROLLO DEL SOFTWARE	60
3.1	ALGORITMO GENERAL DEL EQUIPO.....	60
3.1.1	ENCENDIDO DEL EQUIPO	61
3.1.2	CALIBRACIÓN DE LA CELDA DE CARGA.....	61
3.1.3	DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN DE LA MORDAZA.....	61
3.1.4	INTRODUCCIÓN DE DATOS.....	61
3.1.5	PROCESAMIENTO DE DATOS	61
3.1.6	CÁLCULOS	62
3.1.7	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	62
3.1.8	OTRAS CARACTERÍSTICAS.....	62
3.2	PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR.....	62
3.2.1	DESCRIPCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN.....	62
3.2.1.1	Programación del Lazo Principal.....	63
3.2.1.2	Subrutina “Modo Local”	64
3.2.1.3	Subrutina “Calibración”.....	65

3.2.1.4	Subrutina “Programación”	66
3.2.1.5	Subrutina “Registro”	67
3.2.1.6	Subrutina “Recibir”	68
3.2.1.7	Subrutina “Enviar”	70
3.2.1.8	Subrutina “Remoto”	71
3.2.1.9	Subrutina “Ver LCD”	72
3.2.1.10	Subrutina “Teclado”	72
3.2.1.11	Subrutina “Muestra”	73
3.3	DESARROLLO DE LA HMI.....	75
3.3.1	DESCRIPCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE LA HMI	75
3.3.1.1	Máquina de estados finita.....	76
3.3.1.1.1	Inicio del Programa	77
3.3.1.1.2	Calibrar/Iniciar Prueba	78
3.3.1.1.3	Calibrar	79
3.3.1.1.4	Ensayo Tracción	83
3.3.1.1.5	Resultados Numéricos	84
3.3.1.1.6	Gráficos.....	87
3.3.1.1.7	Ensayo Compresión.....	89
3.3.1.1.8	Resultados Modo Local.....	90
CAPITULO 4	94
PRUEBAS Y RESULTADOS	94
4.1	INTRODUCCION	94
4.2	HARDWARE IMPLEMENTADO.....	95
4.3	MONTAJE DEL PANEL DE SUPERVISIÓN	99
4.4	DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	100
4.4.1	FUNCIONAMIENTO A PARTIR DEL PANEL DE SUPERVISION	101
4.4.2	FUNCIONAMIENTO A PARTIR DEL COMPUTADOR.....	104

4.5 RESULTADOS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO.....	109
4.5.1 ENSAYO DE TRACCIÓN EN HILO TIPO POLIESTER:.....	109
4.5.1.1 CONCLUSIONES DEL ENSAYO	115
4.5.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN CÍCLICO EN ESPONJA	115
4.5.2.1 CONCLUSIONES DEL ENSAYO	119
CAPÍTULO 5.....	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	121
5.1 INTRODUCCIÓN	121
5.2 CONCLUSIONES	121
5.3 RECOMENDACIONES	122
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	125
ANEXOS	127
Anexo A - Planos Eléctricos del Tensiómetros	
Anexo B - Datasheet NI MyDAQ	
Anexo C - Datasheet Opto acoplador 6N136	
Anexo D - Datasheet Opto de Presencia ECG3100	
Anexo E - Datasheet Mosfets IRF740	

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. 1	Características del Motor DC.....	19
Tabla 1. 2	Características de la celda de carga.....	21
Tabla 2. 1	Bus DC Armadura.....	40
Tabla 2. 2	Bus DC Campo.....	40
Tabla 2. 3	Valor Transformadores Fuentes	42
Tabla 2. 4	Características de la Tarjeta de Adquisición NI USB-MyDAQ	58
Tabla 4. 1	Tabla de resultados ensayo de tracción	110
Tabla 4. 2	Tabla de valores para diagramas	114
Tabla 4. 3	Resultados ensayo de compresión.....	116
Tabla 4. 4	Tabla de valores para diagrama – ensayo compresión	119

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. 1	Mordazas	2
Figura 1. 2	Cruceta	2
Figura 1. 3	Aplicación de Tensión en Fibra de Prueba	3
Figura 1. 4	Compresión [3]	3
Figura 1. 5	Celda de Carga	4
Figura 1. 6	Galga Extensiométrica	4
Figura 1. 7	Propiedades Mecánicas de los Materiales – Curva Esfuerzo – Deformación [9]	7
Figura 1. 8	Diagrama Esfuerzo - Deformación (Wordpress, 2009).....	8
Figura 1. 9	Elementos del Diagrama Esfuerzo vs Deformación.	9
Figura 1. 10	Diagrama Fuerza - Deformación.	9
Figura 1. 11	Progreso Típico de un Ensayo de Tensión [13].....	11
Figura1.12	Material con la Región Hooke [10].....	12
Figura1.13	Material sin Región de Hooke [10].....	13
Figura 1. 14	Ensayo de Compresión	14
Figura 1. 15	Progreso Típico de un Ensayo de Compresión (Grossmann, 1995)	14
Figura 1. 16	Curva típica esfuerzo-deformación de un ensayo de compresión(Grossmann, 1995).	15
Figura 1. 17	Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Panel Inferior Máquina;	16
Figura 1. 18	Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Panel Frontal;	16
Figura 1. 19	Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Placas del Panel frontal	16
Figura 1. 20	Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Circuito Encoder	17
Figura 1. 21	Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Circuito Control de Posición	17
Figura 1. 22	Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Control de velocidad del motor	17
Figura 1. 23	Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales	18

Figura 1. 24	Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Impresora tipo aguja.	18
Figura 1. 25	Componentes mecánicos de la Máquina de Ensayos Universales	19
Figura 1. 26	Motor DC Parvalux	20
Figura 1. 27	Encoder – Optoacoplador de Presencia [14].....	20
Figura 1. 28	Transductor resistivo de desplazamiento lineal [15].....	21
Figura 1. 29	Final de Carrera [16].....	22
Figura 1. 30	Mecanismo multiplicador o reductor de velocidad [17].....	23
Figura 1. 31	Transmisión Simple [17].....	23
Figura 2. 1	Arquitectura del sistema	25
Figura 2.2	Puente Rectificador con Filtro Capacitivo	26
Figura 2.3	Conexión de Transformadores	26
Figura 2.4	Rizado y voltaje de salida del Bus DC con Filtro	27
Figura 2. 5	Aproximación de la corriente en el puente de diodos	28
Figura 2.6	Filtro Capacitivo	30
Figura 2.7	Diagrama de carga y descarga del capacitor	32
Figura 2.8	Circuito de descarga del capacitor.....	32
Figura 2.9	Resistencia Equivalente	33
Figura 2.10	(a) Circuito de carga y descarga del capacitor; (b) Circuito equivalente sin tomar en cuenta el capacitor; (c) Circuito equivalente total	37
Figura 2.11	Circuito Comparador.....	38
Figura 2.12	(a) Bus DC del Campo; (b) Placa Fuente Campo.....	39
Figura 2.13	(a) Bus DC de la Armadura (b) Placa Fuente Armadura	41
Figura 2.14	Diagrama de Bloques de una fuente de alimentación regulada [19] .	42
Figura 2.15	Puente rectificador para la fuente de 12 [V].....	43
Figura 2.16	Puente rectificador para la fuente de 5 [V].....	43
Figura 2.17	Forma de onda de salida del Puente Rectificador	43
Figura 2.18	Fuente de Alimentación con Regulador de Voltaje.....	45
Figura 2.19	(a) Fuente de 12 [V]; (b) Fuente de 5 [V]	46
Figura 2. 20	Puente H con Mosfet's	46

Figura 2.21	Circuito de aislamiento para la señal PWM del Microcontrolador ATmega16 48	
Figura 2.22	Placa Puente H aislado	49
Figura 2. 23	(a) Circuito Encoder (b) Placa OPT	50
Figura 2. 24	Conexión del teclado al microcontrolador.....	51
Figura 2. 25	Configuración del MAX232.....	51
Figura 2. 26	Diseño del circuito del Microcontrolador.....	52
Figura 2. 27	Esquema final de la Placa del Microcontrolador.....	52
Figura 2. 28	Transductor de posición lineal.....	53
Figura 2. 29	Circuito equivalente Transductor de posición lineal	53
Figura 2. 30	Puente de Wheatstone	54
Figura 2. 31	Etapas del acondicionamiento de la celda de carga	55
Figura 2. 32	Amplificación de señal de la celda de carga.....	55
Figura 2. 33	Circuito Electrónico Completo	56
Figura 2. 34	Placas de Acondicionamiento	57
Figura 2. 35	Tarjeta de Adquisición de Datos NI USB-MyDAQ [22]	59
Figura 3. 1	Algoritmo de Funcionamiento.....	60
Figura 3. 2	Diagrama de flujo del Lazo Principal	64
Figura 3. 3	Diagrama de Flujo de la subrutina “Modo_Local”	65
Figura 3. 4	Diagrama de flujo para la subrutina “Calibración”	66
Figura 3. 5	Diagrama de flujo para la subrutina “Programación”	67
Figura 3. 6	Diagrama de flujo para la subrutina “Registro”	68
Figura 3. 7	Diagrama de flujo para la subrutina “Recibir”	69
Figura 3. 8	Trama de Datos para el puerto serial	70
Figura 3. 9	Diagrama de flujo para la subrutina “Enviar”	71
Figura 3. 10	Diagrama de flujo para la subrutina “Remoto”.....	72
Figura 3. 11	Diagrama de flujo para la subrutina “Ver_Lcd”	72
Figura 3. 12	Diagrama de flujo para la subrutina “Teclado”	73
Figura 3. 13	Diagrama de flujo para la subrutina “Muestra”	74
Figura 3. 14	Máquina de Estados Finita para el Tensiómetro	76
Figura 3. 15	Pantalla Principal de la HMI	77

Figura 3. 16	Ingreso a Modo Local	77
Figura 3. 17	Ingreso Modo Remoto	78
Figura 3. 18	Segunda Pantalla	78
Figura 3. 19	Tercera Pantalla – Calibración	79
Figura 3. 20	Adquisición Señal de Posición	80
Figura 3. 21	DAQ Assistant:	80
Figura 3. 22	Filtro	80
Figura 3. 23	Cifras Significativas	80
Figura 3. 24	Conversión de valor de longitud inicial a voltios	81
Figura 3. 25	Comparación de la señal adquirida y la señal deseada	81
Figura 3. 26	Selección de sentido de giro UP o DOWN del motor	81
Figura 3. 27	Dato para encender el motor	82
Figura 3. 28	Dato para apagar el motor	82
Figura 3. 29	Envío de Datos por puerto serial	82
Figura 3. 30	VISA Configure Serial Port	83
Figura 3. 31	Visa Write	83
Figura 3. 32	Cuarta Pantalla – Iniciar Prueba – Ensayo Tracción	83
Figura 3. 33	Adquisición de datos	84
Figura 3. 34	Resultados Ensayo Tracción	85
Figura 3. 35	Bloque de Función New Report VI	86
Figura 3. 36	Bloque de Función Excel Get Worksheet VI	86
Figura 3. 37	Bloque de Función Appended Table to Report VI	86
Figura 3. 38	Bloque de Función Dispose Report VI	87
Figura 3. 39	Diagrama de Bloques para detectar que el hilo se rompió	87
Figura 3. 40	Diagrama para detección de hilo roto	87
Figura 3. 41	Gráficos Modos Tracción	88
Figura 3. 42	Bloque de Función Buil XY Graph	88
Figura 3. 43	Bloque para graficar datos adquiridos	88
Figura 3. 44	Ensayo Compresión Normal	89
Figura 3. 45	Ensayo Compresión Cíclica	90
Figura 3. 46	Ingreso Modo Local	91
Figura 3. 47	Modo Local	91

Figura 3. 48	Bloque de Función VISA Read.....	92
Figura 3. 49	Bloque de Función String Subset.....	92
Figura 3. 50	Lectura de Datos Recibidos por Comunicación Serial.....	93
Figura 4. 1	Máquina de Ensayos Universales.....	94
Figura 4. 2	Tarjeta Ensamblada de la Fuente de Armadura	95
Figura 4. 3	Enrutamiento del circuito de la Fuente de Armadura.....	95
Figura 4. 4	Tarjeta Ensamblada de la Fuente de Campo	96
Figura 4. 5	Enrutamiento del circuito de la Fuente de Campo.....	96
Figura 4. 6	Tarjeta del circuito de acondicionamiento.....	97
Figura 4. 7	Enrutamiento del circuito de acondicionamiento.....	97
Figura 4. 8	Tarjeta del circuito del Microcontrolador	98
Figura 4. 9	Enrutamiento del circuito del Microcontrolador.....	98
Figura 4. 10	Tarjeta Ensamblada del circuito de control del Motor.....	99
Figura 4. 11	Enrutamiento del circuito de control del Motor	99
Figura 4. 12	Vista interna del Panel de Supervisión del Tensiómetro	100
Figura 4. 13	Vista frontal del Panel de Supervisión del Tensiómetro	100
Figura 4. 14	Mensaje de Bienvenida	101
Figura 4. 15	Selección de Modo de Funcionamiento: a) Modo Local; b) Modo Remoto	101
Figura 4. 16	Interruptores e indicadores del Panel de Supervisión	101
Figura 4. 17	Visualización de las opciones de Calibración.....	102
Figura 4. 18	Teclado del Panel de Supervisión	102
Figura 4. 19	Visualización de las opciones para el Ingreso de parámetros.....	102
Figura 4. 20	Pantalla de Inicio de Modo “Local”	103
Figura 4. 21	Pantalla de Visualización de los Resultados del Modo “Local”.....	103
Figura 4. 22	Visualización de los resultados del Modo Local	104
Figura 4. 23	Visualización del mensaje Nueva Prueba	104
Figura 4. 24	Visualización del Modo Remoto	104
Figura 4. 25	Pantalla de Modo “Remoto”.....	105
Figura 4. 26	Pantalla de selección: Calibración o Tipo de Prueba	105
Figura 4. 27	Pantalla de Inicio de prueba	106

Figura 4. 28	Pantalla Ingreso de parámetros Ensayo Tracción.....	106
Figura 4. 29	Pantalla de Resultados Numéricos	107
Figura 4. 30	Gráficos del Ensayo de Tracción.....	107
Figura 4. 31	Pantalla del Ensayo de Compresión	108
Figura 4. 32	Resultados Ensayo Compresión	108
Figura 4. 33	Botón para Exportar Datos	108
Figura 4. 34	Botón para salida de la Aplicación	109
Figura 4. 35	Resultado Diagrama Fuerza vs. Elongación	109
Figura 4. 36	Resultado Diagrama Tenacidad vs. Deformación	110
Figura 4. 37	Inicio del ensayo de Tracción	114
Figura 4. 38	Finalización del ensayo de Tracción	114
Figura 4. 39	Resultado Diagrama Fuerza vs. Elongación	115
Figura 4. 40	Ensayo de Compresión	119

RESUMEN

Este trabajo tiene como finalidad la actualización de los componentes eléctricos y electrónicos así como el desarrollo de un sistema de adquisición de datos para un tensiómetro, que es un equipo que realiza pruebas para determinar las propiedades en fibras textiles y esponjas sometidos a pruebas de tracción y compresión, respectivamente.

El tensiómetro solo proporcionaba la gráfica esfuerzo – deformación, desde la cual los analistas del Centro Textil Politécnico realizaban cálculos manualmente para determinar propiedades de las fibras textiles, lo que implicaba pérdida de tiempo.

Además, la máquina constaba de un panel de control de tipo analógico; que era operado manualmente, por tanto el objetivo de este trabajo fue realizar la actualización del hardware y la implementación del software del tensiómetro.

Para lograr estos objetivos se implementó un sistema de control local, que consta de un nuevo panel frontal de supervisión el cual permite ingresar parámetros para el desarrollo de los ensayos, a su vez se desarrolló una interfaz humano máquina con el software Labview la cual permite controlar y monitorear las variables que intervienen en el proceso. Esta interfaz permite que el tensiómetro realice ensayos de tracción y compresión, y permite la exportación de datos que al final son aprovechados por los analistas del Centro Textil Politécnico, también se reemplazo el control de tipo analógico.

Para validar los resultados se hicieron comparaciones con un tensiómetro de similares características marca Lloyd Instrument obteniendo un error del 2.99% en Fuerza Máxima (F_{max}) y 2.87% en Deformación máxima (ΔL) para el sistema del tensiómetro implementado. Estos resultados fueron estudiados por analistas del laboratorio del Centro Textil Politécnico quienes en base a su experiencia y criterio validaron los resultados como adecuados confiables, consistentes y que están dentro del margen de tolerancia.

PRESENTACIÓN

En el presente proyecto se analizó los ensayos de tracción y compresión aplicados en el tensiómetro, así como su funcionamiento, con el fin de cumplir con los alcances y objetivos propuestos.

Se desarrolló el hardware y software los cuales permiten controlar y monitorear las variables que intervienen en los ensayos.

Este trabajo ha sido dividido en cinco capítulos, en los cuales se han descrito las partes más importantes, los mismos que serán descritos brevemente en los siguientes párrafos:

Capítulo 1: Generalidades: en este capítulo se hace una descripción resumida de los principales conceptos acerca de los ensayos a realizar en el tensiómetro como son tracción y compresión. En este capítulo también se exponen ciertos conceptos básicos necesarios para llegar a los objetivos planteados.

Capítulo 2: Diseño e Implementación del Hardware: en este capítulo se desarrolla la selección de los dispositivos y equipos a utilizar, se realiza el acondicionamiento de las señales de los sensores, así como el sistema de control y automatización de la máquina de ensayos universales

Capítulo 3: Diseño e Implementación del Software: en este capítulo se presenta el desarrollo del software implementado en el Microcontrolador, así como el desarrollo de la interfaz grafica que permite el control de la máquina de ensayos universales.

Capítulo 4: Pruebas y Resultados: en este capítulo se presentan los resultados obtenidos después de finalizado el sistema de control y automatización de la máquina de ensayos universales, así como los ensayos realizados con el nuevo sistema.

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones: Se indican las conclusiones y recomendaciones del proyecto realizado, basándose especialmente en las

dificultades encontradas durante el desarrollo del mismo, además, se sugiere algunas ideas para la correcta manipulación del equipo tomando en cuenta experiencias obtenidas durante las pruebas de trabajo realizadas.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

La máquina de ensayos universales T5000, perteneciente al Centro Textil de la Escuela Politécnica Nacional es un equipo que realiza pruebas de tensión y compresión para determinar las propiedades en hilos y esponjas.

La máquina de ensayos universales también conocida como tensiómetro tiene un sistema de funcionamiento obsoleto y para proporcionar la gráfica esfuerzo deformación utiliza una impresora tipo aguja que se encuentra fuera de servicio, por lo que la misión de este proyecto es realizar una actualización de los componentes eléctricos y electrónicos y a su vez realizar un sistema de adquisición de datos capaz de obtener parámetros tales como: Fuerza de ruptura, elongación final, módulo inicial (Módulo de Young), módulo tangente, y los gráficos fuerza vs elongación, y esfuerzo vs deformación.

Por tanto en este capítulo se describen los componentes y las funciones del tensiómetro, así como las variables que intervienen al realizar las pruebas de tracción y compresión.

1.1 CONCEPTOS BÁSICOS

1.1.1 FIBRA TEXTIL

Son materiales compuestos de filamentos que son utilizados para formar hilos o telas, mediante tejido o mediante otros procesos físicos o químicos. Las características principales de una fibra textil son flexibilidad, finura y gran longitud referida a su tamaño.

1.1.1.1 Título [1]

Es una medida de la densidad lineal de un hilo, expresado como "masa por unidad de longitud," o "longitud por unidad de masa", según el sistema de numeración utilizado en hilos.

a. *Denier:*

Es la unidad de densidad lineal, igual a la masa en gramos de 9.000 m de fibra, hilo o hebra. ($1 \text{ Den} = 9 \text{ Tex}$)

b. *Tex:*

Es la unidad de densidad lineal, igual a la masa en gramos de 1000 metros de fibra, hilo o hebra.

1.1.2 MORDAZA

Es un instrumento que mediante un mecanismo de broche o de otro tipo, permite sujetar por fricción una fibra textil presionándola en forma continua. La mordaza móvil está sujeta a una cruceta que permite su desplazamiento.

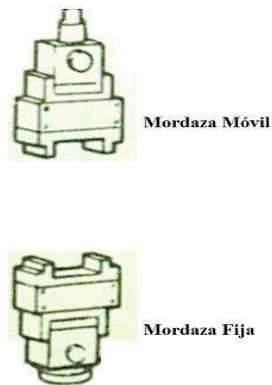


Figura 1. 1 Mordazas

1.1.3 CRUCETA [2]

Bloque de metal que se conecta a un pistón, se desliza sobre guías paralelas y mueve una barra de ida y vuelta.

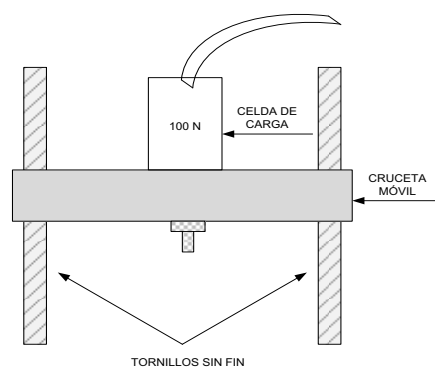


Figura 1. 2 Cruceta

1.1.4 TENSION O TRACCIÓN

Es el esfuerzo al que sometida una fibra por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto y tienden a estirarlo.

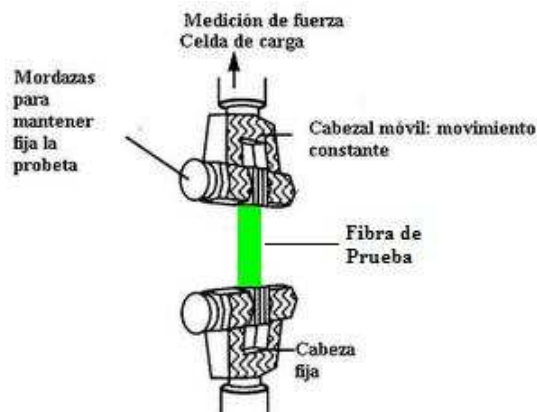


Figura 1. 3 Aplicación de Tensión en Fibra de Prueba

1.1.5 COMPRESIÓN

Se dice que un cuerpo está sometido a un esfuerzo de compresión, cuando dos fuerzas con la misma dirección son aplicadas a los extremos del cuerpo y tienden a aproximar sus puntos de aplicación.



Figura 1. 4 Compresión [3]

1.1.6 CELDA DE CARGA [4]

Es un transductor que permite transformar una fuerza o acción física en señales eléctricas, la conversión que ejecuta es indirecta y se la realiza en dos fases; en primer lugar, la fuerza que se procederá a medir deformará una galga extensiométrica y luego convertirá el desplazamiento o deformación en señales eléctricas.

Las celdas de carga están compuestas por cuatro galgas extensiométricas conectadas entre sí a través de una configuración, en muchas ocasiones tipo "Puente de Wheatstone". La señal eléctrica de salida es típicamente del orden de unos pocos milivolts y debe ser amplificada mediante un amplificador de instrumentación antes de que pueda ser utilizada. La señal del transductor se conecta al circuito de acondicionamiento, esta señal de salida es capturada por medio de una tarjeta de adquisición de datos y se envía a la interfaz humano – maquina donde es procesada mediante un algoritmo con el objeto de calcular la fuerza aplicada al transductor.



Figura 1.5 Celda de Carga

1.1.6.1 Galga Extensiométrica [5]

Son elementos de tipo resistivo (Transductor Pasivo) que usan la variación de la resistencia eléctrica, esta variación depende de la deformación que sufre la galga, y su resistividad varía en función de la presión a la que están sometidos. Esto es debido a que una presión ejercida sobre ellos reduce su volumen, factor que repercute en una variación de su resistividad.

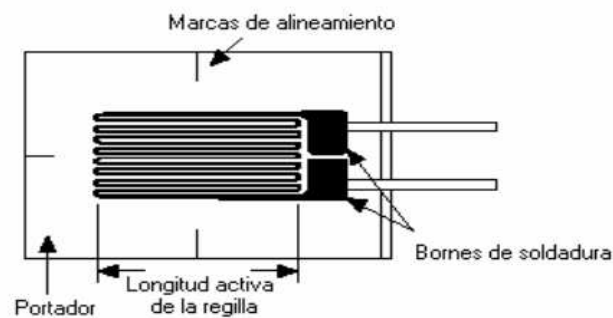


Figura 1.6 Galga Extensiométrica

1.1.7 LEY DE HOOKE [6]

La Ley de Hooke es efectiva dentro de lo que se denomina régimen lineal elástico. Esta ley establece que la deformación es directamente proporcional a la carga aplicada, definida por:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (1.1)$$

Donde:

σ : Carga aplicada (Esfuerzo)

E: Modulo Inicial (Modulo de Young)

ε : Deformación

1.1.8 ESFUERZO EN HILOS

a. *Esfuerzo en Función del Título:*

El esfuerzo en hilos viene dado por la fuerza sobre el título.

$$\sigma_H = \frac{F}{\text{Título}} \quad (1.2)$$

Donde:

σ_H : Esfuerzo en hilos

F: Fuerza

Título: Masa por unidad de longitud.

b. *Esfuerzo en Función del Área:*

Es la fuerza por unidad de área, se denota por la letra griega sigma (σ).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1.3)$$

Donde:

σ : Carga aplicada (Esfuerzo)

F: Fuerza

A: Área de sección transversal

Asumiendo una sección transversal circular, el área de un hilo viene dado por:

$$A = \frac{\text{Tex}}{\rho * 1000} = \frac{\text{Den}}{\rho * 9000} \quad (1.4)$$

O también:

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad (1.5)$$

Dónde:

Tex, Den = masa por unidad de longitud (Título)

ρ = densidad característica de cada hilo [g / cm^3]

D = Diámetro de la sección transversal

1.1.9 ELONGACIÓN Y DEFORMACIÓN [7]

Elongación: Es una magnitud que mide el aumento de longitud que tiene un material cuando se le somete a un esfuerzo de tracción antes de producirse su ruptura. Viene expresada en mm (SI), pulgadas (GSK)

Deformación: Los materiales sometidos a tensiones superiores a su límite de elasticidad tienden a sufrir deformaciones. Si las tensiones ejercidas continúan aumentando el material alcanza su punto de ruptura. La deformación viene dada por:

$$D = \frac{\Delta \varepsilon}{L_0} \quad (1.6)$$

Dónde:

D = Deformación

$\Delta \varepsilon$ = Variación de elongación

L_0 = Longitud inicial de separación de mordazas

1.1.10 MÓDULO INICIAL O MÓDULO DE YOUNG [8]

Es la relación lineal entre Esfuerzo y Deformación. Este valor es característico de cada material, y nos indica que tan rígido es este material.

1.1.11 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES [9]

Rigidez: Capacidad del material de oponerse a las deformaciones.

Resistencia: Capacidad del material de oponerse a la ruptura.

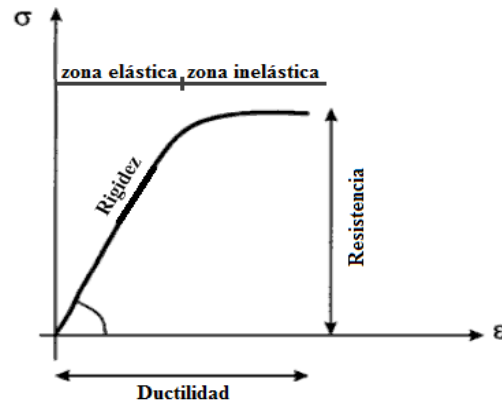


Figura 1. 7 Propiedades Mecánicas de los Materiales – Curva Esfuerzo – Deformación [9]

1.1.12 MÓDULO TANGENTE [10]

En una curva de esfuerzo-deformación es la relación del cambio en el esfuerzo a los cambios en la deformación derivada de la tangente a cualquier punto de la curva.

1.1.13 TENACIDAD A LA RUPTURA [10]

Es la tenacidad a la fuerza de ruptura y es expresada en centinewton por tex (cN / tex) o gramo-fuerza por denier (gf / den). La tenacidad a la ruptura es calculada a partir de la fuerza de ruptura y la densidad lineal de la muestra sin deformación (Título).

$$Tn = \frac{F_R}{\text{Título}} \quad (1.7)$$

Donde:

Tn = Tenacidad a la ruptura

F_R = Fuerza de ruptura

Título = Masa por unidad de longitud.

1.1.14 DIAGRAMA ESFUERZO – DEFORMACIÓN

Los materiales pueden ser sometidos a esfuerzos de tensión o compresión. Los esfuerzos de tensión alargan el material, los de compresión tienden a comprimirlo. La curva de esfuerzo contra deformación es la relación básica que describe las propiedades mecánicas de los materiales.

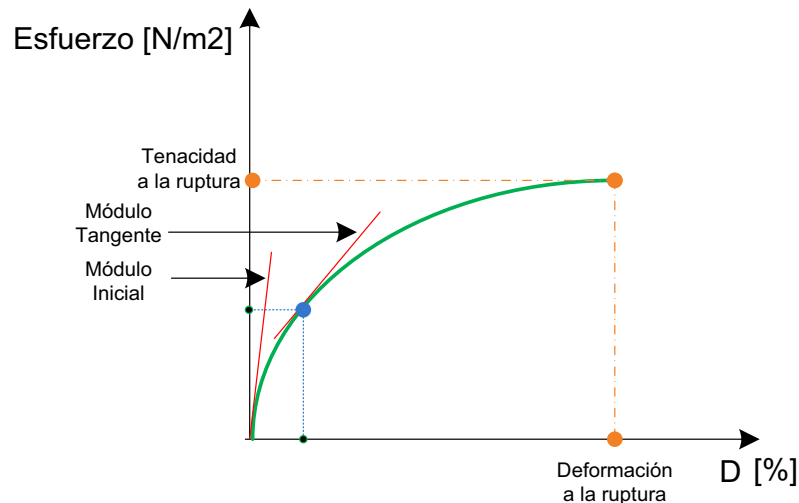


Figura 1. 8 Diagrama Esfuerzo - Deformación (Wordpress, 2009)

Los diagramas de esfuerzo y deformación se obtienen al registrar simultáneamente el esfuerzo aplicado y la deformación producida, el cual es un procedimiento muy útil cuando se está interesado en determinar los datos de resistencia del material, para propósito de diseño en ingeniería.

1.1.14.1 Elementos de Diagrama Esfuerzo – Deformación [12]

Los elementos importantes del diagrama de esfuerzo deformación son:

- Límite de Proporcionalidad: Hasta este punto la relación entre el esfuerzo y la deformación es lineal.
- Límite de Elasticidad: Más allá de este límite el material no recupera su forma original al ser descargado, quedando con una deformación permanente.
- Esfuerzo último: Máxima ordenada del diagrama esfuerzo – deformación.
- Punto de Ruptura: Cuando el material falla (rompe).

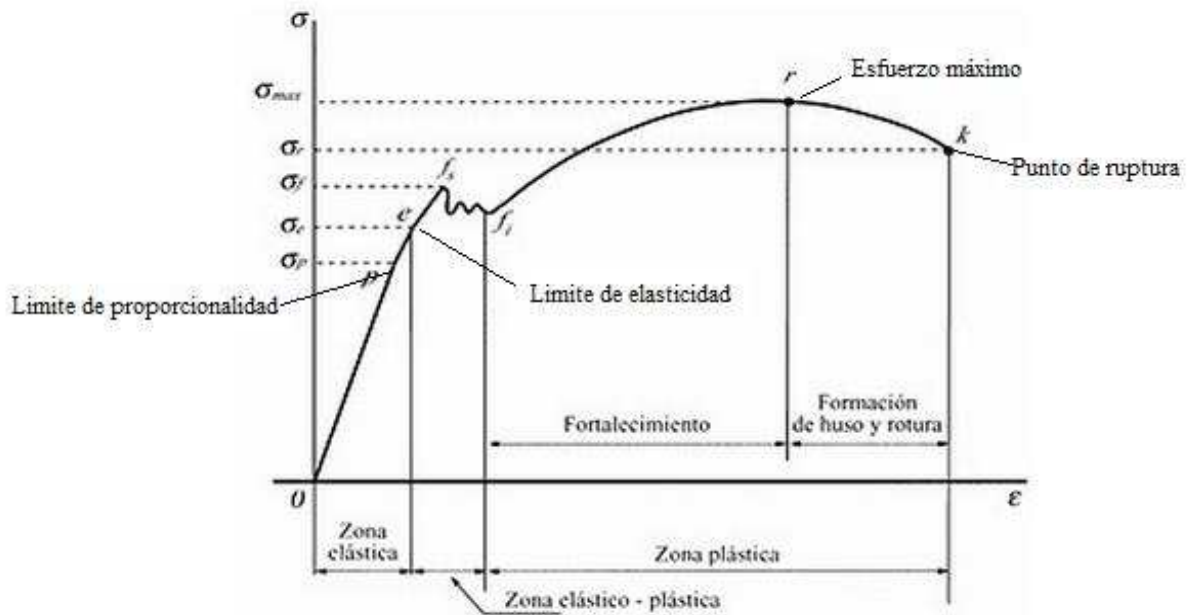


Figura 1. 9 Elementos del Diagrama Esfuerzo vs Deformación.

Dado que el límite de proporcionalidad y el límite de elasticidad están tan cerca se considera para la mayoría de los casos como el mismo punto. De manera que el material al llegar al límite de proporcionalidad deja de tener un comportamiento elástico y la relación lineal entre el esfuerzo y la deformación deja de existir.

1.1.15 DIAGRAMA FUERZA – ELONGACIÓN

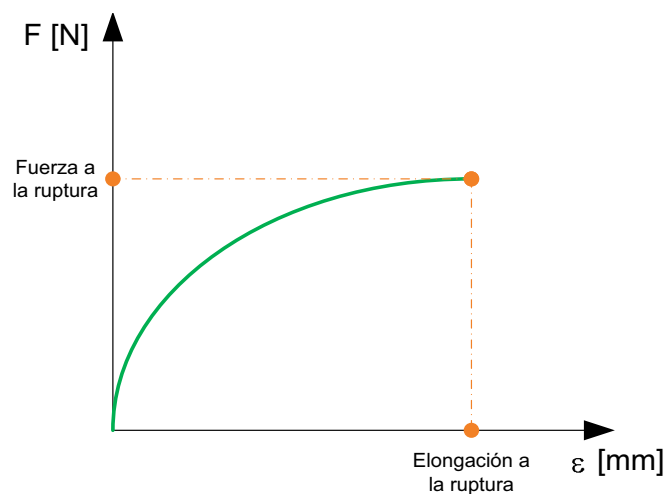


Figura 1. 10 Diagrama Fuerza - Deformación.

1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS UNIVERSALES DEL CENTRO TEXTIL POLITÈCNICO

La máquina de ensayos universales perteneciente al CTP, está diseñado para evaluar la deformación de diversos materiales cuando son sometidos a esfuerzos de tracción y compresión. La muestra de ensayo es acoplada entre una placa fija y una cruceta móvil y el esfuerzo es medido por una celda de carga, que también puede operar en compresión.

El movimiento de la cruceta es manejado por dos tornillos sin fin paralelos que giran por medio de un motor y bandas de sujeción. La velocidad del motor es controlada por voltaje de armadura el cual permite que la cruceta se desplace entre 10-500 mm. /min sobre el total de 1100mm del desplazamiento de la cruceta.

1.2.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA

El tensiómetro del Centro Textil de la EPN tiene dos métodos de ensayo: ensayo de tensión y ensayo de compresión.

1.2.1.1 Ensayo de Tensión [10]

Este ensayo es el más usado para estudiar la relación esfuerzo-deformación. En este ensayo se aplica una fuerza que estira el material tendiendo a elongarlo.

1.2.1.1.1 Procedimiento del Ensayo de Tensión

El ensayo empieza sujetando los extremos de la muestra a una placa fija y a una cruceta móvil, la cruceta móvil irá desplazándose a una velocidad constante deformando la muestra.

Durante el ensayo el material se estira, luego se forma una estricción (es la reducción de la sección que se produce en la zona de la rotura) y finalmente se fractura (Fig. 1.11).

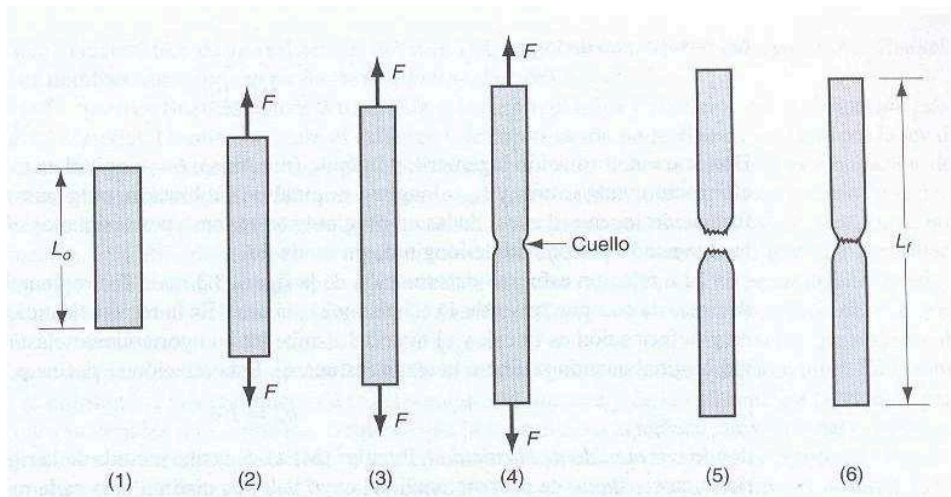


Figura 1. 11 Progreso Típico de un Ensayo de Tensión [13]

Interpretación del grafico:

1. Inicio del ensayo, no hay carga.
2. Elongación uniforme y reducción del área de la sección transversal.
3. Continúa la elongación, se alcanza la carga máxima.
4. Se inicia la formación del cuello, la carga comienza a decrecer.
5. Fractura.
6. Al unir los fragmentos tenemos la longitud final.

La muestra de prueba inicial tiene una longitud original y un área. La longitud se mide por la distancia entre las marcas de calibración; y el área, por la superficie de la sección circular de la muestra.

El esfuerzo y el cambio de longitud de la muestra se registran conforme avanza el ensayo, ambos datos son necesarios para determinar las relaciones esfuerzo-deformación y fuerza – elongación.

1.2.1.1.2 Descripción del Método para el Ensayo de Tensión.

Para el ensayo de tracción se deben seguir los siguientes pasos:

- Registro de características propias de la muestra, tales como: Título, densidad lineal o diámetro, longitud inicial de la muestra, velocidad de prueba.

- Reconocer los componentes constitutivos de la máquina de ensayos universales, tales como: Celda de carga, mordazas, panel de control, registro del diagrama de esfuerzo - deformación y fuerza - elongación dado el caso.
- Calibración de la máquina y variables a controlar.
- Montar la muestra en las mordazas.
- Eliminar la holgura de la muestra de prueba sin estirla. La muestra debe estar recta en las mordazas y se debe tener extremo cuidado para garantizar que la muestra de fibra se encuentra en la línea de acción entre el dispositivo de medición de la fuerza y el punto donde la fibra deja la mordaza móvil. Cualquier desajuste tiende a producir un movimiento transversal de las pinzas, el cual introduce errores en las mediciones de deformación y puede contribuir a la ruptura prematura de la fibra.
- Ejecución del ensayo normalizado de tracción.

1.2.1.1.3 Cálculo del módulo inicial de la curva esfuerzo-deformación

Para el cálculo del módulo inicial de la curva esfuerzo-deformación se tendrá las siguientes consideraciones:

- En el caso de una fibra que presenta una región que obedece a La ley de Hooke (Figura 1.12).

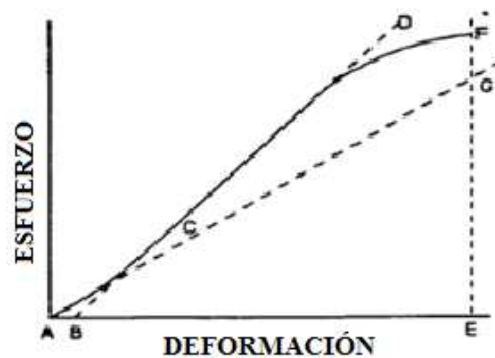


Figura1.12 Material con la Región Hooke [10]

El módulo inicial puede ser determinado por la división del esfuerzo en cualquier punto de la línea BD por la deformación en el mismo punto (medido desde el punto B, se define como cero-esfuerzo).

El punto C es donde la línea BD toca por primera vez el curva esfuerzo-deformación y se le denomina punto de tangencia [10].

- En el caso de una fibra que presenta una región que no obedece a La ley de Hooke (Figura 1.13).

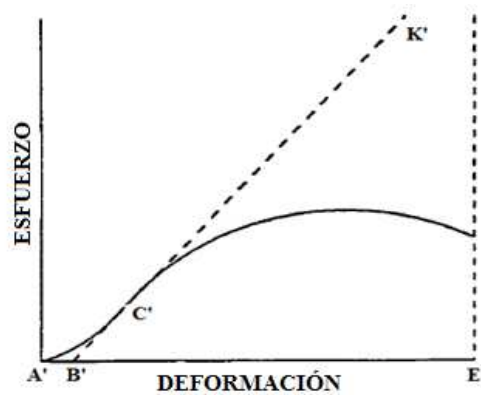


Figura1.13 Material sin Región de Hooke [10]

En la curva se procede a construir una tangente K'B' con pendiente máxima y su extensión a la intersección de la cero-tensión denominado B'.

El punto C' es donde la línea K'B' toca la curva de esfuerzo-deformación, al cual se lo denomina punto de tangencia.

El módulo inicial puede ser determinado por la división del esfuerzo en cualquier punto de la línea K'B' por la deformación en el mismo punto (medido desde el punto de cero-esfuerzo B').

El mismo procedimiento se realiza para una curva fuerza – elongación.

1.2.1.2 Ensayo de Compresión

Teniendo en cuenta el tipo de mordazas que disponga la máquina se procederá a realizar el ensayo de compresión, de la siguiente manera:

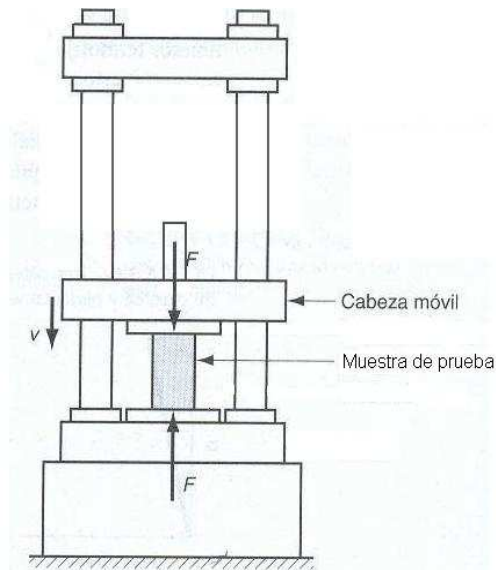


Figura 1. 14 Ensayo de Compresión

En un ensayo de compresión se aplica una carga que aplasta una muestra entre dos platinas, tal como se muestra en la figura 1.14, al comprimirse, la muestra reduce su altura y aumenta su área transversal como se muestra en la figura 1.15.

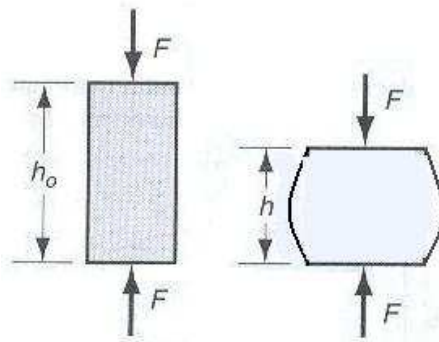


Figura 1. 15 Progreso Típico de un Ensayo de Compresión [13]

Al graficar el esfuerzo contra la deformación en un ensayo de compresión, se obtiene la gráfica de la figura 1.16. La curva se divide en dos regiones: la región elástica y la región plástica, pero la forma de la porción plástica de la curva es diferente de su complementaria en el ensayo de tensión. Como la compresión provoca un aumento de la sección transversal (en lugar de decrecer, como sucede en el ensayo de tensión), la carga aumenta más rápidamente que antes, de lo cual resulta un valor más alto [22].

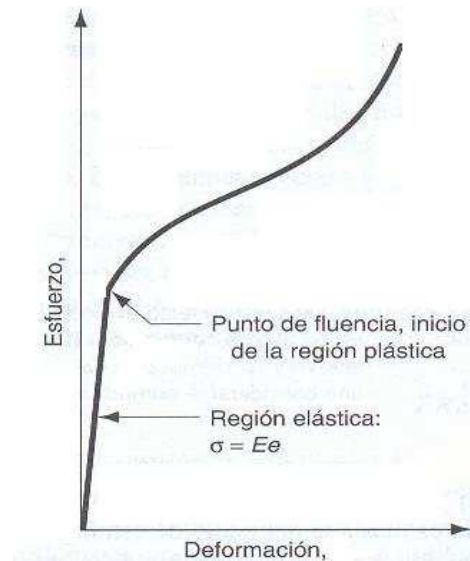


Figura 1. 16 Curva típica esfuerzo-deformación de un ensayo de compresión [13].

1.3 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS UNIVERSALES

La máquina de ensayos universales T5000 forma parte del Centro Textil de la EPN, en este laboratorio se realizan pruebas para determinar las propiedades de los materiales.

1.3.1 ESTADO DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS UNIVERSALES

El tensiómetro que dispone el Centro Textil Politécnico se encontraba inactivo, por varias razones:

- El tensiómetro dispone de una impresora tipo aguja que se encuentra descontinuada, esta impresora proporcionaba la gráfica esfuerzo – deformación, la cual requiere una sincronización entre la velocidad de desplazamiento de la mordaza y el papel de la impresora, al no existir una correcta sincronización entre estos dos componentes los resultados obtenidos no son exactos.
- La máquina realiza un solo movimiento, es decir ya no existe la inversión de giro del motor DC que se encuentra en la máquina. Al no existir este movimiento la maquina no podrá realizar los ensayos de tracción y compresión.
- La máquina posee un sistema de control de velocidad obsoleto.
- La máquina no ha recibido mantenimiento en largo tiempo.

- Inexistencia de un computador dedicado para la supervisión y control del sistema.



Figura 1. 17 Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Panel Inferior Máquina;



Figura 1. 18 Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Panel Frontal;

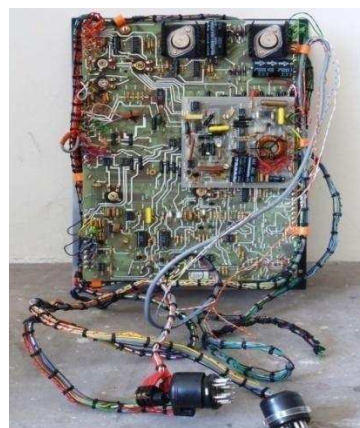
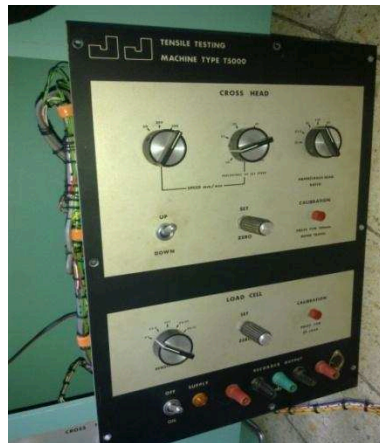


Figura 1. 19 Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Placas del Panel frontal

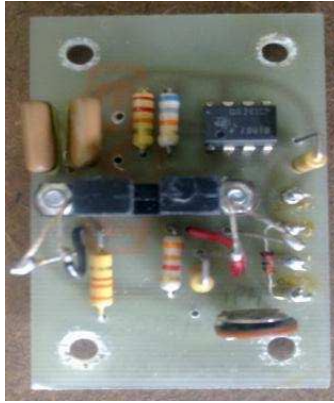


Figura 1. 20 Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Circuito Encoder

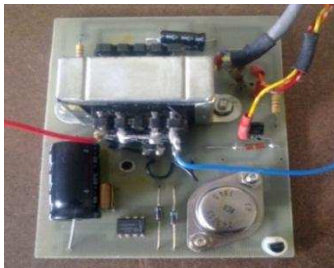


Figura 1. 21 Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Circuito Control de Posición



Figura 1. 22 Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Control de velocidad del motor



Figura 1. 23 Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales



Figura 1. 24 Estado Inicial de la Máquina de Ensayos Universales - Impresora tipo aguja.

Al revisar el estado de los componentes eléctricos y electrónicos se encontró que están obsoletos y discontinuados, por tal razón se realizará la actualización de la parte eléctrica y electrónica de la máquina.

1.3.2 COMPONENTES MECÁNICOS

Todos los elementos mecánicos que conforman el tensiómetro se utilizarán luego de su respectivo mantenimiento.

A continuación se presenta la descripción de estos componentes:

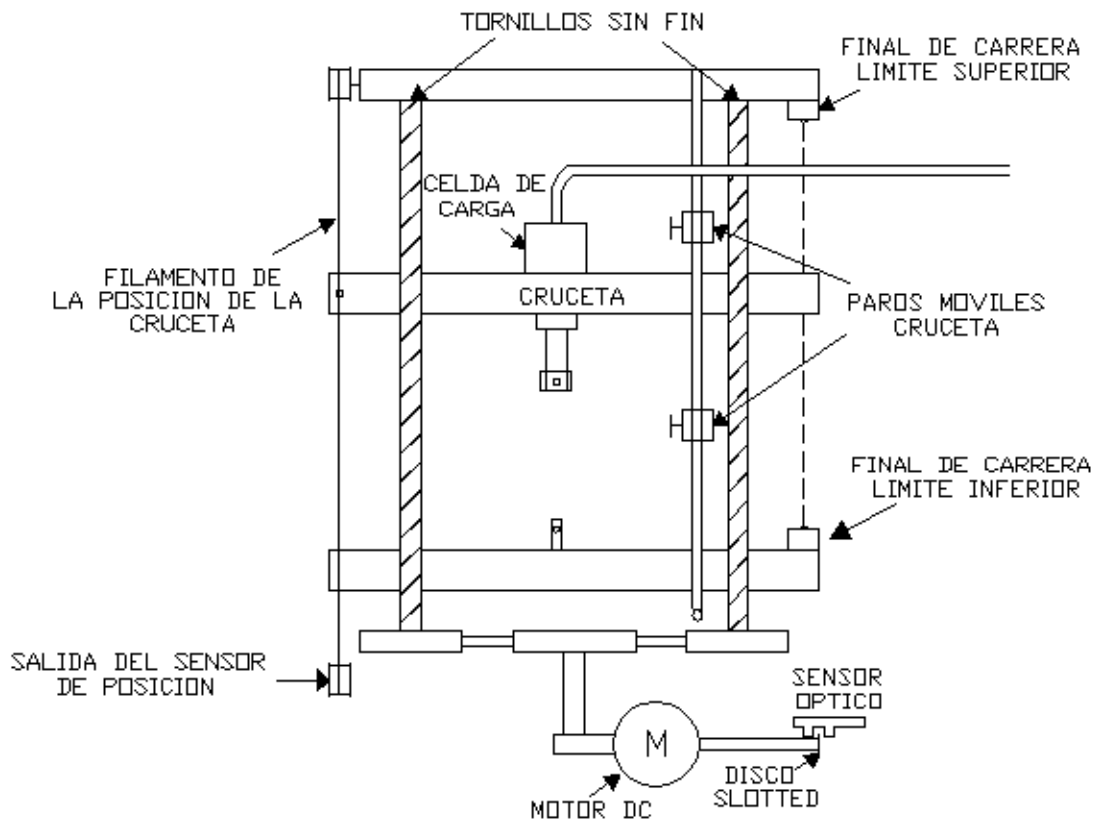


Figura 1. 25 Componentes mecánicos de la Máquina de Ensayos Universales

1.3.2.1 Motor de Corriente Continua

El motor que se utilizará tiene las siguientes características:

Marca	Parvalux, Tipo B
Voltaje	230V/250V
Tipo	DC Shunt
Potencia	190 W
Velocidad	4000 RPM
Gear motor	400RPM

Tabla 1. 1 Características del Motor DC

El motor de corriente continua está compuesto por el rotor y estator.

Rotor: Constituye la parte móvil del motor, proporciona el torque para mover a la carga. Está compuesto por: eje, núcleo, devanado y colector (conmutador).

Estator: Constituye la parte fija de la máquina. Su función es suministrar el flujo magnético que será usado por el bobinado del rotor para realizar su movimiento giratorio. Está compuesto por: armazón, imán permanente, y escobillas.

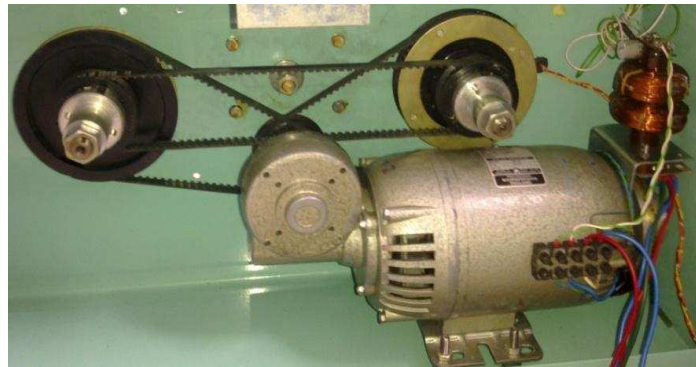


Figura 1. 26 Motor DC Parvalux

1.3.2.2 Encoder – Optoacoplador de Presencia [14]

El encoder es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de pulsos digitales. Estos pulsos generados pueden ser utilizados para controlar desplazamientos de tipo angular o de tipo lineal.

El sistema de lectura se basa en la rotación de un disco de 72 ranuras montado sobre el eje del motor. Este conjunto está iluminado de modo perpendicular por una fuente de rayos infrarrojos.

Los receptores tienen la tarea de detectar las variaciones de luz que se producen con el desplazamiento del disco convirtiéndolas en las correspondientes variaciones eléctricas.

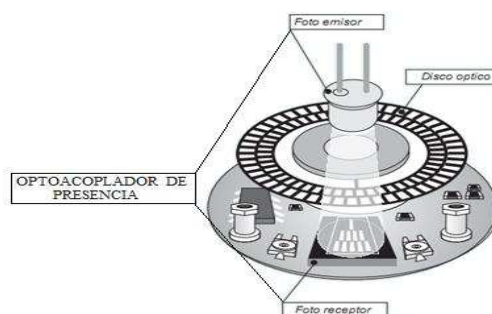


Figura 1. 27 Encoder – Optoacoplador de Presencia [14]

1.3.2.3 Transductor de posición lineal [15]

En estos transductores las variaciones de la posición que se quiere medir se convierten en variaciones de resistencia eléctrica, generalmente a través de un contacto móvil que se desplaza a lo largo de un material resistivo.

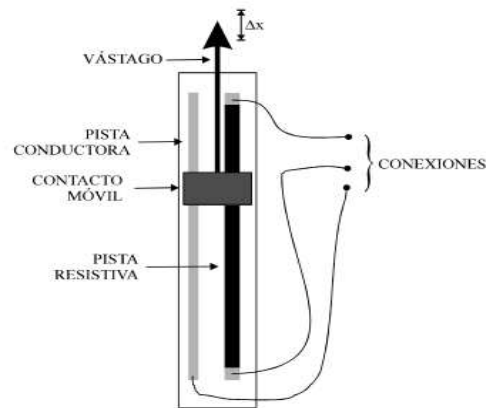


Figura 1. 28 Transductor resistivo de desplazamiento lineal [15]

1.3.2.4 Transductor de peso – Celda de carga

Este tipo de transductor de fuerza está dotado de galgas extensiométricas. Esta celda transforma una fuerza aplicada en una variación de la tensión presente en la salida de un puente de galgas extensiométricas.

La celda de carga que se utilizara tiene las siguientes características:

Capacidad	100 N
Rango de variación	0-60 mΩ
Resistencia nominal	120Ω
Sensibilidad	+/- 7%

Tabla 1. 2 Características de la celda de carga

1.3.2.5 Final de carrera [16]

El final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite"), son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito.

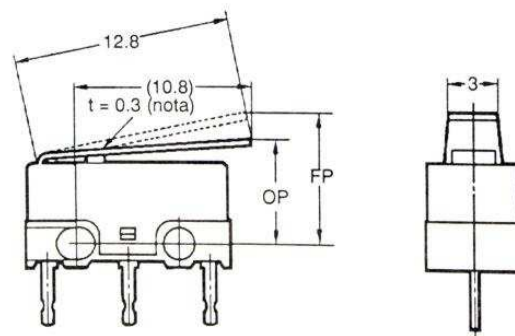


Figura 1. 29 Final de Carrera [16]

1.3.2.6 Sistema de poleas y correas dentadas [17]

Para transmitir la potencia mecánica proporcionada por el eje del motor se emplean los sistemas de transmisión de poleas y correas dentadas. La transmisión del movimiento por correas se debe al rozamiento entre las poleas.

Las *poleas* son ruedas con una o varias hendiduras en la llanta, sobre las cuales se apoyan las correas.

Las *correas* son cintas cerradas de cuero y otros materiales que se emplean para transmitir movimiento de rotación entres dos ejes generalmente paralelos.

Es muy importante que las correas se mantengan lo suficientemente tensas como para que sean capaces de transmitir la máxima potencia entre ejes sin llegar a salirse ni romperse.

Para esta aplicación ha sido utilizado un llamado mecanismo reductor de velocidad el cual es aquél que transforma la velocidad de entrada en una velocidad de salida menor.

En todo mecanismo de transmisión existen como mínimo dos ejes, llamados eje motriz y eje conducido (arrastrado). El eje motriz es el que genera el movimiento y puede estar acoplado a un motor o ser accionado manualmente por medio de una manivela. El eje conducido es el que recibe el movimiento generado por el eje motriz.

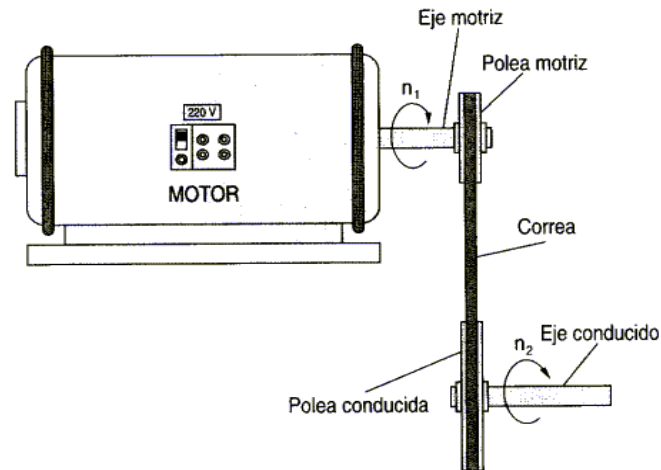


Figura 1. 30 Mecanismo multiplicador o reductor de velocidad [17]

Transmisión simple:

Cuando un mecanismo se transmite directamente entre dos ejes (motriz y conducido), se trata de un sistema de transmisión simple.

Si se consideran dos poleas de diámetros " d_1 " y " d_2 " que giran a una velocidad " n_1 " y " n_2 " respectivamente, tal y como se indica en la figura, al estar ambas poleas unidas entre sí por medio de una correa, las dos recorrerán el mismo arco, en el mismo periodo de tiempo.

$$d_1 * n_1 = d_2 * n_2 \quad (1.8)$$

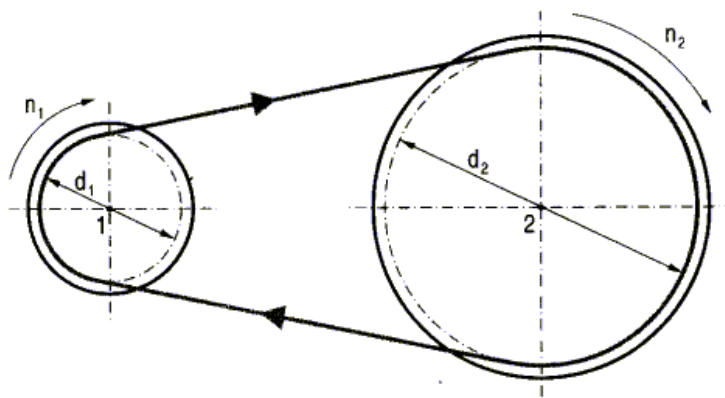


Figura 1. 31 Transmisión Simple [17]

De donde se deduce que los diámetros son inversamente proporcionales a las velocidades de giro y, por tanto, para que el mecanismo actúe como reductor de velocidad, la polea motriz ha de ser de menor diámetro que la polea conducida.

1.3.3 REFORMAS DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS UNIVERSALES

El propósito del proyecto es diseñar e implementar una interfaz para la adquisición de datos de la máquina de ensayos universales del CTP y actualización de los componentes electrónicos, esto involucra:

- Diseñar e implementar un sistema de control local que constará de un nuevo panel frontal, el cual nos permitirá ingresar la velocidad, reconocer el tipo de celda de carga, ingresar los parámetros iniciales para la realización de las pruebas mediante un teclado y visualizar los resultados por medio de una pantalla LCD.
- Diseñar e implementar un nuevo sistema de control para el Motor DC utilizando técnicas que permitan un alto rendimiento, minimizando así las pérdidas de energía.
- Diseñar e implementar una interfaz humano-máquina (HMI), la cual será flexible y fácil de usar, que permitirá al usuario del CTP controlar y monitorear todos los aspectos del tensiómetro, el ingreso de parámetros iniciales para la realización de las pruebas, la visualización de resultados de la curva esfuerzo – deformación.
- Utilizar una tarjeta de adquisición para obtener los datos de la curva esfuerzo – deformación los cuales serán procesados de manera automática para conseguir resultados de los diversos ensayos.
- La interfaz permitirá que el tensiómetro funcione en varios modos de operación tanto para calibración como pruebas de ensayo, y facilitando la exportación de datos obtenidos en el proceso.

CAPITULO 2

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE

2.1. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

En el siguiente diagrama de bloques se muestra la arquitectura del sistema a implementarse.

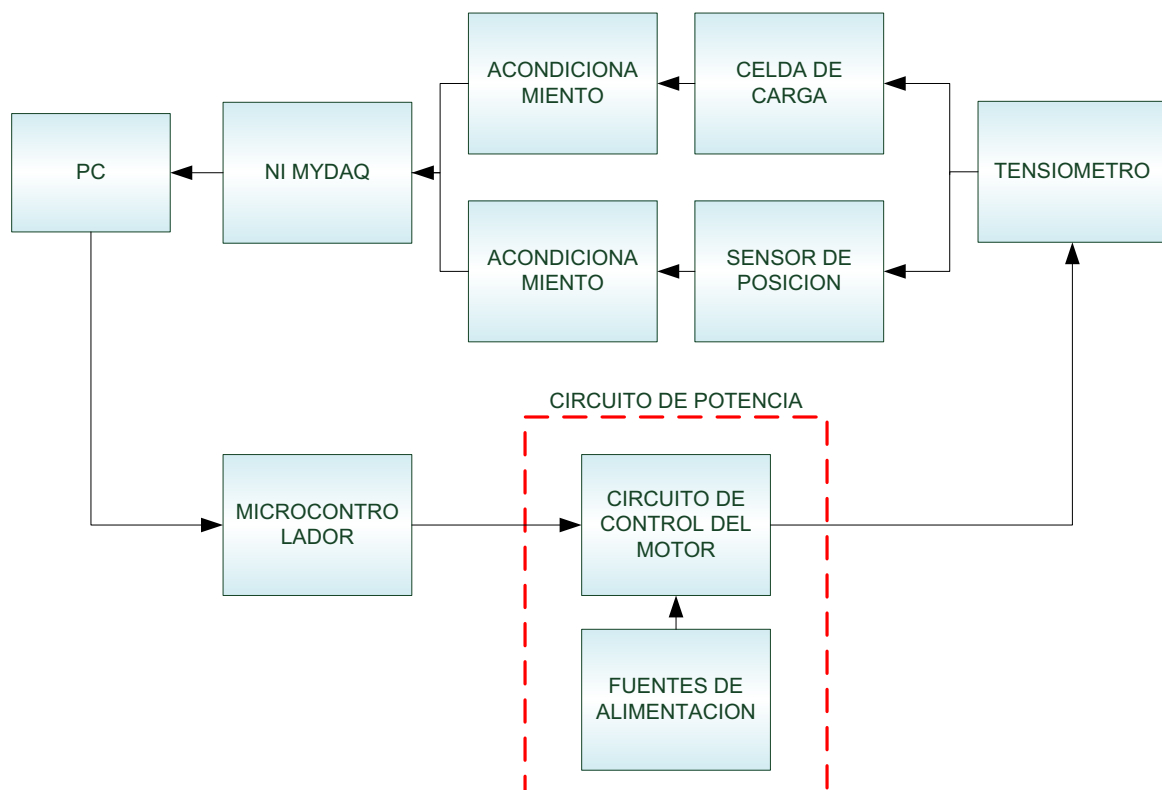


Figura 2. 1 Arquitectura del sistema

2.2. CIRCUITO DE POTENCIA

El circuito de potencia a utilizarse será analizado en dos partes, la primera parte se relacionará con la etapa AC-DC en la que se obtiene una fuente de alimentación, a la que se le denominará Bus DC, el cual alimentará un motor de excitación independiente, en donde la alimentación del campo y de la armadura necesita de dos fuentes de tensión independientes.

Y la segunda parte es el circuito de control del motor que se relacionará con el puente H utilizando MOSFET's como elementos electrónicos de conmutación, con sus respectivas protecciones.

2.2.1 DISEÑO DEL BUS DC

Para obtener el bus DC se utilizará un rectificador cuya configuración se muestra en la figura 2.2.

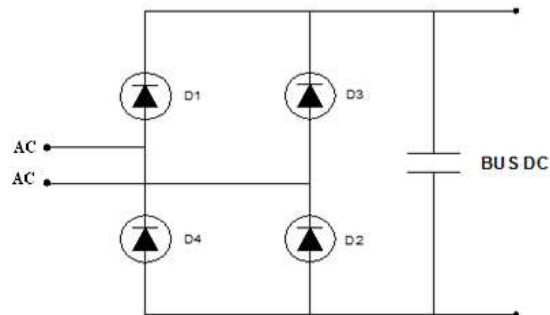


Figura 2.2 Puente Rectificador con Filtro Capacitivo

El voltaje de línea que se utilizará es entregado por dos transformadores de 240V/48V a 5A conectados en serie (Figura 2.3), para obtener 96 V a 5A, el mismo que será rectificado.

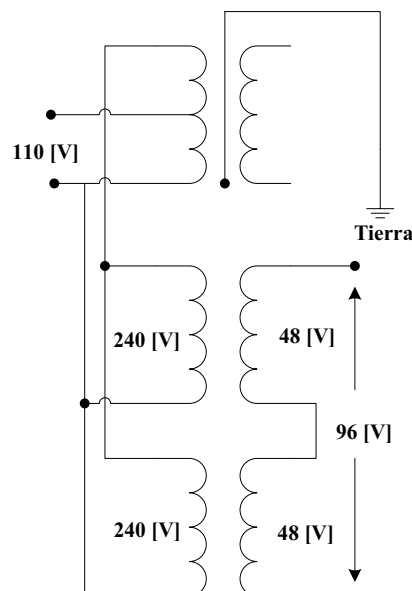


Figura 2.3 Conexión de Transformadores

Para el diseño se obtiene el valor real entregado por los transformadores, el cual es 108V a 5A, con este valor se procede a realizar el diseño del Bus DC.

El voltaje DC se obtiene mediante la rectificación del voltaje de línea a través de 4 diodos. Este voltaje obtenido es filtrado por un capacitor, como resultado tenemos un voltaje pico de onda DC, que se expresa mediante la Ecuación 2.1:

$$V_{DC} = \sqrt{2} V_L$$

$$V_{DC} = \sqrt{2} 108V \rightarrow V_{DC} = 152,74[V] \quad (2.1)$$

El voltaje generado por la Bus DC tiene un rizado que depende del capacitor del filtro (Figura 2.4), el cual será analizado y diseñado más adelante.

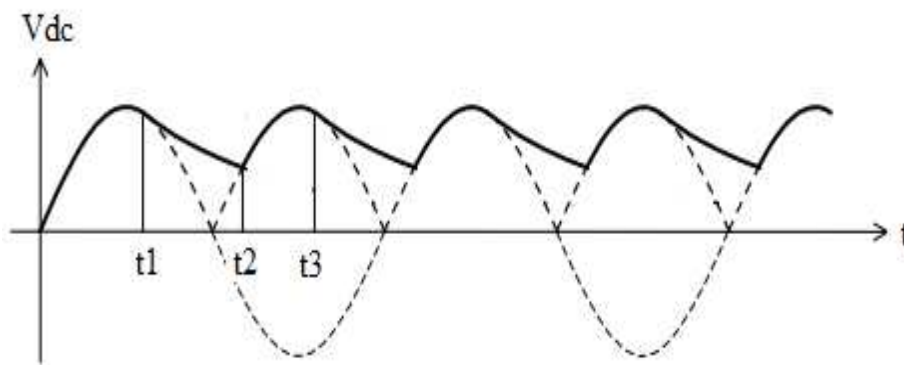


Figura 2.4 Rizado y voltaje de salida del Bus DC con Filtro

2.2.1.1 Dimensionamiento de Diodos

Para el dimensionamiento de los diodos, se tiene presente las características de la configuración dada en la Figura 2.2, así como también la potencia que debe entregar el conversor. Los diodos estarán dimensionados conociendo los siguientes parámetros:

- Corriente DC
- Corriente nominal RMS
- Corriente pico
- Voltaje pico inverso

Dado que la corriente que circulará por el puente rectificador es entregada por los transformadores antes mencionados se deberá dimensionar los diodos de rectificador considerando la corriente de 5 [A].

Por tanto:

$$I_{DC} = 5A$$

Con la Ecuación 2.3 se obtiene la corriente RMS del diodo.

$$I_{RMS} = \frac{1}{2\pi} * \left(\int_0^{\pi} I_{DC}^2 dt \right) \quad (2.2)$$

$$I_{RMS} = \frac{1}{2} * I_{DC} \quad (2.3)$$

$$I_{RMS} = 3.53 A$$

Al utilizar el filtro capacitivo en los diodos se tiene una corriente pulsatoria. El requerimiento de la fuente es que siempre debe permanecer en conducción continua. Para el dimensionamiento se debe considerar que la energía que entrega el diodo al capacitor sea la misma que la que entregaría sin filtro. La forma de onda de corriente se aproxima a un par de rectángulos que deben tener áreas iguales (Figura 2.5), con el siguiente procedimiento se llega a la Ecuación 2.4, en la que se determina cual es la corriente pico que soporta los diodos [23].

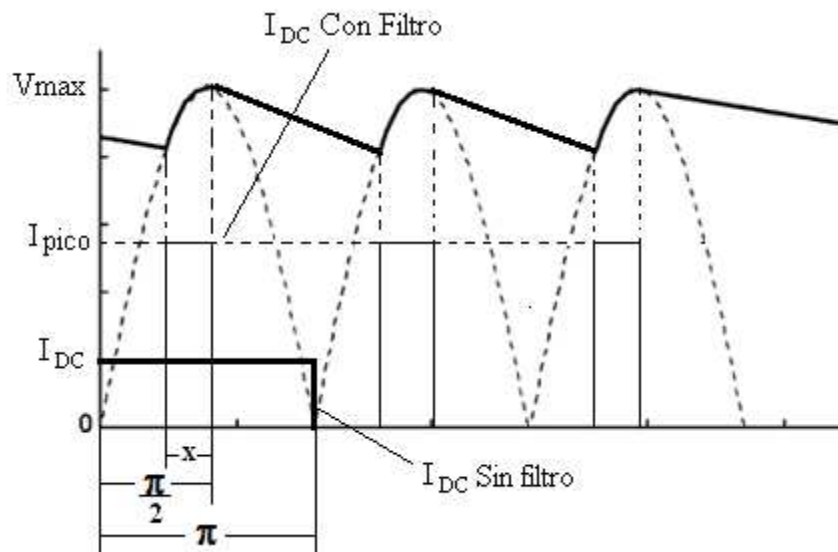


Figura 2. 5 Aproximación de la corriente en el puente de diodos

$$x = \frac{\pi}{2} - \arcsin(V_{pico} - r * V_{pico}) \quad (0 \leq r \leq 1)$$

$$x = \frac{\pi}{2} - \arcsin(1 - r)$$

$$I_{DC} * \pi = I_p * x$$

$$I_{DC} * \pi = I_p * \left(\frac{\pi}{2} - \arcsin(1 - r) \right)$$

$$I_p = \frac{I_{DC} * \pi}{\frac{\pi}{2} - \arcsen(1 - r)} \quad (2.4)$$

$$I_p = \frac{5 \text{ A} * \pi}{\frac{\pi}{2} - \arcsen(1 - 0.02)}$$

$$I_p = 78.4086 \text{ [A]}$$

El voltaje pico inverso aplicado a cada diodo es igual al voltaje de salida de la fuente DC:

$$V_{pico\ inverso} = 152.74 \text{ [V]}$$

De acuerdo a los valores calculados, los diodos del rectificador deberán cumplir las siguientes especificaciones:

$$I_{DC} > 5 \text{ A}$$

$$I_{RMS} > 3.53 \text{ [A]}$$

$$I_{pulsante} > 78.40 \text{ A}$$

$$V_{pico\ inverso} > 152.74 \text{ [V]}$$

El puente rectificador utilizado es el D15XB60 cuyas características son:

$$I_{DC\ max} = 15 \text{ A}$$

$$I_{max} = 200 \text{ [A]} , \text{ por un tiempo de } 5.2 \text{ [ms]}$$

$$I_{inversa\ max} = 10 \text{ uA}$$

$$V_{pico\ inverso} = 600 \text{ [V]}$$

$$V_{directo} = 1.1 \text{ [V]}$$

2.2.1.2 Dimensionamiento del Filtro Capacitivo

El valor del capacitor del filtro depende de la corriente nominal y factor rizado, la expresión para determinar el filtro capacitivo requerido se da en la Ecuación 2.7. El voltaje medio se obtendrá mediante la Ecuación 2.5, para un factor de rizado del 2%.

$$\frac{V_m}{V_{DC}} = 1 + \bar{3}r \quad (2.5)$$

$$V_m = 1 + \bar{3}r \cdot V_{DC}$$

$$V_m = 1 + \bar{3} \times 0,02 \cdot 152.74 \text{ V}$$

$$\rightarrow V_m = 158.04 \text{ V}$$

Determinamos el voltaje RMS con la Ecuación 2.6

$$V_{RMS} = 0,308 V_m \quad (2.6)$$

$$V_{RMS} = 0.308(158.04 \text{ V} \rightarrow V_{RMS} = 48.68 \text{ [V]})$$

Se determinó el valor del capacitor del filtro

$$C = \frac{I_{DC}}{4 \sqrt{3} * f * V_{RMS}} \frac{V_{DC}}{V_m} \quad (2.7)$$

$$C = \frac{5 \text{ A} * 152.74 \text{ V}}{4 \sqrt{3} * 60 \text{ Hz} * 48.68 \text{ V} * 158.04 \text{ V}}$$

$$\rightarrow C = 238.79 \text{ uF}$$

Para la implementación del filtro se utilizan dos capacitores en serie de 1000[uF] a 100[V], como lo indica la Figura 2.6. Con esta conexión se obtiene una capacitancia equivalente de 500[uF], superior a los 238.79 [uF] calculados, al utilizar esta conexión es necesario conectar resistencias en paralelo para garantizar que el voltaje que los capacitores están soportando es igual a la mitad del Bus DC, es decir 76.37 [V], para lo cual están correctamente dimensionados.

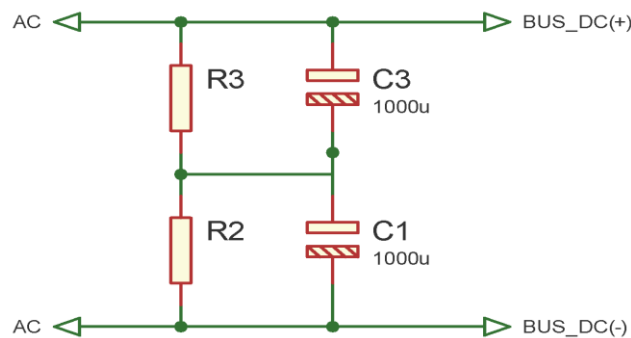


Figura 2.6 Filtro Capacitivo

Las resistencias no deben afectar al comportamiento del filtro, por lo cual deben tener una potencia de disipación menor a 0,5 [W], entonces:

$$R \gg \frac{V_{DC}^2}{P_{disipacion}} \quad (2.8)$$

$$R \gg \frac{152.74[V]^2}{0.5[w]}$$

$$\rightarrow R \gg 14.45[k\Omega]$$

Por lo tanto se debe escoger una resistencia mayor ha 14,45 kΩ , debido a esto el valor de la resistencia del filtro es 100 kΩ .

Entonces para esta resistencia se calcula una potencia de disipación que debe ser menor a 0.5 [W].

$$P = \frac{152.74 \text{ V}^2}{100 \text{ k}\Omega}$$

$$P = 58.32 \text{ mW}$$

De acuerdo a los valores calculados el filtro debe tener las siguientes especificaciones:

$$C = 1000 \text{ }\mu\text{F} \quad \rightarrow \quad V = 100 \text{ V}$$

$$R_3 = R_2 = R = 100 \text{ k}\Omega \quad \rightarrow \quad P_R = \frac{1}{4} \text{ W}$$

2.2.1.3 Diseño del Circuito de Carga y Descarga del Capacitor

En el período de encendido de la Máquina de Ensayos Universales, los capacitores se encuentran descargados, los cuales provocan un crecimiento de corriente, lo que puede causar daños a los componentes. Con el motivo de evitar este inconveniente se utilizará un circuito de carga para los capacitores, el mismo que funcionará hasta tener un nivel de voltaje aceptable en el Bus de DC.

Complementariamente al circuito de carga se utilizará un circuito de descarga, ya que en el momento de la desenergización de la máquina, los capacitores no deben conservar su carga.

La Figura 2.7 muestra el diagrama del circuito de carga y descarga del capacitor, el cual está formado por: un capacitor del filtro (1000 μ F), una resistencia (R_{carga}) que limita la corriente de carga y un relé que cortocircuitará la resistencia cuando haya terminado la carga.

En el instante cuando se apague la máquina el relé volverá a su posición inicial, y comenzará la descarga por medio de la resistencia de descarga ($R_{descarga}$) que está conectada a un LED para observar este período.

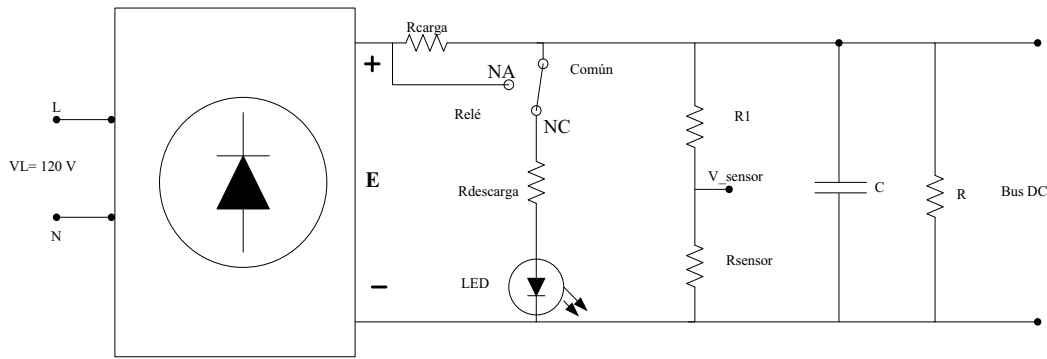


Figura 2.7 Diagrama de carga y descarga del capacitor

En la Figura 2.8 se indica la resistencia que permite la descarga del capacitor, primero se procederá a diseñar el divisor de voltaje que servirá para el control de la carga y descarga del capacitor.

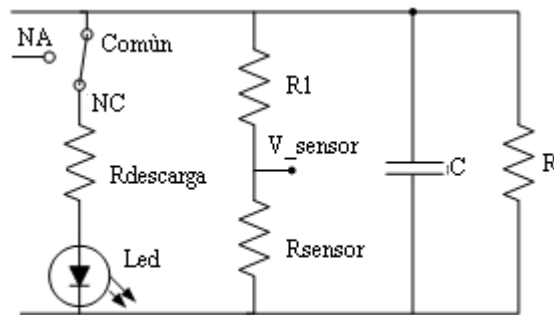


Figura 2.8 Circuito de descarga del capacitor

Para el diseño de R_1 y R_{sensor} se consideró un $V_{sensor} = 4.5 V$, para lo cual utilizamos la Ecuación 2.9.

$$V_{Sensor} = \frac{R_{sensor}}{R_1 + R_{sensor}} * V_{DC} \quad (2.9)$$

$$\frac{R_{sensor}}{R_1 + R_{sensor}} = \frac{V_{sensor}}{V_{DC}}$$

$$V_{DC} * R_{sensor} = V_{sensor} * R_1 + V_{sensor} * R_{sensor}$$

$$R_{sensor} = \frac{R_1 * V_{sensor}}{V_{DC} - V_{sensor}}$$

Asumiendo una resistencia $R_1 = 1 M\Omega$ y $V_{sensor} = 4,5 V$, se obtiene:

$$R_{sensor} = \frac{1 \times 10^6 \Omega \times 4,5 V}{152,74 V - 4,5 V}$$

$$R_{sensor} = 30356.18 \Omega$$

$$\rightarrow R_{sensor} = 30 K\Omega$$

La potencia de disipación la R_1 y R_{sensor} se determina en base a la Ecuación 2.10, obteniendo el siguiente resultado.

$$P_{R1} = I^2 \times R \quad (2.10)$$

$$P_{R1} = \frac{152,74 \text{ V}}{1 \times 10^6 \Omega + 30000 \Omega}^2 \times 1 \times 10^6 \Omega$$

$$P_{R1} = 22 \text{ mW}$$

$$P_{\text{sensor}} = I^2 \times R$$

$$P_{\text{sensor}} = \frac{152,74 \text{ V}}{1 \times 10^6 \Omega + 30000 \Omega}^2 \times 30000 \Omega$$

$$P_{\text{sensor}} = 0,65 \text{ mW}$$

De acuerdo a los valores calculados el divisor de voltaje del sensado tiene las siguientes especificaciones:

$$R_1 = 1 \text{ M}\Omega \quad \rightarrow \quad P_{R1} = 1 \text{ } \frac{1}{4} \text{ W}$$

$$R_{\text{sensor}} = 30 \text{ K}\Omega \quad \rightarrow \quad P_{\text{sensor}} = 1 \text{ } \frac{1}{4} \text{ W}$$

De la Figura 2.9 se determina una resistencia equivalente R_{eq} (Ecuación 2.11), la cual permitirá la descarga del capacitor.

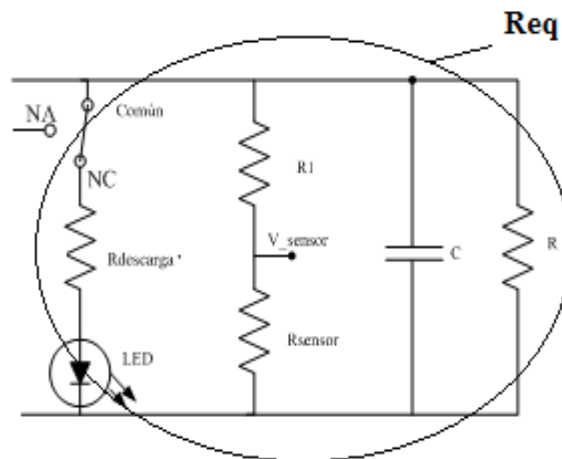


Figura 2.9 Resistencia Equivalente

R_{eq} = Resistencia Equivalente del circuito de la figura 2.9.

$$R_{eq} = \frac{R_{\text{descarga}} \cdot R_1 + R_{\text{sensor}} \cdot R}{R_1 + R_{\text{sensor}} \cdot R + R_{\text{descarga}} \cdot R + R_{\text{descarga}} \cdot R_1 + R_{\text{sensor}}} \quad (2.11)$$

Analizando matemáticamente la resistencia equivalente y el filtro se obtiene la Ecuación 2.12.

$$V_C = V_0 \cdot e^{\frac{-t}{R_d \cdot C}} \quad (2.12)$$

Se considera en $t = 0 \text{ s} \rightarrow V_C = V_{DC}$, entonces tenemos:

$$V_0 = 152,74 \text{ V}$$

También se considera en $t = 60 \text{ s} \rightarrow V_C = 0,1V_{DC}$, entonces:

$$e^{\frac{t}{R_{eq} \cdot C}} = \frac{V_0}{V_C}$$

$$R_{eq} = \frac{t}{C \cdot \ln \frac{V_0}{0,1V_C}}$$

$$R_{eq} = \frac{60\text{s}}{1000\mu\text{F} \times \ln \frac{152,74 \text{ V}}{0,1 \cdot 152,74 \text{ V}}}$$

$$R_{eq} = 26,05 \text{ K}\Omega$$

Con el resultado anterior se procede a determinar el valor de la Resistencia de descarga ($R_{descarga}$) con la Ecuación 2.11.

$$R_{eq} = \frac{R_{descarga} \cdot 1 \times 10^6 + 30000 \cdot (100 \times 10^3)}{1 \times 10^6 + 30000 \cdot 100 \times 10^3 + R_{descarga} \cdot 100 \times 10^3 + R_{descarga} \cdot 1 \times 10^6 + 30000}$$

$$26,05 \times 10^3 = \frac{R_{descarga} \cdot 1,03 \times 10^{11}}{1,03 \times 10^{11} + 1,13 \times 10^6 R_{descarga}}$$

$$R_{descarga} = 36,25 \text{ K}\Omega$$

Normalizando el valor de la resistencia se tiene que debe tener un valor de:

$$R_{descarga} = 30 \text{ K}\Omega$$

Esta resistencia esta en serie a un LED, esto permite que la corriente que circula por este elemento sea menor que la nominal al LED.

La potencia de disipación de la resistencia de descarga se determina mediante la Ecuación 2.13, teniendo en cuenta un tiempo de hasta dos veces la constante de tiempo RC.

Para un $t = 2RC$

$$P = \frac{1}{T} \int V_C \cdot i \, dt \quad (2.13)$$

$$P = \frac{V_0^2 \cdot C}{2T} \left(1 - e^{\frac{-2t}{RC}} \right)$$

$$P = \frac{V_0^2 \cdot C}{2 \cdot 2RC} \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot 2RC}{RC}} \right)$$

$$P = \frac{152.74 \text{ V}^2}{4 \cdot 30 \times 10^3 \Omega} \left(1 - e^{-4} \right) \rightarrow P = 0,21 \text{ W}$$

De acuerdo a los valores calculados la resistencia de descarga debe tener las siguientes especificaciones:

$$R_{\text{descarga}} = 30 \text{ K}\Omega \rightarrow P_{R_{\text{des}}} = 1 \text{ W}$$

El circuito de la Figura 2.10 se utilizará para el período de carga del capacitor. Donde E es el voltaje de salida continuo del rectificador de onda completa (Ecuación 2.14). En donde R_{eq} toma el valor de 26,05 K Ω (Ecuación 2.11), la cual forma un divisor de voltaje con R_{carga} , y de esta manera el capacitor se carga con un voltaje menor que el V_{DC} , considerando que es necesario que este voltaje sea lo más alto posible, para que al actuar el relé se dé un salto de voltaje pequeño, se calcula R_{carga} de tal forma que el capacitor llegue a un voltaje (V_C) de 90 [V] (Ecuación 2.15) en la carga.

$$E = 0,636 \cdot V_{DC} \quad (2.14)$$

$$E = 0,636 \cdot 152.74 \text{ V}$$

$$E = 97.14 \text{ V}$$

$$V_C = \frac{R_d}{R_d + R_{carga}} \cdot E \quad (2.15)$$

$$R_d + R_{carga} = \frac{R_d}{V_C} \cdot E$$

$$R_{carga} = R_d \left(\frac{E}{V_C} - 1 \right)$$

$$R_{carga} = 26.05 \text{ K}\Omega \times \frac{97.14 \text{ V}}{90 \text{ V}} - 1 \rightarrow R_{carga} = 2067,4 \Omega$$

Normalizando tenemos $R_{carga} = 2 \text{ K}\Omega$

Para sacar el circuito equivalente total (Figura 2.10(c)), se tomó en cuenta la impedancia del capacitor, para lo cual se calcula su valor.

$$\text{Sea } X = R_{\text{equ}} - j \frac{1}{C_{\text{equ}}} \quad (2.16)$$

$$X = \frac{R_d - j\frac{1}{X_C}}{R_d - j\frac{1}{X_C}}$$

$$X = \frac{R_d}{X_C \cdot R_d^2 + 1} - j\frac{X_C \cdot R_d^2}{X_C \cdot R_d^2 + 1} = R_{equ} - j\frac{1}{X_{equ}}$$

$$R_{equ} = \frac{R_d}{X_C \cdot R_d^2 + 1}$$

$$X_{equ} = \frac{X_C \cdot R_d^2 + 1}{X_C \cdot R_d^2} = 2\pi \cdot f \cdot C_{equ}$$

Entonces:

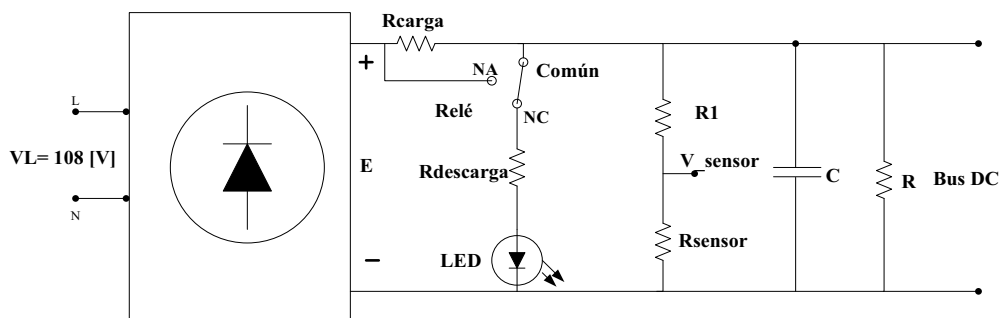
$$R_{equ} = \frac{24,22 \text{ K}\Omega}{2\pi \cdot 60 \text{ Hz} \cdot 1000 \mu\text{f} \times 24,22 \text{ K}\Omega^2 + 1}$$

$$R_{equ} = 290,43 \times 10^{-6} \Omega$$

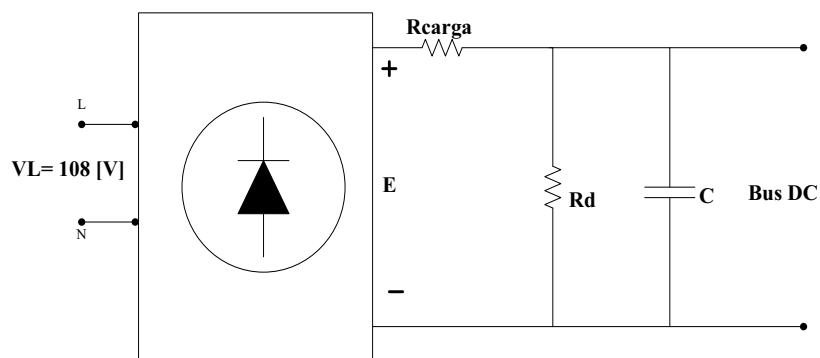
$$C_{equ} = \frac{X_C \cdot R_d^2 + 1}{2\pi \cdot f \cdot X_C \cdot R_d^2}$$

$$C_{equ} = \frac{2\pi * 60 \text{ Hz} * 1000 \mu\text{f} \times 24,22 \text{ K}\Omega^2 + 1}{2\pi * 60 \text{ Hz} * 2\pi * 60 \text{ Hz} * 1000 \mu\text{f} * 24,22 \text{ K}\Omega^2}$$

$$C_{equ} = 1563 \times 10^{-6} \mu\text{F}$$



(a)



(b)

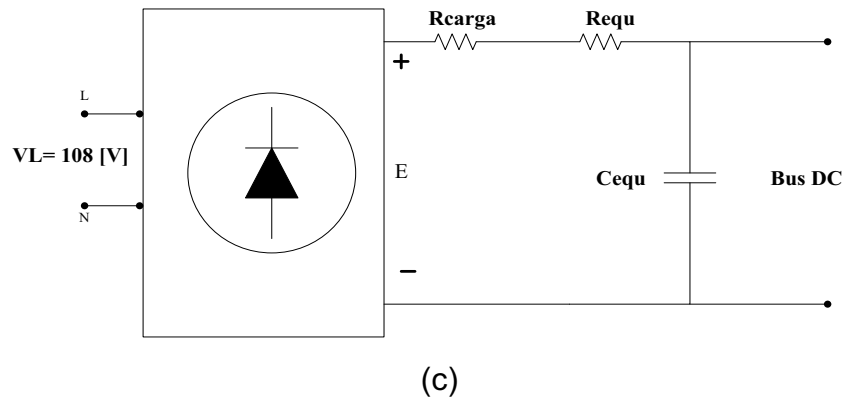


Figura 2.10 (a) Circuito de carga y descarga del capacitor; (b) Circuito equivalente sin tomar en cuenta el capacitor; (c) Circuito equivalente total

Para determinar la potencia que la resistencia R_{carga} disipa es necesario conocer el voltaje que cae sobre la resistencia, esto se obtiene del circuito equivalente total indicado en la Figura 2.10(c).

La potencia en la R_{carga} se calcula similar al de la $R_{descarga}$ con la Ecuación 2.12, con la misma consideración de dos veces la constante de tiempo del circuito.

$$V_{equ} = \frac{R_{carga}}{R_{equ} + R_{carga}} \cdot E \cdot e^{\frac{-t}{R_{equ} + R_{carga}} \cdot C}$$

Se considera que $R_{equ} \rightarrow 0$ entonces:

$$V_{equ} = E \cdot e^{\frac{-t}{R_{carga}} \cdot C}$$

$$P = \frac{1}{T} \int V_C \cdot i \, dt$$

$$P_{carga} = \frac{E^2 \cdot C_{equ}}{2 \cdot R_{carga} \cdot C_{equ}} \left(1 - e^{\frac{-2 \cdot R_{carga} \cdot C_{equ}}{R_{carga} \cdot C_{equ}}} \right)$$

$$P_{carga} = \frac{E^2}{4 R_{carga}} \left(1 - e^{-4} \right)$$

$$P_{carga} = \frac{97.14 \, \text{V}^2}{4 \cdot 2000 \, \Omega} \left(1 - e^{-4} \right) \rightarrow P_{carga} = 1,2 \, \text{W}$$

De acuerdo a los valores calculados la resistencia de carga debe tener las siguientes especificaciones:

$$R_{carga} = 2 \, \text{K}\Omega \rightarrow P_{carga} = 5 \, \text{W}$$

Para desconectar la resistencia de carga se procede a diseñar un circuito comparador (Figura 2.11) que consta de Circuito Integrado LM324, un transistor

2N3904 y un relé de 12 [V], el mismo que manejará el cambio de la resistencia de carga y descarga.

$$V_{comp} = \frac{R_{11}}{R_{10} + R_{11}} * V_{cc} \quad 2.17$$

Asumiendo una $R_{10} = 5,6 [K\Omega]$, $V_{cc} = 12 [V]$ y un $V_{comp} = 2 [V]$, se obtiene:

$$2 [V] = \frac{R_{11}}{5,6 K\Omega + R_{11}} * 12 [V]$$

$$\rightarrow R_{11} = 1020 [\Omega]$$

Normalizando se tiene que $R_{11} = 1 [K\Omega]$ de $\frac{1}{4} [W]$.

La resistencia de activación para el transistor se calcula mediante la Ecuación 2.18.

$$R_{12} = \frac{V_t}{I} \quad (2.18)$$

$$R_{12} = \frac{5 [V]}{20 [mA]}$$

$$\rightarrow R_{12} = 250 [\Omega]$$

Normalizando se tiene que $R_{12} = 330 [\Omega]$ de $\frac{1}{4} [W]$.

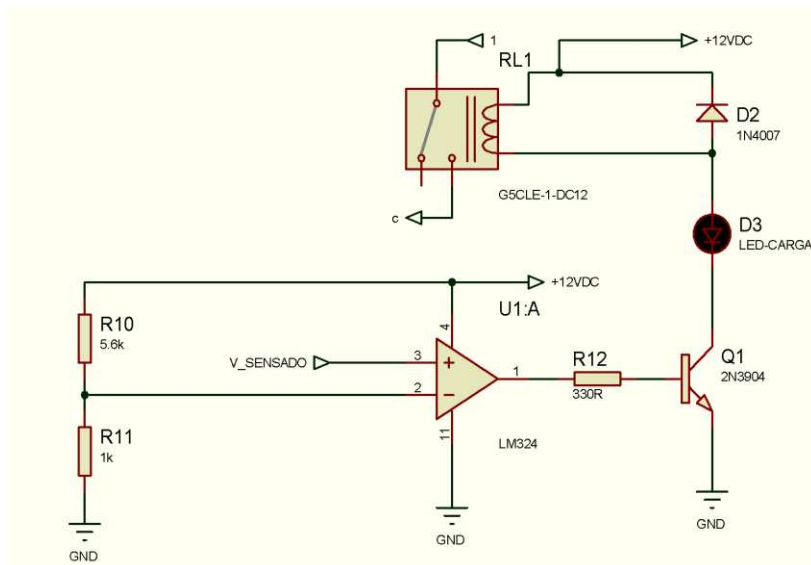
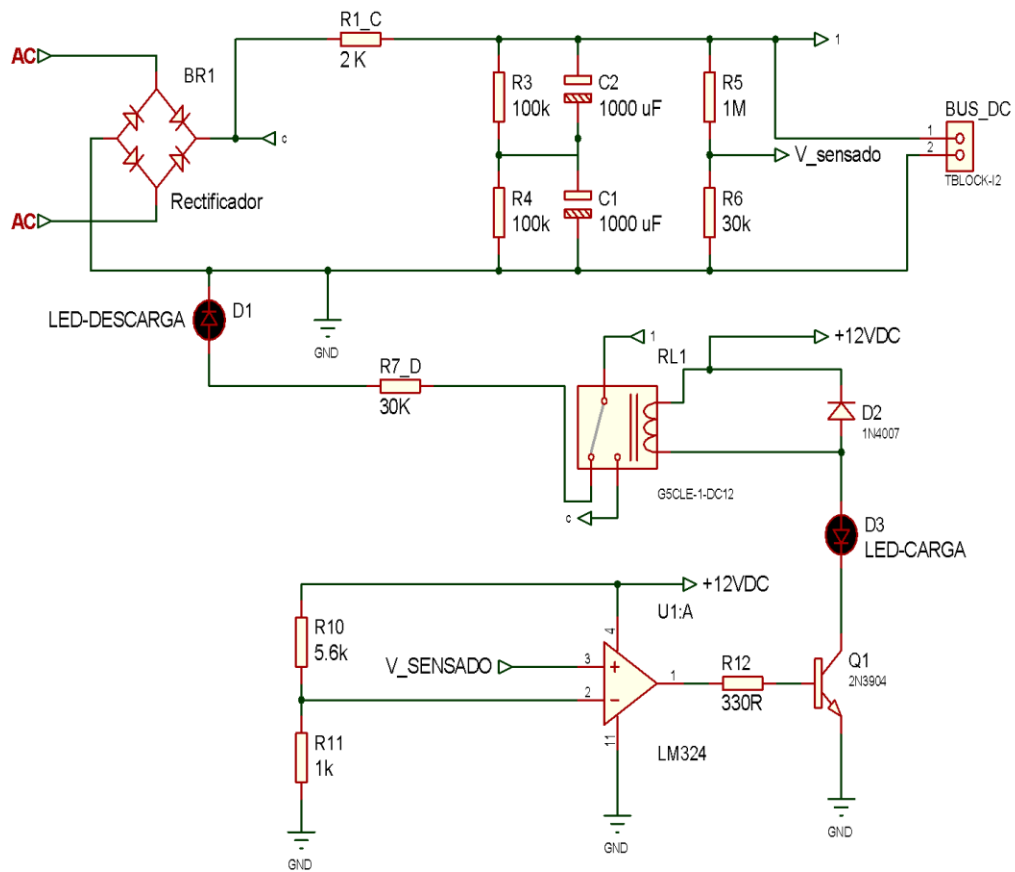
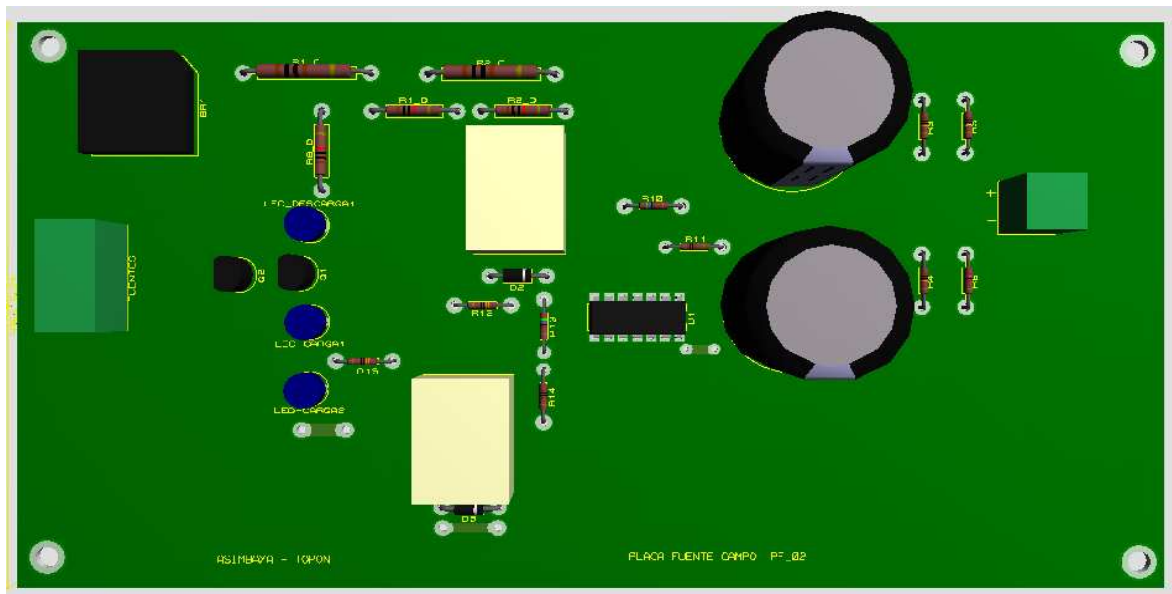


Figura 2.11 Circuito Comparador



(a)



(b)

Figura 2.12 (a) Bus DC del Campo; (b) Placa Fuente Campo

Elementos a utilizarse para la implementación del Bus DC para el campo:

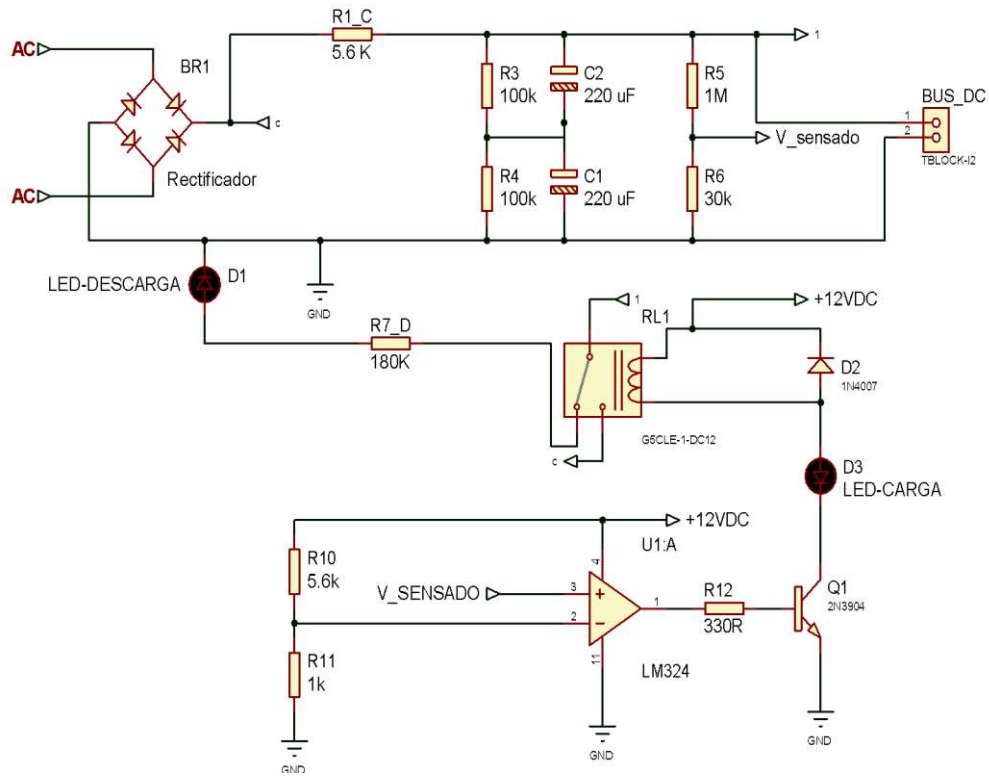
Puente rectificador	
Idc	15[A]
I _{max}	200[A]
I inversa max	10[uA]
V pico inverso	600[A]
V directo	1.1[V]
Capacitores para filtro	
C1, C3	500[uF] a 100[V]
Resistencia para filtro	
R2, R3	100[KΩ] a ¼ [W]
Resistencia de carga y descarga	
Rdescarga	30[kΩ] a 1[W]
Rcarga	2[kΩ] a 5[W]
Circuito Comparador	
R11	1[kΩ] a ¼ [W]
R12	330[Ω] a ¼[W]
R1	1[MΩ] a ¼[W]
R _{sensado}	30[kΩ] a ¼[W]

Tabla 2. 1 Bus DC Armadura

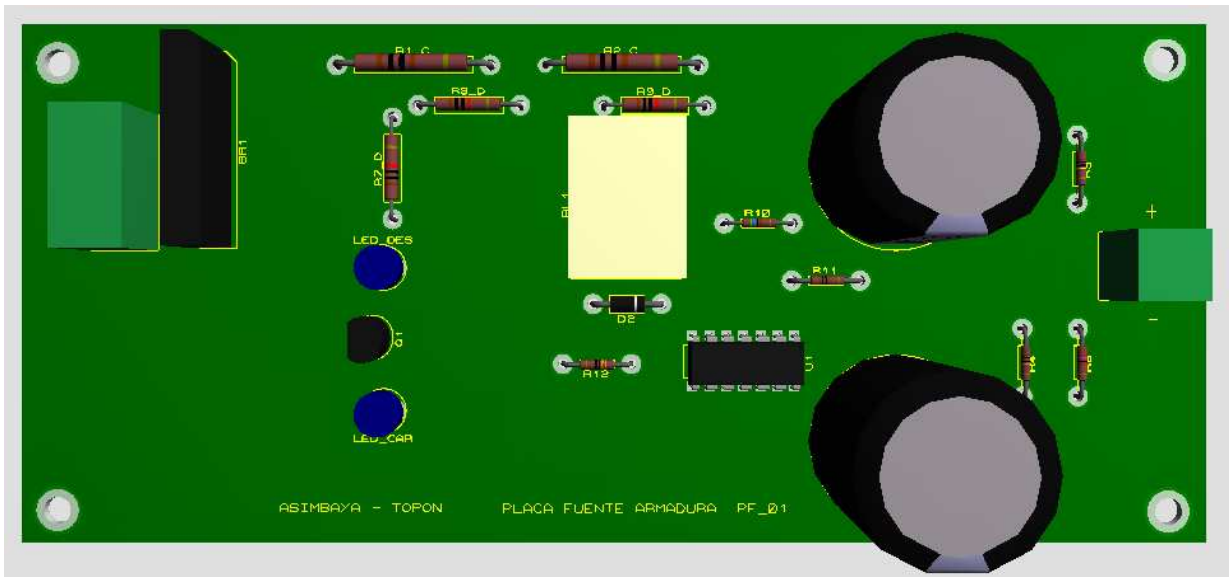
Utilizando el mismo procedimiento para el cálculo del Bus DC para el campo se obtuvieron estos valores para el diseño del Bus DC para la armadura:

Puente rectificador	
Idc	15[A]
I _{max}	200[A]
I inversa max	10[uA]
V pico inverso	600[A]
V directo	1.1[V]
Capacitores para filtro	
C1, C3	220[uF] a 100[V]
Resistencia para filtro	
R2, R3	100[KΩ] a ¼ [W]
Resistencia de carga y descarga	
Rdescarga	180[kΩ] a 1[W]
Rcarga	5.6[kΩ] a 1[W]
Circuito Comparador	
R11	1[kΩ] a ¼ [W]
R12	330[Ω] a ¼[W]
R1	1[MΩ] a ¼[W]
R _{sensado}	30[kΩ] a ¼[W]

Tabla 2. 2 Bus DC Campo



(a)



(b)

Figura 2.13 (a) Bus DC de la Armadura (b) Placa Fuente Armadura

2.3. CIRCUITO DE CONTROL

El circuito de control está diseñado con un Microcontrolador ATmega 16 el cual será el encargado de generar señales PWM para controlar el motor DC por medio de un puente H, de igual manera el Microcontrolador estará comunicándose periódicamente con la interfaz en el desarrollo de las pruebas.

2.3.1 DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN 12 VOLTIOS Y 5 VOLTIOS [18]

El circuito de control, requiere ser alimentado por fuentes de valores 5 y 12 [V].

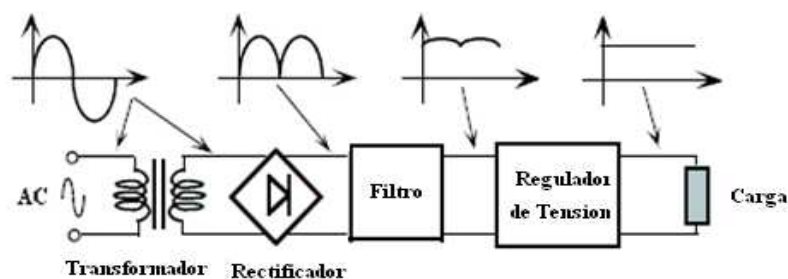


Figura 2.14 Diagrama de Bloques de una fuente de alimentación regulada [19]

Se diseñan fuentes aisladas que suministren ambos voltajes, los cuales alimentan a circuitos diferentes; en el primer circuito se encuentra el microprocesador.

En el segundo se encuentran los circuitos que manejan los disparos de los Mosfets, los relés y circuitos de medición tanto de posición como de fuerza.

La función de una fuente de alimentación es convertir la tensión alterna en una tensión continua lo más estable posible; para conseguir esto se requieren varios componentes.

2.3.1.1 Transformador de entrada

El transformador de entrada reduce la tensión de red a otra tensión más adecuada para ser tratada; en este caso se utilizará:

Fuente 12[V]		
Transformador 1	110/12[V]	500[mA]
Fuente 5[V]		
Transformador 2	110/6[V]	300[mA]

Tabla 2. 3 Valor Transformadores Fuentes

Para la fuente de 12 [V], el valor real del transformador es de:

$$V_i = 11V$$

Para la fuente de 5 [V], el valor real del transformador es de:

$$V_i = 6V$$

2.3.1.2 Puente rectificador

El rectificador es el que se encarga de convertir la tensión alterna que sale del transformador en tensión continua.

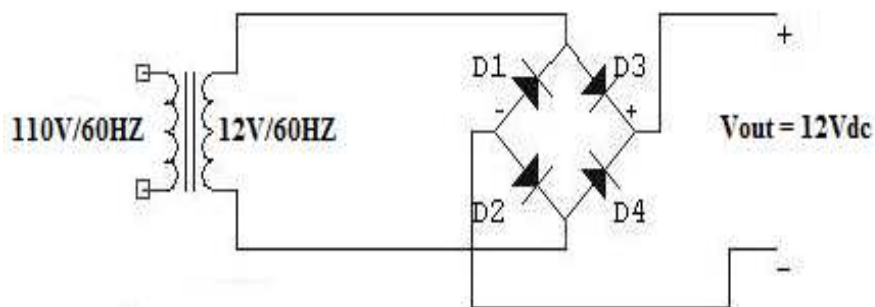


Figura 2.15 Puente rectificador para la fuente de 12 [V]

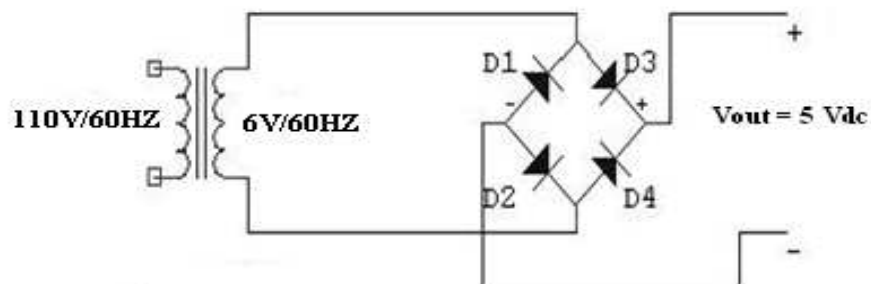


Figura 2.16 Puente rectificador para la fuente de 5 [V]

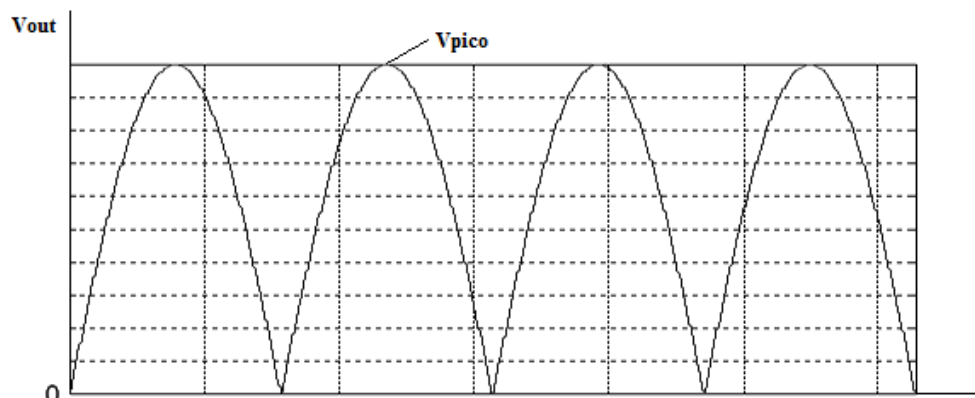


Figura 2.17 Forma de onda de salida del Puente Rectificador

Dependiendo de la corriente que este conduciendo un diodo la caída de tensión puede variar entre 0,7 voltios y 1 voltio. Por tanto por cada diodo que este conduciendo en un momento determinado se “pierde” un voltio aproximadamente.

En el puente rectificador conducen dos diodos a la vez por lo que la tensión pico de salida será:

Para la fuente de 12 [V]:

$$V_{pico} = \sqrt{2} * V_i - 2 \quad (2.19)$$

$$V_{pico} = 13.55[V]$$

Para la fuente de 5 [V]:

$$V_{pico} = \sqrt{2} * V_i - 2$$

$$V_{pico} = 6.48 [V]$$

2.3.1.3 Filtro Capacitivo

La tensión en la carga que se obtiene del rectificador es en forma de pulsos. En un ciclo de salida completo, la tensión en la carga aumenta de cero a un valor pico, para caer después de nuevo a cero.

Esta no es la clase de tensión continua que precisan la mayor parte de circuitos electrónicos. Lo que se necesita es una tensión constante. Para obtener este tipo de tensión rectificadas en la carga es necesario emplear un filtro.

2.3.1.3.1 Dimensionamiento del Capacitor

Para el diseño se asume un rizado del 10%.

$$C = \frac{5 * I}{f * V_{pico}} \quad (2.20)$$

Donde:

C: Capacidad del condensador del filtro en faradios

I: Corriente que suministrará la fuente

f: frecuencia de la red

V_{pico} : Tensión de pico de salida del puente (aproximadamente V_o)

Para la fuente de 12 [V] tenemos:

$$C = \frac{5 * 500mA}{60Hz * 13.55V}$$

$$C = 3000 \mu F$$

Normalizando se escogió una capacitancia de:

$$C = 2200 \mu F$$

Para la fuente de 5 [V] tenemos:

$$C = \frac{5 * 300[mA]}{60 \text{ Hz} * 6.48 [V]}$$

$$C = 3858 [\mu F]$$

Normalizando se escogió una capacitancia de:

$$C = 3300 [\mu F]$$

2.3.1.4 Regulador de Voltaje

Un regulador o estabilizador es un circuito que se encarga de reducir el rizado y de proporcionar una tensión exacta del valor que se requiere.

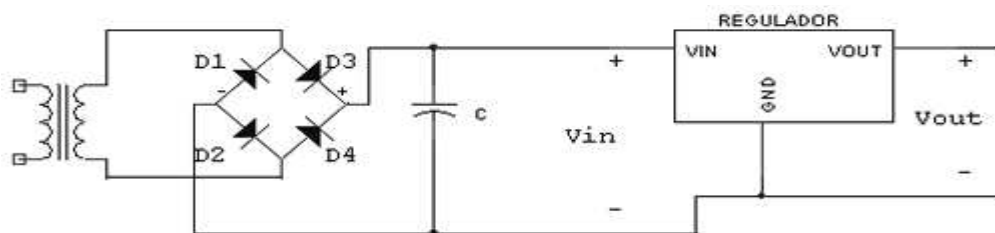
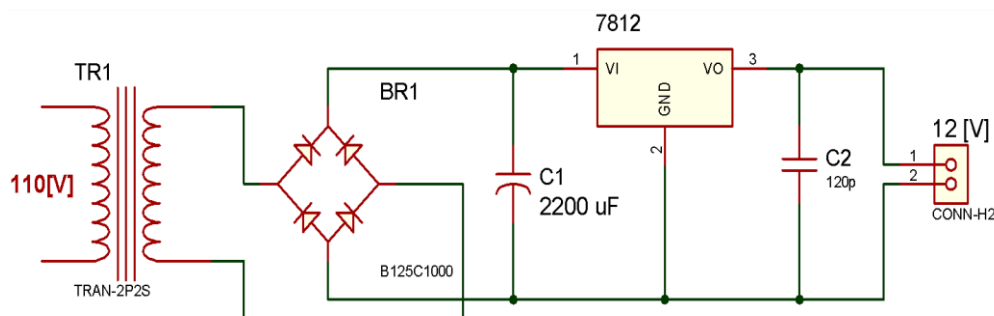


Figura 2.18 Fuente de Alimentación con Regulador de Voltaje

El regulador que se utilizará es un LM7812 él proporcionará una salida regulada a 12 [V].

Y para la fuente de 5V se utilizará y un regulador LM7805 que entregará una salida regulada.



(a)

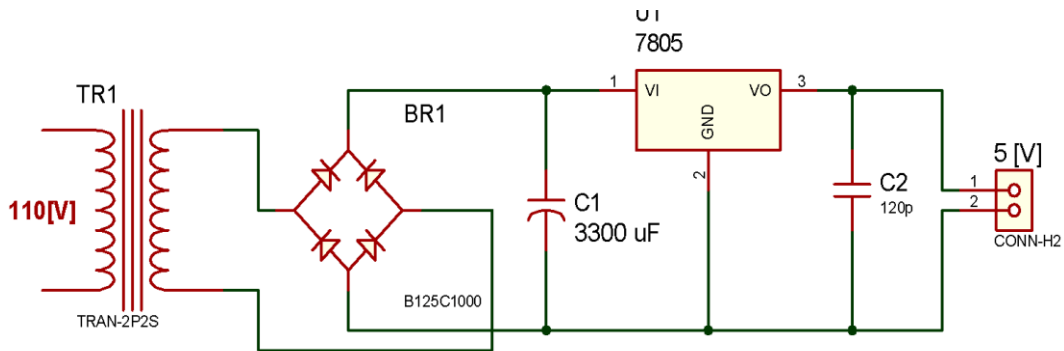


Figura 2.19 (a) Fuente de 12 [V]; (b) Fuente de 5 [V]

2.3.2 DISEÑO DEL HARDWARE DE AISLAMIENTO Y PUENTE H

El Puente H está formado por cuatro elementos electrónicos de conmutación los cuales son manejados por el circuito de control. La fuente de alimentación esta suministrada por el Bus DC.

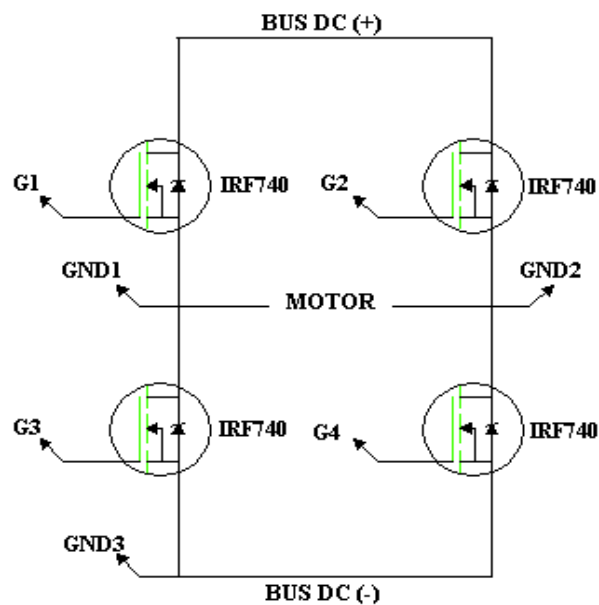


Figura 2. 20 Puente H con Mosfet's

Se escoge los Mosfet's por las siguientes características [21]:

- La velocidad de conmutación para los MOSFET está en el orden de los nanosegundos.
- No tienen el problema de segunda ruptura (coeficiente positivo de temperatura).
- Circuito de mando más simple.
- Alta impedancia de entrada

Para el dimensionamiento de los MOSFETS que se utilizarán para el puente H se tiene en cuenta corriente, voltaje y frecuencia de conmutación, por tanto se debe considerar la carga que se va a conectar al puente H.

La carga con la que se va a trabajar es un motor que presenta las características mostradas en la **TABLA 1.1**.

Para el Puente H se prevé trabajar con una potencia del $\frac{1}{4}$ [Hp] y un factor de potencia de 0.8, de acuerdo a estos valores se determina la corriente nominal (Ecuación 2.21).

$$I_{RMS} = \frac{P}{\sqrt{3} * V_{RMS} * fp} \quad (2.21)$$

$$I_{RMS} = \frac{186.5 [W]}{\sqrt{3} * 110 [V] * 0.8}$$

$$I_{RMS} = 1.25 [A]$$

Se considera también que la corriente máxima que proporciona el Bus DC es de 1.49 [A]. El voltaje que soportan los elementos cuando está abierto es de 155.56 [V]. Por tanto los requerimientos mínimos del Mosfet's deben ser:

$$I_{RMS} > 1.25 [A]$$

$$I_{pulsante} > 1.49 A$$

$$V > 155.56 [V]$$

Si se considera que podría arrancar a voltaje nominal. Por lo tanto se escoge un Mosfet's cuya numeración es IRF740 y sus características son:

$$I_D = 10 A @ 25 [^{\circ}C] \text{ y } 6.3 [A] @ 100 [^{\circ}C]$$

$$I_{RMS} = 40 A$$

$$V_{DSS} = 400 V$$

$$P_{Disiacion} = 125 W @ 25 [^{\circ}C]$$

Para que el Microcontrolador pueda manejar los elementos de potencia por donde circularán corrientes elevadas, se necesita de dispositivos adicionales de aislamiento que en lo posible eviten que los daños producidos en el circuito de potencia se transmitan al Microcontrolador.

Para el diseño se escogió un opto-acoplador 6N136 (Figura 2.21) que proporciona los pulsos para el puente de Mosfet's.

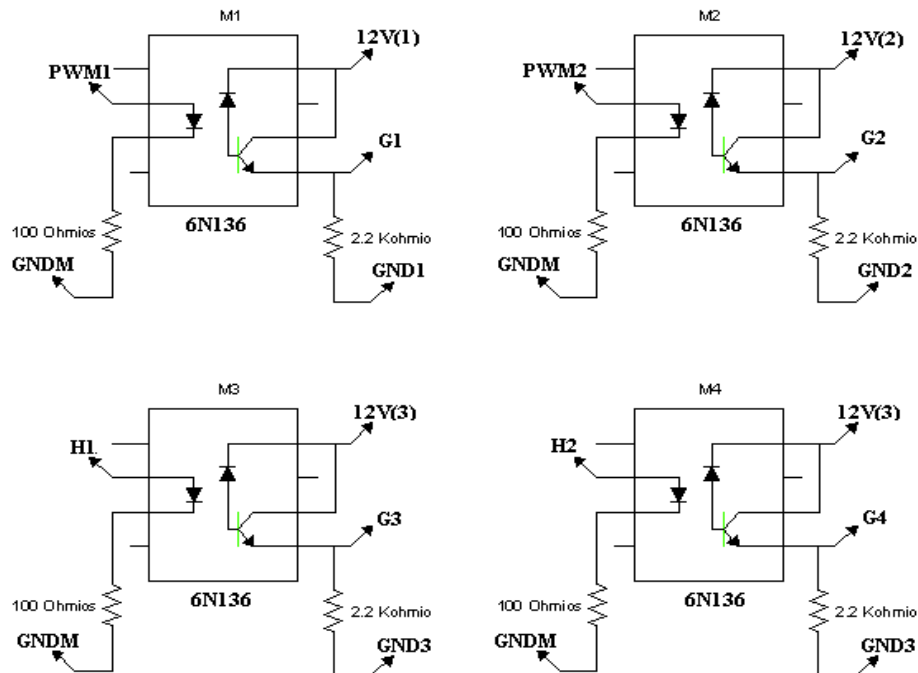


Figura 2.21 Circuito de aislamiento para la señal PWM del Microcontrolador ATmega16

El Mosfet IRF740 se activa por un voltaje aplicado entre Gate y Source, este elemento permite trabajar en la zona de saturación de forma casi lineal hasta los 10A, cuando el voltaje $V_{GS} = 10V$.

Así, la resistencia R_2 se calculó acorde a la operación del opto 6N136:

$$CTR = \frac{I_c}{I_f} * 100 \quad (2.23)$$

Para un $I_f = 50mA$ y un Voltaje $V_{ce} = 12V$; se tiene un CTR del 70%, entonces:

$$I_c = 35mA$$

Entonces R2 será:

$$R_2 = \frac{V_{ce}}{I_c}$$

$$R_2 = \frac{12 [V]}{35 [mA]} = 342.8 [\Omega]$$

Normalizando tenemos que $R_2 = 2.2k\Omega$

La señal PWM que proviene del Microcontrolador ATmega16 tiene un voltaje máximo de 5 [V] pico, ya que opera con lógica TTL. El dato anterior permite calcular el valor de R1, a partir de los datos V_f e I_f del 6N136.

$$R_1 = \frac{V_p - V_f}{I_f} \quad (2.24)$$

$$R_1 = \frac{5V - 1.8V}{50mA} = 64 [\Omega]$$

Normalizando tenemos que $R_1 = 100\Omega$.

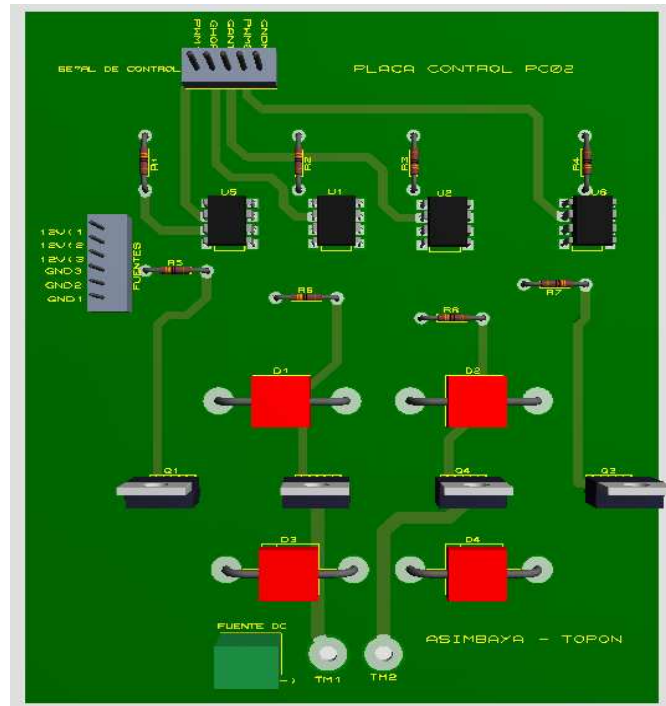


Figura 2.22 Placa Puente H aislado

2.3.2.1 Encoder

Para el control de velocidad del motor se requiere realizar una compensación de su velocidad, para esto se acopla un disco con ranuras sobre el eje del motor.

Para tomar la lectura de la rotación del disco se utiliza un optoacoplador de presencia, que detectará las variaciones de luz que se producen con el desplazamiento del disco. Estas variaciones de luz se convertirán en variaciones eléctricas que serán recibidas por el Microcontrolador para ajustar la velocidad del motor.

El diseño implementado para el encoder es el presentado en la figura 2.23. Para este diseño se utilizó un optoacoplador de ranura ECG3100.

La corriente que se requiere que pase por el diodo es de 15 [mA] por lo que se tiene:

$$R_1 = \frac{5 V}{15 mA}$$

$$R_1 = 333.3 \ \Omega$$

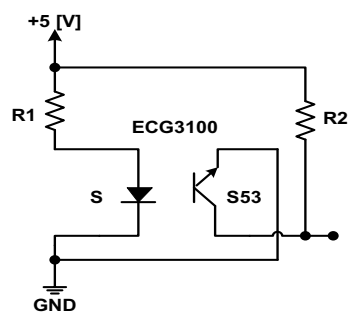
Normalizando se tiene que: $R_1 = 330 \ \Omega$

En base al datasheet del ECG3100 se tiene que la corriente de saturación del transistor es de 1 [mA] por tanto se obtiene:

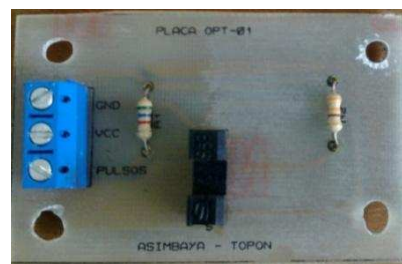
$$R_1 = \frac{5 \text{ V}}{1 \text{ mA}}$$

$$R_1 = 5 \text{ k}\Omega$$

Normalizando se tiene que: $R_1 = 5.6 \text{ k}\Omega$



(a)



(b)

Figura 2. 23 (a) Circuito Encoder (b) Placa OPT

2.4 CIRCUITO DEL MICROCONTROLADOR ATMEGA 16

El sistema implementado consta de un microcontrolador ATmega16 el cual tiene la finalidad de controlar al motor DC, comunicar al microcontrolador con la PC, manejar el teclado y el display de cristal líquido (LCD).

El manejo del teclado se lo hace mediante la interrupción externa INT1 del microcontrolador, la configuración se indica en la figura 2.24.

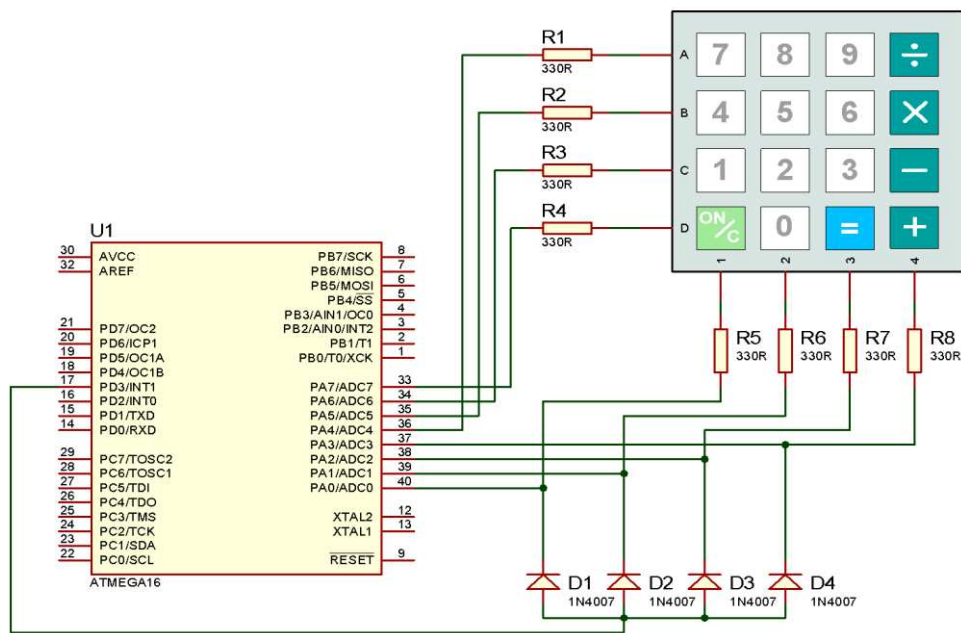


Figura 2. 24 Conexión del teclado al microcontrolador

La comunicación entre el microcontrolador y la PC, se lo realiza mediante el estándar RS232, que generalmente se utiliza cuando se requiere conectar un microcontrolador con un puerto RS-232, para lograr esto se utiliza el circuito integrado MAX232, la configuración se muestra en la figura 2.25.

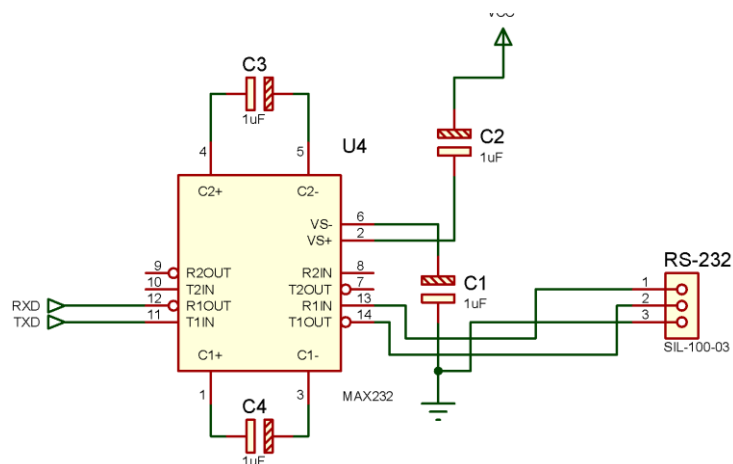


Figura 2. 25 Configuración del MAX232

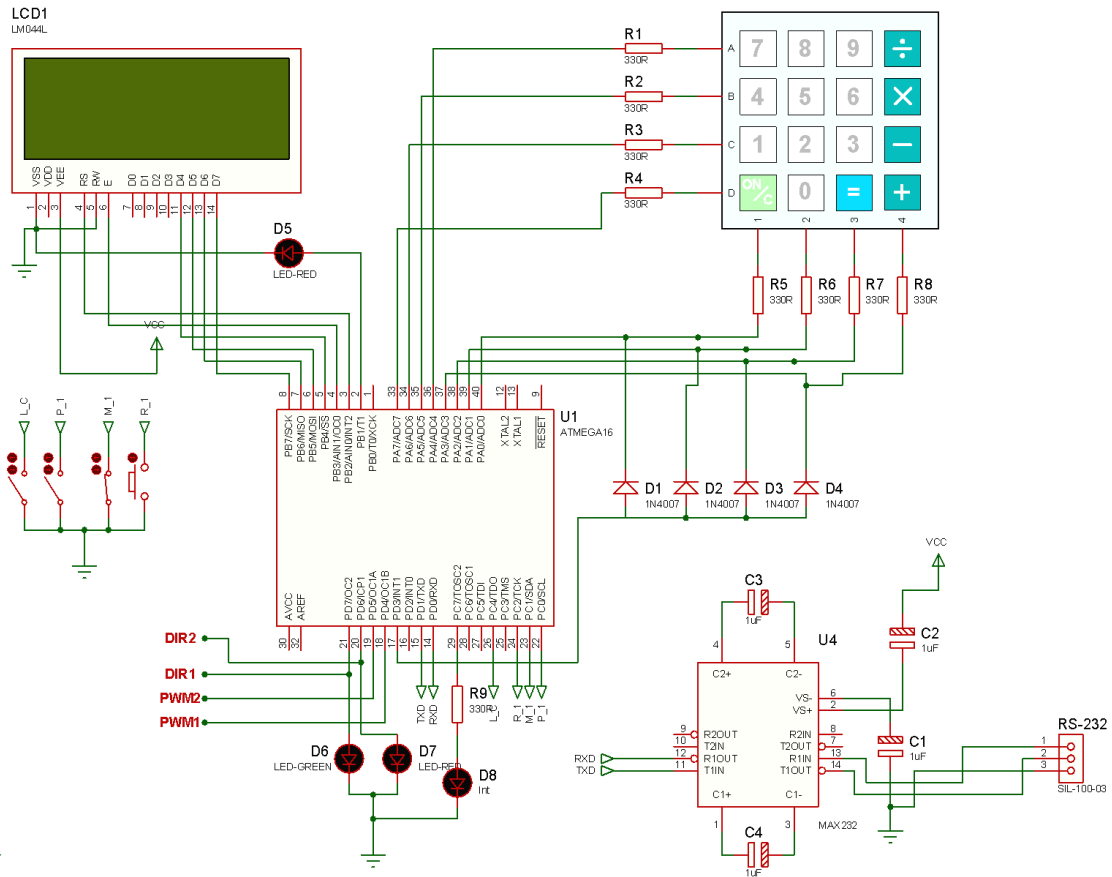


Figura 2. 26 Diseño del circuito del Microcontrolador

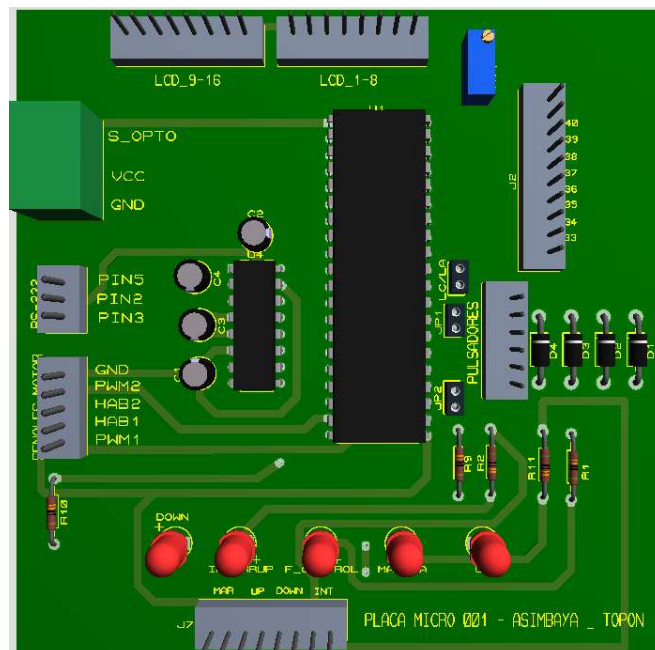


Figura 2. 27 Esquema final de la Placa del Microcontrolador

2.5 TRANSDUCTOR DE POSICIÓN LINEAL

El sistema está implementado con tres hilos de resistencia como los presentados en la Figura 2.28 el circuito equivalente se asemeja a un potenciómetro (ver Figura 2.29) cuya parte móvil se encuentre adherida a la mordaza sujeta a movimiento, de tal manera que su resistencia varíe de acuerdo a la posición de la mordaza. El transductor de posición lineal tiene una señal estable por lo que no fue necesario realizar acondicionamiento de señal. Esta resistencia, puede entonces, traducirse en términos de longitud al ser tratada como divisor de tensión, para que el voltaje generado sea digitalizado por la DAQ y luego sea procesado por el LabVIEW.

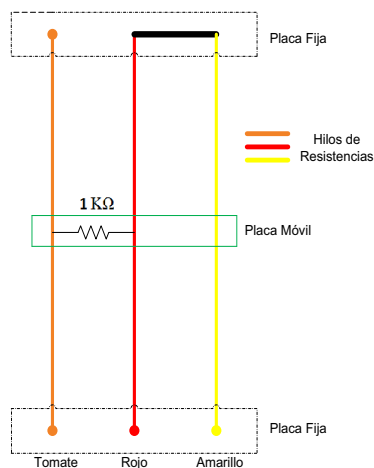


Figura 2. 28 Transductor de posición lineal

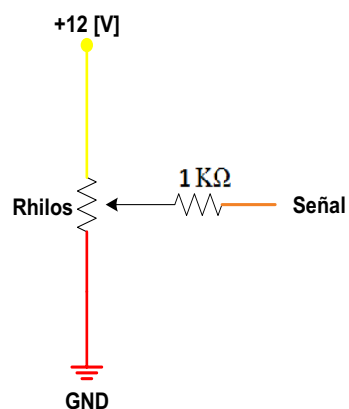


Figura 2. 29 Circuito equivalente Transductor de posición lineal

2.6 TRANSDUCTOR DE PESO

El sensor deberá transformar una señal de fuerza a una señal de voltaje para que esta sea adquirida por la DAQ y procesada en el programa computación LabVIEW.

La ecuación 2.25 indica la relación entre la fuerza aplicada y la resistencia del hilo.

$$R = \frac{\rho}{AL_l} \frac{F}{YA} + 1 \quad (2.25)$$

Donde:

R = resistencia del hilo

ρ = resistividad del material del hilo

A = área de la sección transversal del hilo

L_l = longitud inicial del hilo

F = fuerza aplicada a la superficie metálica

Y = modulo de Young

Las mediciones de carga requieren detectar cambios muy pequeños de resistencia, el circuito recomendado es el puente de Wheatstone.

Existen tres tipos de montajes básicos: con una, dos y cuatro galgas. El uso de múltiples medidores permite compensar los efectos no deseados, como componentes de temperatura y deformaciones específicas.

El circuito con el que trabaja la celda de carga es el presentado en la figura 2.30

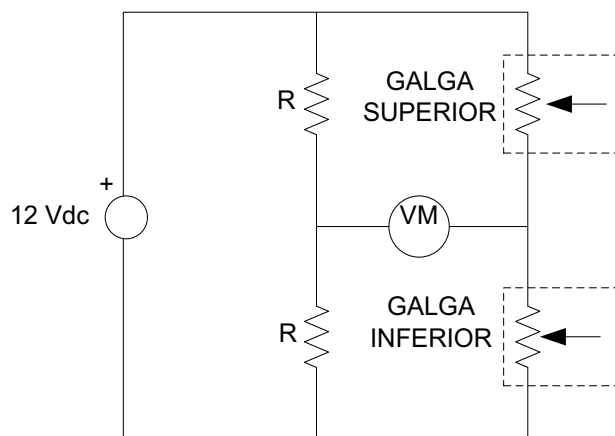


Figura 2. 30 Puente de Wheatstone

De la figura 2.30 tenemos:

$$R = 50 \text{ K}\Omega$$

$$\text{Galga} = 120 \Omega$$

La salida diferencial con cero carga está en un valor de 53,4 [mV].

El acondicionamiento de señal de la celda de carga para realizar las mediciones de fuerza consta de tres pasos como se observa en la figura 2.31.

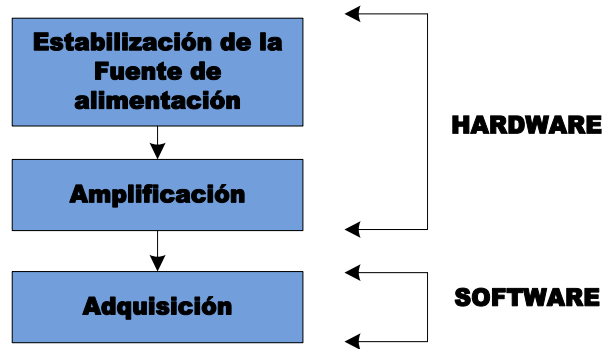


Figura 2. 31 Etapas del acondicionamiento de la celda de carga

La etapa de estabilización de la fuente de alimentación y amplificación se realiza mediante circuitos electrónicos, mientras que la adquisición de la señal amplificada se realiza por medio de una tarjeta de adquisición de datos, estos datos serán procesados mediante el software LabView.

2.6.1 AMPLIFICACIÓN DE LA SEÑAL DE LA CELDA DE CARGA

El voltaje diferencial de la celda de carga es elevado por un amplificador de instrumentación con entrada diferencial (Figura 2.32).

El amplificador operacional utilizado en este circuito es el circuito integrado TL084 que es un encapsulado con cuatro amplificadores y necesita dos fuentes de polarización.

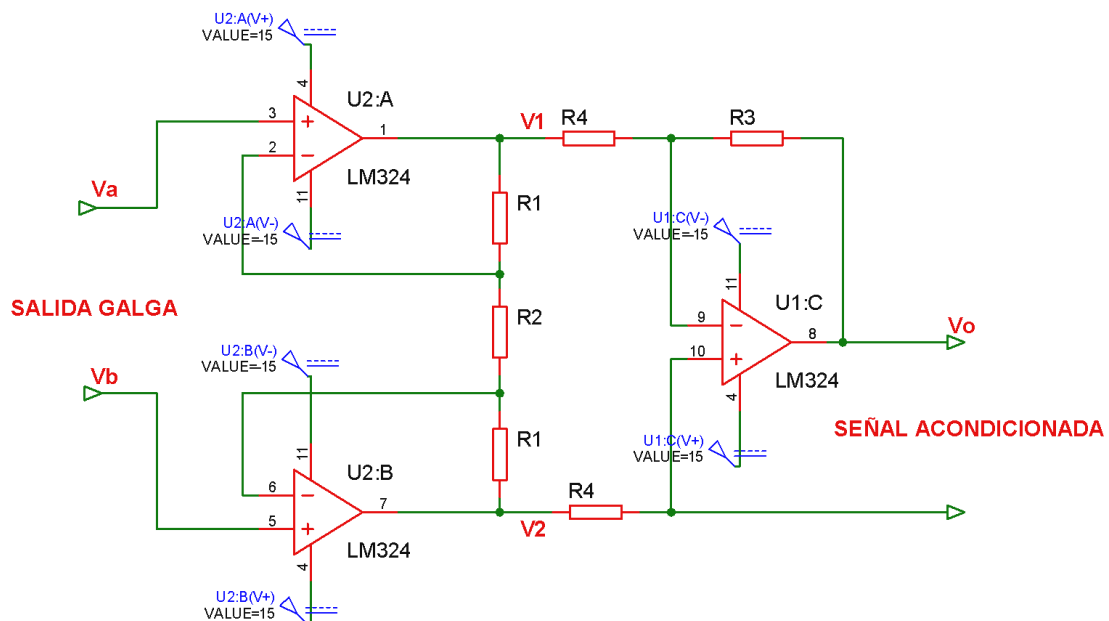


Figura 2. 32 Amplificación de señal de la celda de carga

De acuerdo a la figura 2.32, el voltaje de salida (V_o) del amplificador de instrumentación esta dado por:

$$V_o = \frac{R_3}{R_4} \left(1 + 2 \frac{R_1}{R_2} \right) (V_b - V_a) \quad (2.26)$$

Mediante la ecuación 2.26 se puede determinar la ecuación de la ganancia del amplificador de instrumentación, la cual viene dada por:

$$\frac{V_o}{V_b - V_a} = \frac{R_3}{R_4} \left(1 + 2 \frac{R_1}{R_2} \right)$$

$$G = \frac{R_3}{R_4} \left(1 + 2 \frac{R_1}{R_2} \right) \quad (2.27)$$

Asumiendo una ganancia de 200 se tiene:

$$200 = \frac{R_3}{R_4} \left(1 + 2 \frac{R_1}{R_2} \right)$$

Si $R_3 = R_4 = 150 \text{ K}\Omega$

$$200 = 1 + 2 \frac{R_1}{R_2}$$

$$R_2 = 0.01 * R_1$$

Si $R_1 = 100 \text{ K}\Omega$ se tiene:

$$R_2 = 1 \text{ K}\Omega$$

En la figura 2.33 se muestra el circuito electrónico completo.

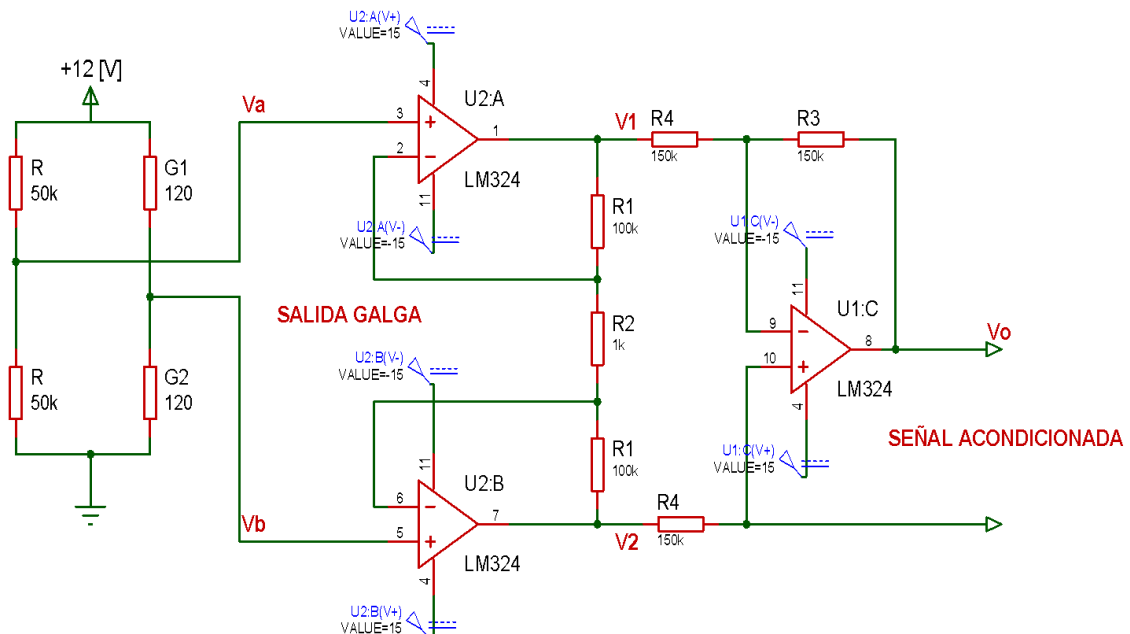


Figura 2. 33 Circuito Electrónico Completo

A continuación se indica las placas diseñadas para el acondicionamiento de la señal:

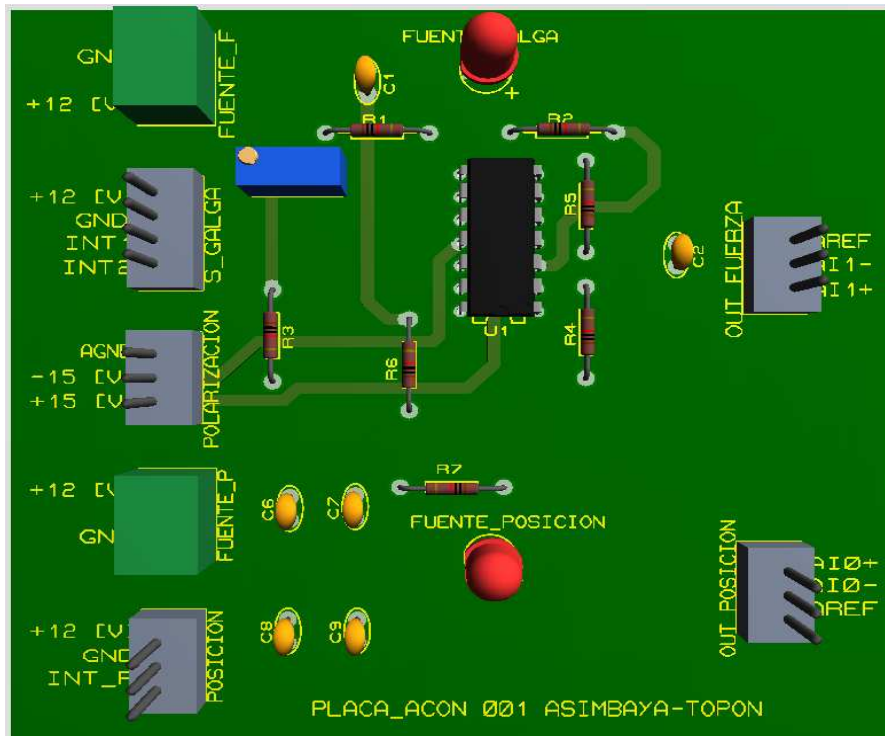


Figura 2. 34 Placas de Acondicionamiento

2.7 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS-NI USB MYDAQ [22]

La tarjeta que se utilizara para el procesamiento y adquisición de las señales analógicas de posición y fuerza es la que se muestra a continuación:

Entradas Análogas (IA)	
Número de canales	2 canales diferenciales
Resolución ADC	16 bits
Velocidad de muestreo	200KS/s
Precisión en el tiempo	100 ppm de velocidad de muestreo
Rango IA	± 10 V, ± 2 V, acoplamiento DC
Protección de Sobrevoltaje	± 16 V

Salidas Análogas (OA)	
Número de canales	2 canales referidos a GND
Resolución de DAC	16 bits
Máxima velocidad de actualización	200 KS/s
Rango OA	± 10 V, ± 2 V, acoplamiento DC
Máxima corriente de salida	2 mA
Impedancia de Salida	1 Ω
Entradas y Salidas Digitales(DIO)	
Número de líneas	8 DIO [0...7]
Nivel lógico	5 V TTL entrada 3.3 V TTL salida
Voltaje de entrada alto mínimo	2 V
Voltaje de entrada bajo máximo	0.8 V
Máxima corriente de salida por línea	4 mA
Características Adicionales	
Contador	32 Bits
Compatible	LabVIEW, LabWindows/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET
Alimentación	Energizado por bus para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada

Tabla 2. 4 Características de la Tarjeta de Adquisición NI USB-MyDAQ

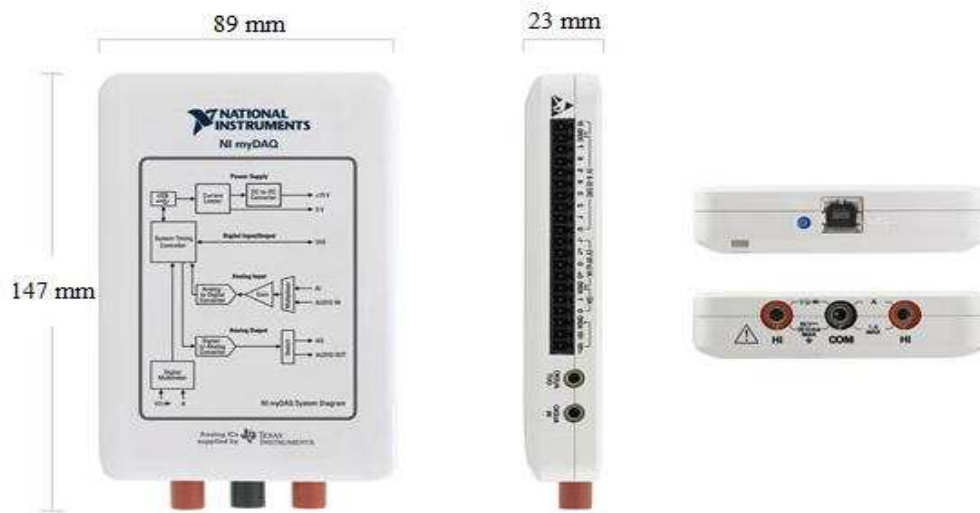


Figura 2. 35 Tarjeta de Adquisición de Datos NI USB-MyDAQ [22]

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL SOFTWARE

En este capítulo se explica sobre el desarrollo de la interfaz gráfica en LABVIEW, así como del programa realizado en BASCOM para el Microcontrolador ATmega16, estos dos programas desarrollados son complementarios, a fin de constituir el software que nos permitirá la supervisión, control y adquisición de datos de la Máquina de Ensayos Universales del Centro Textil Politécnico.

3.1 ALGORITMO GENERAL DEL EQUIPO

Considerando el algoritmo de funcionamiento de la Figura 3.1 hace falta introducir subrutinas para el manejo de teclado, la comunicación serial, el funcionamiento del display, borrar memoria de datos y para manejo de interrupciones, así como adquisición de datos tales como fuerza y posición.

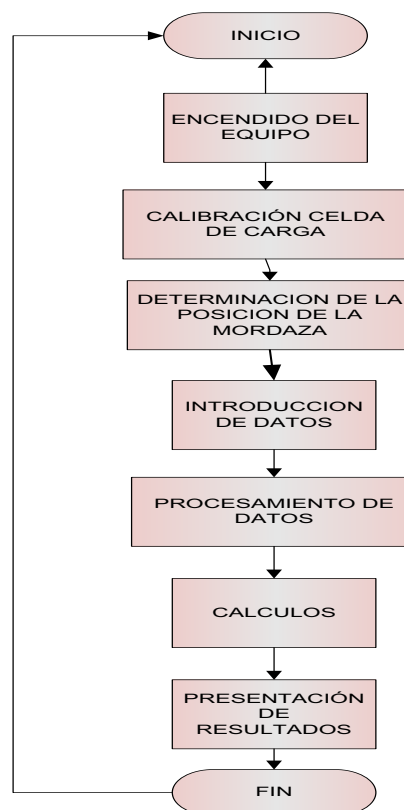


Figura 3. 1 Algoritmo de Funcionamiento

3.1.1 ENCENDIDO DEL EQUIPO

El encendido del equipo se realiza a través de un switch para energizar la máquina, sin importar la posición inicial de la mordaza.

3.1.2 CALIBRACIÓN DE LA CELDA DE CARGA

Para cada uno de los ensayos que se realice en la máquina se tendrá diferentes tipos de mordazas por lo que el dato adquirido por la celda de carga cambiará de acuerdo estas mordazas. Por esta razón se realiza un enceramiento después de la calibración de la máquina para lograr encerar el valor inicial de la celda.

3.1.3 DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN DE LA MORDAZA

La posición de la mordaza será establecida por tres hilos de resistencia y una placa móvil que determinará la distancia de separación entre mordazas. El valor de salida en voltios que obtenemos del sensor de posición será adquirido por la tarjeta NI MyDAQ de National Instruments.

3.1.4 INTRODUCCIÓN DE DATOS

Para la realización de los ensayos en el tensiómetro es necesario ingresar tanto la velocidad, y longitud, título, diámetro de la muestra. Estos datos serán introducidos desde el panel frontal de la máquina o desde el HMI de la PC.

3.1.5 PROCESAMIENTO DE DATOS

Microcontrolador: Desde el Microcontrolador podemos procesar los datos de velocidad y sentido de giro del motor.

Interfaz Gráfica: Desde la Interfaz podemos procesar los datos de posición y fuerza requeridos para los cálculos y gráficas.

Al final de la prueba los resultados de tensión, longitud máxima y de ruptura deben ser calculados. Además el equipo debe parar automáticamente al detectar el rompimiento del hilo.

3.1.6 CÁLCULOS

Una vez que ha terminado el proceso, en la interfaz gráfica se deben realizar las operaciones matemáticas respectivas para visualizar sus resultados.

3.1.7 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los datos adquiridos serán graficados con la posibilidad de ser enviados a un archivo de Excel o mostrados en el LCD.

Una vez que se han presentado los resultados se podrá iniciar una nueva prueba.

3.1.8 OTRAS CARACTERÍSTICAS

Independientemente del proceso, el equipo tendrá un pulsante de “parada de emergencia” y otro para “iniciar una nueva prueba”.

3.2 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR

La programación del Microcontrolador se lo ha desarrollado con la herramienta de programación BASCOM AVR, que es un compilador para la Familia AVR de ATMEL.

Este compilador tiene un entorno de programación amigable para el usuario, debido a que maneja un lenguaje de alto nivel el cual posee sentencias de programación estructurada, así como también comandos específicos para manejo de periféricos tales como teclados, displays LCD, entre otros, lo cual permite optimizar los recursos del Microcontrolador, facilitando el desarrollo de la programación.

3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN

Se ha empleado un Microcontrolador ATmega16 para el diseño del Sistema de Control, este Microcontrolador es el encargado de la adquisición de datos del encoder del motor, generar las señales de PWM para el control del motor DC, manejo del teclado del Panel Frontal, finales de carrera, pulsadores, switches, envío y recepción de datos hacia la PC y visualización del estado actual del Tensiómetro.

En la programación primero se procedió a realizar la configuración de los recursos a ser utilizados por el Microcontrolador. Entre ellos se tiene: la selección en el compilador del Microcontrolador ATmega16, selección del oscilador interno de 4 MHz, tasa de transmisión de bit de 9600 baudios, manejo del display LCD 4X20 a 4 bits, habilitación de la interrupción por recepción serial de datos, habilitación de la interrupción externa INT1 para el teclado, habilitación de la interrupción del Timer2 para el muestreo de la señal del Encoder del Motor, configuración de puertos de entrada/salida y declaración de variables a utilizar.

3.2.1.1 Programación del Lazo Principal

El programa principal es el encargado de realizar las tareas principales para el funcionamiento continuo del sistema y el llamado a las diferentes subrutinas, con lo que se logra una estructura de programa dividida en tareas definidas de acuerdo al requerimiento del sistema.

El lazo principal inicia preguntando cual es el modo de funcionamiento del Tensiómetro, es decir si trabaja en modo "Local" o en modo "Remoto". Para ello se evalúa la posición del interruptor de selección de modo conectado al PINC.1; si este bit esta en cero, el programa salta a la subrutina de "Modo Local", si es uno salta a la subrutina de "Modo Remoto". Luego de esto se realiza la llamada a la Subrutina "Display1", que es la encargada de mostrar el estado del Tensiómetro.

Para seguir con la subrutina de Programación siempre se está evaluando si fue presionada la tecla "OK" en el teclado, además siempre se está verificando el estado del botón de "Paro de Emergencia", el cual permite parar el Tensiómetro en cualquier instante. El pulsador de "Nueva Prueba", solo puede ser activado cuando el Tensiómetro este parado. En la figura 3.2 se muestra el diagrama de flujo de la programación del lazo principal.

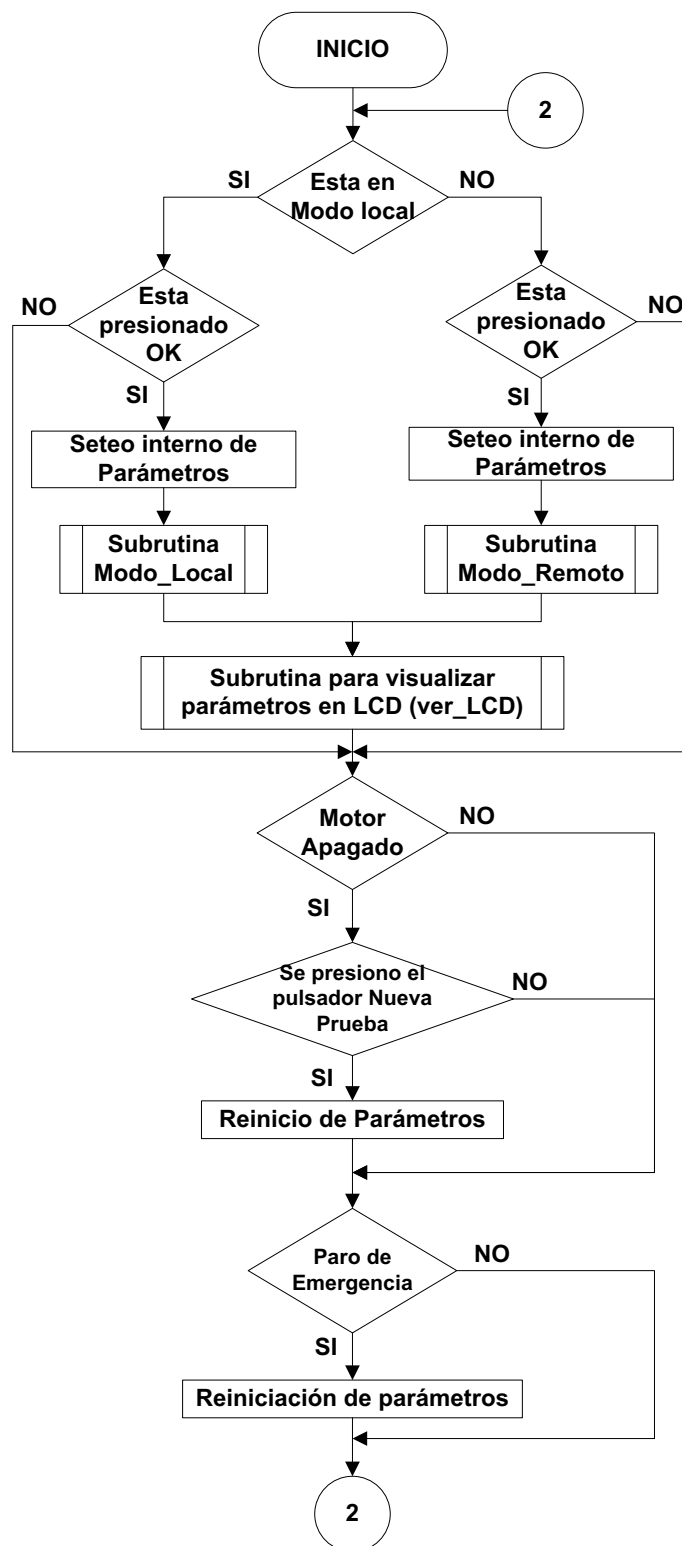


Figura 3. 2 Diagrama de flujo del Lazo Principal

3.2.1.2 Subrutina “Modo Local”

Esta subrutina se ha desarrollado para programar tanto los parámetros del Tensiómetro, como para realizar la calibración manual del mismo, teniendo en

cuenta que siempre se debe calibrar la máquina antes de empezar una nueva prueba. Al regresar de la subrutina “Calibración”, como tarea siguiente esta salta a la subrutina “Programación”, en donde se ingresa los parámetros para iniciar la prueba.

Una vez terminada la subrutina “Programación”, esta salta a la subrutina “Enviar” la que se encarga del envío de datos a través del puerto serial. En el diagrama de flujo de la figura 3.3 se ilustra el funcionamiento de la subrutina para el Modo Local.

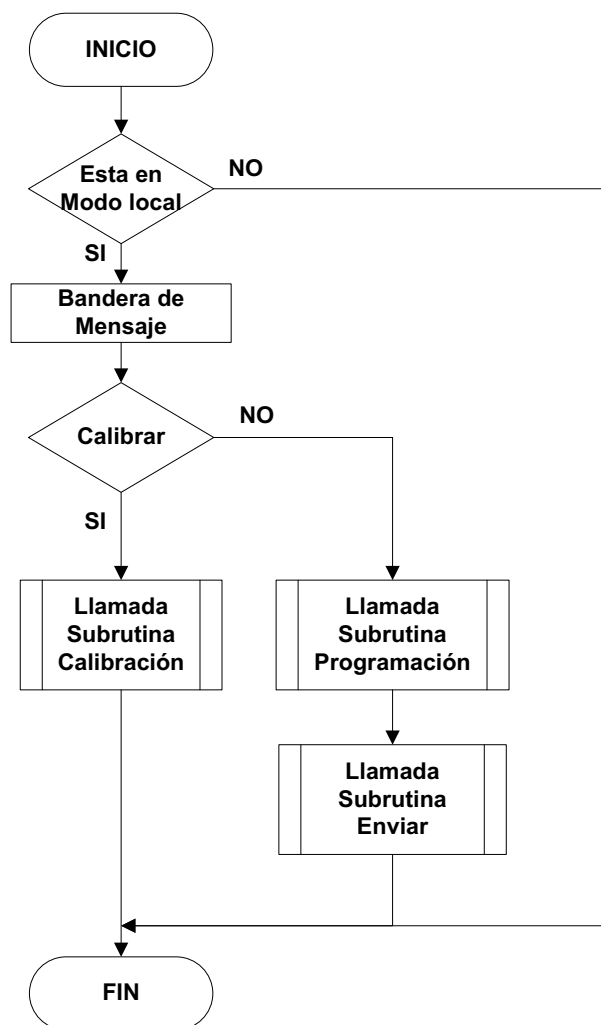


Figura 3. 3 Diagrama de Flujo de la subrutina “Modo_Local”

3.2.1.3 Subrutina “Calibración”

Al ingresar en esta subrutina, primero se cambia la información mostrada en el display LCD, permitiendo visualizar el estado actual del Tensiómetro. Mediante el teclado del panel frontal se procede a ingresar parámetros para la calibración de las mordazas, tales como velocidad y sentido de giro.

A continuación salta a la subrutina “Registro” la cual permite dar inicio a la calibración, para terminar espera a que la tecla “OK” sea presionada y saga del modo calibración. En el diagrama de flujo de la figura 3.4 se ilustra el funcionamiento de la subrutina para Calibración.

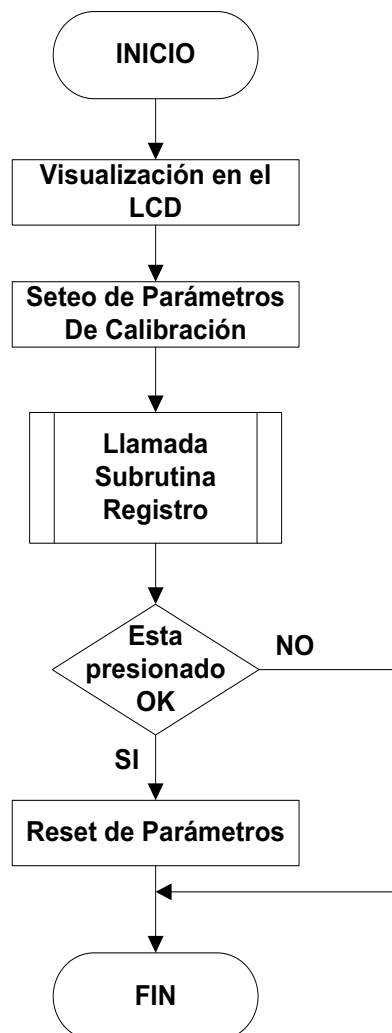


Figura 3. 4 Diagrama de flujo para la subrutina “Calibración”

3.2.1.4 Subrutina “Programación”

Esta subrutina, primero pregunta si se va a iniciar una nueva prueba o ya se termino la prueba, ya que esto permite ingresar los parámetros o visualizar los resultados.

Si se inicia una prueba se ingresa los parámetros tales como velocidad y longitud de la muestra, a continuación se llama a la subrutina “Registro” la que permita dar inicio a la prueba. En el diagrama de flujo de la figura 3.5 se ilustra el funcionamiento de la subrutina Programación.

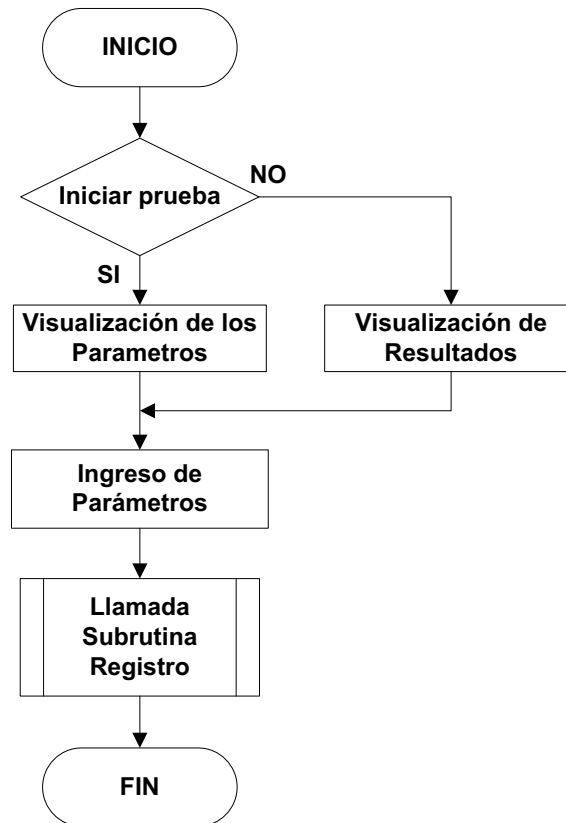


Figura 3. 5 Diagrama de flujo para la subrutina “Programación”

3.2.1.5 Subrutina “Registro”

En esta subrutina primero se evalúa el modo de funcionamiento del Tensiómetro, el paso siguiente es revisar el estado de la variable que permitirá el arranque del motor, ya sea para Modo Local o Remoto.

A continuación se revisa la memoria del sentido de giro del motor para actualizar la señal de control, así como la variable responsable del sentido de giro del motor.

Para finalizar siempre se está verificando el estado de la variable que permitirá parar el motor.

En el diagrama de flujo de la figura 3.6 se ilustra el funcionamiento de la subrutina Registro.

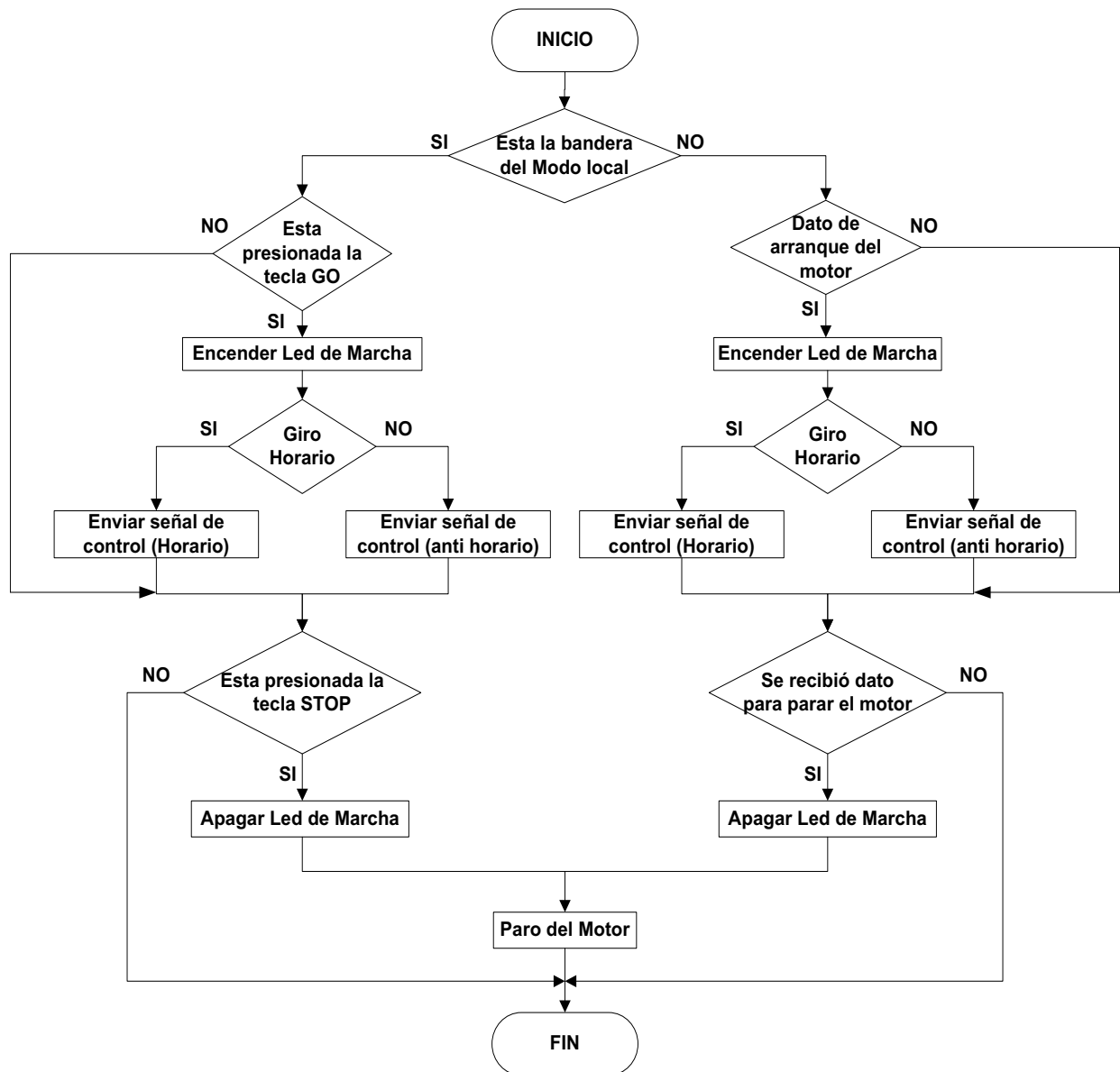


Figura 3. 6 Diagrama de flujo para la subrutina “Registro”

3.2.1.6 Subrutina “Recibir”

Esta subrutina de ejecuta cuando se genera una interrupción al microcontrolador por recepción serial de datos. El dato recibido se lo almacena en el registro “UDR”, desde el computador se envía la información en tres datos individuales. Se realiza un control de lectura de los datos mediante un contador, el cual me permite hacer una validación de los datos recibidos.

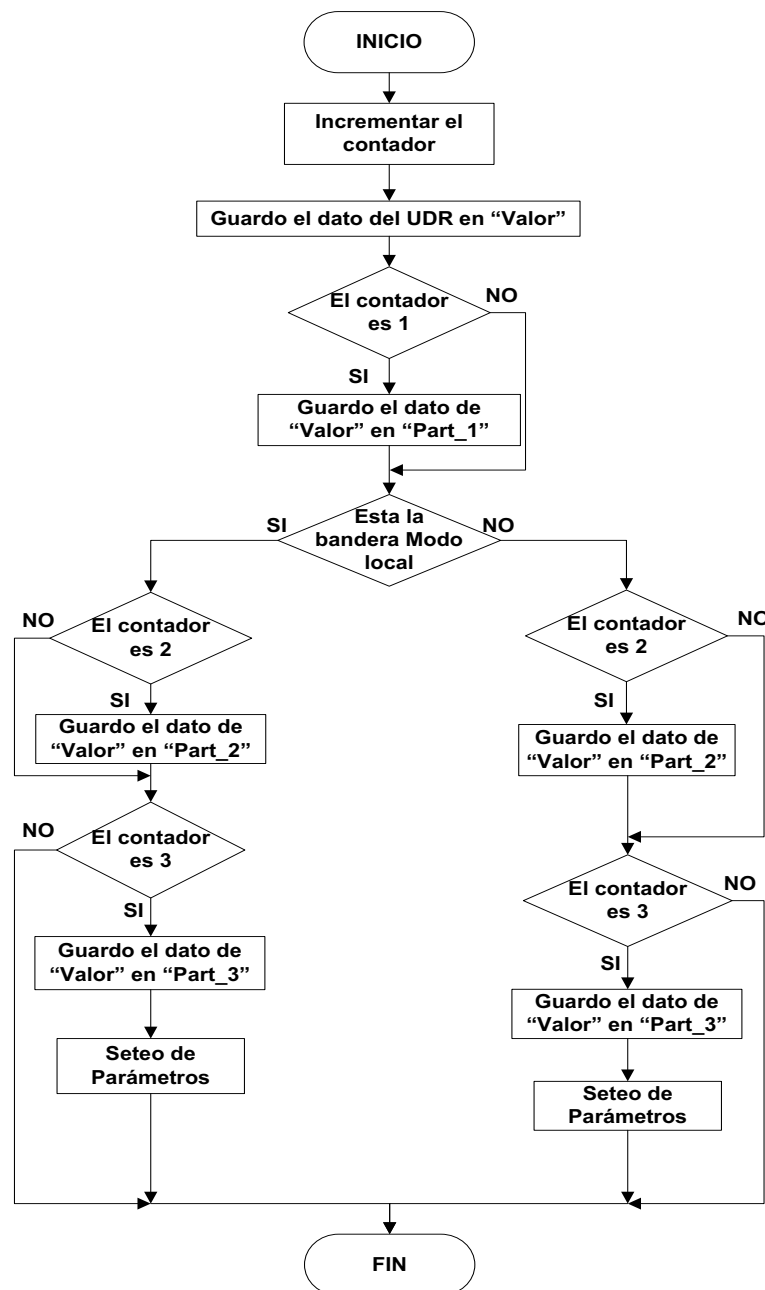


Figura 3. 7 Diagrama de flujo para la subrutina “Recibir”

De este modo, al ingresar a la interrupción lo primero que se ejecuta es el incremento del contador en una unidad, a continuación se procede a leer el dato del registro “UDR” y se lo almacena en la variable “Valor”.

A continuación se verifica el estado de la bandera de modo local, en base a esto se hace la validación del dato leído en base a evaluar el valor del contador de la siguiente manera: si el contador es igual a “1”, el dato guardado en “Valor” se lo almacena en la variable “Part_1”; si el contador es igual a “2”, el dato guardado en

“Valor” se lo almacena en la variable “Part_2”; si el contador es igual a “3”, el dato guardado en “Valor” se lo almacena en la variable “Part_3”

3.2.1.7 Subrutina “Enviar”

En esta subrutina se procede a realizar el envío de datos desde el Microcontrolador hacia la PC. Se ha establecido formar un único dato a partir de la información del modo de operación del Tensiómetro, tales como velocidad de la cruceta, longitud de la muestra y dato de marcha o paro del motor.

A continuación se realiza la conversión de la variable numérica “Speed” a tipo carácter y almacenarla en la variable denominada “Velocidad_s”. De la misma manera se procede con las variables “Size” y “Go”, estableciendo así las variables tipo carácter “Longitud_s” y “Arranque_s”.

La siguiente tarea es asignar un formato de cuatro cifras para las variables “Velocidad_s” y “Longitud_s” y un formato de dos cifras para la variable “Arranque_s”.

Las acciones mencionadas se las realizo para el empaquetamiento de los datos en una sola variable tipo carácter de mayor tamaño denominada “Trama” y que presenta la siguiente estructura:

CARÁCTER	CHAR 0	CHAR 1-5	CHAR 6	CHAR 7-11	CHAR 12	CHAR 13-14
DATO	A	Velocidad_s	B	Longitud_s	C	Arranque_s

Figura 3. 8 Trama de Datos para el puerto serial

Las letras A, B y C nos permiten hacer una verificación de la información recibida por el receptor. En el diagrama de flujo de la figura 3.9 se ilustra el funcionamiento de la subrutina Enviar.

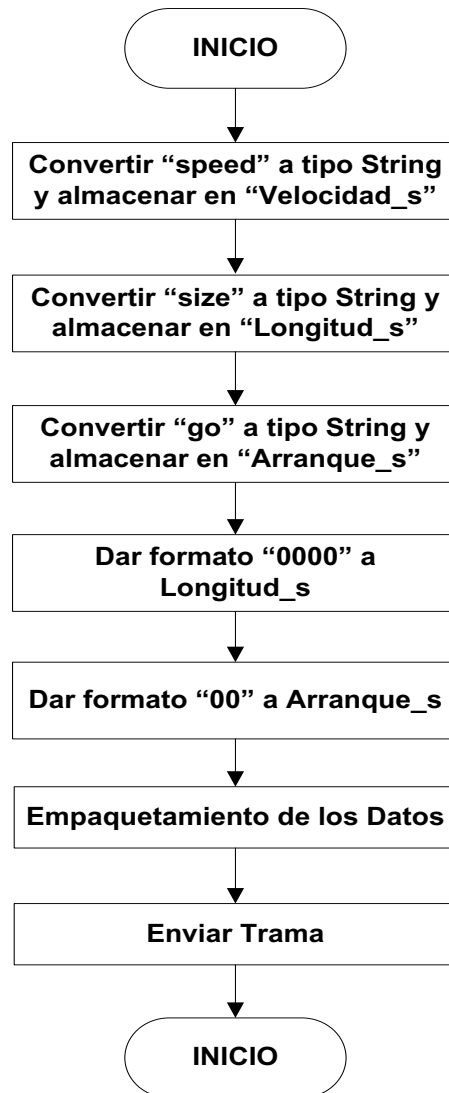


Figura 3. 9 Diagrama de flujo para la subrutina “Enviar”

3.2.1.8 Subrutina “Remoto”

En esta subrutina primero se evalúa el estado de la bandera de modo remoto, si tiene un valor de “1” permite levantar las banderas calibración, y a continuación realiza la llamada a la subrutina “Ver_Lcd”, caso contrario regresa al lazo principal. En el diagrama de flujo de la figura 3.10 se ilustra el funcionamiento de la subrutina Remoto.

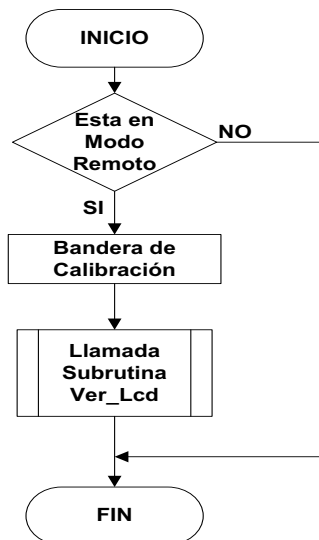


Figura 3. 10 Diagrama de flujo para la subrutina “Remoto”

3.2.1.9 Subrutina “Ver LCD”

Al ingresar a esta subrutina primero se visualiza en el LCD el estado actual del Tensiómetro, al estar en esta subrutina se espera a la interrupción del microcontrolador por recepción serial de datos para la configuración de los parámetros del motor, la siguiente tarea es llamar a la subrutina “Registro”, la cual permite iniciar el ensayo. En el diagrama de flujo de la figura 3.11 se ilustra el funcionamiento de la subrutina Ver LCD.

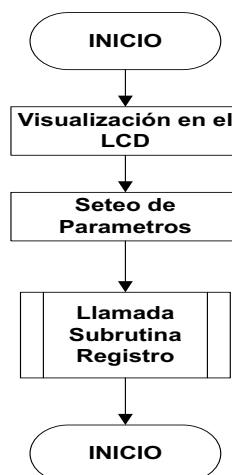


Figura 3. 11 Diagrama de flujo para la subrutina “Ver_Lcd”

3.2.1.10 Subrutina “Teclado”

Esta subrutina se ejecuta cuando se genera la interrupción externa del Microcontrolador (INT1), esta se activa cuando es presionada una tecla del teclado del panel frontal, a continuación enciende un led el cual indica que se ha ingresado

a la subrutina, se adquiere el valor de la tecla mediante el comando “Getkdb”, la siguiente tarea es discriminar el valor de la tecla, si “Tecla” es menor a “16” se obtiene el valor real de la tecla mediante el llamado de una tabla, caso contrario se sale de la interrupción.

En el diagrama de flujo de la figura 3.12 se ilustra el funcionamiento de la subrutina Teclado.

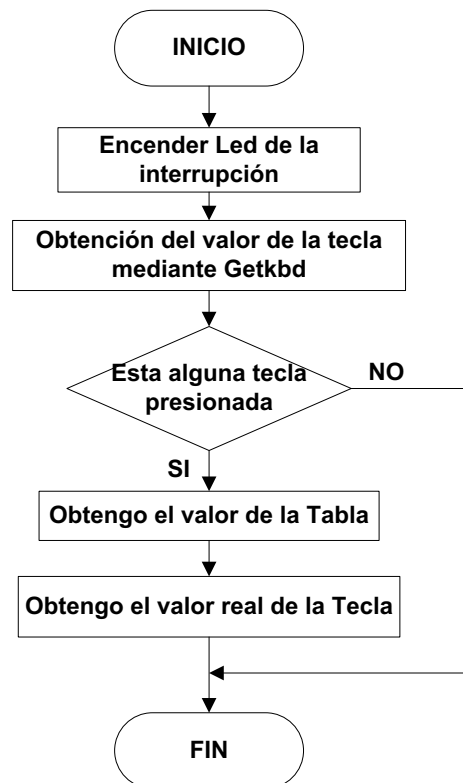


Figura 3. 12 Diagrama de flujo para la subrutina “Teclado”

3.2.1.11 Subrutina “Muestra”

Esta subrutina se ejecuta cuando se genera la interrupción interna del “Timer0” del Microcontrolador, al ingresar a esta subrutina primero se recoge el conteo de los pulsos del contador del “Timer0” y se almacena en la variable “pulsos”, el paso siguiente es resetear el contador de pulsos para el siguiente ciclo, a continuación se evalúa si esta en lazo cerrado o lazo abierto, ya que esto me permiten realizar la ley de control para el control de velocidad del motor. En el diagrama de flujo de la figura 3.13 se ilustra el funcionamiento de la subrutina Muestra.

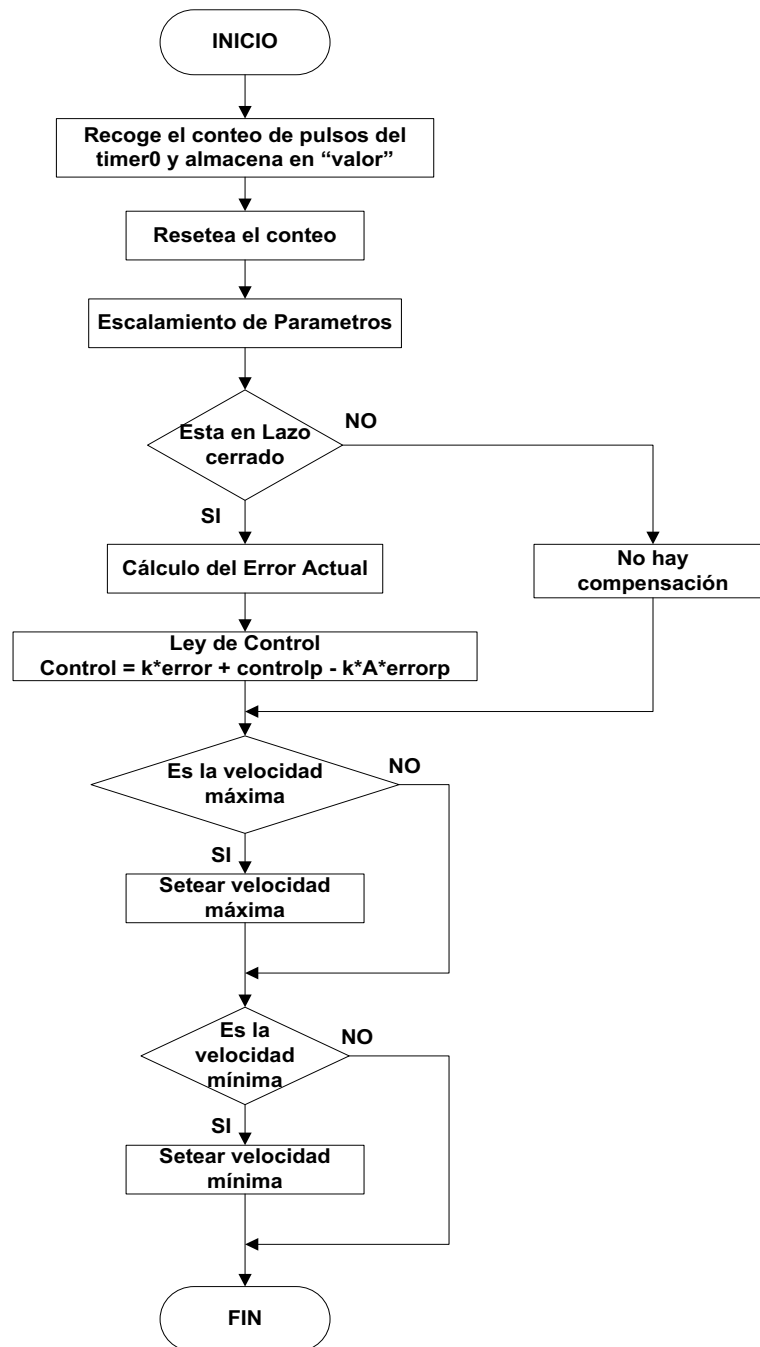


Figura 3. 13 Diagrama de flujo para la subrutina “Muestra”

El control implementado es un control PI (Proporcional – Integral), ya que este tipo de control tiene en régimen permanente un error igual a cero.

La ley de control se obtiene a partir de la ecuación de un controlador PI discreto, como se indica en la Ecuación 3.1.

$$\frac{C}{E} = \frac{k(z - a)}{z - 1} \quad (3.1)$$

A partir de esta ecuación se obtiene:

$$C * z - C = E * k * z - E * k * a$$

$$C * z - C * z^{-1} = [E * k * z - E * k * a] * z^{-1}$$

$$C - C * z^{-1} = E * k - E * k * a * z^{-1}$$

Si z^{-1} equivale a (n-1) entonces tenemos:

$$C_{[n]} - C_{[n-1]} = E_{[n]} * k - E_{[n-1]} * k * a$$

$$C_{[n]} = E_{[n]} * k - E_{[n-1]} * k * a + C_{[n-1]}$$

En donde:

$$C_{[n]} = \text{Señal de control (Ley de Control)}$$

$$E_{[n]} = \text{Error actual (Error)}$$

$$E_{[n-1]} = \text{Error anterior (Errorp)}$$

$$C_{[n-1]} = \text{Señal de control anterior (Controlp)}$$

Entonces la ley de control se establece como:

$$\mathbf{Ley\ de\ Control = Error * k - k * a * Errorp + Controlp}$$

3.3 DESARROLLO DE LA HMI

La interfaz gráfica desarrollada se implementó en la plataforma de Programación Gráfica LabVIEW 2009. A través de esta interfaz los analistas del Centro Textil Politécnico podrán interactuar con el tensiómetro ya que permite monitorear y controlar las variables que intervienen en los ensayos de tracción y compresión.

3.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE LA HMI

La Interfaz Humano Máquina o sus siglas en inglés HMI (Human Machine Interface) es una herramienta que permitirá al usuario comunicarse con el tensiómetro, de

manera que podrá ingresar parámetros para obtener resultados.

El presente trabajo se basa en una serie de pantallas, que permiten la supervisión y control de las variables involucradas en el proceso.

3.3.1.1 Máquina de estados finita

El sistema de control desarrollado en la plataforma LabVIEW para el manejo del tensiómetro se centra en un modelo de Máquina de Estados Finita (FSM, Finite State Machine).

Una FSM está basada en la idea de que hay un número finito de estados para un sistema determinado.

Las máquinas de estado son una parte integral de la programación de software por que hacen al código más eficiente, fácil de depurar y ayudan a organizar el flujo del programa.

Una FSM es descrita habitualmente mediante diagramas de estados. En un diagrama de estados se detalla la conducta de un programa que cambia entre estados, conducido por eventos externos y realizando acciones al efectuar transiciones de un estado a otro.

Para el desarrollo del HMI se trabajo bajo este principio.

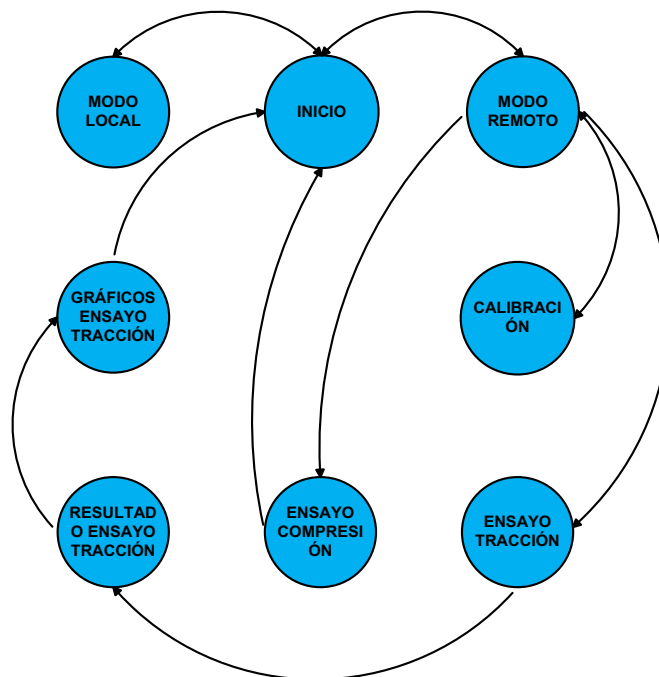


Figura 3. 14 Máquina de Estados Finita para el Tensiómetro

3.3.1.1.1 Inicio del Programa

El programa se encuentra dentro de un lazo While Loop principal el cual abarca todos los estados.



Figura 3. 15 Pantalla Principal de la HMI

En la pantalla principal se puede visualizar un indicador que muestra que la galga está conectada cuando este indicador este apagado indica que la galga no se encuentra bien conectada; a su vez también se puede escoger la forma en la que se va ha trabajar, es decir de Modo Local o Modo Remoto.

Para cada uno de estos modos de operación debemos ingresar una clave antes de ingresar al sistema. En el caso que la clave sea errónea no permitirá al usuario acceder al mismo.

- Modo Local:

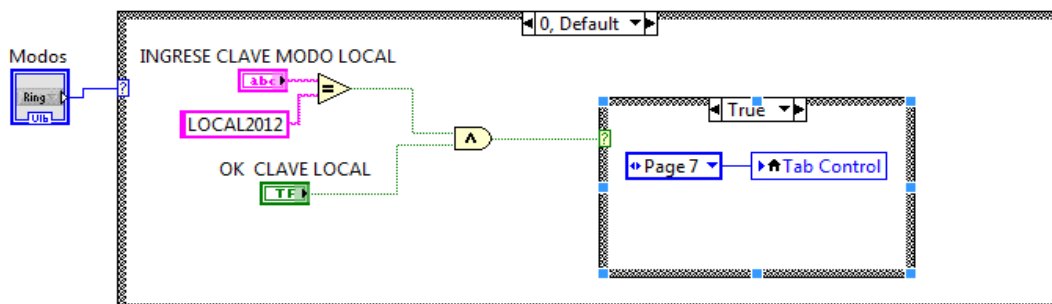


Figura 3. 16 Ingreso a Modo Local

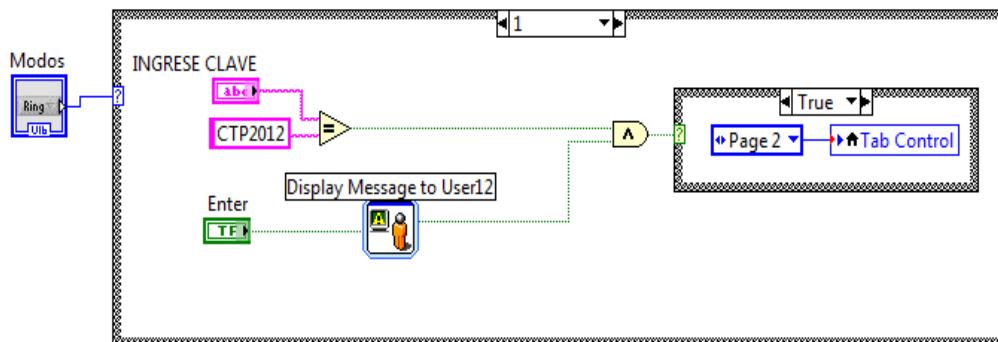
Modo Remoto:

Figura 3. 17 Ingreso Modo Remoto

3.3.1.1.2 *Calibrar/Iniciar Prueba*

En el segundo estado debemos escoger entre dos opciones “Calibración” o “Iniciar Prueba”. Pero debemos tener en cuenta que para poder iniciar una nueva prueba, primero debemos calibrar la separación de las mordazas o longitud inicial.



Figura 3. 18 Segunda Pantalla

Al escoger la opción “Calibración” nos permitirá ir a la tercera pantalla donde podemos ingresar el valor de la separación de las mordazas, de igual manera tenemos la opción de manejar el tensiómetro manualmente.

Luego de realizar la calibración debemos regresar al estado anterior para poder escoger el tipo de ensayo a realizar

Al salir del estado CALIBRAR aparecerán los dos ensayos con los que trabajaremos es decir TRACCIÓN o COMPRESIÓN.

3.3.1.1.3 Calibrar

En esta pantalla primero debemos seleccionar el tipo de prueba que se va a realizar. Para la prueba de Tracción se deberá ingresar la distancia de separación de mordazas la cual se calibrará automáticamente al valor que ingresemos.

Para la prueba de Compresión la calibración se la realizará manualmente, con una velocidad constante dada por el programa.



Figura 3. 19 Tercera Pantalla – Calibración

Debemos adquirir la señal del sensor de posición para saber el estado actual de la cruceta.

Para esto debemos adquirir su valor en voltios por medio del DAQ Assistant (Ver Figura 3.21), luego procedemos a filtrar la señal con un filtro de Butterworth pasa bajos de orden 3 con frecuencia de corte de 10 Hz.

Obtenemos 4 valores de la señal de salida del filtro y procedemos a configurar para obtener 3 cifras significativas.

El valor obtenido irá variando conforme la cruceta se vaya moviendo, este dato va a ser comparado con el valor que deseamos conseguir para que la cruceta se posicione en ese punto. Esto con el fin de posicionar a la mordaza automáticamente en el punto deseado.

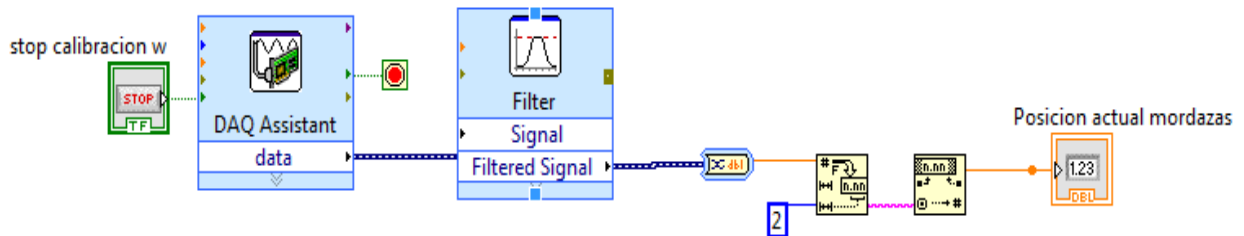


Figura 3. 20 Adquisición Señal de Posición

<p style="text-align: center;">DAQ Assistant4</p> <p style="text-align: center;">Figura 3. 21 DAQ Assistant:</p>	<p>Este bloque nos permitirá configurar las señales a adquirir en este caso la señal del sensor de posición.</p>
<p style="text-align: center;">Filter2</p> <p style="text-align: center;">Figura 3. 22 Filtro</p>	<p>Se utilizó un filtro digital para estabilizar la señal. Se configuró un filtro de Butterworth pasa bajos de orden 3 con frecuencia de corte de 10hz</p>
<p style="text-align: center;">Number To Fractional String</p> <p style="text-align: center;">Fract/Exp String To Number</p> <p style="text-align: center;">Figura 3. 23 Cifras Significativas</p>	<p>Con el valor estable procedemos a reducir las cifras significativas para obtener un dato fijo.</p>

Cuando se escoja la opción Tracción procedemos a convertir el valor ingresado en milímetros de la separación de mordazas, a un valor en voltios con dos cifras significativas, para poder comparar con la posición actual de la cruceta.

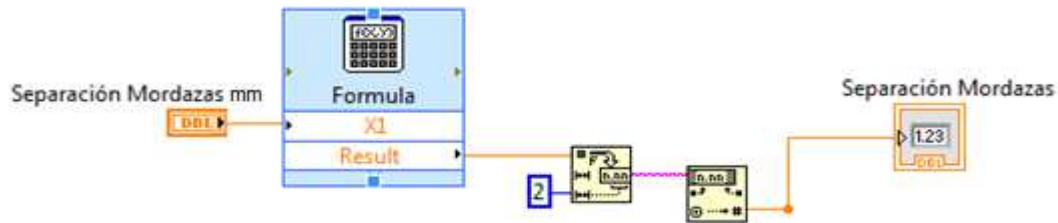


Figura 3. 24 Conversión de valor de longitud inicial a voltios

Teniendo los datos de Separación de Mordazas y Posición actual mordazas procedemos a comparar para enviar los datos.

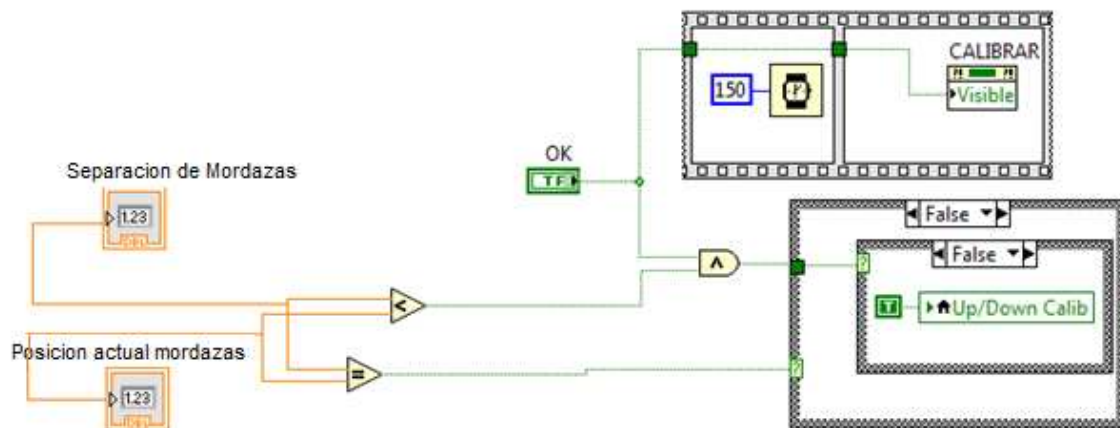


Figura 3. 25 Comparación de la señal adquirida y la señal deseada

Si el dato ingresado para el valor de separación de mordazas es mayor o menor a la posición actual, se escogerá un sentido de giro para el motor, este dato será enviado por medio de comunicación serial al Microcontrolador. A su vez después de procesado el sentido de giro para la calibración se confirmará el dato con el botón OK y después se presionará el botón CALIBRAR para enviar el dato de marcha del motor.

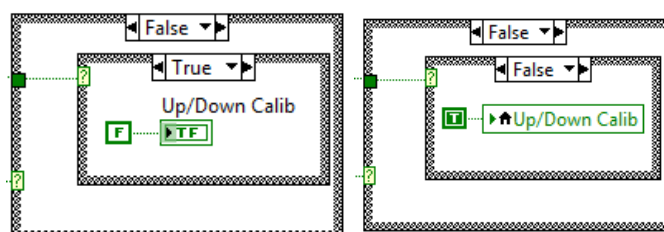


Figura 3. 26 Selección de sentido de giro UP o DOWN del motor

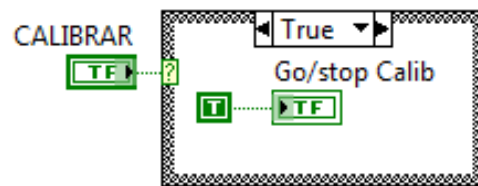


Figura 3. 27 Dato para encender el motor

Cuando la Separación de Mordazas sea igual a Posición actual mordazas se enviara automáticamente por medio de comunicación serial a parar el motor del tensiómetro.

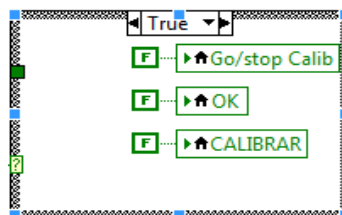


Figura 3. 28 Dato para apagar el motor

Los datos que se envían por comunicación serial son los siguientes:

Velocidad del motor: Enviamos un valor constante de velocidad ya que es para calibrar la posición de la cruceta.

UP/DOWN Calib: Este dato como se explicó anteriormente depende de la posición actual de la cruceta, el valor que se envía es el sentido de giro que tomará el motor para la calibración.

GO/STOP Calib: Para arrancar el motor se presiona el botón CALIBRAR luego cuando lleguemos a la posición deseada el motor se parará automáticamente.

El envío de datos se lo realiza en este orden velocidad, sentido de giro y marcha/parado del motor, estos datos son receptados por el Microcontrolador para procesarlos.

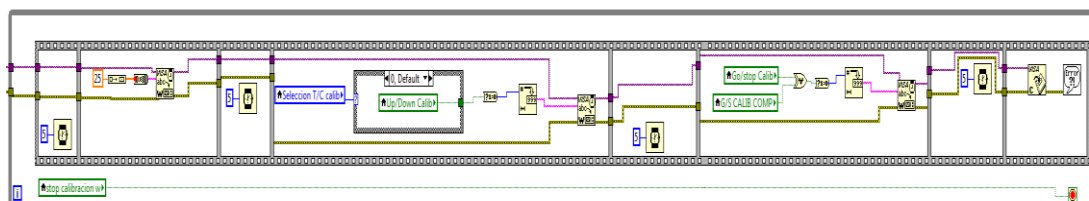
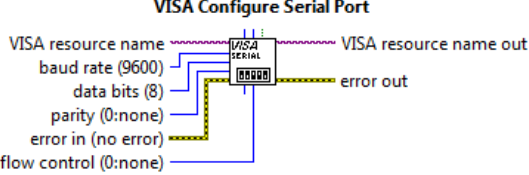



Figura 3. 29 Envío de Datos por puerto serial

 <p>VISA Configure Serial Port</p> <p>VISA resource name baud rate (9600) data bits (8) parity (0:none) error in (no error) flow control (0:none)</p> <p>VISA resource name out error out</p> <p>Figura 3. 30 VISA Configure Serial Port</p>	<p>Para el envío de datos desde el HMI hacia el Microcontrolador, se utiliza el bloque denominado VISA Configure Serial Port.</p>
 <p>VISA Write</p> <p>VISA resource name write buffer error in (no error)</p> <p>VISA resource name out return count error out</p> <p>Figura 3. 31 Visa Write</p>	<p>Para la escritura de datos por el pÓrtico serial utilizamos el bloque denominado VISA Write</p>

Cuando termine la calibración, es decir cuando el motor este parado, aparecerá el botón REGRESAR que nos permitirá seguir con la prueba.

Cuando se seleccione la opción Compresión se podrá manejar el sentido de giro del motor y la marcha y el paro del mismo manualmente. Los datos de igual manera se enviarán por medio de comunicación serial hacia el Microcontrolador

3.3.1.1.4 Ensayo Tracción

Luego de realizar la calibración, regresaremos a la pantalla dos, para seleccionar el ensayo que se va a realizar.

Si seleccionamos el ensayo Tracción aparecerá la siguiente pantalla:

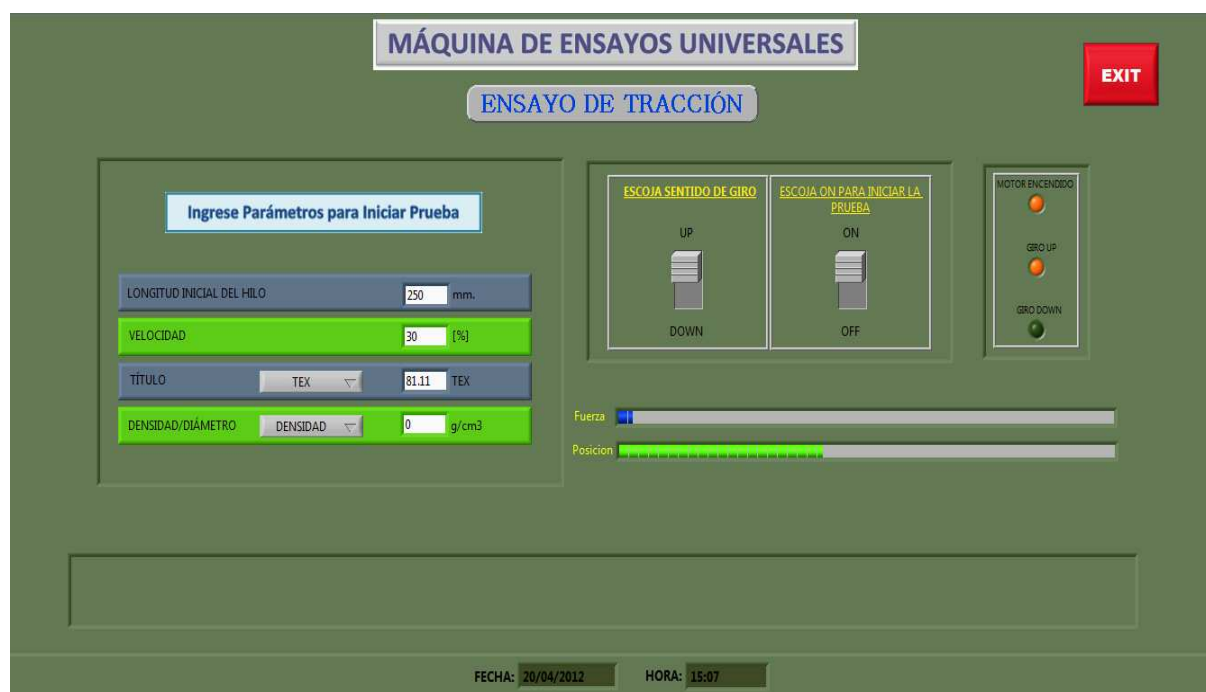


Figura 3. 32 Cuarta Pantalla – Iniciar Prueba – Ensayo Tracción

Antes de comenzar con este ensayo debemos ingresar parámetros como la longitud inicial, velocidad, título, densidad, diámetro.

Debemos escoger el sentido de giro y por último damos marcha para iniciar la prueba.

El tensiómetro ira midiendo el valor de fuerza aplicada y la posición que vaya tomando la cruceta. Cuando detecte que el hilo se rompa la máquina se detendrá automáticamente, permitiendo ver resultados numéricos y las graficas formadas con los datos adquiridos.

Para empezar un ensayo se debe adquirir los datos iniciales a los que se va a trabajar en este caso la posición inicial seria la separación de las mordazas, y la fuerza aplicada en ese instante.

En la figura 3.33 podemos apreciar los bloques necesarios para realizar la adquisición, filtro, redondeo y conversión de la señal adquirida.

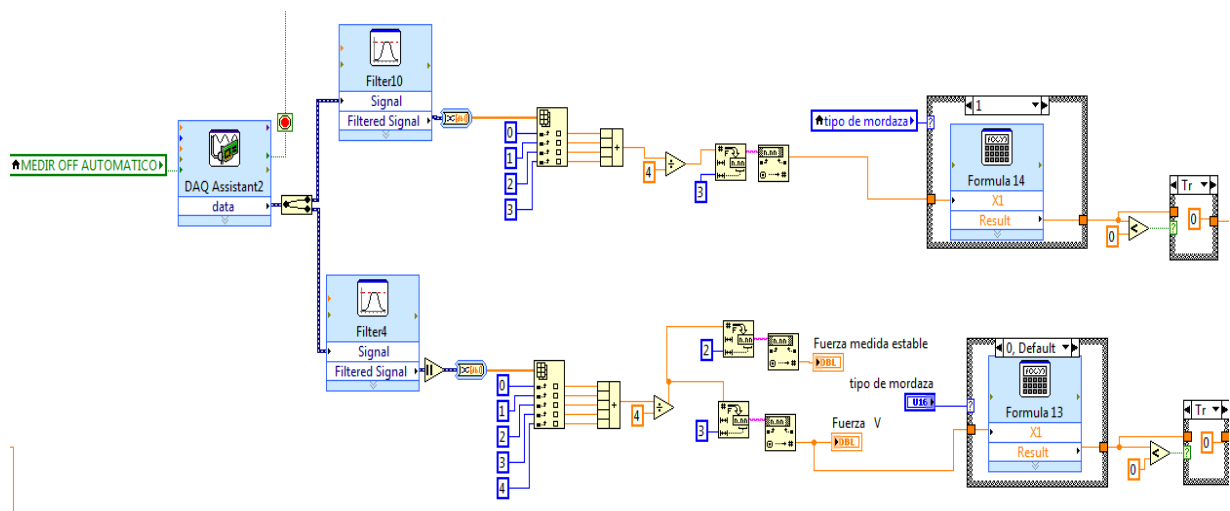


Figura 3. 33 Adquisición de datos

Los valores de velocidad, sentido de giro y marcha/paro del motor son enviados por medio de comunicación serial como se explicó anteriormente.

3.3.1.1.5 Resultados Numéricos

Después de terminar la prueba aparecerá un botón que nos permitirá visualizar los resultados numéricos del ensayo realizado.

Los valores que observamos son: Fuerza de ruptura, velocidad, área, elongación final, deformación máxima, tenacidad a la ruptura, longitud inicial, modulo inicial,

modulo tangente. Estos valores serán calculados automáticamente después de terminada la prueba, y también dependerán de los valores que sean ingresados por el operador.

En esta pantalla también tenemos la opción de exportar los datos hacia EXCEL creando una tabla con los valores obtenidos, de los resultados numéricos y de las graficas obtenidas en el ensayo.

Parámetro	Valor	Unidad
Fuerza de Ruptura	4102.53	cN.
Velocidad	30	[%]
Área	0	mm ²
Elongación Final	53.4	mm.
Deformación máxima	21.3751	%
Tenacidad a la Ruptura	50.5799	cN/tex
Longitud Inicial	250	mm.
Módulo Inicial	0.487056	F vs E
	-0	T vs D
Módulo Tangente	0.729009	F vs E
	224.698	T vs D

Figura 3. 34 Resultados Ensayo Tracción

Envío de datos a EXCEL:

Para el envío de datos hacia Microsoft Excel se creó un SubVI denominado "EXPORTAR DATOS".

Para realizar el envío de datos utilizamos el toolkit Report Generation for Microsoft Office que viene incluido en el paquete computacional LabVIEW 2009.

Primero debemos crear un nuevo reporte con el bloque denominado New Report VI el cual se muestra en la figura 3.23, elegimos el tipo de reporte en este caso EXCEL.

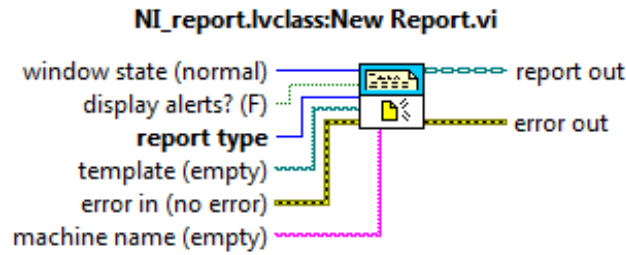


Figura 3. 35 Bloque de Función New Report VI

Después debemos crear la hoja de trabajo en Excel con la ayuda del bloque denominado “Excel Get Worksheet VI” y si se requiere agregaremos un nombre a dicha hoja de trabajo.

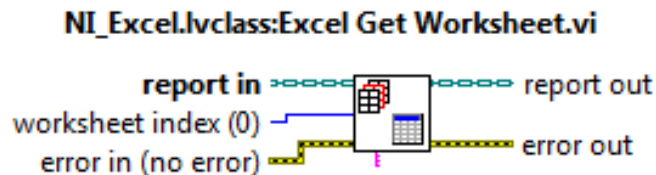


Figura 3. 36 Bloque de Función Excel Get Worksheet VI

Los valores que se enviarán a Excel serán reportados como tabla de valores, cada arreglo será enviado a una columna específica; para realizar esto se requiere del bloque denominado “Append Table to Report VI”.

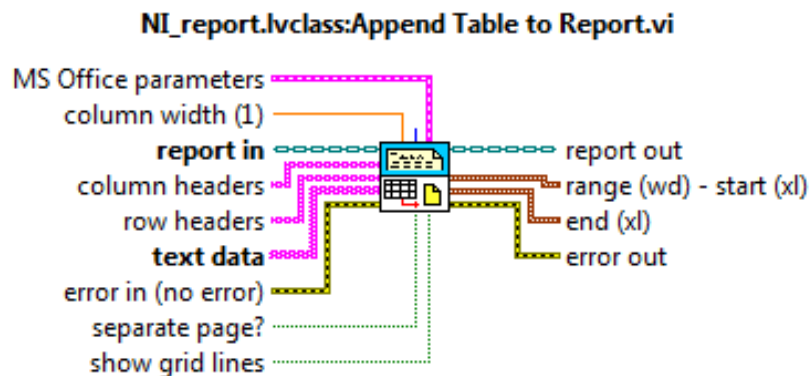


Figura 3. 37 Bloque de Función Appended Table to Report VI

Finalmente luego de enviar los valores a Excel debemos cerrar el reporte y guardar los datos, esto se lo realiza con el bloque denominado Dispose Report VI.

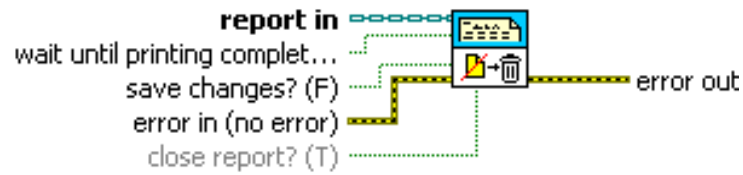


Figura 3. 38 Bloque de Función Dispose Report VI

3.3.1.1.6 Gráficos

De igual manera que para los resultados numéricos, los gráficos para el ensayo de tracción los visualizaremos después de que la fibra o hilo se haya roto es decir cuando el ensayo haya terminado.

La forma de detectar que el hilo se rompió se muestra en el diagrama de bloques de la figura 3.39.



Figura 3. 39 Diagrama de Bloques para detectar que el hilo se rompió

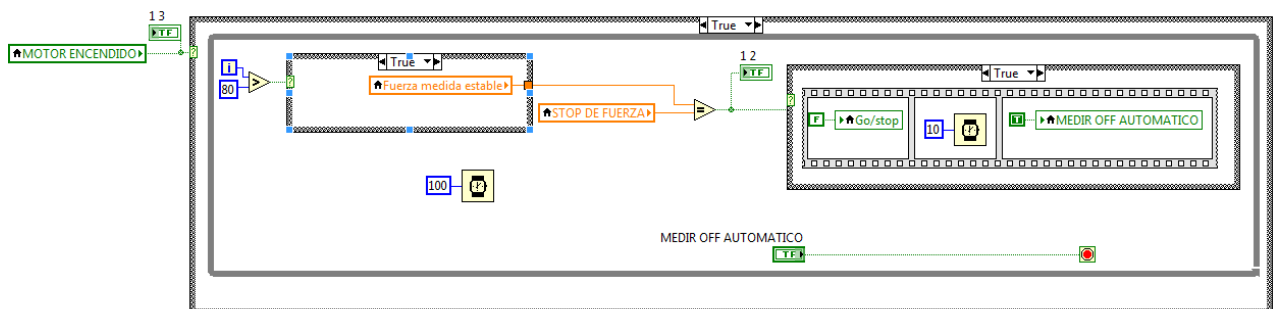


Figura 3. 40 Diagrama para detección de hilo roto

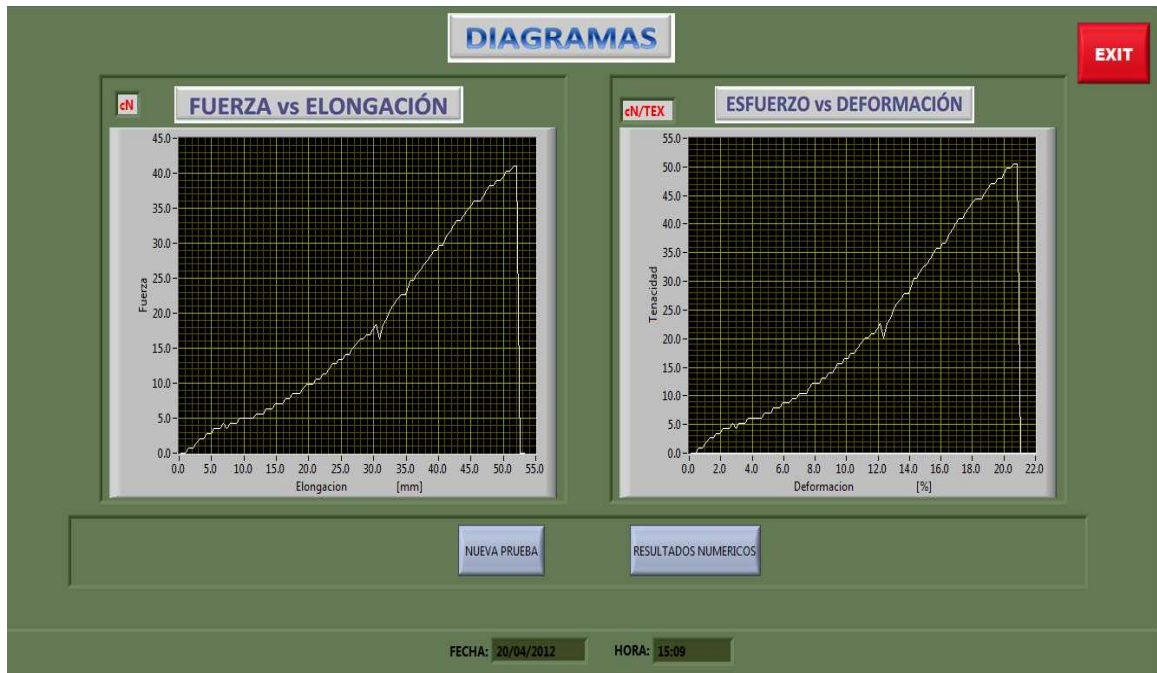


Figura 3. 41 Gráficos Modos Tracción

Con ayuda de Shift Registers se realiza la realimentación de los datos que se vayan obteniendo de la adquisición de esta manera se recolectan los valores que se van a graficar. Y se enviarán al bloque denominado “Build XY Graph”.

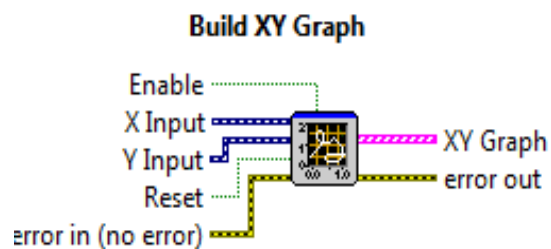


Figura 3. 42 Bloque de Función Build XY Graph

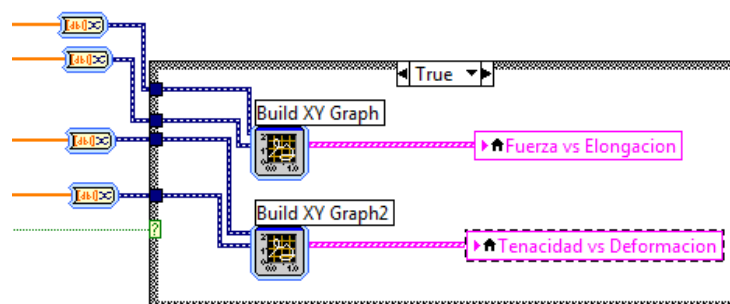


Figura 3. 43 Bloque para graficar datos adquiridos

3.3.1.1.7 Ensayo Compresión

Para el ensayo de Compresión tenemos dos formas de realizarlo:

a) Compresión Normal

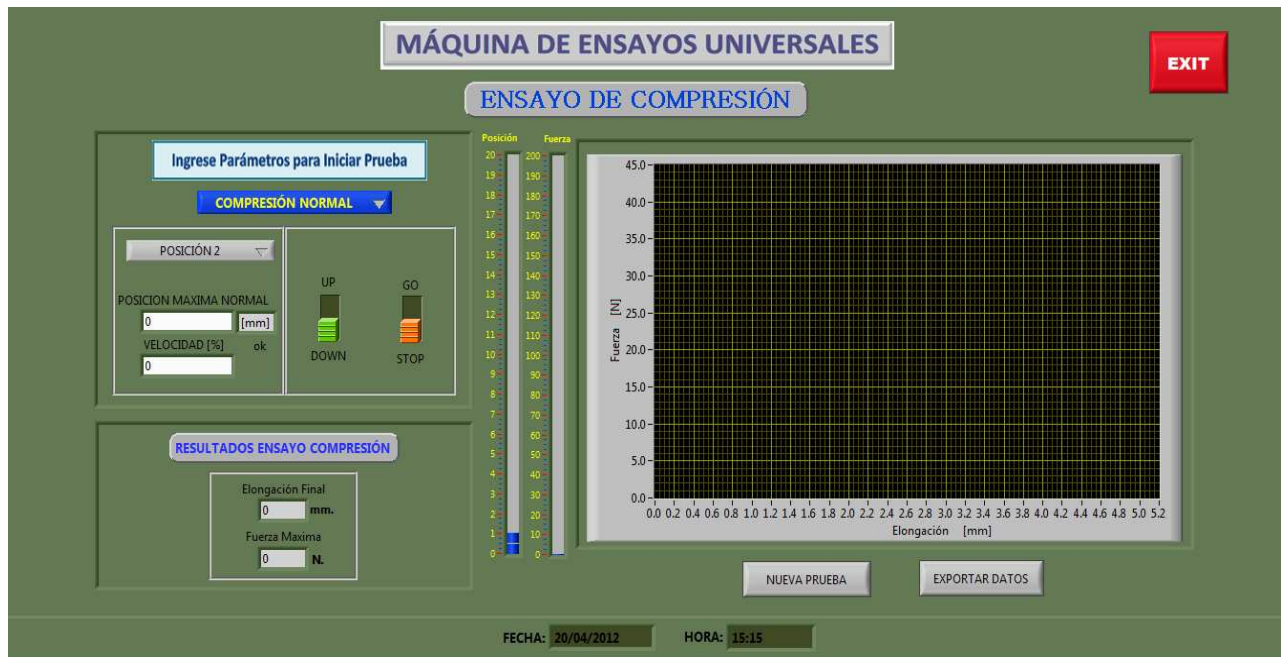


Figura 3. 44 Ensayo Compresión Normal

Para este ensayo se deberá elegir en la pestaña la opción “COMPRESION NORMAL” y después elegir si se desea realizar el ensayo ingresando posición o fuerza.

Para empezar con el ensayo se debe ingresar la Fuerza o la Posición según sea el caso, ingresar la velocidad, el sentido de giro, y dar inicio a la prueba.

Todos estos datos serán procesados para obtener la gráfica Fuerza vs Elongación.

Los valores de velocidad, sentido de giro y marcha/paro del motor serán enviados por comunicación serial hacia el Microcontrolador.

El motor se parará automáticamente cuando detecte la posición o fuerza máxima que se ingresó como dato al inicio de la prueba.

Cuando se finalice la prueba, obtendremos los valores de Elongación máxima y Fuerza Máxima aplicados en el ensayo, así como también la gráfica Fuerza vs Elongación.

b) Compresión Cíclica

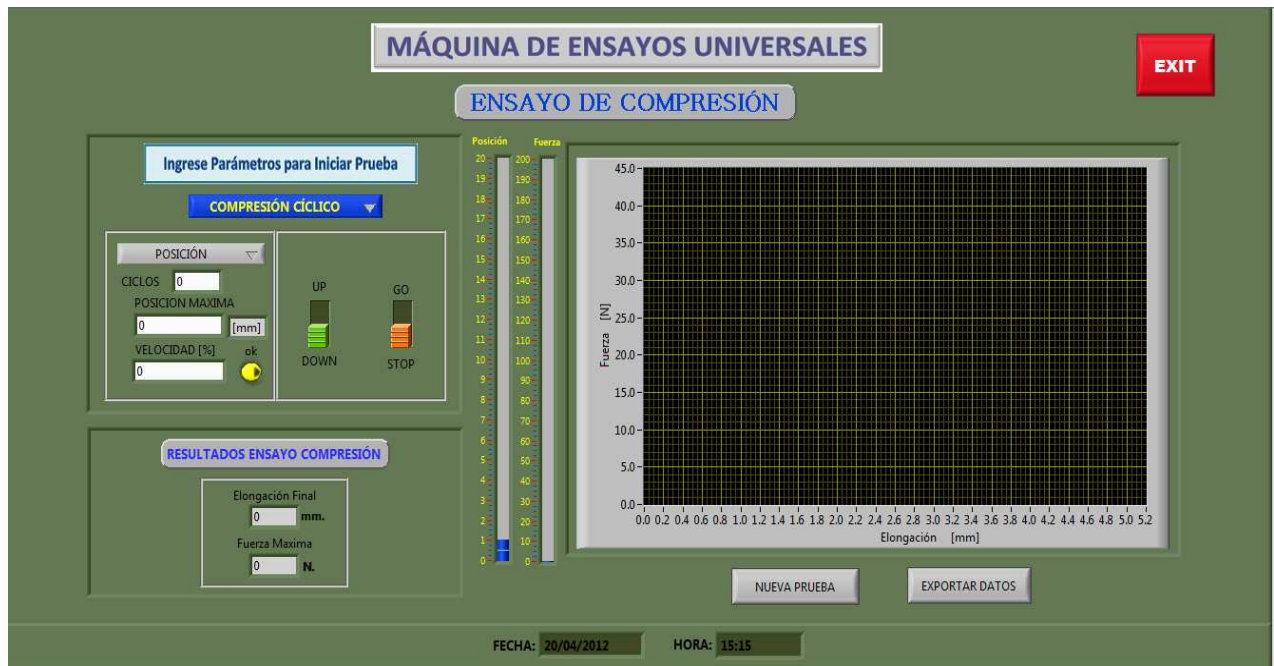


Figura 3. 45 Ensayo Compresión Cíclica

Para realizar este ensayo en la pestaña debemos seleccionar “COMPRESION CICLICA”, y después elegir si se desea realizar el ensayo ingresando posición o fuerza.

Para este ensayo debemos ingresar el número de ciclos que queremos realizar en la prueba, ingresar la posición o fuerza máximas para el ensayo, la velocidad; y se da un click en el botón “OK” que esta junto la casilla de ingrese velocidad, automáticamente se seleccionará el sentido de giro y después iniciamos la prueba.

La máquina realizará el número de ciclos ingresados y se parará automáticamente cuando termine la secuencia de ciclos ingresada.

Finalmente obtendremos la Elongación máxima y la Fuerza máxima aplicados en este ensayo, así como también la gráfica Fuerza vs Elongación.

Al finalizar estos ensayos ya sea el ensayo de Compresión Normal como el ensayo de Compresión Cíclica podremos exportar los valores de resultados hacia EXCEL, para procesarlos más detenidamente.

3.3.1.1.8 Resultados Modo Local

Para ver los resultados en Modo Local debemos ingresar en la pantalla principal con la opción MODO LOCAL ingresar la contraseña y dar clic en el botón “OK”.

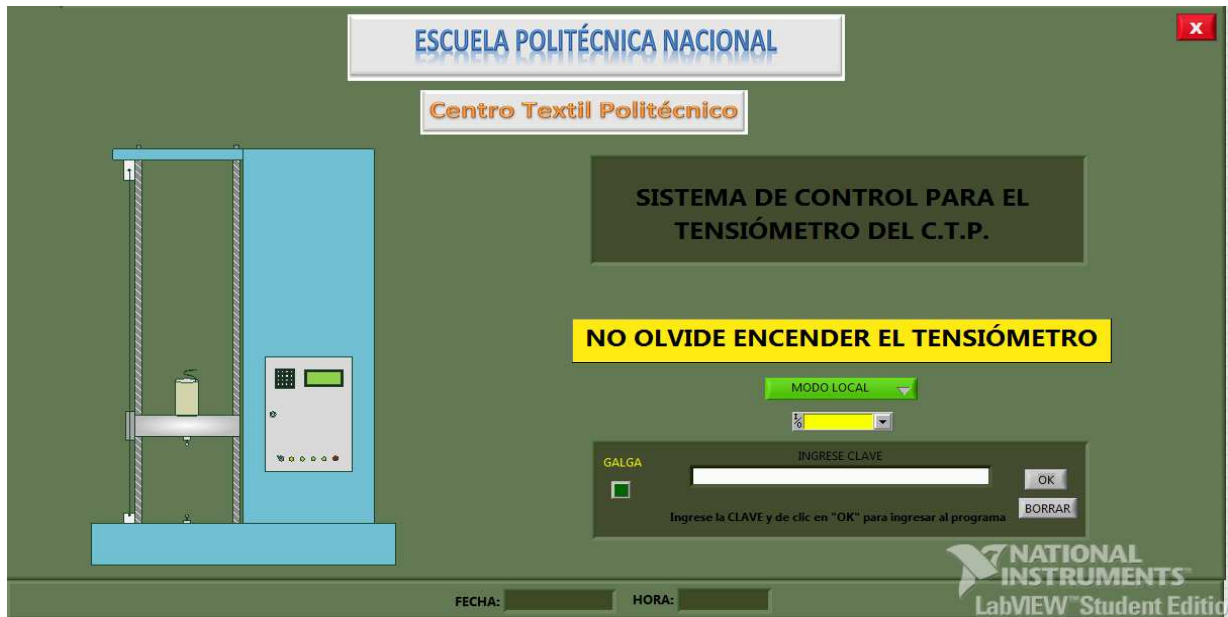


Figura 3. 46 Ingreso Modo Local

Después de comprobar que la contraseña sea la correcta, recordará que la prueba que se realizará será manejada manualmente desde el tensiómetro.



Figura 3. 47 Modo Local

Desde el tensiómetro se ingresaran los valores de Velocidad, Longitud inicial y marcha del motor.

Estos datos serán receptados por comunicación serial de la siguiente manera:

Utilizando el “VISA Configure Serial Port”, se establecerá las condiciones de comunicación serial, como se muestra en la figura 3.18.

A continuación, se realizará la lectura de datos por medio del bloque “VISA Read” que se muestra a continuación.

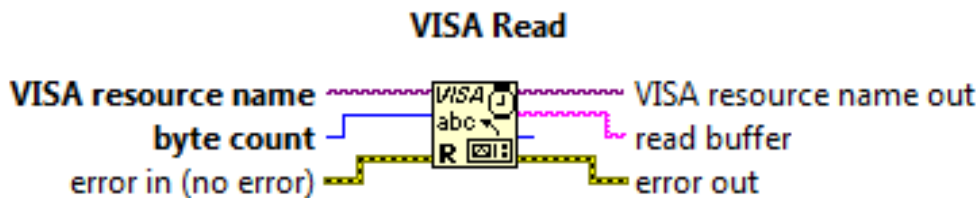


Figura 3. 48 Bloque de Función VISA Read

Después de leer el dato, debemos segmentarlo, para obtener los valores de la información requerida.

Para segmentar el dato de una manera adecuada se utilizará el bloque denominado “String Subset”, el cual permite apuntar hacia un determinado caracter de un dato tipo “string” y a partir de este, tomar el número de caracteres siguientes que se le indique.

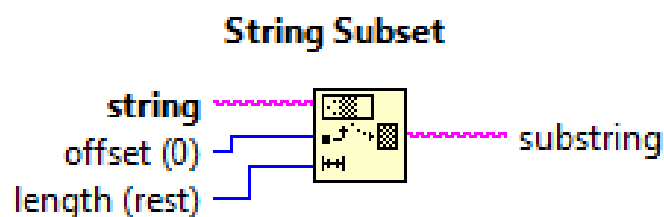
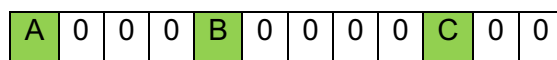


Figura 3. 49 Bloque de Función String Subset

EL dato que nos llega se presenta de la siguiente manera:



Por tanto para realizar la segmentación, debemos identificar que el caracter 0 del dato leído sea igual a “A”, el caracter 5 sea igual a “B” y que el caracter 11 sea igual a “C”.

Después de identificados estos valores; procedemos a establecer condiciones de verdad, para tomar los valores seguidos de cada letra, estos valores son Velocidad, Longitud Inicial, e Inicio de Prueba.

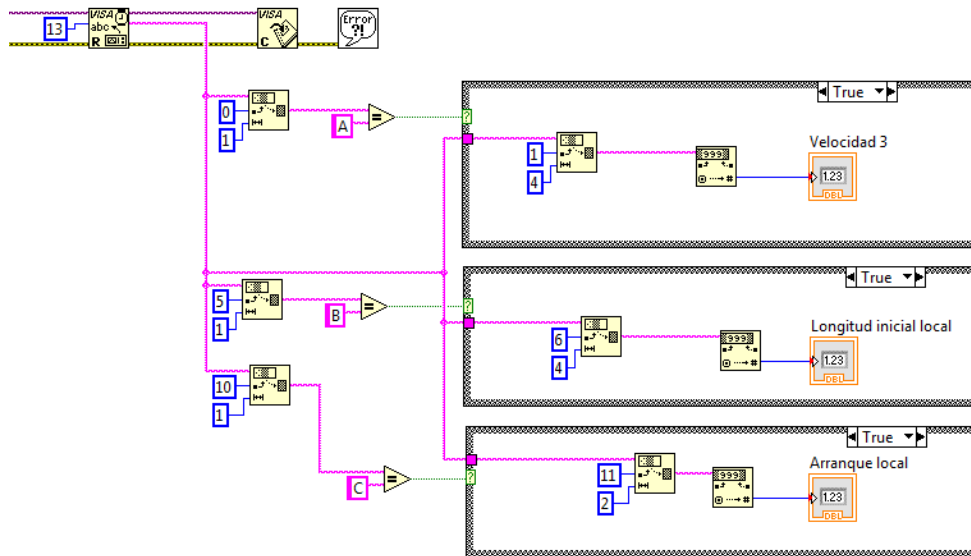


Figura 3. 50 Lectura de Datos Recibidos por Comunicación Serial

Luego de obtenidos estos valores se detiene la recepción de datos, y se procede a adquirir los valores de posición y fuerza del tensiómetro, por medio de la tarjeta de adquisición.

Mientras se ejecuta la prueba se dibuja la gráfica Fuerza vs Elongación.

El paro de la máquina es automático, cuando detecta que el hilo se ha roto se detiene automáticamente el motor y la adquisición.

Y por medio de comunicación serial se envía los resultados al Microcontrolador para mostrarlos en el display de cristal líquido (LCD).

CAPITULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 INTRODUCCION

En el presente capítulo se muestra el resultado de la integración del sistema de control y automatización implementado en la máquina para ensayos de tracción y compresión. En la siguiente figura se muestra el estado final del Tensiómetro, con el nuevo software y hardware implementados.



Figura 4. 1 Máquina de Ensayos Universales.

El sistema implementado en la máquina de ensayos universales AT5000 del centro textil puede realizar ensayos como:

- Ensayo Tracción
- Ensayo de Compresión Normal
- Ensayo de Compresión Cíclico

Estos ensayos fueron realizados en materiales como: hilos y esponjas respectivamente para comprobar las propiedades de estos materiales.

Se realizó la actualización de todos los componentes para el control de la máquina de ensayos universales, en lo cual incluyen el circuito de potencia, el circuito de control, así como el acondicionamiento de los sensores para el correcto funcionamiento del sistema implementado.

4.2 HARDWARE IMPLEMENTADO

El diseño de las diferentes placas se ha realizado en base a los esquemáticos de los circuitos electrónicos diseñados en el software Proteus, que a su vez contiene la herramienta Ares la que permite desarrollar el enrutamiento de las pistas.

El sistema implementado consta de las siguientes placas:

La primera placa contiene el circuito de la fuente para la alimentación de la armadura del motor DC. La Figura 4.2 muestra el circuito impreso y la figura 4.3 indica el enrutamiento de las pistas de la fuente de alimentación de la armadura.

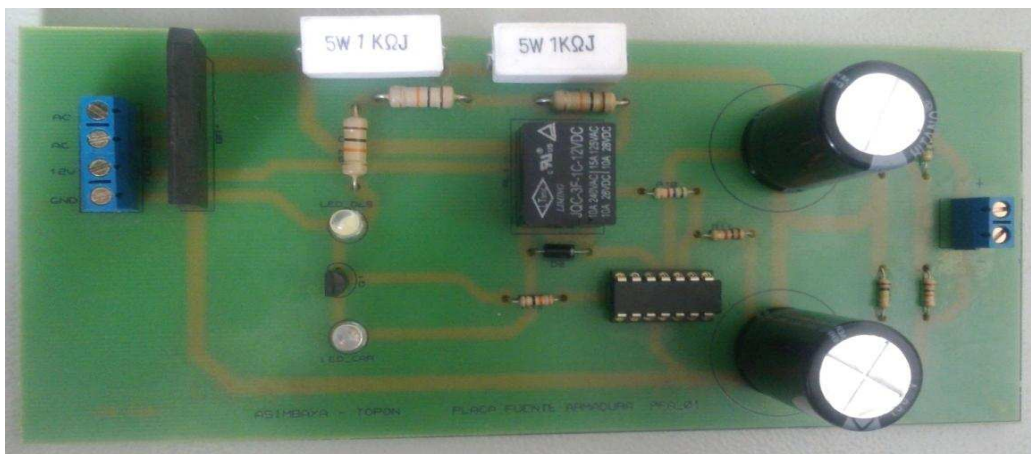


Figura 4. 2 Tarjeta Ensamblada de la Fuente de Armadura

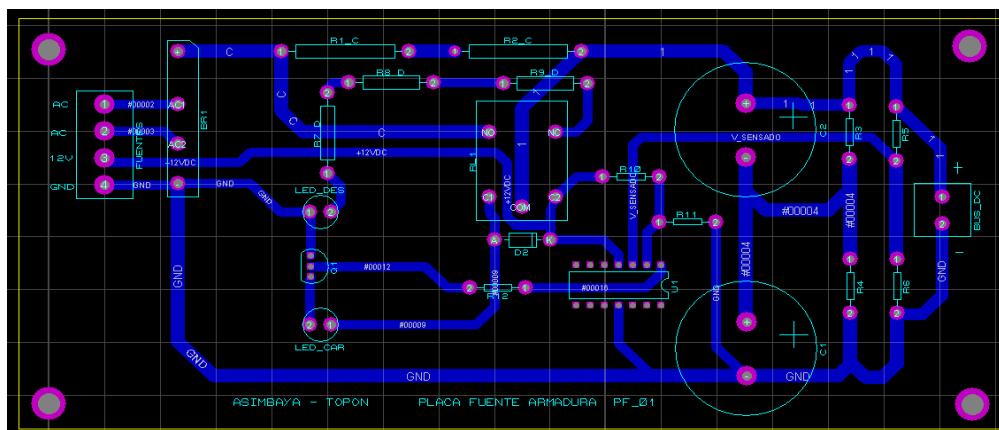


Figura 4. 3 Enrutamiento del circuito de la Fuente de Armadura

La segunda placa implementada es el circuito de potencia de la Fuente de alimentación del campo del motor DC. La Figura 4.4 muestra el circuito impreso y la figura 4.5 indica el enrutamiento de las pistas de la fuente de alimentación del campo.

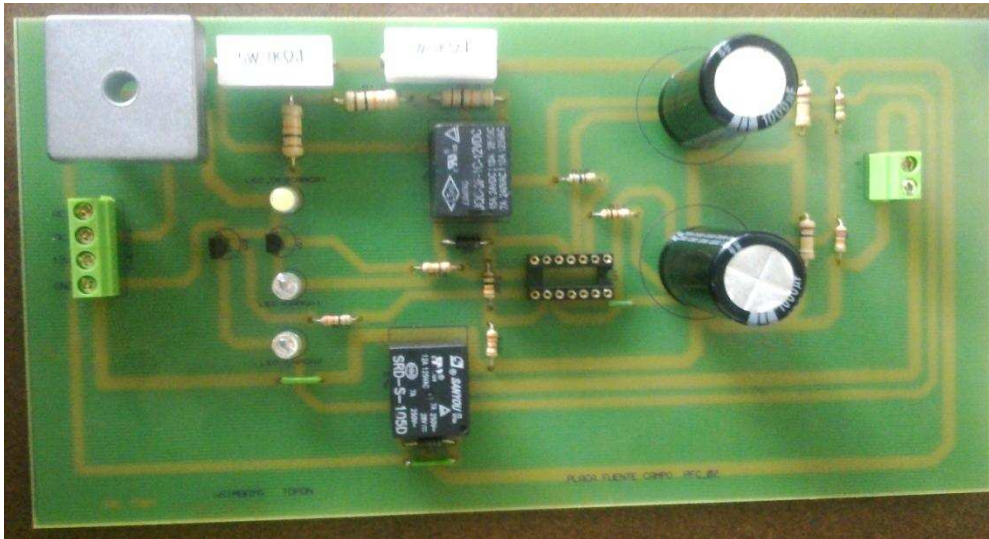


Figura 4. 4 Tarjeta Ensamblada de la Fuente de Campo

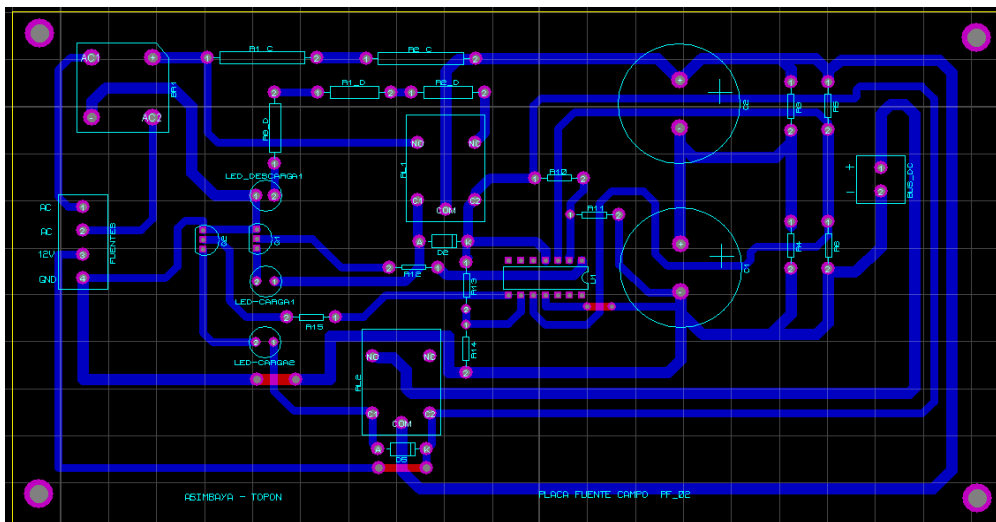


Figura 4. 5 Enrutamiento del circuito de la Fuente de Campo

La siguiente placa corresponde al acondicionamiento del sensor de posición de la galga extensiométrica del sistema. La Figura 4.6 muestra el circuito impreso y la figura 4.7 indica el enrutamiento de las pistas del circuito de acondicionamiento.

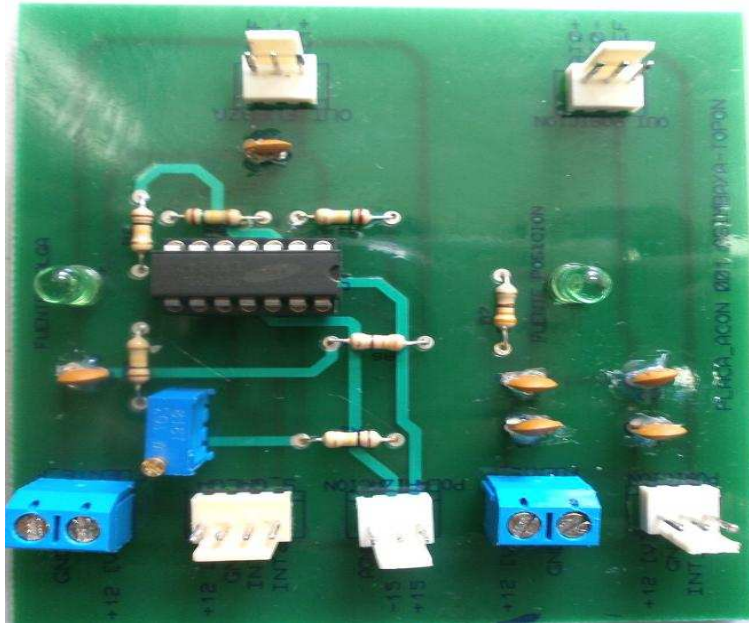


Figura 4. 6 Tarjeta del circuito de acondicionamiento

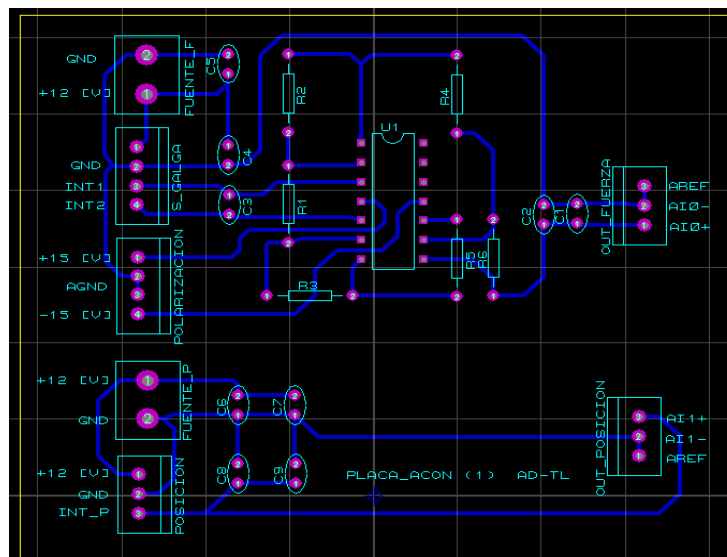


Figura 4. 7 Enrutamiento del circuito de acondicionamiento

Esta placa corresponde al circuito de control principal el cual consta del microcontrolador y de la etapa de comunicación serial RS-232.

La Figura 4.8 muestra el circuito impreso y la figura 4.9 indica el enrutamiento de las pistas del circuito del microcontrolador.

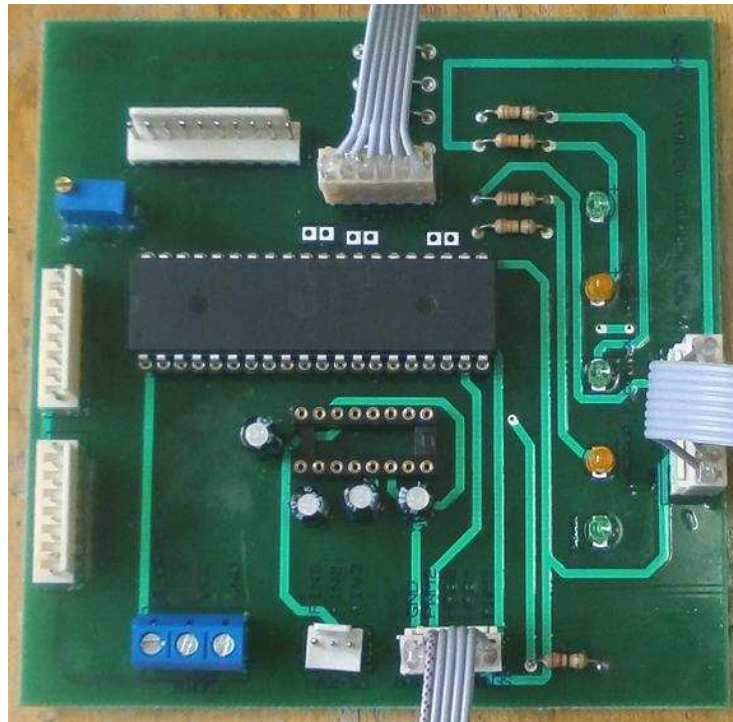


Figura 4. 8 Tarjeta del circuito del Microcontrolador

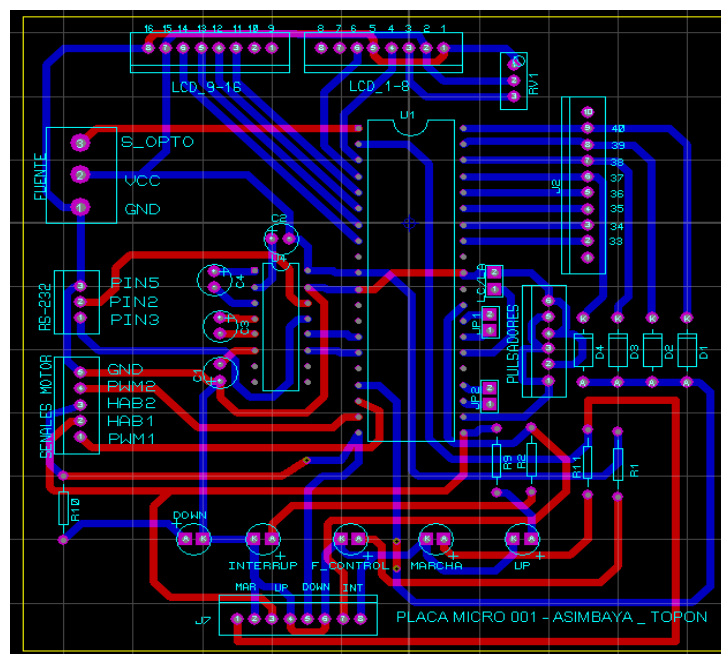


Figura 4. 9 Enrutamiento del circuito del Microcontrolador

La siguiente placa corresponde al circuito de control del motor DC, en donde está el puente H, que es el encargado de permitir la inversión de giro del motor. Además de los circuitos de disparo para los mosfet's del puente H.

La Figura 4.10 muestra el circuito impreso y la figura 4.11 indica el enrutamiento de las pistas del circuito de control del motor.

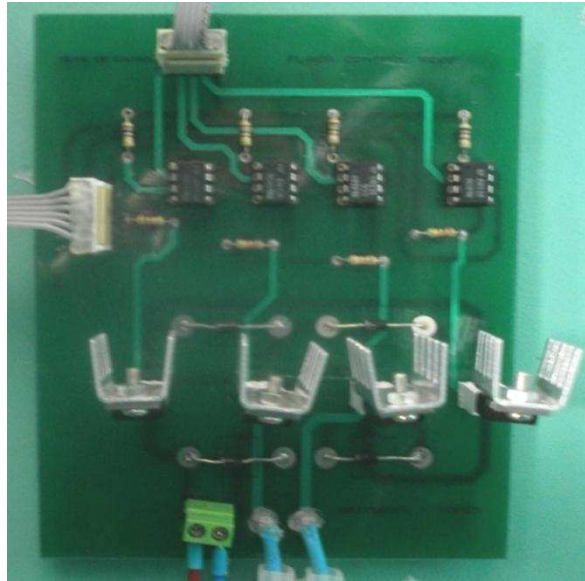


Figura 4. 10 Tarjeta Ensamblada del circuito de control del Motor

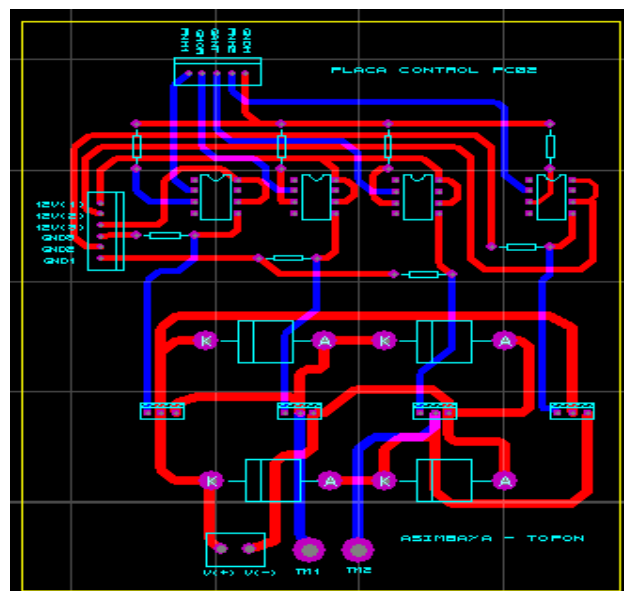


Figura 4. 11 Enrutamiento del circuito de control del Motor

4.3 MONTAJE DEL PANEL DE SUPERVISIÓN

Para el montaje del panel de supervisión se utilizó la propia estructura de la Máquina de Ensayos Universales en el cual contiene las tarjetas del microcontrolador, del acondicionamiento de los sensores, control de giro del motor DC y la tarjeta de Adquisición de datos.



Figura 4. 12 Vista interna del Panel de Supervisión del Tensiómetro

En la parte frontal del panel de supervisión, se ha ubicado dispositivos como: display de cristal líquido (LCD), LED's indicadores y teclado, como se puede observar en la figura 4.13.



Figura 4. 13 Vista frontal del Panel de Supervisión del Tensiómetro

4.4 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante la realización de pruebas con el sistema implementado.

4.4.1 FUNCIONAMIENTO A PARTIR DEL PANEL DE SUPERVISION

Al momento de encender la Maquina de Ensayos Universales desde el panel de supervisión, el sistema entra en funcionamiento y se puede observar en el display de cristal líquido (LCD) un mensaje de bienvenida y a continuación saldrá un mensaje en el cual pregunta el modo de funcionamiento del sistema, el cual podrá ser cambiado por el interruptor de cambio de "Modo".



Figura 4. 14 Mensaje de Bienvenida



a)



b)

Figura 4. 15 Selección de Modo de Funcionamiento: a) Modo Local; b) Modo Remoto

Para proceder a la selección del modo de programación de la Maquina de Ensayos Universales, se debe accionar el interruptor de selección de modo, el mismo que se observa en la Figura 4.16.



Figura 4. 16 Interruptores e indicadores del Panel de Supervisión

Si se ha seleccionado la opción de Modo “Local”, se desplegará el menú de “Calibración”, en el cual se puede ingresar la velocidad y el sentido de giro del motor, una vez calibrado la máquina se procede a presionar la tecla “OK”, el mismo que se observa en la Figura 4.17.

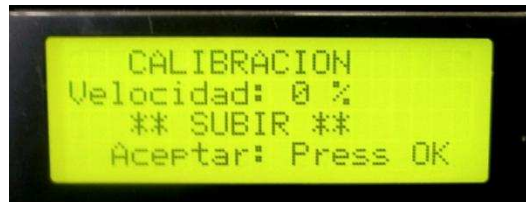


Figura 4. 17 Visualización de las opciones de Calibración

Una vez terminada la calibración, se desplegará un menú para el ingreso de los parámetros.

Los parámetros son ingresados mediante el teclado del panel de supervisión, los mismos que se observan en las Figura 4.18 y 4.19.



Figura 4. 18 Teclado del Panel de Supervisión



Figura 4. 19 Visualización de las opciones para el Ingreso de parámetros

Antes de ingresar los parámetros se debe ingresar a la Interfaz Humano – Máquina (HMI), en donde se debe introducir la clave de acceso del Modo “Local” para el

manejo de la HMI, la cual permite la visualización de los resultados del ensayo y la exportación de datos al Excel.

La pantalla de la interfaz se muestra en la Figura 4.20.

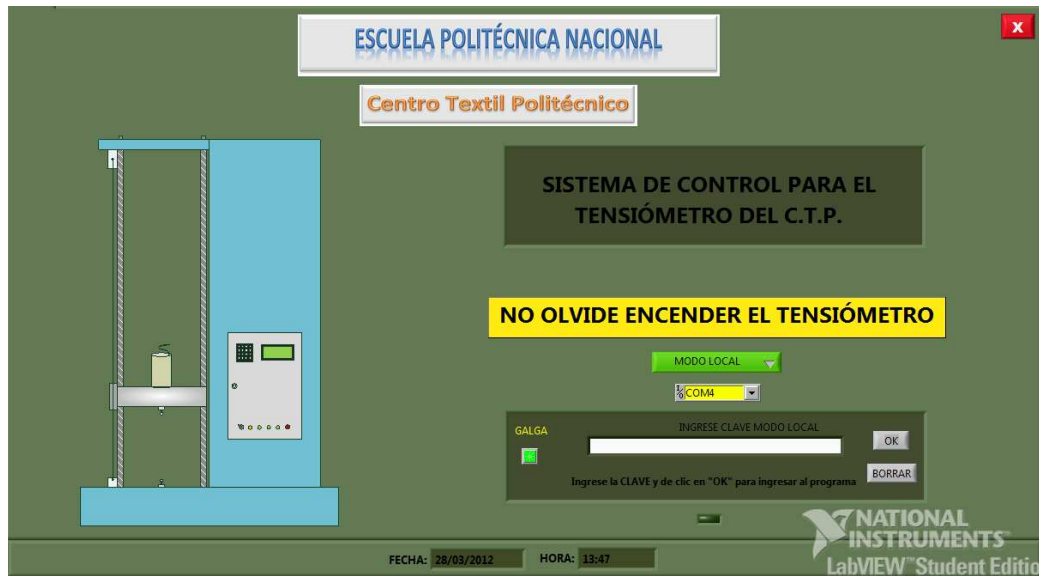


Figura 4. 20 Pantalla de Inicio de Modo “Local”



Figura 4. 21 Pantalla de Visualización de los Resultados del Modo “Local”

Una vez terminado el ensayo los resultados de la fuerza máxima de ruptura y elongación son enviados para la visualización en el display de cristal líquido (LCD), como se muestra en la figura 4.22.



Figura 4. 22 Visualización de los resultados del Modo Local

Para iniciar un nuevo ensayo se presiona el pulsador Nueva Prueba el cual desplegara un mensaje y retornara al menú de selección de modo de operación.



Figura 4. 23 Visualización del mensaje Nueva Prueba

4.4.2 FUNCIONAMIENTO A PARTIR DEL COMPUTADOR

Si se ha seleccionado la opción de Modo “Remoto”, se desplegara un mensaje indicando el estado actual de la Máquina de Ensayos Universales, el mismo que se observa en la Figura 4.23.



Figura 4. 24 Visualización del Modo Remoto

Una vez seleccionado la opción de Modo Remoto, se puede operar la Máquina de Ensayos Universales desde la interfaz Humano – Máquina, para dar inicio al funcionamiento de la máquina se debe primero ingresar la clave de seguridad, la cual permitirá ingresar al menú de programación para la realización de las pruebas, la misma que se observa en la figura 4.25.



Figura 4. 25 Pantalla de Modo “Remoto”

La siguiente pantalla aparecerá después de haber ingresado la clave correcta, en la cual se puede acceder a la calibración automática y la selección del tipo de ensayo que se efectuará, la misma que se observa en la figura 4.26.



Figura 4. 26 Pantalla de selección: Calibración o Tipo de Prueba

Al momento de terminar la calibración se desplegará un menú el cual nos permitirá escoger cual es el ensayo que se efectuará, como se indica en la figura 4.27.



Figura 4. 27 Pantalla de Inicio de prueba

Si se ha seleccionado al opción Prueba Tracción se desplegara la pantalla en la se debe ingresar los parámetros necesarios para la realización del Ensayo, como se muestra en la figura 4.28.

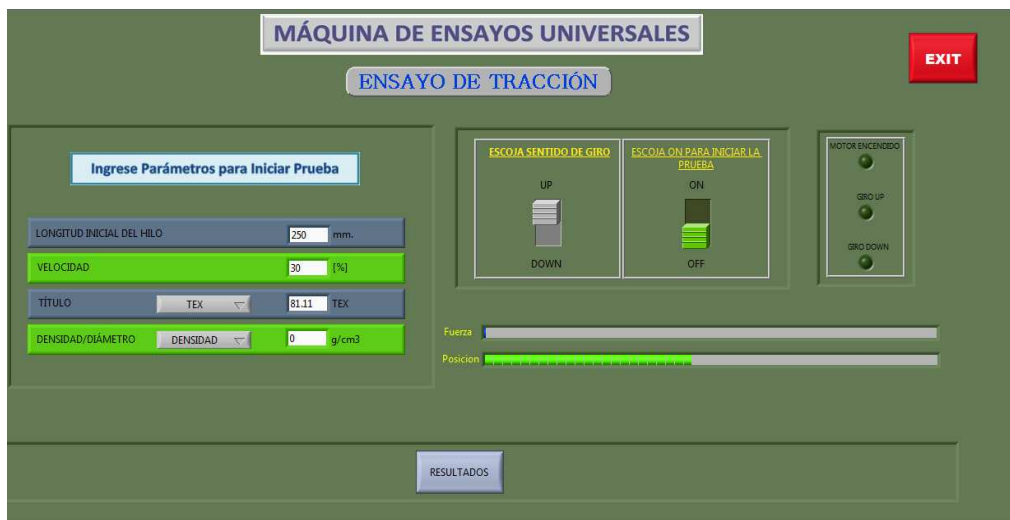


Figura 4. 28 Pantalla Ingreso de parámetros Ensayo Tracción

Al finalizar el ensayo se puede acceder a dos pantallas, en la primera se indican los resultados numéricos de la prueba, en la segunda se indican los gráficos obtenidos durante el Ensayo de Tracción, como se indican en la figuras 4.29 y 4.30.



Figura 4. 29 Pantalla de Resultados Numéricos



Figura 4. 30 Gráficos del Ensayo de Tracción

En cambio si se ha seleccionado, Prueba de Compresión se desplegara la siguiente pantalla en la cual se puede ingresar los parámetros necesarios para la realización del ensayo, además se podrá observa el gráfico que se obtiene al momento de efectuar el ensayo, así como se muestra en la figura 4.31.



Figura 4. 31 Pantalla del Ensayo de Compresión

Al finalizar este ensayo, se obtendrá el grafico del ensayo, así como se muestra en la figura 4.32.

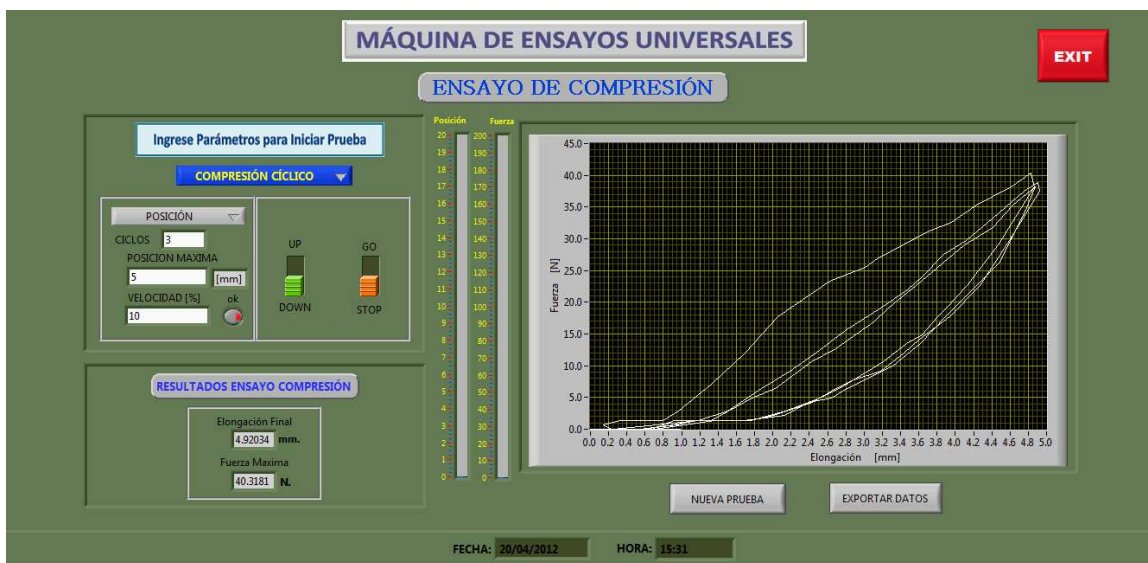


Figura 4. 32 Resultados Ensayo Compresión

Al finalizar todo ensayo se tiene la posibilidad de exportar los resultados obtenidos en el ensayo, mediante el botón “Exportar Datos”, el cual guarda los resultados en un libro de Excel, como se indica en la figura 4.33.



Figura 4. 33 Botón para Exportar Datos

Además tenemos en la parte superior derecha un botón que nos permite salir de la aplicación, como se muestra en la figura 4.34.



Figura 4. 34 Botón para salida de la Aplicación

4.5 RESULTADOS DEL SISTEMA IMPLEMENTADO

4.5.1 ENSAYO DE TRACCIÓN EN HILO TIPO POLIÉSTER:

Se realizó la comprobación del correcto funcionamiento de la máquina de ensayos universales AT5000, mediante la realización de un ensayo de tracción en un hilo tipo poliéster que tiene un título de 81,11 [tex], con una longitud de 250[mm], el ensayo se realizó a 100[mm/min].

Los gráficos obtenidos son:

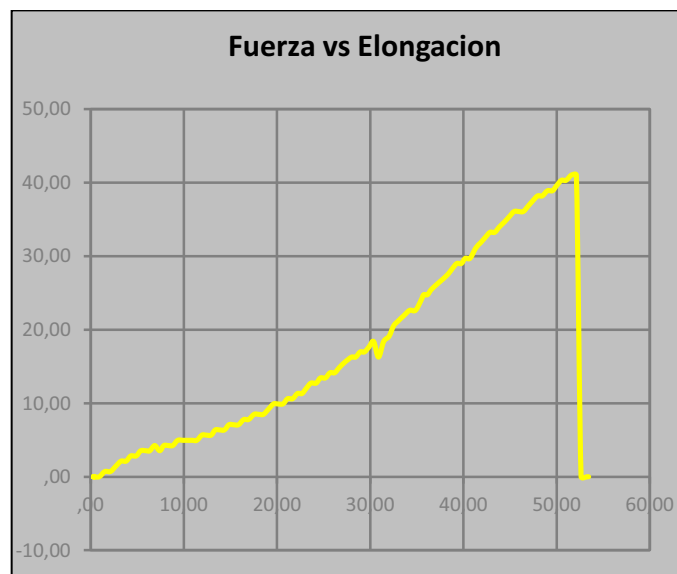


Figura 4. 35 Resultado Diagrama Fuerza vs. Elongación



Figura 4. 36 Resultado Diagrama Tenacidad vs. Deformación

Velocidad	30	[%]
Longitud Inicial	250	[mm]
Elongación Final	53.438	[mm]
Deformación Máxima	21.375	[%]
Área	0	[mm ²]
Fuerza de Ruptura	4102.534	cN
Tenacidad Ruptura	50.58	cN/tex
Modulo Inicial [F vs E]	0.487	
Modulo Tangente [F vs E]	0.729	
Modulo Inicial [T vs D]	0.338	
Modulo Tangente [T vs D]	0.879	

Tabla 4. 1 Tabla de resultados ensayo de tracción

FUERZA vs ELONGACION		TENACIDAD vs DEFORMACION	
[mm]	[N]	[-]	cN/tex
0.352	0	0	0
0.335	0	0	0
0.344	0	0	0
0.344	0	0	0
0.355	0	0	0
0.343	0	0	0
0.351	0	0	0
0.343	0	0	0
0.375	0	0	0
0.356	0	0	0

FUERZA vs ELONGACION		TENACIDAD vs DEFORMACION	
0.351	0	0	0
0.336	0	0	0
0.339	0	0	0
0.334	0	0	0
0.35	0	0	0
0.344	0	0	0
0.33	0	0	0
0.324	0	0	0
0.361	0	0	0
0.347	0	0	0
0.317	0	0	0
0.34	0	0	0
0.344	0	0	0
0.362	0	0.001	0
0.305	0	0.001	0
0.309	0	0.001	0
0.341	0	0.001	0
0.328	0	0.001	0
0.298	0	0.001	0
0.304	0	0.001	0
0.317	0	0.001	0
0.331	0	0.001	0
0.345	0	0.001	0
0.306	0	0.001	0
0.322	0	0.001	0
0.339	0	0.001	0
0.297	0	0.001	0
0.318	0	0.001	0
0.331	0	0.001	0
0.334	0	0.001	0
0.33	0	0.001	0
0.324	0	0.001	0
0.323	0	0.001	0
0.926	0	0.004	0
1.515	0.707	0.006	0.872
2.123	0.707	0.008	0.872
2.684	1.415	0.011	1.744
3.261	2.122	0.013	2.616
3.807	2.122	0.015	2.616
4.305	2.829	0.017	3.488
4.885	2.829	0.02	3.488
5.376	3.537	0.022	4.36
5.946	3.537	0.024	4.36

FUERZA vs ELONGACION	
6.352	3.537
6.872	4.244
7.414	3.537
7.849	4.244
8.319	4.244
8.81	4.244
9.336	4.951
9.896	4.951
10.402	4.951
10.911	4.951
11.396	4.951
11.938	5.659
12.384	5.659
12.932	5.659
13.372	6.366
13.855	6.366
14.35	6.366
14.84	7.073
15.315	7.073
15.861	7.073
16.428	7.781
16.944	7.781
17.537	8.488
18.028	8.488
18.542	8.488
19.08	9.195
19.621	9.903
20.063	9.903
20.634	9.903
21.132	10.61
21.665	10.61
22.192	11.317
22.676	11.317
23.141	12.025
23.634	12.732
24.196	12.732
24.655	13.439
25.192	13.439
25.691	14.147
26.187	14.147
26.685	14.854
27.254	15.561
27.989	16.269

TENACIDAD vs DEFORMACION	
0.025	4.36
0.027	5.232
0.03	4.36
0.031	5.232
0.033	5.232
0.035	5.232
0.037	6.104
0.04	6.104
0.042	6.104
0.044	6.104
0.046	6.104
0.048	6.976
0.05	6.976
0.052	6.976
0.053	7.849
0.055	7.849
0.057	7.849
0.059	8.721
0.061	8.721
0.063	8.721
0.066	9.593
0.068	9.593
0.07	10.465
0.072	10.465
0.074	10.465
0.076	11.337
0.078	12.209
0.08	12.209
0.083	12.209
0.085	13.081
0.087	13.081
0.089	13.953
0.091	13.953
0.093	14.825
0.095	15.697
0.097	15.697
0.099	16.569
0.101	16.569
0.103	17.441
0.105	17.441
0.107	18.313
0.109	19.185
0.112	20.058

FUERZA vs ELONGACION	
28.429	16.269
28.926	16.976
29.386	16.976
29.887	17.683
30.364	18.391
30.884	16.269
31.44	18.391
32.019	19.098
32.506	20.513
33.025	21.22
33.617	21.927
34.237	22.635
34.86	22.635
35.474	24.049
35.731	24.757
36.143	24.757
36.553	25.464
37.149	26.171
37.787	26.879
38.372	27.586
38.799	28.293
39.291	29.001
39.775	29.001
40.197	29.708
40.706	29.708
41.334	31.123
41.844	31.83
42.334	32.537
42.855	33.245
43.357	33.245
43.84	33.952
44.405	34.659
44.918	35.367
45.439	36.074
45.91	36.074
46.423	36.074
46.925	36.781
47.411	37.489
47.963	38.196
48.456	38.196
49.025	38.903
49.561	38.903
50.012	39.611

TENACIDAD vs DEFORMACION	
0.114	20.058
0.116	20.93
0.118	20.93
0.12	21.802
0.121	22.674
0.124	20.058
0.126	22.674
0.128	23.546
0.13	25.29
0.132	26.162
0.134	27.034
0.137	27.906
0.139	27.906
0.142	29.65
0.143	30.522
0.145	30.522
0.146	31.394
0.149	32.266
0.151	33.139
0.153	34.011
0.155	34.883
0.157	35.755
0.159	35.755
0.161	36.627
0.163	36.627
0.165	38.371
0.167	39.243
0.169	40.115
0.171	40.987
0.173	40.987
0.175	41.859
0.178	42.731
0.18	43.603
0.182	44.475
0.184	44.475
0.186	44.475
0.188	45.347
0.19	46.22
0.192	47.092
0.194	47.092
0.196	47.964
0.198	47.964
0.2	48.836

FUERZA vs ELONGACION		TENACIDAD vs DEFORMACION	
50.513	40.318	0.202	49.708
51.016	40.318	0.204	49.708
51.59	41.025	0.206	50.58
52.118	41.025	0.208	50.58
52.627	0	0.211	0
53.223	0	0.213	0
53.438	0	0.214	0

Tabla 4. 2 Tabla de valores para diagramas



Figura 4. 37 Inicio del ensayo de Tracción



Figura 4. 38 Finalización del ensayo de Tracción

4.5.1.1 CONCLUSIONES DEL ENSAYO

- Con la realización de este ensayo se demuestra que la máquina de ensayos universales AT5000 del Centro Textil Politécnico puede efectuar ensayos de tracción con un porcentaje de error que esta dentro de la tolerancia a criterio de los especialistas del Centro.
- El diagrama Fuerza vs. Elongación mostrada en la Figura 4.35, refleja la variación de fuerza a media que el hilo se deforma.
- Además se comprobó que los valores obtenidos del ensayo son muy cercanos a los valores de las propiedades físicas del hilo de prueba.
- El hilo con el que se realizó el ensayo presentó las características esperadas y al ser comparado con resultados del mismo material en otra máquina, no existió diferencia, estos resultados fueron validados por especialistas del centro textil politécnico.

4.5.2 ENSAYO DE COMPRESIÓN CÍCLICO EN ESPONJA

Se realizó la comprobación del correcto funcionamiento de la máquina de ensayos universales AT5000, mediante la realización de un ensayo de compresión de una esponja que tiene de altura 5[mm], el ensayo se realizó a 10[mm/min].

Los gráficos obtenidos son:

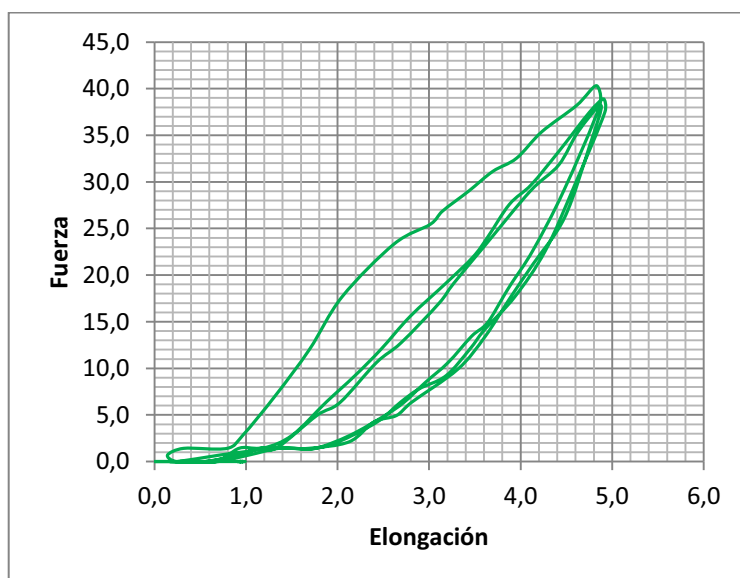


Figura 4. 39 Resultado Diagrama Fuerza vs. Elongación

Compresión	CICLICO	
Ciclos	3.0	[#]
Velocidad	10.0	[%]
Longitud Inicial	303.0	[mm]
Elongación Máxima	4.92	[mm]
Fuerza de Ruptura	40.318	[N]
Modulo Inicial [F vs E]	0.833	
Modulo Tangente [F vs E]	0.908	

Tabla 4. 3 Resultados ensayo de compresión

FUERZA vs ELONGACION	
[mm]	[N]
0.963	0.0
0.958	0.0
0.982	0.0
0.988	0.0
0.934	0.0
0.944	0.0
0.935	0.0
0.941	0.0
0.925	0.0
0.937	0.0
0.944	0.0
0.967	0.0
0.906	0.0
0.967	0.0
0.924	0.0
0.753	0.0
0.446	0.0
0.23	0.0
0.143	0.707
0.319	1.415
0.795	1.415
0.966	2.829
1.321	7.073
1.693	12.025
2.05	17.683
2.618	23.342
3.015	25.464
3.148	26.879
3.431	29.001
3.695	31.123
3.955	32.537
4.23	35.367
4.611	38.196

FUERZA vs ELONGACION	
[mm]	[N]
4.828	40.318
4.863	38.196
4.468	29.001
4.133	22.635
3.899	19.098
3.811	17.683
3.635	14.854
3.464	13.439
3.207	10.61
2.959	8.488
2.727	6.366
2.519	4.951
2.138	2.829
1.761	1.415
1.525	1.415
1.333	1.415
1.135	1.415
0.909	0.707
0.552	0.0
0.212	0.0
0.167	0.0
0.255	0.0
0.72	0.707
1.183	1.415
1.505	2.829
1.875	6.366
2.188	9.195
2.473	12.025
2.792	15.561
3.18	19.098
3.478	21.927
3.638	24.049
3.877	27.586
4.117	29.708
4.415	33.245
4.753	37.489
4.906	38.903
4.92	37.489
4.592	29.708
4.271	22.635
3.937	17.683
3.606	14.147

FUERZA vs ELONGACION	
[mm]	[N]
3.442	12.025
3.183	9.195
2.888	7.781
2.688	6.366
2.432	4.244
2.011	2.122
1.75	1.415
1.466	1.415
1.16	1.415
0.945	0.707
0.562	0.0
0.297	0.0
0.002	0.0
0.026	0.0
0.346	0.0
0.676	0.0
0.922	1.415
1.107	1.415
1.326	1.415
1.775	4.951
2.03	6.366
2.424	10.61
2.693	12.732
3.108	16.976
3.267	19.098
3.624	23.342
4.104	29.001
4.417	31.83
4.627	35.367
4.878	38.196
4.756	33.952
4.48	26.171
4.138	21.22
3.893	17.683
3.614	13.439
3.313	9.903
2.81	6.366
2.646	4.951
2.397	4.244
2.128	2.122
1.685	1.415
1.36	1.415

FUERZA vs ELONGACION	
[mm]	[N]
1.036	0.707
0.696	0.0
0.381	0.0
0.283	0.0
0.293	0.0
0.28	0.0

Tabla 4. 4 Tabla de valores para diagrama – ensayo compresión



Figura 4. 40 Ensayo de Compresión

4.5.2.1 CONCLUSIONES DEL ENSAYO

- Con la realización de este ensayo se demuestra que la máquina de ensayos universales AT5000 del Centro Textil Politécnico puede efectuar ensayos de compresión con un porcentaje de error que esta dentro de la tolerancia a criterio de los especialistas del Centro.
- El diagrama Fuerza vs. Elongación mostrada en la Figura 4.37, refleja la fuerza recuperadora de la esponja respecto a la posición.
- Además se pudo comprobar que los valores obtenidos del ensayo son muy cercanos a los valores de las propiedades físicas de la esponja de prueba.
- La esponja con la que se realizó el ensayo presentó las características esperadas y al ser comparado con los resultados del mismo material en otra

máquina, no existió diferencia, estos resultados fueron validados por especialistas del centro textil politécnico.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas luego de haber culminado el desarrollo del diseño e implementación del Sistema de Adquisición de datos para el Centro Textil Politécnico, así como las recomendaciones para su mantenimiento y empleo.

5.2 CONCLUSIONES

- Debido a la antigüedad de los componentes eléctricos y electrónicos con que originalmente contaba la máquina de Ensayos Universales y que estos se encontraban discontinuados, el implementar un sistema electrónico nuevo resultó ser una decisión adecuada para evitar que la máquina siga fuera de servicio.
- El nuevo sistema implementado en la Máquina de Ensayos Universales para el Centro Textil Politécnico tiene mayores prestaciones que la máquina original, pues se agregaron funciones que el anterior sistema no disponía; como por ejemplo tener un control automático y digital para el procesamiento y manipulación de los datos, mejoramiento de la adquisición de datos de posición y fuerza, implementación de una interfaz humano máquina que facilitan la manipulación del tensiómetro.
- La Máquina de Ensayos Universales del Centro Textil Politécnico (CTP) funcionaba en modo tracción y compresión normal, sin embargo debido a las características que ahora tiene el sistema que se diseñó y ensambló es posible extender a otros tipos de ensayo como es el de compresión cíclica.
- Los resultados de los ensayos realizados fueron estudiados por analistas del laboratorio del Centro Textil Politécnico (CTP) quienes en base a su

experiencia y criterio validaron los resultados como adecuados confiables y consistentes.

- La Máquina de Ensayos Universales del CTP disponía de una impresora tipo aguja que era la que graficaba la curva fuerza vs elongación, el nuevo sistema implementado permite la generación de la curva fuerza vs elongación y tenacidad vs deformación en tiempo real y de manera digital permitiendo según criterio de los analistas del centro textil politécnico obtener datos confiables en los resultados.
- El funcionamiento básico de la Máquina de Ensayos Universales se mantiene, con la ventaja que ahora dispone de componentes actualizados y nuevos que permitieron la repotenciación de la máquina luego de muchos años de estar sin actividad.
- El trabajar con un modelo de máquina de estados resulto beneficioso por que hacen al código más eficiente, fácil de depurar y ayudan a organizar el flujo del programa.
- El nuevo sistema implementado nos da la opción de exportar los resultados de los ensayos a Ms Excel, lo que es muy beneficioso porque el usuario puede manipular los datos según su necesidad y este no se encuentre limitado a solo visualizar los resultados.

5.3 RECOMENDACIONES

- Para potencializar el rendimiento del sistema de adquisición de datos implementado se recomienda implementar un nuevo método para determinar la posición de la cruceta.
- Para el desarrollo de ensayos que requieran mayor fuerza en el Tensiómetro se recomienda adquirir una celda de carga de mayor capacidad, debido a que la actual tiene un valor máximo de 100 N, lo cual limita a ciertos materiales.

- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo de la parte mecánica de la máquina de ensayos universales de manera periódica, ya que de esta forma se garantizara su funcionamiento.
- Se recomienda utilizar siempre la calibración automática ya que esta nos proporciona una medición más fiable de la separación de las mordazas, debido a que esta medida es un parámetro importante en la realización del ensayo y en la presentación de resultados.
- Se recomienda que para realizar las pruebas de compresión ya sea normal o cíclica en esponjas se debe verificar que la muestra de prueba no haya tenido deformaciones o este en mal estado debido a que estas condiciones influyen en los resultados obtenidos.
- Se recomienda que antes de realizar los ensayos de tracción, desechar aproximadamente de 40 a 50cm de hilo, esto con el fin de que la muestra esta constituida de hilo que no haya sido dañado por efectos de manipulación, y así disminuir en gran proporción error por este efecto.
- Se recomienda que para realizar la prueba de tracción la muestra de hilo se encuentre bien sujeta a las mordazas de modo que no haya deslizamiento de la misma, evitando así obtener gran error durante el ensayo.
- Se recomienda que al momento de ingresar al sistema de la Máquina de Ensayos Universales se verifique que los cables de comunicación serial y adquisición de datos estén conectados al computador, así como también la celda de carga a la Máquina de Ensayos Universales.
- Se aconseja que al realizar el mantenimiento preventivo de la máquina se maneje con cuidado el sensor de posición, ya que son hilos de resistencia los cuales al deformarse cambiarían su valor original y esto provocaría errores en la mediciones.

- Es indispensable que el personal que vaya a manejar la máquina de ensayos universales, reciba la capacitación sobre el funcionamiento de la Máquina de Ensayos Universales adecuada para evitar daños a la misma y en su persona.
- Se recomienda que el computador sea de uso exclusivo para el sistema de adquisición desarrollado en el proyecto, además debe poseer los requerimientos mínimos del paquete computacional LabVIEW.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. International, Standard Terminology Relating to Textiles, 15 January 2009.
- [2] M. T. Translation, 2000. [En línea]. Available: <http://www.websters-online-dictionary.org/definitions/crosshead>.
- [3] Zwick, 2000. [En línea]. Available: <http://it.zwick.com/es/aplicaciones/industria-textil/materiales-aislantes/>.
- [4] C. I. d. Electrónicos, 200. [En línea]. Available: <http://www.forosdeelectronica.com/f16/load-cell-celdas-carga-principios-basicos-26/>.
- [5] I. J. Sosa, 2002. [En línea]. Available: http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Strain_Gages_1.pdf.
- [6] X. O. Olivella y C. A. Saracíbar Bosch, Mecánica de medios continuos para ingenieros, Barcelona: UPC, Septiembre 2002.
- [7] B. Ortiz, Elasticidad, Segunda ed., McGraw-Hill, 2010.
- [8] M. D. Martínez Rodrigo, P. Museros Romero, A. Poy Gil y M. L. Romero García, Resistencia de materiales, U. J. I, Ed., 2002.
- [9] J. E. SALAZAR TRUJILLO, RESISTENCIA DE MATERIALES BÁSICA PARA ESTUDIANTES, C. d. Publicaciones, Ed., Colombia, 2005.
- [10] A. International, ASTM D3822 - 07 Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fibers.
- [11] Wordpress, Abril 2009. [En línea]. Available: <http://ingenieriademateriales.wordpress.com/2009/04/13/anelasticidad-y-el-comportamiento-viscoelastico-i/>.
- [12] F. SHanley, Mecanica de Materiales, B. Company, Ed., McGraw-Hill , 1967.
- [13] F. Grossmann, Propiedades Mecánicas de los Materiales, Segunda ed., U. DIMEC, Ed., Mikell P. Groover, 1995.
- [14] Eltra, 2000. [En línea]. Available: <http://facultad.bayamon.inter.edu/arincon/encoderIncrementales.pdf>.

- [15 U. C. I. D. M. ÁREA DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA, 2001. [En línea].
] Available: <http://ocw.uc3m.es/tecnologia-electronica/instrumentacion-electronica-i/material-de-clase-1/Tema7.pdf>.
- [16 Scribd. [En línea]. Available: <http://www.scribd.com/doc/51556448/Sensor-final-de-carrera>.
] de-carrera.
- [17 Almez. [En línea]. Available:
] <http://almez.pntic.mec.es/jgonza86/Sistemas%20de%20poleas%20y%20correas.htm>.
- [18 E. Fácil. [En línea]. Available: <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Fuentes-alimentacion.php>.
] alimentacion.php.
- [19 T. d. Mantenimiento, 2000. [En línea]. Available:
] <http://tecnologiademantenimiento.blogspot.com/2011/03/diagrama-de-bloques-de-fuentes.html>.
- [20 J. M. Blanes y J. A. Carrasco. [En línea]. Available:
] <http://metis.umh.es/jacarrasco/docencia/ep/Tema2/Tema2.pdf>.
- [21 N. I. Corporation, 2010. [En línea]. Available:
] http://me368.engr.wisc.edu/equipment/kit_equipment_datasheets/myDAQ.pdf.

ANEXOS