



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
AUTOMÁTICO DE ENSAYOS DE TENSIÓN PARA LA
MÁQUINA UNIVERSAL TINIUS OLSEN DE LA EMPRESA
CEDAL S.A.**

AUTOR: JUAN MARCELO VILLARROEL TOVAR

DIRECTOR: ING. MIGUEL CARVAJAL

CODIRECTOR: ING. FRANKLIN SILVA

LATACUNGA

2015

**UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICADO

Ing. Miguel Carvajal (DIRECTOR)

Ing. Franklin Silva (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENSAYOS DE TENSIÓN PARA LA MÁQUINA UNIVERSAL TINIUS OLSEN DE LA EMPRESA CEDAL S.A”**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con normas y estatutos establecidos en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Siendo este un proyecto de excelente calidad y contenido científico que servirá para la enseñanza, aprendizaje, aplicación de conocimientos y desarrollo profesional, recomendamos su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Juan Marcelo Villarroel Tovar que lo entregue ala Ing. Katya Torres, en su calidad de Directora de la Carrera.

Latacunga, Junio de 2015.

Ing. Miguel Carvajal

DIRECTOR

Ing. Franklin Silva

CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo: Juan Marcelo Villarroel Tovar.

DECLARO QUE:

El proyecto de grado titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENSAYOS DE TENSIÓN PARA LA MÁQUINA UNIVERSAL TINIUS OLSEN DE LA EMPRESA CEDAL S.A”**, fue desarrollado con base a investigación científica, sabiendo respetar todos los derechos intelectuales de terceros, acorde con las citas que se hace al pie de página correspondiente y las fuentes que se añaden a la bibliografía. Por lo que se afirma que este proyecto es de mi exclusiva autoría.

En virtud a dicha declaración, me responsabilizo del contenido, la veracidad y el alcance científico que tiene este proyecto de grado realizado.

Latacunga, Junio del 2015.

Juan Marcelo Villarroel Tovar

C.C.: 0503352338

**UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo: Juan Marcelo Villarroel Tovar.

Autorizo a la UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMANDAS-ESPE la publicación en la biblioteca virtual de la Institución el trabajo denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENSAYOS DE TENSIÓN PARA LA MÁQUINA UNIVERSAL TINIUS OLSEN DE LA EMPRESA CEDAL S.A”**, en el que se encuentra contenido, ideas y criterios que he desarrollado bajo mi exhaustiva autoría.

Latacunga, Junio del 2015.

Juan Marcelo Villarroel Tovar

C.C.: 0503352338

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado a mis padres los cuales han sido mi apoyo incondicional en todo sentido a lo largo de este camino levantándome y dándome ánimo en los peores momentos y recordándome que no estoy solo.

Juan Villarroel T.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer en primer lugar a Dios que es el acompañante y participe de este logro mostrándome el camino y ayudándome a superar los obstáculos que se presentaron para cumplir el objetivo.

Agradezco de manera muy especial a mis padres quienes se llevan el crédito de este merito ya que gracias a ellos y sus palabras de aliento no desmaye en el objetivo, de igual manera a todas la personas las cuales me rodean que de una u otra manera mencionaban palabras de aliento y consideración.

A los ingenieros Miguel Carvajal y Franklin Silva por el apoyo en este proyecto además de su enseñanza y paciencia presentada en el mismo.

Para toda mi eterna gratitud y consideración

Juan Villarroel T

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	i
CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
PORTADA	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
ANTECEDENTES	xix
OBJETIVO GENERAL	xx
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	xx
JUSTIFICACIÓN	xxi
CAPÍTULO 1.....	1
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS, ESTUDIO DE SEÑALES Y ELEMENTOS.....	1
1.1. Máquina universal.	1
1.1.1. Principio de funcionamiento.	1
1.1.2. Controles operativos.	3
1.2. Definición de esfuerzo y deformación	5
1.2.1. Esfuerzo	5
1.2.2. Deformación.....	6
1.3. Diagrama esfuerzo vs deformación unitaria	7
1.4. Ensayo de tracción.....	8
1.4.1. Ensayo de tracción	9
1.4.2. Realización del ensayo	9

1.5.	Norma de ensayo de tracción requerida	14
1.5.1	NORMA NTE INEN 2250.2013 (ALUMINIO. PERFILES, BARRAS, VARILLAS Y TUBOS EXTRUIDOS. REQUISITOS E INSPECCIÓN).	14
1.6.	Diagnóstico de la máquina Tinius Olsen SUPER "L"	15
1.6.1.	Funcionamiento de la máquina	15
1.6.2.	Descripción de la máquina universal Tinius Olsen SUPER "L"	16
1.6.3.	Datos de la máquina universal Tinius Olsen SUPER "L"	16
1.6.4.	Ventajas y desventajas de la máquina en su condición actual	17
1.7.	Definición de señales e interpretación de las mismas.....	18
1.7.1	Parámetros identificados para la medición	18
1.7.2.	Determinación analógica de la carga expresada en fuerza	19
1.7.3.	Determinación del alargamiento o deformación	19
1.8.	Sensores y transductores	20
1.8.1.	Sensor.....	20
1.8.2.	Características de un sensor.....	21
1.8.3.	Tipos de sensores.....	22
1.8.4.	Transductor	22
1.8.5.	Tipos de transductores de presión	23
1.8.6.	Instrumentos de presión electromecánicos.....	25
	a) Galgas extensométricas	26
	b) Transductores piezoeléctricos	30
1.8.7.	Sensor de deformación	31
1.9.	Señales analógicas y digitales	34
1.9.1.	Señal	34

CAPÍTULO 2.....	37
2. DISEÑO, SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ANALÓGICO - DIGITAL.....	37
2.1. Sistema de adquisición de datos	37
2.1.1. Dispositivo DAQ	38
2.1.2. Acondicionamiento de señales	38
2.1.3. Tarjeta de adquisición de datos	40
2.1.4. Conversión analógico - digital	42
2.2. Selección e implementación de los sensores del sistema de adquisición de datos.	44
2.2.1. Selección e implementación del transductor de presión	44
2.2.2. Acople del sensor de deformación	48
2.3. Diseño y selección del circuito electrónico que permita el acondicionamiento de señales	49
2.3.1. Selección de la tarjeta de adquisición de datos	50
2.3.2. Conexión de los sensores a la NI my DAQ	52
2.3.3. Alimentación de los sensores seleccionados	52
2.3.4. Conexión de transductor de presión electromecánico	53
2.3.5. Conexión del sensor de deformación	54
2.4. Selección para el programa de diseño del software	55
2.5. Parámetros y requisitos del software	56
2.5.1 Parámetros de diseño e implementación para el ensayo de resistencia a la tracción	56
2.6. Implementación del software que será visualizado en un ordenador	61
2.6.1. Programa de manejo de pantallas y secuencia del proceso.....	61
2.6.1.1 Programación de movimiento de pantallas	62

2.6.1.2	Programa para ingreso de parámetros iniciales en el ensayo	62
2.6.1.3	Programa para el ingreso de datos referenciales del ensayo	63
2.6.1.4	Adquisición de datos del transductor de presión	64
2.6.1.5	Adquisición de datos del extensómetro electrónico.....	65
2.6.1.6	Programa para la determinación de límite de fluencia, carga a la fluencia al 2%, resistencia a la tracción y carga máxima	66
2.6.1.7	Programa del cálculo de elongación final.....	67
2.6.1.8	Programación del guardado del ensayo.....	67
2.7.	Implementación de hardware del equipo	68
CAPÍTULO 3.....		70
3.	PRUEBAS DEL EQUIPO INSTALADO.....	70
3.1.	Calibración del equipo instalado	70
3.1.1.	Calibración de la señal del transductor	70
3.1.2.	Calibración del extensómetro eléctrico	74
3.2.	Prueba del ensayo de tracción según norma con el software de tracción.....	77
3.3.	Manual de usuario.....	83
3.3.1.	Manual de inicialización y realización del ensayo de tracción	83
3.4.	Análisis de costos	92
3.4.1.	Costos directos	92
3.4.1.1.	Costos de materiales utilizados.....	92
3.4.2.	Costos indirectos.....	94
3.4.3.	Costo total de la implementación del sistema de ensayos	94

CAPÍTULO 4.....	95
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
4.1. Conclusiones.....	95
4.2. Recomendaciones	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
ANEXOS.....	99
Anexo a: Características de la maquina universal	
Anexo b: Características del Transductor de presión	
Anexo c: Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2250:2013	
Anexo d: Artículo de investigación	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1.	Tablero de peso Tinius Olsen típica super “L”	2
Figura 1. 2.	Unidad de potencia hidráulica Tinius Olsen típica super “L”	2
Figura 1. 3.	Controles operativos Tinius Olsen típica super “L”	4
Figura 1. 4.	Controlador manual Tinius Olsen típica super “L”	5
Figura 1. 5.	Diagrama deformación unitaria	6
Figura 1. 6.	Diagrama esfuerzo Vs deformación	7
Figura 1. 7.	Ensayo de tracción	9
Figura 1. 8.	Deformación hasta el fallo en una probeta.....	10
Figura 1. 9.	Diagrama Fuerza-Alargamiento	11
Figura 1. 10.	Diagrama Tensión-Deformación unitaria	12
Figura 1. 11.	Propiedades encontradas en la zona elástica.....	13
Figura 1. 12.	Propiedades de la zona plástica.....	14
Figura 1. 13.	Norma usada por Cedal S.A.....	15
Figura 1. 14.	Especificaciones máquina tinius olsen 120000 Lbf	17
Figura 1. 15.	Transductor dynisco.....	19
Figura 1. 16.	Extensómetro de pinzas eléctrico tipo LVDT	20
Figura 1. 17.	Tipos de Transductores de Presión	24
Figura 1. 18.	Transductores Electromecánicos.....	26
Figura 1. 19.	Galga Cementada.....	27
Figura 1. 20.	Galga sin Cementar	27
Figura 1. 21.	Puente de wheatstone para galga	28
Figura 1. 22.	Transductor de presión de silicio difundido y su Puente de wheatstone	29
Figura 1. 23.	Transductor piezoeléctrico	30
Figura 1. 24.	Extensómetro eléctrico	32
Figura 1. 25.	Reloj comparador analógico	33
Figura 1. 26.	Reloj comparador digital	34
Figura 1. 27.	Representación gráfica de una señal analógica	35
Figura 1. 28.	Representación gráfica de una señal digital	366

Figura 2. 1.	Sistema de adquisición de datos	37
Figura 2. 2.	Fenómeno Aliasing.....	43
Figura 2. 3.	Cuantificación.....	43
Figura 2. 4.	NEW – FLOW (PT3100).....	46
Figura 2. 5.	Instalación del Transductor NEW – FLOW (PT3100).....	46
Figura 2. 6.	Pines de conexión del transductor	47
Figura 2. 7.	Conexión del transductor	47
Figura 2. 8.	Extensómetro en la probeta	48
Figura 2. 9.	Extensómetro y módulo LVDT	49
Figura 2. 10.	Grafica NI my DAQ y configuración de pines	51
Figura 2. 11.	Representación gráfica de adaptador de corriente CA .	52
Figura 2. 12.	Representación gráfica conexión de transductor	54
Figura 2. 13.	Representación gráfica conexión del extensómetro eléctrico.....	55
Figura 2. 14.	Representación de la probeta normalizada.....	57
Figura 2. 15.	Diagrama esfuerzo Vs deformación.....	59
Figura 2.16.	Esquema de diagrama de bloques para movimiento de pantallas.....	62
Figura 2.17.	Esquema de diagrama de bloques para ingreso de datos iniciales y cálculo de área	63
Figura 2.18.	Esquema de diagrama de bloques para ingreso de datos referenciales del ensayo	63
Figura 2.19.	Esquema de selección de entrada analógica para adquisición de transductor de presión.....	64
Figura 2.20.	Esquema de programación en la adquisición de datos del transductor de presión	64
Figura 2.21.	Esquema de selección de entrada analógica para adquisición del extensómetro eléctrico	65
Figura 2.22.	Esquema de programación en la adquisición de datos del extensómetro eléctrico.....	65

Figura 2.23.	Esquema de programación para el cálculo de resultados	66
Figura 2.24.	Esquema de programación para el cálculo de elongación final	67
Figura 2.25.	Esquema de programación para el guardado de resultados	67
Figura 2.26.	Sistema de adquisición de señales.....	68
Figura 2.27.	Parte frontal de la caja del sistema de transformación de señales	69
Figura 2.28.	Representación gráfica del puerto USB del computador.....	69
Figura 3.1.	Representación gráfica de enceramiento de la fuerza en el controlador manual	71
Figura 3.2.	Representación gráfica de enceramiento de la fuerza en el software de tracción.....	71
Figura 3.3.	Representación gráfica de la fuerza a 5000.6 Kgf en el controlador manual de la máquina universal.....	72
Figura 3.4.	Representación gráfica de la fuerza 4987.54 en el software de ensayos de tracción	72
Figura 3.5.	Representación gráfica de enceramiento de la deformación en el controlador manual.....	74
Figura 3.6.	Representación gráfica de enceramiento de la deformación en el software	75
Figura 3.7.	Representación gráfica de la deformación al 8,0276% del controlador manual.....	75
Figura 3.8.	Representación gráfica de la deformación al 8,01865% en el software.....	76
Figura 3.9.	Representación gráfica de la probeta aluminio 6063 T577	
Figura 3.10.	Calculo de ancho y espesor promedio	77
Figura 3.11.	Representación gráfica del montaje de la probeta en la máquina universal y su extensómetro eléctrico...	78

Figura 3.12.	Representación gráfica de la curva esfuerzo vs deformación unitaria de manera analógica.....	80
Figura 3.13.	Representación de la carga máxima en el controlador manual de la máquina	81
Figura 3.14.	Representación gráfica de resultados de ensayo de tracción en el software.....	81
Figura 3.15.	Representación gráfica de ubicación del programa en el ordenador.....	83
Figura 3.16.	Indicación gráfica de puesta en marcha del software... 	84
Figura 3.17.	Representación gráfica de inicio de programa del programa de ensayo.....	85
Figura 3.18.	Representación gráfica del ingreso de datos de medidas iniciales	86
Figura 3.19.	Representación gráfica del cálculo promedio de variantes.....	86
Figura 3. 20.	Representación gráfica error en el ingreso de datos del ensayo	87
Figura 3. 21.	Representación como es la Manera de regresar a modificar los datos.....	87
Figura 3. 22.	Representación gráfica de la colocación de la probeta y deformímetro	88
Figura 3. 23.	Representación gráfica de inicio del ensayo	89
Figura 3. 24.	Indicación para retirar el deformímetro.....	89
Figura 3. 25.	Indicación para ingresar longitud final de la probeta....	90
Figura 3. 26.	Representación gráfica del informe de resultados en Word	91
Figura 3. 27.	Pantalla para empezar un nuevo ensayo o cerrar el software	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1.	Tipos de sensores electrónicos	22
Tabla 2. 1.	Señales emitidas por los sensores	49
Tabla 2. 2.	Especificaciones técnicas NI my DAQ.....	51
Tabla 2. 3.	Especificaciones técnicas adaptador de corriente CA .	53
Tabla 2. 4.	Conexión del transductor a NI my DAQ.....	53
Tabla 2. 5.	Conexión del sensor de deformación.....	54
Tabla 2. 6.	Datos del ensayo	58
Tabla 3. 1.	Valores obtenidos de fuerza escala seleccionada 5000 Kgf del controlador manual	73
Tabla 3. 2.	Valores obtenidos de fuerza escala seleccionada 5000 Kgf del Software	73
Tabla 3. 3.	Valores tomados de deformación en %.....	76
Tabla 3. 4.	Toma de datos Manual	79
Tabla 3. 5.	Resumen de resultados y porcentaje de error del ensayo de tracción	82
Tabla 3. 6.	Costos de materiales para la instalación del transductor de presión.....	92
Tabla 3. 7.	Costos de materiales para la instalación del extensómetro eléctrico	93
Tabla 3. 8.	Costos de materiales para la instalación del sistema de adquisición de datos	93
Tabla 3. 9.	Resumen del costo total de los materiales	93
Tabla 3. 10.	Costos conocimiento de Ingeniería	94
Tabla 3. 11.	Resumen del costo total de la implementación del sistema	94

RESUMEN

El presente proyecto consistió en el diseño e implementación de un sistema automático de ensayo de tensión para la máquina universal TINIUS OLSEN de la empresa CEDAL S.A, el que fue instalado y acoplado a una máquina existente la cual se encontraba en desuso, CEDAL tiene la necesidad de realizar netamente ensayos de tracción de los materiales que son procesados en la planta, la implementación de este proyecto tiene como objetivo un sistema automático, que se regirá a la norma NTE INEN 2250:2013, como inicio el trabajo consistió en revisar y dar un mantenimiento a la máquina, se verificó su estado mecánico y eléctrico, de esta manera se identificó que reparar y mejorar previo a la implementación del sistema, una vez probada la máquina se procedió a seleccionar los sensores que permitieron emitir las señales necesarias para el diseño electrónico. Se diseñó un sistema que realiza el diagrama esfuerzo-deformación, se realizaron pruebas de ensayos mediante la norma de “ALUMINIO. PERFILES, BARRAS, VARILLAS Y TUBOS EXTRUIDOS. REQUISITOS E INSPECCIÓN.” La cual se identifica como NTE INEN 2250:2013, el sistema diseñado se basó en parámetros proporcionados por dicha norma, esta norma menciona el proceso del ensayo, fórmulas de cálculos y la preparación de muestras, se seleccionó la parte de adquisición de datos en la cual se acondicionó las señales obtenidas por los sensores; se usó el software Laview para la programación e interpretación de los datos ya procesados. Se implementó el sistema en la máquina realizando una calibración de la misma, los ensayos realizados son exportados a Word para ser guardados.

PALABRAS CLAVES:

- **EMPRESA CEDAL S.A.**
- **MAQUINA UNIVERSAL TINIUS OLSEN**
- **ALUMINIO - ESFUERZO - DEFORMACIÓN**
- **ALUMINIO - PRUEBAS DE ENSAYOS**

ABSTRACT

This Project was about the design and implementation of an automatic system of test of tension for universal machine TINIUS OLSEN of the company CEDAL S.A It was installed and connected to a already existing machine, which was in disuse, CEDAL has the necessity to make tension tests of the materials, which they process in the factory, this Project implementation has as objective an automatic system, at the beginning this job consisted reviewing and giving a maintenance to the machine, and also verify its mechanical state and electrical in this way was known what element needs to be repaired and to improve before the system implementation, once prove the machine was selected the sensors that helped to emit the necessary signals for electronic design. A system that allows to make the diagram effort-deformation which comprises indispensable in the norm of the company, in this project was done the test of tests by means of the ALUMINUM norm “.PROFILES, BARS, RODS AND TUBES EXTRUIDOS. REQUIREMENTS AND INSPECTION.” Which is identifies like NTE INEN 2250:2013, The system designed was based on parameters provided by standard, this standard mentions the trial process, calculation formulas and sample preparation, the data acquisition part in which the signals obtained by the sensor; the Laview software for programming and interpretation of the data was used and processed, the system was implemented in the machine performing the same calibration, trials are exported to Word in order to be saved.

KEYWORDS:

- **COMPANY CEDAL S.A.**
- **UNIVERSAL MACHINE TINIUS OLSEN**
- **ALUMINUM – STRESS – STRAIN**
- **ALUMINUM – TEST OF TESTS**

ANTECEDENTES

Corporación Ecuatoriana de Aluminio S.A (CEDAL) es una empresa que tiene el propósito de producir y comercializar perfiles y otros productos extruidos de aluminio para uso arquitectónico y estructural.

Esta empresa netamente produce aluminio para diferentes tipos de aplicaciones, la cual garantiza su perfilería bajo la norma internacional ASTM B-221 y bajo la norma nacional de calidad NTE INEN 2250:2013 estas normas fueron acreditadas gracias al esfuerzo y dedicación de la empresa hacia un futuro de mejores estándares de calidad en sus productos. Con la necesidad de la empresa en cumplir con todos los requerimientos necesarios dispuestos por la norma NTE INEN 2250:2013 la cual rige en nuestro país en lo que se refiere a ALUMINIO. PERFILES, BARRAS, VARILLAS Y TUBOS EXTRUIDOS. REQUISITOS E INSPECCIÓN, y en la que va enfocado el proyecto.

Para verificar la resistencia y confiabilidad de su proceso necesita de pruebas las cuales son realizadas por ensayos de resistencia a la tracción del material ya procesado en función a parámetros obligatorios de la norma, en este momento se realizan ensayos de resistencia a la tracción en forma manual al tabular los resultados mediante cálculos, por lo que existe la necesidad de mejora por parte de la empresa, se debe obtener una disminución en el tiempo de este proceso por lo que requiere de una máquina tecnificada y en óptimas condiciones por su alta producción.

OBJETIVO GENERAL

IMPLEMENTAR UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA PRUEBAS DE TENSIÓN APLICADOS EN LA MÁQUINA UNIVERSAL TINIUS OLSEN DE LA EMPRESA CEDAL S.A.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar ensayos de tracción en la máquina universal Tinius Olsen aplicando la norma ecuatoriana NTE INEN 2250:2013 que manejan en CEDAL S.A
- Diseñar y seleccionar el circuito electrónico.
- Diseñar e implementar el sistema necesario para adquirir la curva esfuerzo- deformación del ensayo a tracción.
- Diseñar e implementar un software para la interpretación y visualización de los resultados obtenidos en un ordenador.
- Realizar los ensayos de tracción en probetas normalizadas utilizando el sistema electrónico e informático ya diseñado e implementado con el debido procedimiento estipulado en la norma.

JUSTIFICACIÓN

La meta del diseño e implementación de un sistema automático de ensayos, es poder minimizar el tiempo de realización de los mismos debido al gran volumen de producción que genera la empresa CEDAL S.A, lo cual ayudará a certificar la calidad de perfilería en función de los parámetros mecánicos, por otro lado poder realizar de una manera más óptima el ensayo debido a que se necesitaba de dos personas para realizar el mismo, las cuales tenían que verificar valores y calcularlos resultados necesarios lo que se convertía en una tarea tediosa la cual requería de mucho tiempo, de esta manera el ensayo automático necesitara de una sola persona sin necesidad de realizar cálculos o cualquier tipo de verificación de datos agilizando la liberación del producto para sus demás procesos o enviarlo al mercado, muchas veces para poder certificar la calidad de la perfilería se tenía que acudir a agentes externos los cuales cobraban un considerable monto por cada ensayo, lo que ahora será un ahorro para la empresa al poder realizar infinidad de ensayos de una manera rápida y precisa, un punto fundamental es la reducción de costos en este software con relación a los existentes en el mercado ya que se obtendrá el mismo resultado con la particularidad que se tiene un ahorro muy elevado en la implementación del sistema.

Con un equipo en óptimas condiciones se podrán realizar ensayos de tensión de acuerdo a las normas existentes en el entorno, con menores tiempos de ejecución de pruebas y capacidad de repetencia. CEDAL permite realizar el proyecto de tesis, y se compromete a brindar el auspicio para ejecutar el proyecto: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENSAYOS DE TENSIÓN PARA LA MÁQUINA UNIVERSAL TINIUS OLSEN DE LA EMPRESA CEDAL S.A, con la norma NTE INEN 2250:2013 la cual rige en el país en lo que se refiere a ALUMINIO. PERFILES, BARRAS, VARILLAS Y TUBOS EXTRUIDOS. REQUISITOS E INSPECCIÓN, y en la que va enfocado el proyecto, esto conseguirá el aseguramiento de la calidad del producto.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS, ESTUDIO DE SEÑALES Y ELEMENTOS.

1.1. Máquina universal.

La máquina universal por lo general es usada para ensayos destructivos se tomarán en cuenta los principales; tensión, compresión, corte y flexión. Se considera que es similar a una prensa hidráulica la cual puede aplicar carga de manera controlada y así someter a piezas de diferentes composiciones o materiales determinados a los diferentes tipos de ensayos mencionados con el fin de conocer sus propiedades mecánicas, se debe tomar en cuenta que su funcionalidad permite ensayar probetas de diferentes formas, dimensiones y características que estarán estipuladas por normas existentes específicas, al observar el tipo de agarre o mordazas especiales requeridas.

Esta máquina genera flujo hidráulico a presión mediante una bomba la que esta previamente diseñada según la capacidad requerida, esta bomba inyecta el fluido hidráulico hacia un cilindro el cual es controlado por la válvula de carga que se encuentra ubicada en la unidad de potencia hidráulica, al dejar así que fluya el aceite según la necesidad de carga requerida como también la velocidad a la que se vaya a ensayar, de igual manera la válvula de descarga tiene el papel de retorno del fluido al tanque reservorio por acción de gravedad del pistón. Esta máquina es útil al momento de caracterizar nuevos materiales como también verificar propiedades mecánicas en función de parámetros o normas de calidad.

1.1.1. Principio de funcionamiento.

La máquina consta de dos partes que son el tablero de peso el cual se puede observar en la figura 1.1 y la unidad de potencia hidráulica que se la

puede observar en la figura 1.2.



Figura 1. 1 Tablero de peso Tinus Olsen típica super “L”



Figura 1. 2 Unidad de potencia hidráulica Tinus Olsen típica super “L”

La unidad de potencia hidráulica consta de un sistema que está conformado de bomba, válvulas, reservorio, mecanismos, mangueras y acoples que funcionan sincronizadamente para inyectar el fluido hidráulico al cilindro, la carga que se aplica para la realización de los diferentes ensayos están dadas por la inyección de aceite al pistón impulsado hacia arriba por el fluido hidráulico, que está controlado por la válvula de carga la cual ayuda a verificar el porcentaje de fluido necesario o requerido para el ensayo, una vez que se ha ensayado se puede hacer uso de la válvula de descarga, que

consta también de un porcentaje controlado de flujo y por medio de la gravedad y el peso regresa el pistón a su posición de home.

El tablero de peso de la máquina está conformado por un cabezal superior, un cabezal inferior y un cabezal ajustable motorizado, y evidentemente el cilindro donde ingresa el fluido.

El cabezal ajustable motorizado es usado para controlar la distancia o regulación en la que se va a realizar el ensayo en función de las diferentes dimensiones de las probetas, este una vez que se ha regulado permanece fijo durante el mismo, el cabezal superior tanto como inferior son impulsados por el pistón hidráulico hacia arriba con la diferencia que el superior se lo usa netamente para tensión y el inferior para compresión estos dos en función del cabezal ajustable motorizado.

La típica super "L" de Tinus Olsen con capacidad de 120000 Lbf es una máquina correctamente diseñada para la realización de ensayos de tracción, compresión, flexión y corte por lo que es conocida como máquina universal.

- **Fuerza de Tensión:** Ensayo de tracción
- **Fuerza de Compresión:** Ensayos de Compresión, Flexión y de Corte.

1.1.2. Controles operativos.

- a) Botones de arranque y parada de la máquina: el botón de arranque prende la bomba que inyecta el fluido hidráulico y el de parada la apaga como se los puede observar en la figura 1.3(a).
- b) Botones de subida y bajada de cabezal ajustable: estos botones activan al motor del cabezal ajustable el botón de subida tiene un sentido de giro el cual hace ir para arriba al cabezal y el botón de

bajada invierte el giro del motor y el cabezal baja, se logra un control en el área de ensayo se los puede observar en la figura 1.3(b).

- c) Crucetas manuales de carga y descarga: la cruceta de carga abre la válvula que deja pasar el fluido regulado el porcentaje en función a las vueltas que se le da a la misma, la cruceta de descarga abre la válvula de descarga de igual manera regulada en función a las vueltas que se le da y así deja que el fluido retorne al tanque reservorio se las puede observar en la figura 1.3(c).

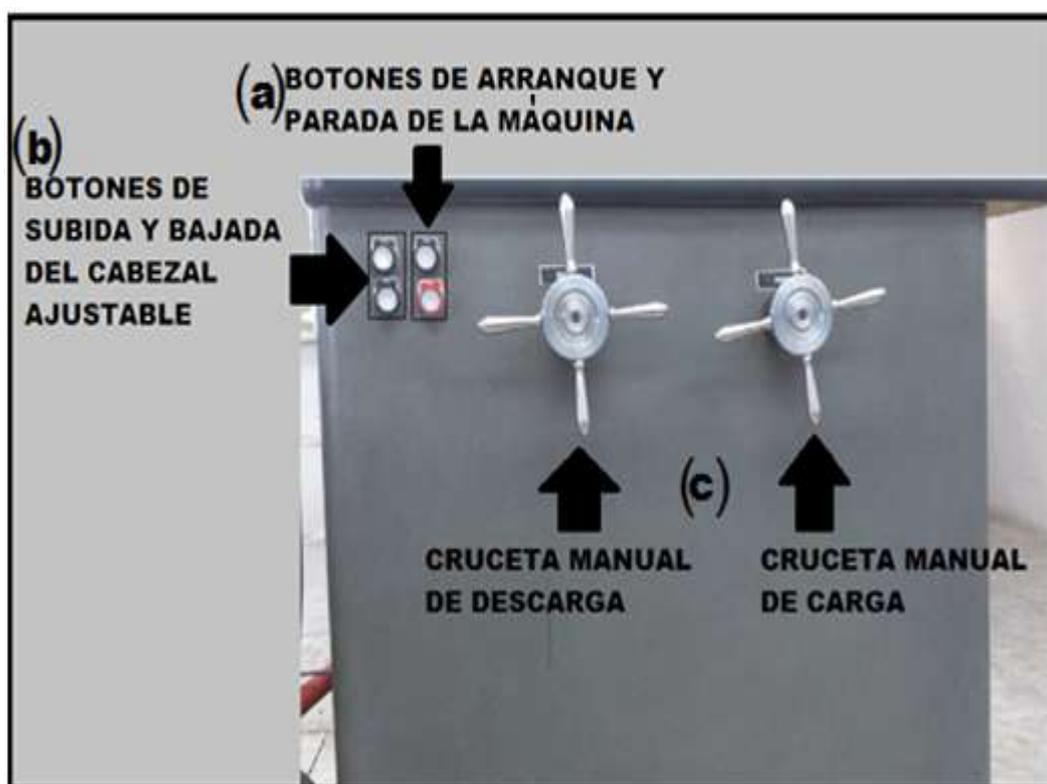


Figura 1. 3 Controles operativos TinusOlsen típica super "L"

- d) Controlador manual: este controlador tiene un sistema electrónico que consta de una pantalla tipo display que indica la carga que se está aplicada en el ensayo como también la deformación en porcentaje los cuales tienen sus ajustes a cero, consta de varias funciones que están deshabilitadas por falta de mecanismos, se lo puede observar en la figura 1.4.



Figura 1. 4Controlador manual TiniusOlsen típica super “L”

1.2. Definición de esfuerzo y deformación

1.2.1. Esfuerzo [1]

Se caracteriza como la fuerza por unidad de superficie que soporta ó se aplica sobre un cuerpo, es decir es la relación entre la fuerza aplicada y la superficie en la cual se aplica.

La fuerza aplicada a un cuerpo no genera el mismo esfuerzo sobre cada una de las superficies del cuerpo, el esfuerzo en términos matemáticos está representado por sigma (σ) y definido por la Ecuación (1.1)¹:

$$Esfuerzo (\sigma) = \frac{Fuerza\ aplicada}{Area\ sobre\ la\ cual\ se\ aplica\ la\ fuerza} \quad Ecuación\ (1.1)$$

¹<http://blog.utp.edu.co/metalografia/2012/07/31/2-propiedades-mecanicas-de-los-materiales/>

1.2.2 Deformación

Es también conocida como deformación unitaria y viene hacer la relación entre la longitud total deformada sobre la longitud inicial como se muestra en la figura 1.5, como se sabe todo material que este expuesto a una carga aplicada se deformará indistintamente según su aplicación.

La deformación matemáticamente está representada por la letra griega minúscula épsilon (ϵ) y definido por la ecuación (1.2)²:

$$\text{Deformación unitaria } (\epsilon) = \frac{\text{Deformación total } (\delta)}{\text{Longitud inicial } (L)} \quad \text{Ecuación (1.2)}$$

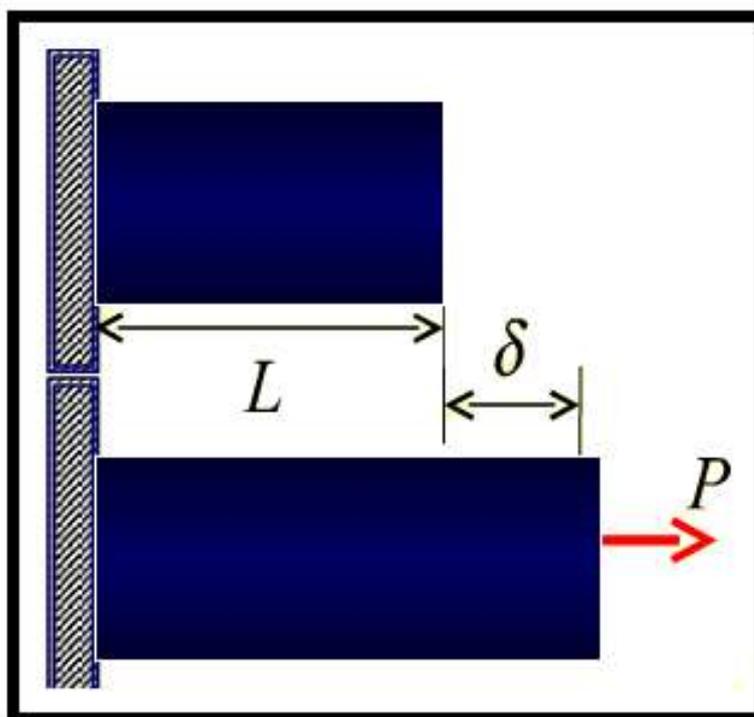


Figura 1. 5Diagrama deformación unitaria

Fuente: [2]

²<http://blog.utp.edu.co/metalografia/2012/07/31/2-propiedades-mecanicas-de-los-materiales/>

1.3. Diagrama esfuerzo vs deformación unitaria [3]

Este diagrama se usa en el ensayo de tensión para caracterizar nuevos materiales y también verificar parámetros de seguridad de los mismos.

Para cualquier material que sea ensayado los resultados son aplicables indistintamente del tamaño de muestras o probetas.

Este diagrama está conformado por el esfuerzo en la ordenada y la deformación unitaria en la abscisa y se lo puede observar en la figura 1.6.

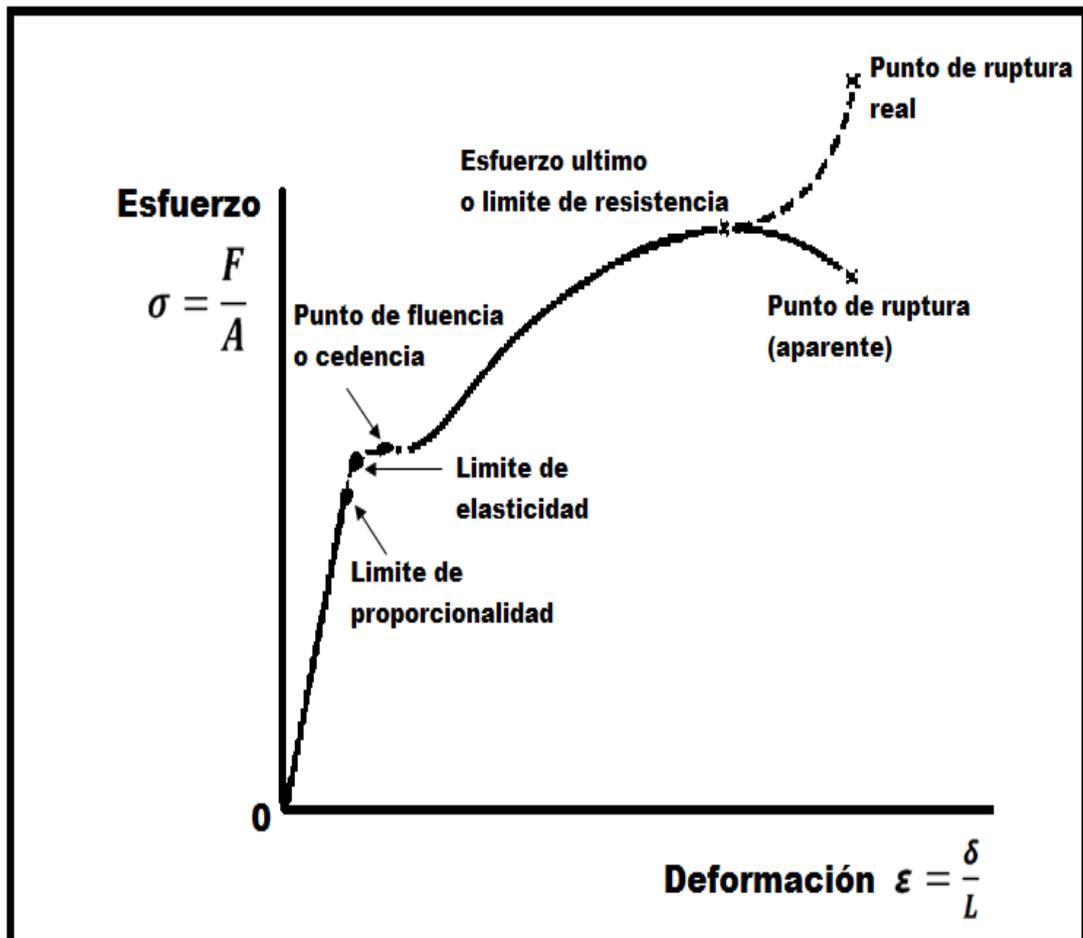


Figura 1. 6. Diagrama esfuerzo Vs deformación

Fuente: [3]

En el diagrama esfuerzo – deformación se puede observar desde el punto cero hasta el límite de proporcionalidad, donde existe un segmento casi lineal el cual indica la proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación, esta proporcionalidad solo llega hasta el límite visualizado en el diagrama, pasado el límite de proporcionalidad el esfuerzo deja de ser proporcional a la deformación.

El siguiente punto está dado por el límite de elasticidad el cual da la característica que el material a perdido su condición de normalidad, quiere decir que al ser este descargado no recuperará su condición inicial y se conoce a esta cambio como deformación permanente.

El punto de fluencia es la transición del material a un estado de estiramiento el cual empieza a deformarse, algunas veces sin necesidad de un aumento de carga, la mayoría de materiales se caracterizan por mantener constante la carga y su deformación aumenta, el límite aparente de proporcionalidad al 0.2 % está asociado al punto de fluencia, este punto ayuda a caracterizar el valor de fluencia en materiales que no lo tienen definido.

El esfuerzo último o límite de resistencia es considerado como la carga máxima que pudo soportar el material y el último esfuerzo en la ordenada del diagrama, como último está el punto de ruptura en el cual el material se fragmenta físicamente.

1.4. Ensayo de tracción

Gracias a la versatilidad que brinda la máquina se pueden realizar varias clases de ensayos en probetas normalizadas, en este caso todo estará basado en la norma NTE INEN 2250:2013 la cual se maneja en la empresa CEDAL S.A para el aseguramiento de la calidad del producto, netamente

esta norma trata de parámetros de calidad en la perfilería de aluminio por lo cual se desea cumplir un requisito fundamental con el ensayo de tracción por ende el estudio está focalizado en el mismo y el proyecto de igual manera.

1.4.1. Ensayo de tracción [4]

Consiste en someter al material a una fuerza estática o gradualmente aplicada como se muestra en la figura 1.7, para medir la capacidad de resistencia a ser separado. Este ensayo determina la ductilidad de un material midiendo la elongación o alargamiento de una porción calibrada de la probeta, midiendo al empezar y al terminar la prueba se sabrá cuánto ésta se deformó.

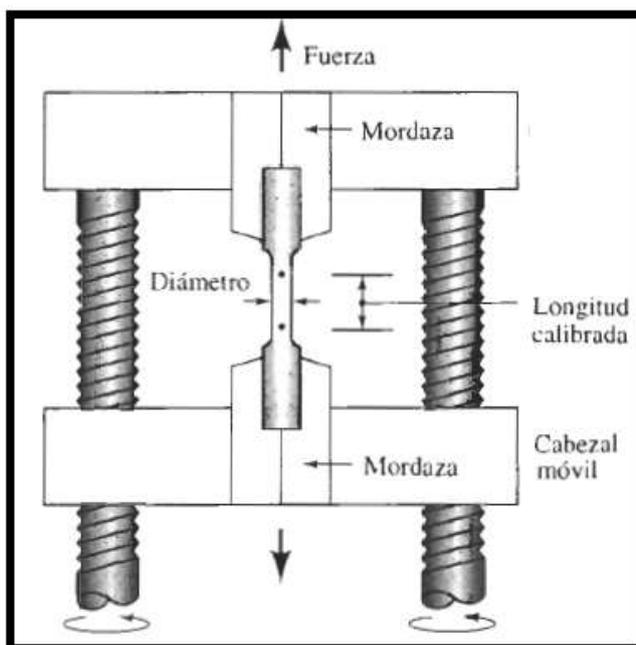


Figura 1. 7. Ensayo de tracción

Fuente: [4]

1.4.2. Realización del ensayo

Por requisito se deberán tomar las medidas de ancho y espesor de la probeta en la zona calibrada con la ayuda de un calibrador y un micrómetro,

estos dos datos servirán para el cálculo del área, como siguiente paso se debe asegurar la probeta en las mordazas de la máquina y se procede con el ensayo.

Al accionar la máquina se deberá aplicar una carga continua conforme la necesidad del ensayo, lo cual permitirá observar que en función de la carga inyectada la probeta variará su forma, esta irá estirándose poco a poco y cambiará su medida hasta el punto de producirse una estricción en el centro de la sección transversal de menor área, el cual irá reduciendo su diámetro inicial conforme la probeta sigue deformándose hasta romperse como se observa en la figura 1.8.

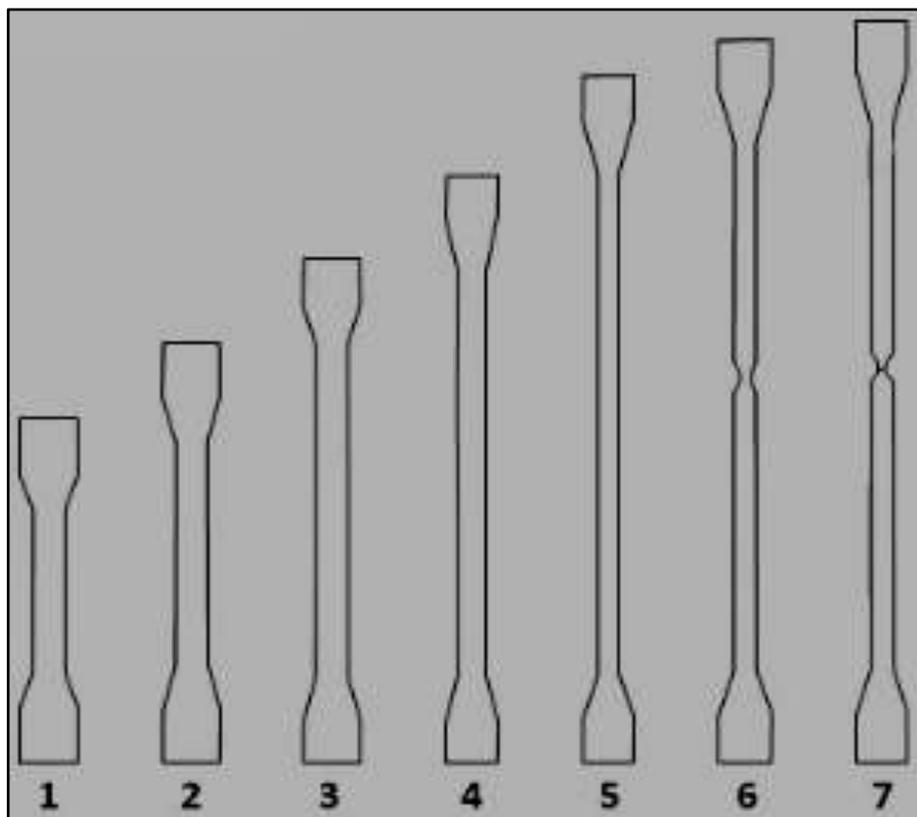


Figura 1. 8. Deformación hasta el fallo en una probeta.

Fuente: [5]

Al registrar el alargamiento de la probeta con cada aumento de fuerza que se realice en la máquina se podrá obtener un diagrama de fuerza-

alargamiento como se muestra en la figura 1.9, el mismo que proyecta gráficamente en el plano que a medida que se aplica fuerza a la probeta, ésta toma un alargamiento reduciendo la sección media de la misma poco a poco hasta llegar al punto máximo en donde al sobrepasarlo, la probeta se romperá.

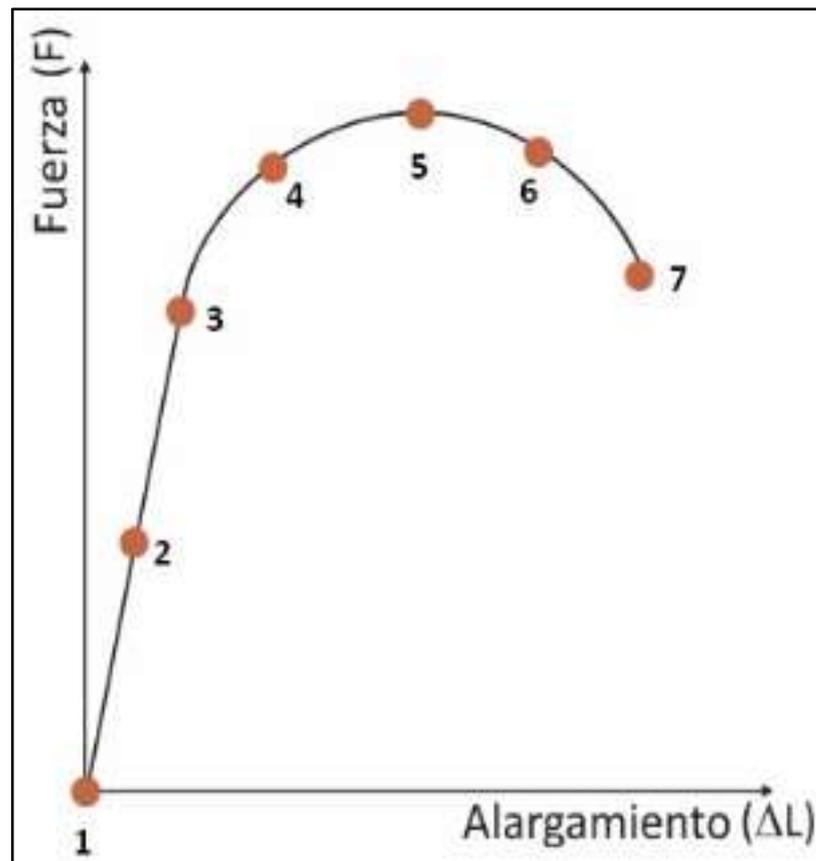


Figura 1. 9. Diagrama Fuerza-Alargamiento

Fuente: [5]

Para centrar más la experiencia en la propiedad del material y no de la probeta se podrá utilizar el diagrama en función del esfuerzo y la deformación unitaria, al usar las ecuaciones antes mencionadas (1.1) y (1.2), mismas que servirán para interpretar la gráfica.

Así se obtendrá un nuevo diagrama que será expresado en Esfuerzo-Deformación unitaria como se puede observar en la figura 1.10, mismo que

contendrá a la zona plástica y la zona elástica del material.



Figura 1. 10. Diagrama Tensión-Deformación unitaria

Fuente: [5]

a) Zona elástica

En esta zona el material recupera su forma original o inicial si se retira la carga aplicada, de esta zona se puede obtener la propiedad llamada límite elástico que es el valor máximo de tensión que puede resistir un material manteniendo su comportamiento elástico.

También se encuentra el módulo de elasticidad (E) que está definido por la pendiente de la recta, es decir la tangente del ángulo entre la relación del esfuerzo aplicado y la deformación como se muestra en la figura 1.11.

Donde:

E = Módulo de elasticidad o módulo de Young.

ε = Deformaciones.

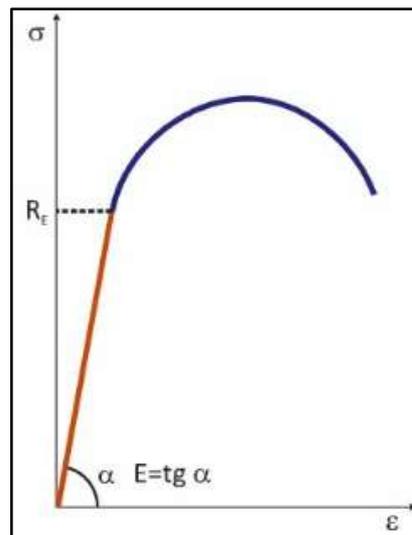


Figura 1. 11. Propiedades encontradas en la zona elástica.

Fuente: [5]

b) Zona plástica

Los alargamientos y deformaciones que se producen en esta zona serán permanentes, es decir que aunque se retire la carga el material no volverá a su estado inicial.

De esta zona se puede obtener propiedades como la tensión de rotura que es la tensión máxima que soporta el material, el alargamiento (A) que es la deformación relativa del material hasta la rotura y se la puede obtener bajo la ecuación (1.3)³. Estas propiedades se encuentran representadas en la figura 1.12.

³<https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/09/ensayos.pdf>

$$\%Al = \frac{L_f - L_o}{L_o} * 100 \quad \text{Ecuación (1.3)}$$

Donde:

L_f =Longitud final de la probeta

L_o =Longitud inicial de la probeta

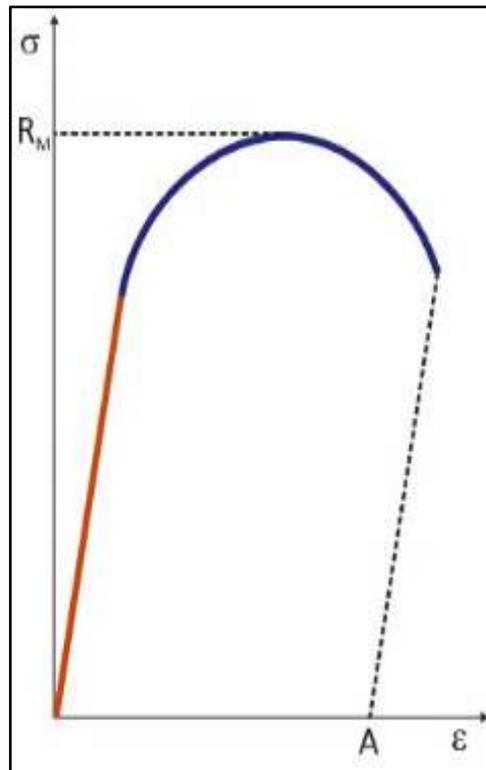


Figura 1. 12. Propiedades de la zona plástica.

Fuente: [5]

1.5. Norma de ensayo de tracción requerida

1.5.1 Norma NTE INEN 2250.2013 (ALUMINIO. PERFILES, BARRAS, VARILLAS Y TUBOS EXTRUIDOS. REQUISITOS E INSPECCIÓN).

Esta norma INEN es la que se va a usar en el proyecto debido a que la empresa la aplica como requisito de aseguración de la calidad de su

perfilería como se observa en la figura 1.13, para la empresa por cuestiones de calidad del producto, le es muy importante cumplir con los requisitos expuestos en la norma, una parte clave para la misma es la verificación de parámetros mecánicos mediante el ensayo de tracción.



Figura 1. 13. Norma usada por Cedal S.A

Fuente: [6]

1.6. Diagnóstico de la máquina Tinius Olsen SUPER "L"

1.6.1. Funcionamiento de la máquina

La máquina se encontró en desuso debido a que anteriormente existía un operario el cual realizaba el ensayo con la ayuda de otra persona, por

motivos personales se supo entender esta persona renunció y la máquina se quedó deshabilitada debido a la falta de conocimiento de otras personas, la máquina se encontró abandonada y con problemas los cuales ya fueron solucionados; se reemplazo la manguera de retorno de aceite que se encontraba rota, se invirtió el giro del motor de la bomba y se consideró necesario realizar un reajuste y limpieza de la misma, la máquina cuando estaba operable generaba datos los cuales se analizaban de forma manual por el operario, tabulándolos y calculándolos para obtener las propiedades mecánicas de los materiales ensayados, cabe recalcar los ensayos se realizaban por dos personas.

1.6.2. Descripción de la máquina universal Tinius Olsen SUPER "L"

La máquina universal Tinius Olsen SUPER "L" es reconocida como una máquina de ensayos hidráulica con un estándar de precisión, dependencia y versatilidad. Se caracteriza por el sistema patentado de carga hidráulico de doble presión y por su marco de carga robusto de cuatro columnas de una rigidez excepcional.

Los sistemas SUPER "L" están garantizados para cumplir las normas ASTM, ISO y otras normas nacionales e internacionales. Con una precisión de $\pm 0,5\%$ de la carga indicada desde 0,2% hasta 100% de su capacidad. Todos los equipos utilizados para calibrar las SUPER "L" están traceados por el Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST).

1.6.3. Datos de la máquina universal Tinius Olsen SUPER "L"

- La máquina universal es una Tinius Olsen SUPER "L" con una capacidad de 120000 Lbf, sus medidas de fábrica se muestra en la figura 1.14.

MODELO	120	
CAPACIDAD	lbf	120,000
	kN	600
	kgf	60,000
ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINA	Stroke in mm	6 152
	Testing Speeds in/min mm/min	0-3 0-76
	Adjustable Crosshead Speed in/min mm/min	12 305
DIMENSIONES DE LA PRENSA:	(A) Clearance Between Screws ⁷ in mm	20 508
	(B) Standard Opening in mm	36 914
	(C) Crosshead Thickness in mm	5.5 140
	(D) Grip Guard Thickness in mm	2.75 70
	(E) Lever Height in	—
	(F) Width ³ in mm	30 762
	(G) Depth ³ in mm	25 635
	(H) Height ^{2, 4} in mm	77 1956
PESO DE LA MAQUINA:	Net lbs kg	4700 2132
	Gross lbs kg	5700 2586

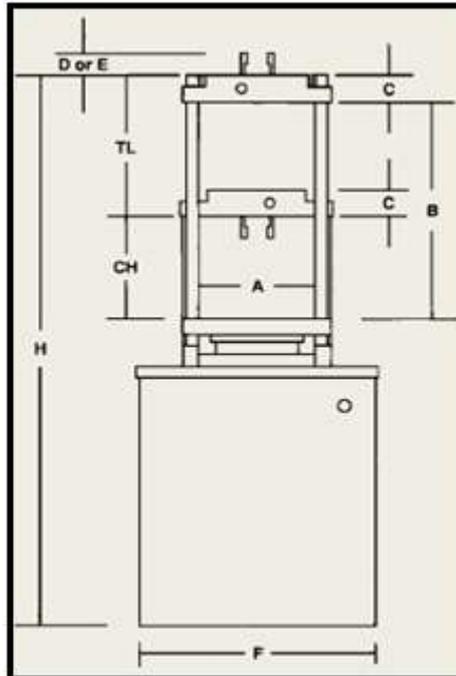


Figura 1. 14. Especificaciones máquina tinius olsen 120000 Lbf

Fuente: [7]

1.6.4. Ventajas y desventajas de la máquina en su condición actual

Ventajas:

- La máquina consta de un sistema de verificación de carga mediante un Display al contrario de las máquinas con las mismas características que funcionan con Dial.
- La máquina consta de todas las herramientas necesarias e implementos para realizar el ensayo a cabalidad.

- La empresa gracias al área de bodega y repuestos de materiales consta en stock de todos los sensores e implementos necesarios para la realización de este proyecto.

Desventajas:

- La máquina por el hecho de estar en desuso requería de un mantenimiento correctivo como reemplazo de piezas y reajuste, para su correcto funcionamiento.
- La máquina consta de un sistema electrónico propio para el manejo y control el cual tiene sensores y circuitos independientes que no se pueden usar porque manejan un protocolo explícito de la marca Tinius Olsen.
- Para la obtención de parámetros mecánicos del material, se realizaba un procesamiento de datos manuales, con cálculos y verificación humana de datos lo cual aumenta el tiempo y disminuye la calidad de los mismos.
- No existe en la empresa ninguna persona capacitada para realizar este tipo de ensayos.

1.7. Definición de señales e interpretación de las mismas

1.7.1 Parámetros identificados para la medición

Parámetros identificados:

- La carga aplicada por la máquina expresada en fuerza (Kgf).
- La probeta sufre un alargamiento o deformación la cual debe ser medida (%).

1.7.2. Determinación analógica de la carga expresada en fuerza

La máquina tiene un sistema electrónico que determina la carga midiendo la variable física mediante un transductor Dynisco de 0 a 1000 psi, se lo puede observar en la figura 1.15, el cual entrega una señal en corriente a un sistema de adquisición propio de la máquina y este a su vez muestra el dato en el display del controlador manual en unidad de fuerza.



Figura 1.15. Transductor dynisco

1.7.3. Determinación del alargamiento o deformación

La máquina consta de un extensómetro de pinza electrónico tipo LVDT, el cual tiene un sistema de adquisición de datos de la propia marca, sus valores de medidas se encuentran mostrados en el display del controlador manual y se lo puede observar en la figura 1.16.



Figura 1. 16. Extensómetro de pinzas eléctrico tipo LVDT

1.8. Sensores y transductores [8]

1.8.1. Sensor

El sensor es un dispositivo que a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que está en función de la variable medida.

El sensor de detección discreta genera una señal por la ausencia o presencia del objeto a medir, esta señal puede ser abierta o cerrada.

El sensor de detección analógica genera una señal continua que variara en amplitud y periodo dependiendo de la magnitud medida.

El sensor es una ayuda en el campo de la automatización, control, medición, procesamiento, monitorización ya que interpreta datos directamente tomados de las variables medidas y mediante circuitos de acondicionamiento entrega señales eléctricas y electrónicas.

1.8.2. Características de un sensor

Como principales y destacadas se tienen las siguientes:

- **Rango de medida:** espectro de valores de la variable medida que se encuentra comprendido dentro de los valores límites superior e inferior de la capacidad de medida de transmisión del instrumento.
- **Precisión:** es la tolerancia de medida o de transmisión del instrumento, es el intervalo donde es admisible que se sitúe la magnitud de la medida.
- **Offset o desviación de cero:** es el valor de la variable de salida en función de la variable de entrada cuando ésta es nula. Cuando la variable de entrada no llega a valores nulos se establece un punto nuevo de offset.
- **Linealidad:** es cuando el valor de la variable de entrada es directamente proporcional al valor de la variable de salida.
- **Sensibilidad:** es la razón de cambio de la salida frente a cambios en la entrada
- **Resolución:** se considera la mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- **Rapidez de respuesta:** es la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- **Derivadas:** es una variación de la señal de salida que se presenta en un período de tiempo mientras se mantienen constantes la variable de medida y todas las condiciones ambientales.
- **Repetitividad:** error esperado de la variable de salida al repetir varias veces la misma medida de la variable de entrada.

Los circuitos de acondicionamientos de señales más conocidos son el puente de wheatstone, amplificadores y filtros electrónicos que acoplan las señales a estándares entendibles para el resto de circuitos.

1.8.3. Tipos de sensores

En la tabla 1.1 se observan algunos tipos de sensores electrónicos.

Tabla1.1
Tipos de sensores electrónicos

Magnitud	Transductor	Característica
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógica
	Encoder	Digital
	Sensor Hall	Digital
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación lineal	Analógica
	Galga extensiométrica	Analógica
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Galga extensiométrica	Analógico
Fuerza y par (deformación)	Triaxiales	A/D
	Membranas	Analógica
	Piezoeléctricos	Analógica
Presión	Manómetros Digitales	Digital
	Turbina	Analógica
Caudal	Magnético	Analógica
	Termopar	Analógica
Temperatura	RTD	Analógica
	Cámaras de video	Procesamiento digital
Visión artificial	Cámaras CCD o CMOS	Procesamiento digital

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

1.8.4. Transductor [9]

El transductor es un dispositivo que tiene la capacidad de transformar el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, dilatación, humedad, etc, en otro tipo de señal normalmente eléctrica.

1.8.5. Tipos de transductores de presión [10]

El campo de aplicación de los instrumentos o medidores de presión es muy amplio debido a que hay presiones mínimas como muy altas.

Como se conoce la presión que se desea medir es la diferencia que viene a ser entre la presión absoluta y la presión atmosférica la cual es conocida como presión del dispositivo, en caso de que se vayan a medir presiones altas la presión atmosférica se hace despreciable ante la medición.

Los instrumentos de presión se caracterizan en tres grupos:

- Mecánicos
- Neumáticos
- Electromecánicos y electrónicos

Una vez conocido el funcionamiento de la máquina en sí, sus dimensiones y componentes, se empieza con un punto que es la capacidad máxima que tiene la máquina, esta se encuentra expresada en fuerza y es de 120000 lbf, este valor expresado en el sistema hidráulico tiene un valor aproximado de 700 Psi, este dato sirve para caracterizar el tipo de transductor que servirá para el proyecto.

Según la caracterización de los transductores y sus medidas de presión se pueden tener diferentes tipos según la aplicación necesaria como se muestran en la figura 1.17.

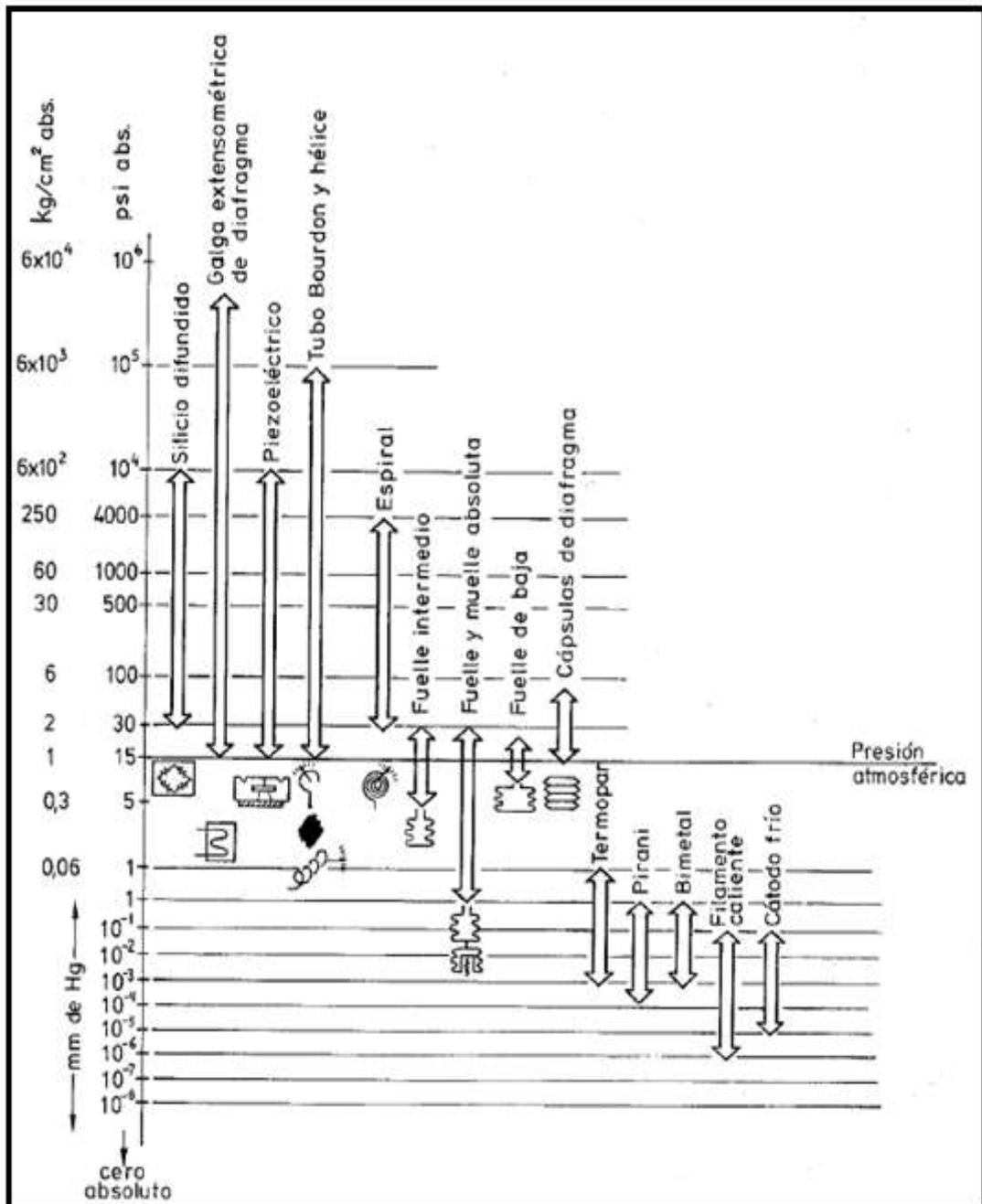


Figura 1. 17. Tipos de Transductores de Presión

Fuente: [10]

Una vez observado los tipos de transductores de presión existentes en sus diferentes gamas de medición, se tiene como conclusión que debido a la aplicación que se va a llevar a cabo en el presente proyecto, de manera técnica sería útil el tipo de transductor electromecánico.

1.8.6. Instrumentos de presión electromecánicos

Los instrumentos electromecánicos están conformados por dos partes que son un elemento mecánico elástico conectado a un transductor eléctrico que genera la señal de salida eléctrica correspondiente.

Por lo general el elemento mecánico consiste en un sistema de palanca que convierte la variable de presión en una fuerza o un desplazamiento mecánico, los diferentes tipos de elementos mecánicos que experimentan el fenómeno físico son: tubo bourdon, espiral, hélice, diafragma y fuelle.

Se puede clasificar los instrumentos electromecánicos según su principio de funcionamiento:

- Transmisores electrónicos de equilibrio de fuerzas
- Resistivos
- Magnéticos
- Capacitivos
- Extensométricos
- Piezoeléctricos

Como se ve los instrumentos electromecánicos se clasifican según el principio de aplicación por lo que se debe reconocer variantes que ayudarán a seleccionar el tipo de transductor.

Se considero las siguientes variantes que pueden afectar al transductor instalado en la máquina, se tiene como principal problema el sistema de bombeo de alta potencia impulsado por un motor y un sistema de cadenas lo cual genera una vibración la que puede afectar la resolución o dar inconvenientes al transductor que se desee elegir, también el hecho de trabajar a temperatura ambiente no sea una variable que afecte con la medición e incluso que tenga un bajo error en el cero.

En este caso después de considerar dichos parámetros se puede observar cuál de los transductores electromecánicos ayudaría según sus propiedades y se las pueden observar en la figura 1.18.

	Margen en bar	Precisión en % de toda la escala	Estabilidad en el tiempo	Sobrecarga	Temp. máx. de servicio °C	Nivel señal salida	Impedancia salida	Error de cero por influencia temp. ambiente	Resolución	Sensibilidad a vibraciones
Equilibrio de fuerzas	2-6000	0,5	Media a mala	150 %	65	10 V	600 Ω	0,9-2,3 %	Continua	Alta
Resistivos	0-0,1 a 0-300	1	Mala	150 %	80	Variac. res.	0-Res. total	0,7-3 %	0,25 %	↓
Magnéticos	Inductancia variable	0,5	Media	150 %	↓	0-5 V	2 kΩ	0,9-2,3 %	Continua	↓
		Reluctancia variable	↓	1	Media	150 %	↓	0-5 V	2 kΩ	0,6-2,4 %
Capacitivos	0,05-5 a 0,05-600	1	Media a buena	150 %	150	↓	5 kΩ	0,5-1,9 %	↓	Media
Galgas extensométricas	Cementadas	0-0,5 a 0-3000	0,5	Mala	↓	120	35 mV	350 Ω	0,5-2,4 %	Alta
	Sin cementar	0-0,01 a 0-600	1	Mala	200 %	↓	↓	350 Ω	↓	↓
	Silicio difundido	0-2 a 0-600	0,3	Muy buena	200 %	107	2-10 V	600 Ω	0,4-1 %	↓
Piezoeléctricos	0,1-600	1	Mala	↓	90	600 mV/bar	1000 MΩ	1-4,8 %	1/5000	Baja

Figura 1. 18. Transductores Electromecánicos

Fuente: [10]

Al verificar la figura 1.18 se concluye que haciendo referencia a los parámetros anteriormente mencionados, se tendrán que las características de los transductores extensométricos y piezoeléctricos son aptos por sus bajas sensibilidades a vibraciones y su bajo error de cero por temperatura ambiente.

a) Galgas extensométricas

Su principio de funcionamiento se basa en la variación del diámetro, longitud y resistencia por la acción de una fuerza o presión la cual somete a un hilo de resistencia a una tensión mecánica.

Existen dos tipos de galgas extensométricas que son:

- **Galgas cementadas**

Está conformada por varios bucles de hilos muy finos que se encuentran pegados a una hoja base de material cerámico, plástico o papel se puede observar en la figura 1.19.

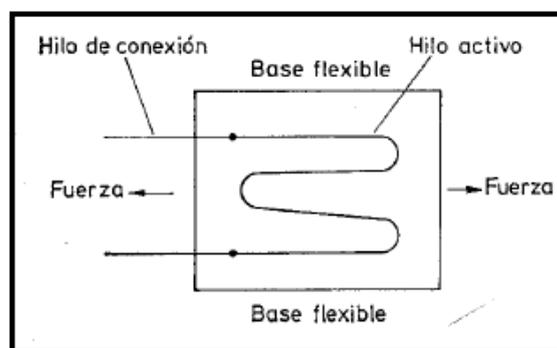


Figura 1. 19. Galga Cementada

Fuente: [10]

- **Galgas sin cementar**

Está conformada por hilos de resistencia los cuales descansan entre un armazón fijo y otro móvil bajo una ligera tensión inicial, se puede observar en la figura 1.20.

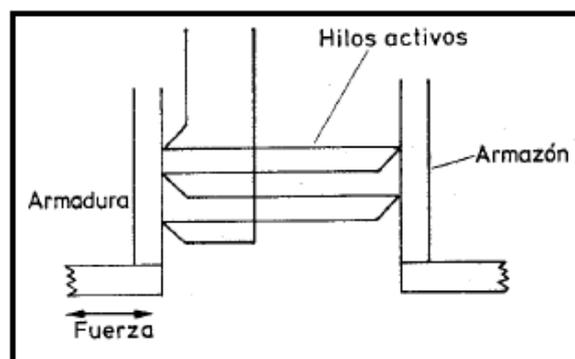


Figura 1. 20. Galga sin Cementar

Fuente: [10]

La galga en general forma parte de un puente de wheatstone como se muestra en la figura 1.21, este cuando se encuentra sin tensión tiene una resistencia eléctrica determinada.

Poniendo que al circuito se le inyecta una tensión nominal la cual genera una pequeña corriente en la resistencia, la que provoca una caída de tensión en la misma y el puente se equilibra para estas condiciones.

Cualquier variación de presión que mueva el diafragma del transductor cambia la resistencia de la galga y desequilibra el puente.

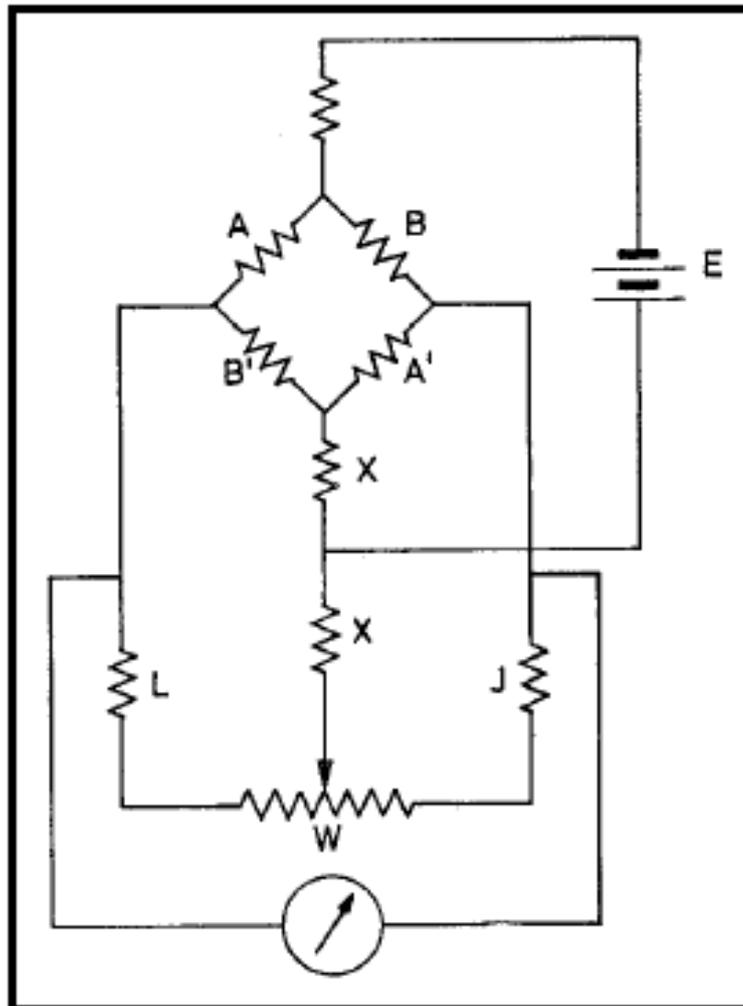


Figura 1. 21. Puente de wheatstone para galga

Fuente: [10]

- **Transductor de presión de silicio difundido**

Consiste en un elemento de silicio situado dentro de una cámara conteniendo silicona que está en contacto con el proceso a través de un diafragma flexible. Este sensor está fabricado a partir de un mono cristal de silicio en cuyo seno se difunde boro para formar varios puentes de wheatstone constituyendo así una galga extensométrica auto contenida, se la puede observar en la figura 1.22.

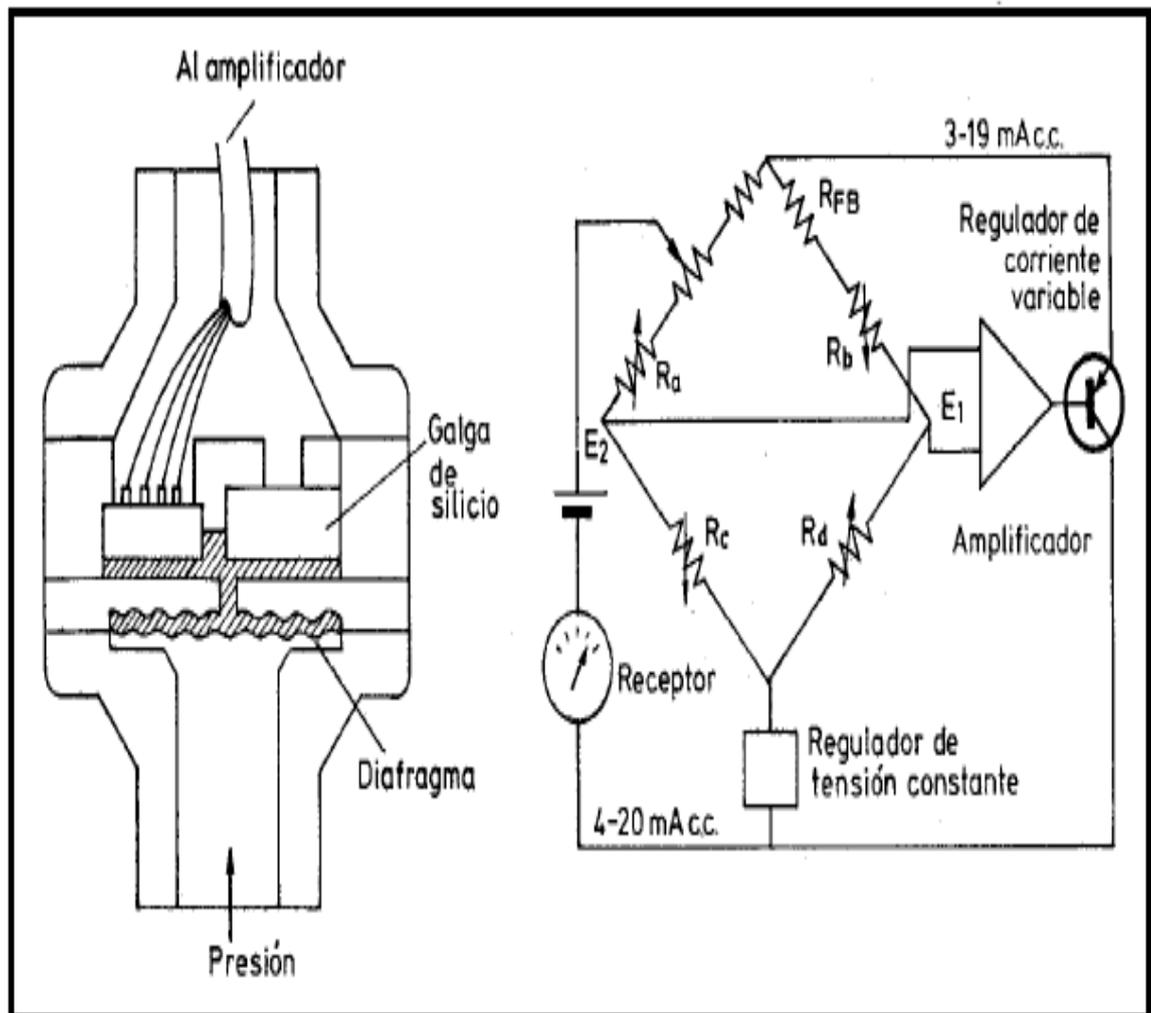


Figura 1. 22. Transductor de presión de silicio difundido y su Puente de wheatstone

Fuente: [10]

b) Transductores piezoeléctricos

Son materiales cristalinos que al ponerse en contacto con una presión, esta se deforma y produce una señal eléctrica como se observa en la figura 1.23.

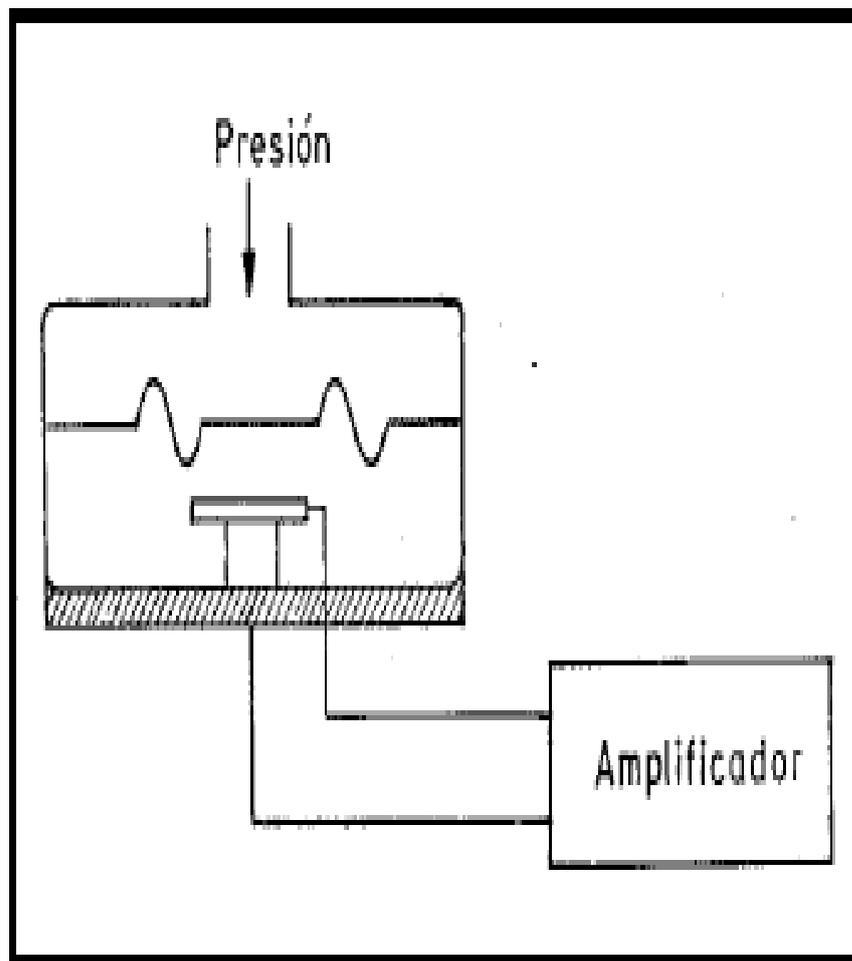


Figura 1. 23. Transductor piezoeléctrico

Fuente: [10]

Los materiales típicos en estos transductores son el cuarzo y el titanato de bario, pudiendo ser capaz de soportar temperaturas de hasta 150 °C en servicio continuo y 230 °C en servicio intermitente.

Son de ligero tamaño y construcción robusta, su señal es considerada como lineal a la variación de presión y es efectivo para medidas dinámicas al ser capaces de tener respuestas frecuenciales de un millón de ciclos por segundo. Se consideran sensibles a los cambios de temperatura y de experimentar derivada en el cero y en caso de fuerte choque un ajuste de impedancias, su señal también se considera como débil por lo que se hace necesario un acondicionamiento de la misma teniendo la desventaja de tener mayor errores en la salida.

1.8.7. Sensor de deformación

Para la aplicación del presente proyecto se toma como referencia los posibles sensores que se podrían usar, estos ayudan a medir desplazamientos o deformaciones en un material y así detectar la variación de longitud, se los conoce también como deformímetros en este caso se podría llamar a tres tipos que son:

- **Extensómetro eléctrico**

Es un instrumento que sirve para medir cambios de dimensiones lineales, se lo puede observar en la figura 1.24, también es conocido como indicador de deformación, este sistema está basado en la tecnología de galgas de deformación, este instrumento detecta deformaciones tan pequeñas las cuales no son visibles ni para el ojo humano, se considera eléctrico porque mide la variable de distancia y la expresa en una señal eléctrica, esto depende netamente de las características de fabricación tanto como rangos y propiedades del mismo, una de las cualidades de este extensómetro es que esta directamente en contacto con el material o probeta a ensayar.



Figura 1. 24. Extensómetro eléctrico

Fuente: [11]

- **Reloj comparador analógico**

Se lo usa para comparar medidas que se encuentren en un cierto intervalo como su nombre lo dice y se lo muestra en la figura 1.25, la aguja del reloj puede desplazarse para cualquiera de los lados que están obviamente designados con un (+) y un (-) esto es para diferenciar a qué lado se mueve la aguja tiene un disco graduado giratorio el cual permite colocar en cero a la aguja, consta también de un contador de vueltas obviamente esto depende del fabricante o modelo y rango de medida.

Su funcionamiento esta dado de manera que al mínimo movimiento del husillo se amplifica mediante un tren de engranes que desplazan la aguja en forma angular sobre la caratula graduada del dispositivo, este instrumento necesita de un aditamento para quedar sujetado.

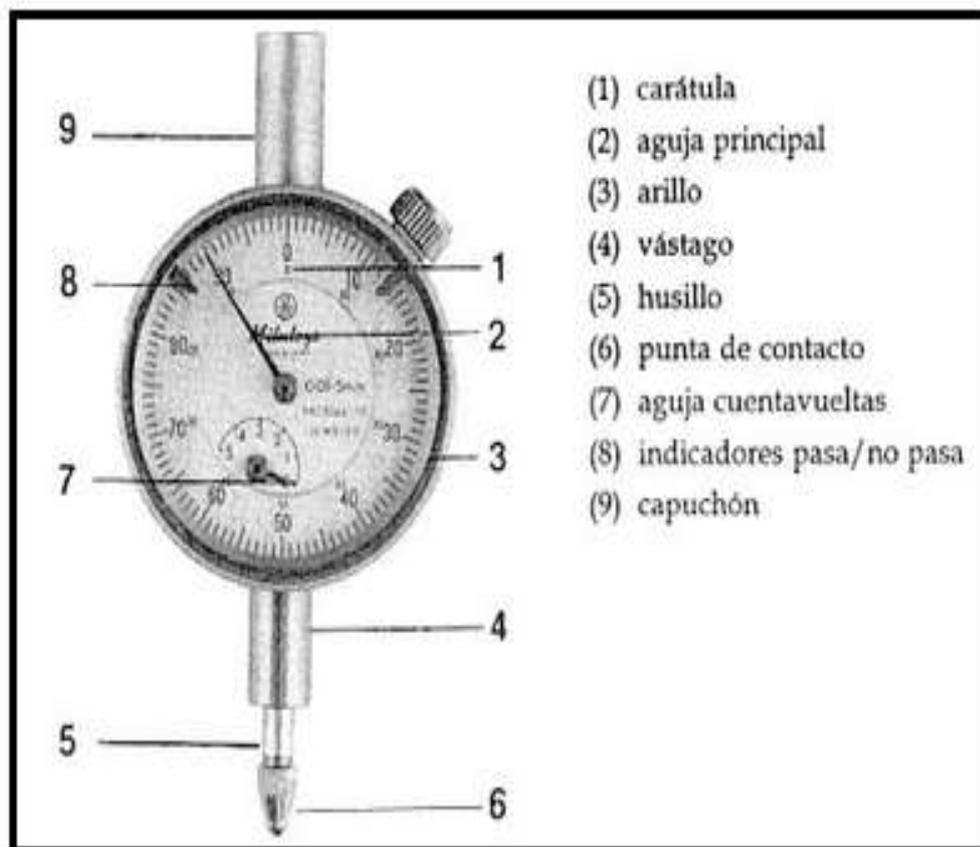


Figura 1. 25. Reloj comparador analógico

Fuente: [12]

- **Reloj comparador Digital**

Tiene la misma función del reloj analógico con la diferencia que este tiene más ventajas y su mecanismo de funcionamiento es distinto, como se sabe este reloj ayuda a comparar medidas según el rango aplicado, internamente posee un indicador electrónico el cual interpreta datos que se visualizan en una pantalla digital donde se muestra una escala numérica, tiene la ventaja de poder variar las unidades ya que el sistema es mucho

más cómodo para el usuario, se lo puede observar en la figura 1.26.



Figura 1. 26. Reloj comparador digital

Fuente: [13]

1.9. Señales analógicas y digitales

1.9.1. Señal [14]

La señal es considerada como una magnitud a la cual se la puede medir de diferentes maneras ya que transmite información y varía con respecto al tiempo, y pueden ser de dos tipos:

- **Señal Analógica**

La señal analógica es aquella que presenta una variación continua con el tiempo, al decir continua se quiere decir que puede tomar infinitos valores dentro de un rango. Está representada por una función matemática continua en la que varía su amplitud y periodo, como se observa en la figura 1.27.

Esta señal varía en forma continua entre los límites superior e inferior, las variables por lo general de este tipo son eléctricas como la intensidad, tensión y potencia. Una grande falencia de esta señal es que en cualquier circuito o comunicación electrónica son susceptibles al ruido lo cual genera un desfase no deseado en la señal original por lo cual debe ser acondicionada para ser procesada.

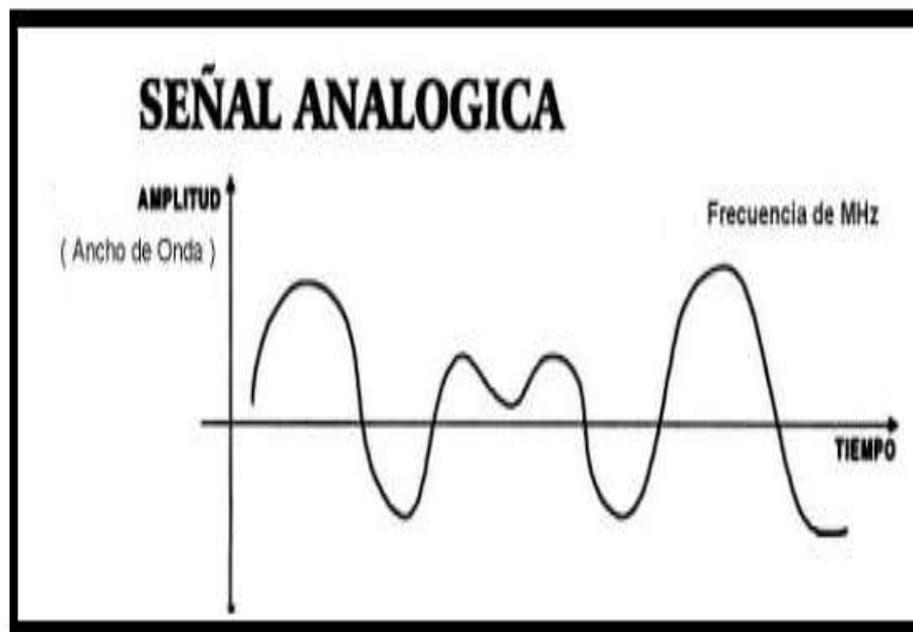


Figura 1. 27. Representación gráfica de una señal analógica
Fuente: [15]

- **Señal Digital**

La señal digital es aquella que presenta una variación discontinua con el tiempo y que sólo puede tomar ciertos valores discretos, su forma característica o señal básica es una onda cuadrada (pulsos) y las representaciones se realizan en el dominio del tiempo. Estos valores son conocidos como discretos y se representan en códigos binarios o de dos estados lo que se convierte en una combinación de ceros y unos se la puede observar en la figura 1.28.

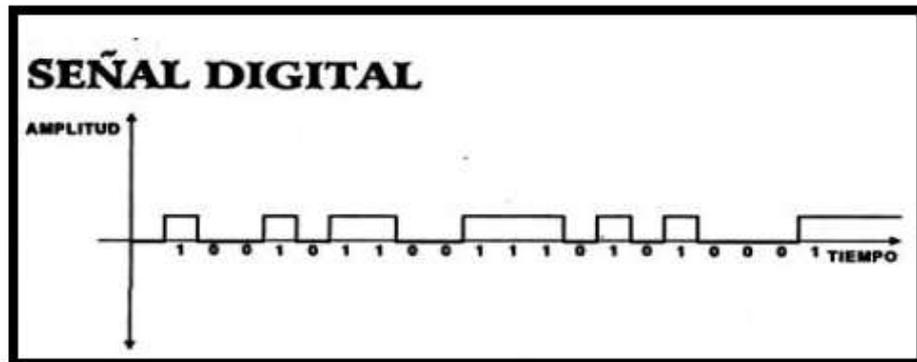


Figura 1. 28. Representación gráfica de una señal digital

Fuente: [15]

- **Ventajas de las señales digitales**

- Son fácilmente reconocibles e interpretables al dar así una ventaja en su procesamiento en cualquier software de edición.
- Cuando su señal es atenuada puede ser reprocesada, amplificada y reconstruida gracias a su sistema de regeneración de señal.
- Tiene un sistema de detección de error, cuando la señal llega al receptor el cual lo reconoce y la corrige.
- Las señales digitales son menos propensas a ser afectadas por cuestiones ambientales o el ruido que es el principal problema en las señales analógicas.

- **Desventajas de las señales digitales**

- Si no está bien sincronizado los tiempos de reloj entre el transmisor y el receptor existe un desfase el cual se debe rectificar para tener una señal lineal.
- La señal digital requiere mayor ancho de banda que la señal analógica para ser transmitida.
- Pérdida de calidad en el muestreo.

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO, SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ANALÓGICO - DIGITAL

2.1. Sistema de adquisición de datos [16]

Un sistema de adquisición de datos se caracteriza como un proceso para identificar fenómenos físicos, señales eléctricas y medirlas mediante un computador estas pueden ser voltaje, corriente, temperatura, presión, fuerza o sonido. Este sistema está formado por un conjunto de variables y componentes que llegan al fin de tener una lógica ordenada y expresarlos de una manera amigable y entendible.

El sistema de la figura 2.1 está constituido por sensores, hardware de medidas y un PC con software programable. La versatilidad de este sistema ayuda a facilitar el procesamiento y análisis de las señales tanto como la visualización y facilidades de conexión de una manera más potente, segura y rentable.

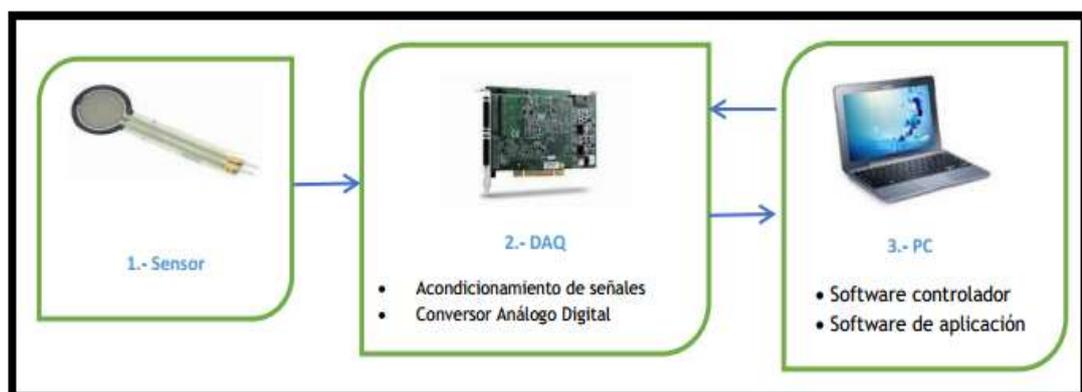


Figura 2. 1. Sistema de adquisición de datos

Fuente: [17]

Sensores y transductores ya fueron mencionados en la sección 1.7

2.1.1. Dispositivo DAQ

El dispositivo DAQ es el Hardware que realiza la interfaz que existe entre la computadora y las señales que se desee adquirir, en el entorno de los fenómenos físicos exteriores.

Funciona netamente como un dispositivo que digitaliza las señales analógicas entrantes para que de esta manera el PC las pueda interpretar, el sistema DAQ necesita de los siguientes componentes para medir una señal son:

- Acondicionamiento de señales.
- Convertidor analógico – digital
- Un bus de PC

2.1.2. Acondicionamiento de señales [18]

Este proceso ayuda a interpretar los datos que expresan los sensores en señales que la tarjeta de adquisición de datos pueda manejarlos, por lo general estas tarjetas aceptan niveles de tensión -10V a 10V, 0 a 10V, 0 a 5V.

Las funciones principales que se debe realizar en el acondicionamiento de señal son:

- Transformación
- Amplificación
- Conversión por medio de optoacopladores
- Filtrado
- Excitación
- Linealización

- **Transformación:** la característica de los sensores es que expresan diferencias de potencial o variables de intensidad, las tarjetas de adquisición de datos admiten valores en diferencias de potencial por lo que los sensores que expresan salidas de intensidad hay que transformarlas.
- **Amplificación:** la señal de salida de los sensores por lo general son valores muy pequeños los cuales no pueden ser tomados por la tarjeta de datos, debido a esto deben ser amplificadas con el fin de que las señales sean tomadas correctamente por la tarjeta, se desea que la amplificación recorra todo el rango de la tarjeta con el fin de suprimir ruidos y no tener problemas en la transmisión.
- **Conversión por medio de optoacopladores:** este proceso en si es la conversión de señales eléctricas a señales ópticas, de luz. Su objeto es separar los sistemas eléctricos de la tarjeta de adquisición con los sensores para evitar la conexión de masas comunes ya que en algunos casos producen problemas de derivación de corrientes.
- **Filtrado:** el objeto de este filtrado es llevar la señal del sensor a la tarjeta de adquisición de datos lo más limpia posible suprimiendo picos de frecuencia más conocidos como ruido de alta frecuencia los que afectan la precisión del sistema de adquisición de datos.
- **Excitación:** la gran mayoría de sensores necesitan una excitación para producir la variación proporcional a la magnitud a medir, estas pueden ser tensión o corriente.
- **Linealización:** de todos los sensores no se puede caracterizar que son totalmente lineales, quiere decir que la señal medida es proporcional a la de salida por lo que es necesario realizar cálculos para determinar la linealidad correcta del sensor.

2.1.3. Tarjeta de adquisición de datos

Las principales funciones de la tarjeta de adquisición de datos son las siguientes:

- Conversiones de señales analógicas – digitales ADC.
- La comunicación con la PC.

Las características más importantes de la tarjeta de adquisición de datos:

- Números de canales analógicos
- Velocidad de muestreo
- Resolución
- Rango de entrada
- Capacidad de temporización
- Forma de comunicación con el computador

- **Número de canales analógicos:** este valor de canales indica directamente cuantas señales y magnitudes distintas que se puede adquirir, por lo general las tarjetas contiene un solo ADC y los diferentes canales son generados por un multiplexor analógico.

- **Velocidad de muestreo:** para una mejor representación de la señal analógica se debe tener una alta velocidad de muestreo, como recomendable es que la velocidad de muestreo supere el doble de la frecuencia de la señal que queremos muestrear.

La velocidad de muestreo depende de los canales que se desee tener activos, el número de muestras por segundo disminuirá debido a la cantidad de canales que se desee usar expresando esta disminución en el valor obtenido en cada canal. Por lo general las tarjetas muestran en sus especificaciones el valor de velocidad de muestreo del ADC.

- **Resolución:** está ligada netamente al número de bits que tiene el ADC los cuales representan cada muestra, esto quiere decir que a mayor número de bits del ADC podrá ser capaz de detectar variaciones menores en la señal.
- **Rango de entrada:** estos valores ayudan a verificar el rango en el cual la señal debe estar contenida.

Existen 4 características que ayudaran a determinar la capacidad y precisión de la tarjeta de adquisición de datos:

A mayor número de canales (**mayor capacidad**)

A mayor velocidad de muestreo (**mayor capacidad**)

A mayor resolución (**mayor precisión**)

A menor rango de entrada (**mayor precisión**, con los mismos bits de resolución se podrá representar un menor rango)

- **Capacidad de temporización:** esta opción asegura que la tarjeta de adquisición de datos dé un ambiente el cual ayude a interpretar las señales en tiempo real, tiene las siguientes funciones adicionales:
 - Puede verificar y controlar la señal en el momento que se desee leer.
 - Recopilar datos de cuantas veces se ha producido un evento o cambio.
 - Generar formas de onda de acuerdo al reloj
- **Forma de comunicarse con el computador:**
 - Comunicación paralela
 - Comunicación serial

2.1.4. Conversión analógico - digital

El proceso ha seguir es el siguiente:

- **Muestreo de la señal analógica:** para ser muestreada la señal analógica, se debe tomar el valor instantáneo de la señal en un momento determinado, como esto es una señal continua se debe tomar a intervalos regulares los cuales deben tener un periodo de muestreo fijo entre medidas.

Un factor clave en la recolección de datos es el ritmo o frecuencia en las que se toman las medidas. Un gran punto de quiebre en el muestreo es que tipo de frecuencia de muestreo se debe usar, para esto existe el teorema de Nyquist el cual ayuda a verificar la mínima frecuencia, que represente de manera precisa una señal analógica.

Teorema de Nyquist: el objetivo en una adquisición es construir una señal muestreada de una manera fiel, el teorema dice que la frecuencia de muestreo mínima debe ser el doble de la frecuencia de la señal que se va a medir, para que la señal que se va a reconstruir sea fiable se deben obtener muestras que vengan de una frecuencia unas diez veces mayor a la frecuencia de la señal a evaluar.

Existen desventajas al momento de no tomar en cuenta la frecuencia de muestreo recomendada por nyquist, la cual dice que si esta es superior obtendríamos una representación más alta de la señal de entrada pero la diferencia es que mientras más alta es la frecuencia de muestreo más alto es el número de muestras por segundo que se debe procesar por ende los procesadores deben ser más potentes o realizar menos procesamientos en la muestra. Al contrario lo que pasa si la frecuencia de muestreo es inferior a la recomendada se genera un fenómeno llamado **Aliasing** como se observa

en la figura 2.2, este fenómeno genera una señal de frecuencia más baja al momento de reconstruir una señal y presenta el hecho de que las muestras se pueden unir para crear una onda más baja que es totalmente distinta a la onda original.

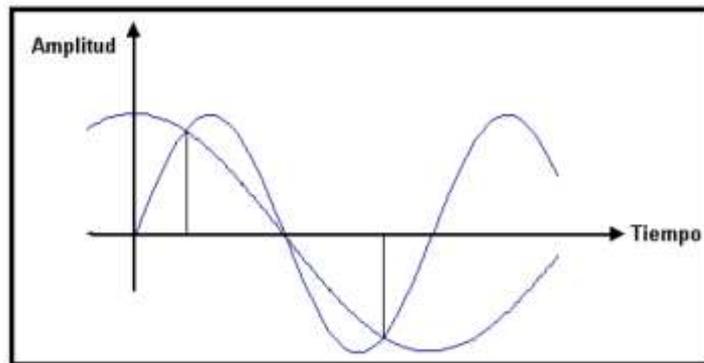


Figura 2. 2. Fenómeno Aliasing

Fuente: [18]

- **Cuantificación de la señal analógica:** al saber el proceso de muestreo de la señal se procede a cuantificarla, se empieza por tomar valores de la senoide que son representados por voltaje estos se transforman en valores numéricos decimales discretos los que son tomados de la señal analógica original en diferentes puntos de la onda como se muestra en la figura 2.3.

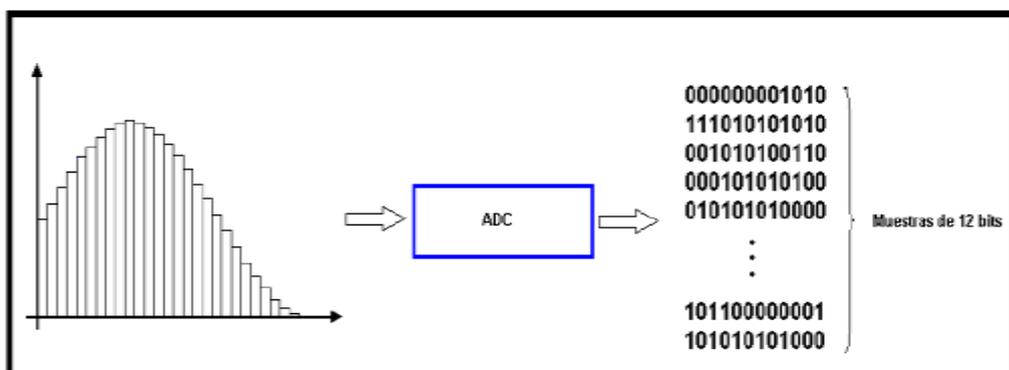


Figura 2. 3. Cuantificación

Fuente: [18]

2.2. Selección e implementación de los sensores del sistema de adquisición de datos.

Ya conocido el método práctico de ensayo de tracción y las variables necesarias a medir, la manera de acondicionarlas y procesarlas con la ayuda de un software y una tarjeta de adquisición de datos para su futura representación lógica en un ordenador.

Para la visualización de resultados se necesitara de dos sensores los cuales serán seleccionados e implementados a continuación.

2.2.1. Selección e implementación del transductor de presión

La máquina consta de un transductor el cual genera un dato patrón para el nuevo transductor, debido a que viene implementado propiamente en la máquina, este dato es expresado y visualizado en el controlador manual, esta acotación es debido a que el sistema que se desea instalar funcionara independientemente al de la máquina.

Lo óptimo en una selección es verificar valores limites a medir, en este caso se guiará la mejor elección en base a la presión que genera el sistema hidráulico de la máquina, se debe verificar la capacidad máxima de carga que genera la máquina, en este caso es 120000 lbf las cuales llevadas a unidades de presión hidráulica en función del área del pistón genera un valor aproximado de 700 Psi, según el análisis realizado en la sección 1.8.6 se determinó que los transductores electromecánicos son óptimos para el proyecto derivando así dos tipos que son los transductores piezoeléctricos y las galgas extensiométricas.

Se seleccionó una galga extensiométrica, debido a que consta de una excelente estabilidad en el tiempo y un bajo error en su señal por motivo de vibraciones.

La empresa tiene un departamento de bodega el cual se encarga de verificar los repuestos y compras, lo que ayudo a consultar la disponibilidad de los transductores en stock, según la necesidad del proyecto, la presión máxima ejercida por la máquina se definió que es aproximadamente 700 Psi, por lo que este dato sirvió para la verificación de los transductores existentes, lo que llevo a una respuesta favorable, que existe un transductor que cumple con las variantes anteriormente mencionadas y su capacidad es de 0 a 60 Bar lo que representándolo en un valor aproximado es 870 Psi, llegando así a analizar que es factible para el proyecto ya que está dentro del rango de carga máximo requerido de la maquina e incluso se tiene un porcentaje de sobrecarga considerable en caso de ser necesario, debido a que el costo de este tipo de instrumentos es elevado se optó por aprobar esta selección y usar lo más óptimo y viable ofrecido por la empresa, cabe recalcar que la máquina de ensayos universales que se encuentra en la empresa se adquirió netamente con el fin de realizar ensayos de tracción para corroborar requisitos indispensables estipulados en la norma que acredita la calidad de perfilaría de esta empresa, para el ensayo de tracción en las probetas de aluminio se detecto que no es necesario la capacidad máxima de la máquina, resultando que ni una cuarta parte de la fuerza es aplicada en este ensayo por lo que es apto acondicionarla señal del transductor seleccionado para obtener una elevada precisión en la generación de resultados.

Se ha seleccionado el Transductor NEW – FLOW el cual se muestra en la figura 2.4, serie PT3100 con un rango de 0 a 60 Bar con una alimentación de 8 a 30V DC y una salida de 4 a 20 mA.



Figura 2. 4. NEW – FLOW (PT3100)

Fuente: Catalogo transductor NEW - FLOW

Este transductor se instaló con un acople independiente al existente para evitar interferencias entre ambos como se muestra en la figura 2.5, en la implementación se usó:

- Una T de un ¼”
- Una unión de ¼”
- Teflón



Figura 2. 5. Instalación del Transductor NEW – FLOW (PT3100)

Consta de un conector macho y un conector hembra de 4 pines enumerados, su diagrama de conexión se muestra en la figura 2.6.

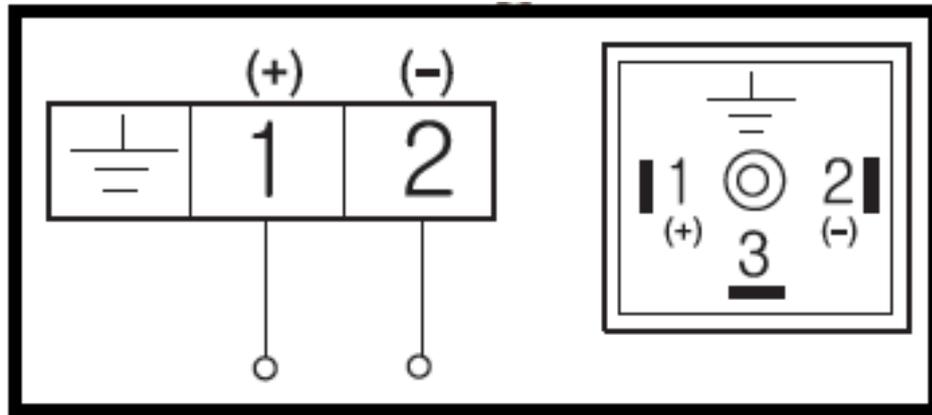


Figura 2. 6. Pines de conexión del transductor

Fuente: Catalogo transductor NEW - FLOW

El transductor se debe conectar de la manera como se muestra en la figura 2.7:

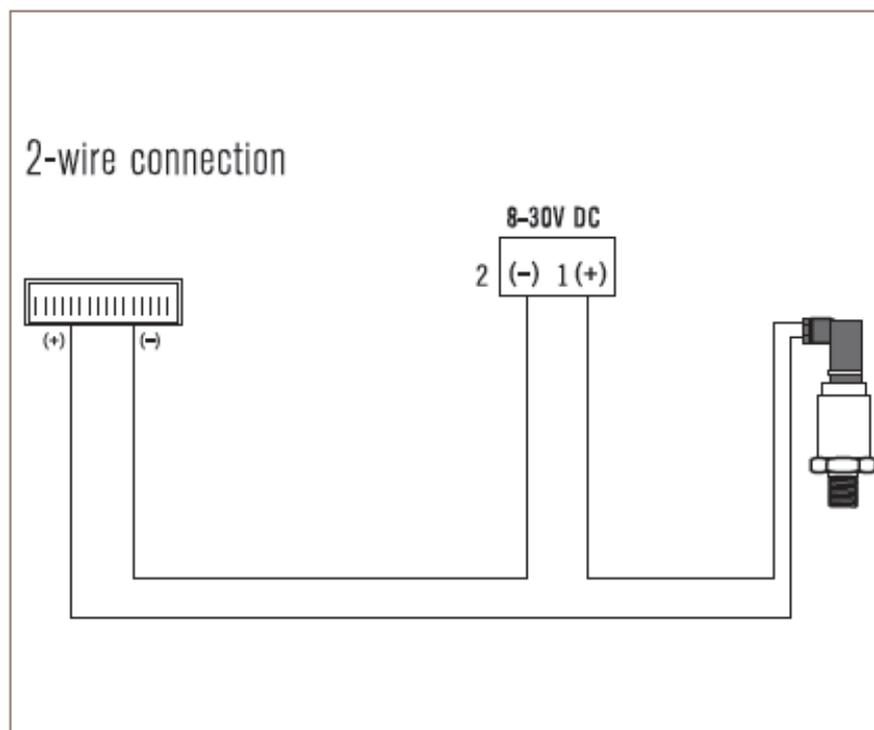


Figura 2. 7. Conexión del transductor

Fuente: Catalogo transductor NEW - FLOW

2.2.2. Acople del sensor de deformación

En este caso se ha acoplado el extensómetro electrónico que tiene la máquina, este mide la deformación de la probeta en función de la carga axial que se le aplica, este extensómetro toma la medida por medio de sus bordes que constan de cuchillas las cuales hacen contacto directo con la probeta como se observa en la figura 2.8, una de estas cuchillas esta fija en su posición, la otra se encuentra en un brazo móvil. El brazo móvil es en realidad un brazo pivotante tiene dos extremos el uno es el filo de la cuchilla y el otro está unido a una armadura que se mueve a través de una bobina de LVDT, entrega un voltaje de salida CA proporcional al desplazamiento de su núcleo, se uso un osciloscopio para verificar el valor pico de voltaje y los canales de salida del sensor obteniendo una señal aproximada de 4V, conocido este valor se considero que es seguro llevar la señal hasta la DAQ para su acondicionamiento en el software, cabe recalcar que este extensómetro viene calibrado de fábrica para una distancia inicial de 50 mm y su valor expresado en el display del controlador manual se lo da directamente en % debido a esto hay que simplificar la señal y repetirla en el software del proyecto a continuación se observa en la figura 2.9 el módulo LVDT y el extensómetro electrónico.



Figura 2. 8. Extensómetro en la probeta



Figura 2. 9. Extensómetro y módulo LVDT

2.3. Diseño y selección del circuito electrónico que permita el acondicionamiento de señales

Para poder seleccionar y verificar el sistema que ayude a interpretar las señales necesarias se debe resumir cuales son los parámetros necesarios a acondicionar, en la tabla 2.1 se muestra los tipos de señales de los sensores.

Tabla 2.1.

Señales emitidas por los sensores

	Clase de Señal	Tipo de salida o Resolución	Requerimientos de energía de alimentación
Transductor de presión Electromecánico	Analógica	0 – 20 mA	8 – 24V DC
Extensómetro electrónico	Senoidal	VCA	Propia del sensor

2.3.1. Selección de la tarjeta de adquisición de datos

Para la selección de la tarjeta de adquisición se basará en un factor fundamental que es la resolución, número de canales a usar y costo.

Se sabe que mientras mayor versatilidad tenga una tarjeta mayor será el costo de la misma por lo que para el presente proyecto se está optimizando este sistema usando el criterio técnico necesario para el mismo, se va a necesitar de dos canales analógicos por lo que no es necesario tener gran cantidad de los mismos, la resolución es un punto fundamental el cual se ha determinado sea de 16 bits en el ADC ya que tiene una velocidad de muestreo alta y permite tener una resolución excelente con diferencia de las de 8 bits, y por costos no convendría de 24 bits además de ser usada para aplicaciones muchos más específicas.

Una vez conocidos los requerimientos enunciados anteriormente se procedió a la búsqueda de la tarjeta que cumpla con las condiciones necesarias para el proyecto, la necesidad fue generada nuevamente en bodega la cual supo mencionar que posee una tarjeta de adquisición de datos la cual fue adquirida pero no se encuentra en uso, se procedió a revisar las características de la DAQ ofrecida para comparar con los requerimientos necesarios en la selección, una vez hecha la comparación se llegó a la conclusión de que era factible el uso de la misma ya que cumple con el número de canales necesarios como también la velocidad de resolución estimada, se reviso su funcionamiento y se verificó que se encuentra en perfectas condiciones, al saber que cumple con los requerimientos antes mencionados además de ser versátil y funcional, se recalca que la tarjeta es un beneficio en relación a costos por lo que es muy importante pegarla al proyecto debido a que está en perfecto funcionamiento y sería innecesario adquirir otra por parte de la empresa, la tarjeta de adquisición de datos que se usara en el proyecto es la NI my DAQ,

sela puede observar en la figura 2.10.

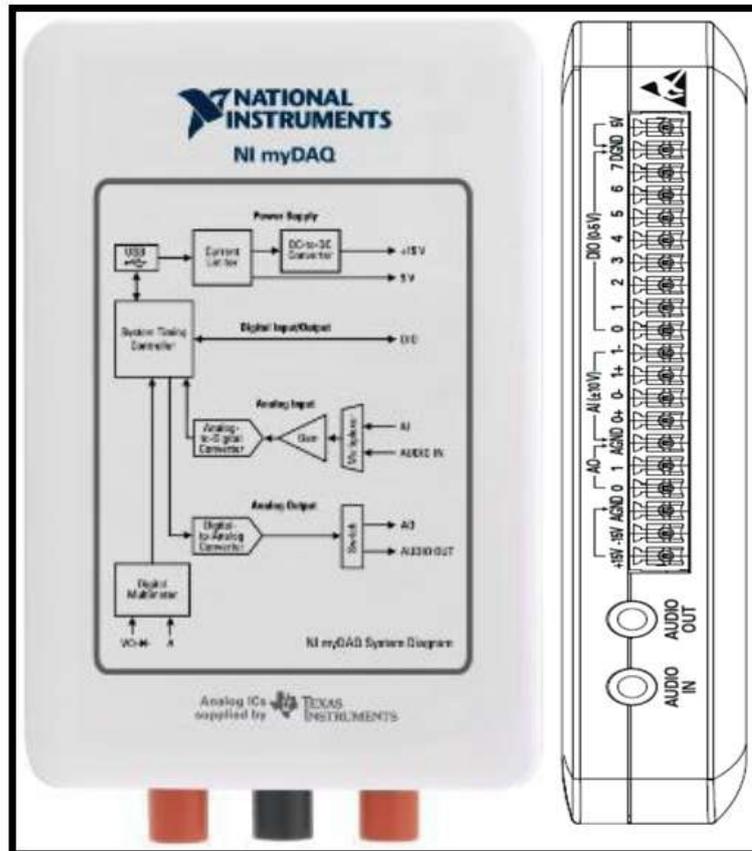


Figura 2. 10. Grafica NI my DAQ y configuración de pines

Fuente: My DAQ manual en español

Las especificaciones técnicas de la tarjeta NI my DAQ se pueden ver en la tabla 2.2.

Tabla 2.2.

Especificaciones técnicas NI my DAQ

Nº Canales Entradas analógicas	2 o 1 entrada de audio estéreo
ADC Resolución	16 bits
Velocidad máxima de muestreo	200 kS/s
Tiempo de resolución	10 ns
Rango de entradas analógicas	± 10 V, $\pm V$ 2, DC - junto
Salidas analógicas	Dos de tierra – referencia o una salida de audio
E/S digitales (número de líneas)	8; DIO <0...7>
Control de dirección	Cada línea individual programable como E/S
Nº de contadores / temporizados	1
Resolución	32 bits

2.3.2. Conexión de los sensores a la NI my DAQ

El sensor de presión será alimentado por una fuente de poder de 18.5V junto con el uso de un condensador cerámico y un electrolítico con el fin de ayudar en la reducción del ruido, el extensómetro electrónico tiene su propia alimentación, lo que se hizo es tomar la señal senoidal de salida y acondicionarla a su medida patrón indicada en porcentaje en el controlador manual de la máquina:

2.3.3. Alimentación de los sensores seleccionados

El sensor de presión se encuentra alimentado por un adaptador de corriente CA, se lo puede observar en la figura 2.11, el cual se ha seleccionado por su estabilidad y diseño del mismo ya que este es un adaptador de computadora portátil.



Figura 2. 11. Representación gráfica de adaptador de corriente CA

Las especificaciones técnicas del adaptador de corriente CA se muestran en la tabla 2.3:

Tabla 2.3.

Especificaciones técnicas adaptador de corriente CA

Marca	Hp
Tensión de entrada	AC 100 – 240 V (1.6 A)
Tensión de salida	DC 18.5 V (3.5 A)

2.3.4. Conexión de transductor de presión electromecánico

El transductor de presión se alimenta con una fuente de voltaje de 18.5VDC se sabe que en todo sistema electrónico puede existir ruido, en este caso se tiene variables como el circuito electrónico de control y en parte la vibración que existe cuando la máquina está en funcionamiento por lo que el valor de salida del sensor es afectado, de esta manera se ha procedido a realizar un filtrado digital en el software con esto se dio más nitidez a la señal de salida, en la tabla 2.4 se puede verificar la identificación de la conexión física del transductor con su respectivo cableado.

Tabla 2.4.

Conexión del transductor a NI my DAQ

Sensor	Colores de cables	Pines de transductor	Pines NI my DAQ
Transductor Electromecánico	Café con blanco	Excitación fuente (+)	----
	Tomate con blanco	Señal (+)	0 (+)
	Verde con blanco	Excitación fuente (-) y señal (-)	0 (-)

En la figura 2.12 se muestra la conexión del transductor de presión con la NI my DAQ.

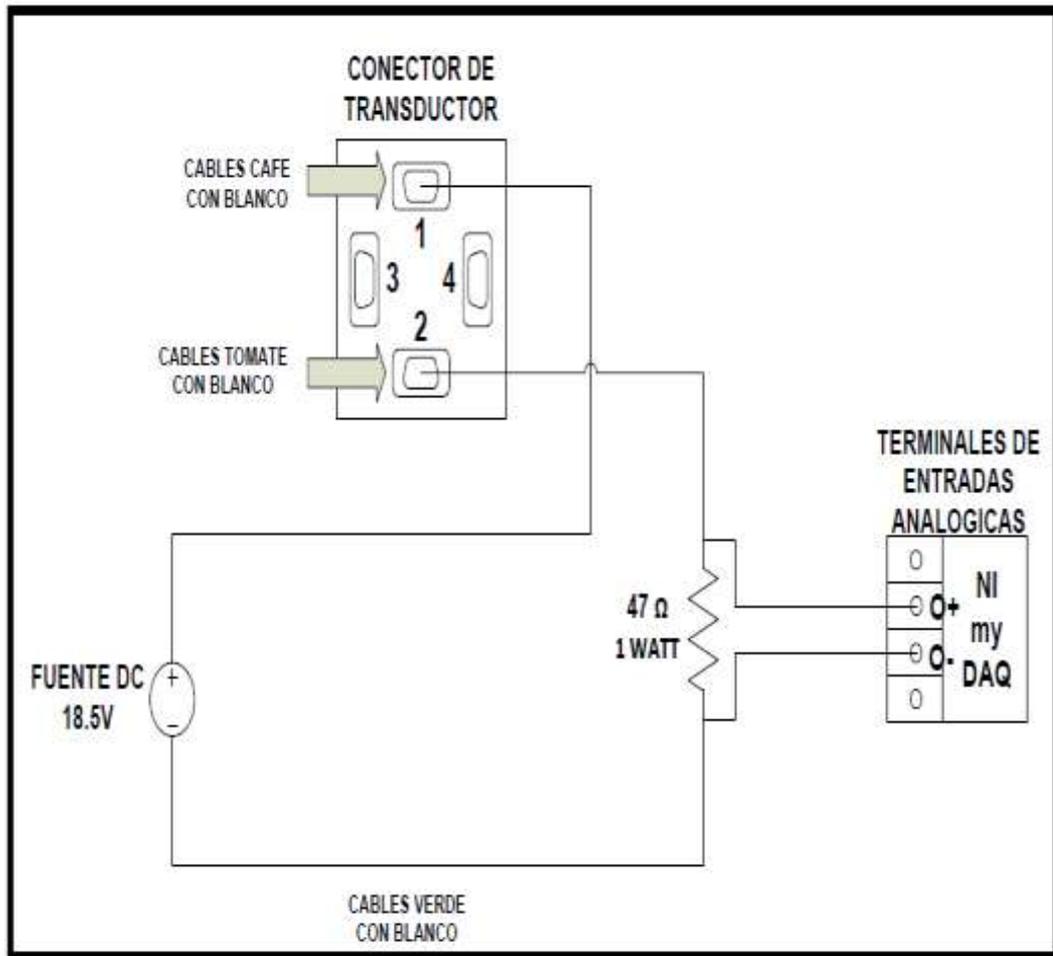


Figura 2. 12. Representación gráfica conexión de transductor

2.3.5. Conexión del sensor de deformación

El extensómetro eléctrico como se mencionó anteriormente debido a su módulo LVDT emite una señal senoidal, la cual en función de su variación de posición se amplía o disminuye, de esta manera se ha podido acondicionar en la NI my DAQ y llevarlo con el software a valores de porcentaje su conexión esta expresada en la tabla 2.5.

Tabla 2.5.

Conexión del sensor de deformación

Sensor	Pines extensómetro eléctrico	Pines NI my DAQ
extensómetro eléctrico	3 (Verde)	1 + (Verde)
	2 (café)	1 - (Verde)

En la figura 2.13 se muestra la conexión del extensómetro eléctrico con la NI my DAQ.

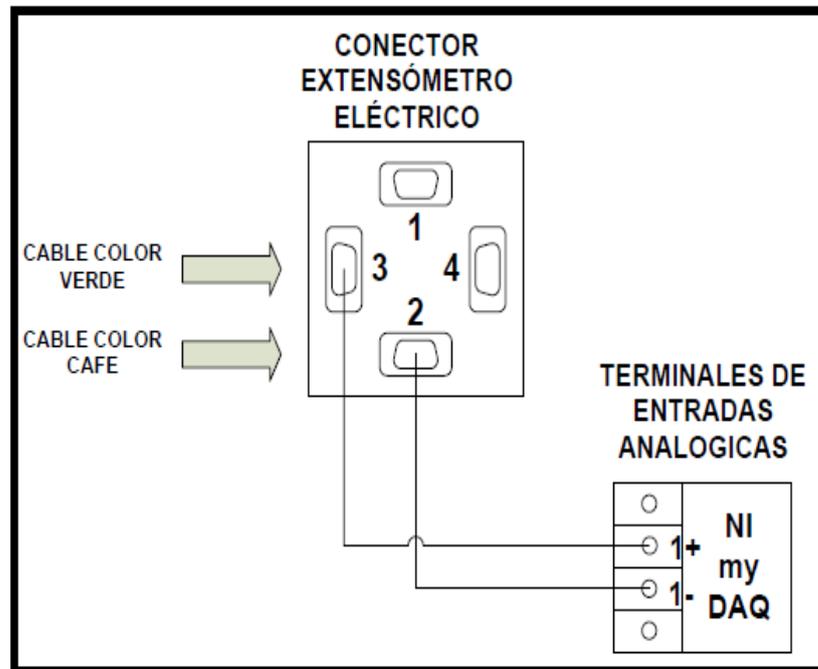


Figura 2. 13. Representación gráfica conexión del extensómetro eléctrico

2.4. Selección para el programa de diseño del software

Para la implementación y diseño del software se ha seleccionado labview ya que consta de un entorno de programación que debido a su desarrollo e innovación es amigable y funcional para cualquier tipo de aplicación, no se requiere de gran experiencia en programación ya que a diferencia de los lenguajes como son el C o BASIC que se programan en líneas de texto para generar los códigos del programa, la diferencia y funcionalidad de labview es tener un protocolo de programación gráfico o lenguaje G los cuales generan programas que están basados en diagramas de bloques.

Una de sus características es que consta de extensas librerías de funciones y subrutinas además de tener una vasta biblioteca para el proceso, medición y control de variables como también el manejo y

verificación de instrumentos y señales que pueden ser procesadas y acondicionadas para ser visualizadas en gráficos, indicadores numéricos lo que es de ayuda para entender lo que sucede en una interfaz gráfica.

Este protocolo de programación consta de dos partes importantes que funcionan entre sí, que son el panel de control en donde se inserta lo que es la programación gráfica o código lo cuales tienen una variedad de nodos de programación matemática cabe recalcar que deben tener una secuencia lógica según sea la necesidad del software, la parte siguiente es el diagrama de bloques el cual ayuda a cablear los iconos, interconectar la secuencia de gráficos anteriormente mencionada mediante funciones y compuertas lógicas las cuales ayudan a dar forma al software.

2.5. Parámetros y requisitos del software

Los parámetros de diseño del software se deben basar en el procedimiento que estipula norma vigente en la empresa Cedal S.A que es la norma ecuatoriana NTE INEN 2250:2013 “ALUMINIO. PERFILES, BARRAS, VARILLAS Y TUBOS EXTRUIDOS. REQUISITOS E INSPECCIÓN”, la cual indica la forma de cómo se debe realizar el ensayo mecánico de resistencia a la tracción, manejo de probetas y análisis de resultados los cuales se calcularan en función al ensayo.

Este programa debe prestar todas las facilidades para la realización del ensayo de resistencia a la tracción.

2.5.1 Parámetros de diseño e implementación para el ensayo de resistencia a la tracción

- a) Como se sabe el procedimiento del software se basará en la norma anteriormente mencionada en la que indica las medidas de la probeta, como base inicial del software para el ensayo se debe tomar las

medidas de ancho promedio y espesor promedio en la zona calibrada de la probeta, mostrada en la figura 2.14, así se tendrá los datos iniciales que deben ser ingresadas en el software y mostradas.

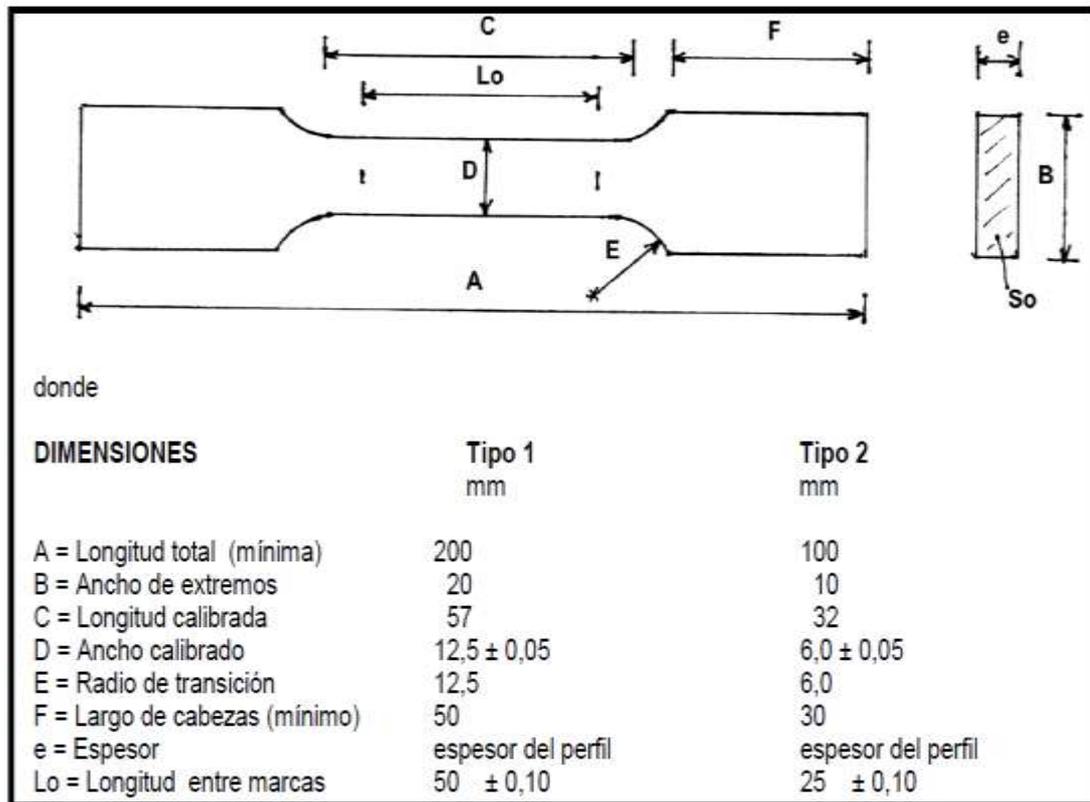


Figura 2. 14. Representación de la probeta normalizada

Fuente: NTE INEN 2250:2013

Como se observa en la figura se tienen dos tipos de probetas, para cualquiera de ellas se debe realizar el procedimiento de tomar 6 medidas tanto en el ancho calibrado “D” como también en el espesor “e”, las cuales son ingresadas en una hoja de Excel la que calculara el promedio de las mismas generando los datos resultantes que se ingresaran en el software y deberán ser mostradas en la pantalla:

Caculo de Ancho promedio: $D=?$ (mm) (dato ingresado por el operador)

Calculo espesor promedio: $e=?$ (mm)(dato ingresado por el operador)

Con estos datos el programa debe calcular el área según la ecuación

(2.1)⁴ y mostrar en la pantalla del ensayo.

$$A = D * e \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

Una vez calculada el área de la zona calibrada se deberá mostrar en la pantalla.

A = [mm²] (dato que debe mostrar el programa)

- b) El siguiente paso es ingresar la longitud entre marcas conocida como (longitud inicial) de la zona calibrada del tipo de probeta que se haya seleccionado en la norma.

Lo = [mm] (dato ingresado por el operador)

- c) Una vez que se han ingresado los datos iniciales, el programa calcula el área la cual debe mostrarse en la pantalla del ensayo, se debe tener la opción de encerrar los sensores que vienen a ser el transductor y el extensómetro eléctrico de la manera que se considere mejor en el proceso de programación.
- d) Al adquirir los datos del ensayo en función a los sensores debemos obtener los siguientes valores de la tabla 2.6

Tabla 2.6.

Datos del ensayo

Esfuerzo σ (Kgf/mm ²)	Deformación (%) ϵ	Carga (Kgf)
σ_1	ϵ_1	P1
σ_2	ϵ_2	P2
σ_3	ϵ_3	P3
.	.	.
.	.	.
σ_n	ϵ_n	Pn

⁴ Norma Ecuatoriana NTE INEN 2250:2013

Donde:

σ : es el esfuerzo expresado en [Kgf/mm²] y se calcula de la Ecuación (1.1)

ϵ : es la deformación que está dada directamente en porcentaje debido a que el sensor esta calibrado para la medida inicial y transformada la deformación de milímetros a porcentaje según la ecuación (1.2) estos datos los proporciona el extensómetro eléctrico

P: es la carga expresada en [Kgf] que proporciona el transductor

e) Con los datos anteriormente mencionados ya se puede arrancar con el ensayo en si e ir graficando la curva esfuerzo deformación, como se puede observar en la figura 2.15.

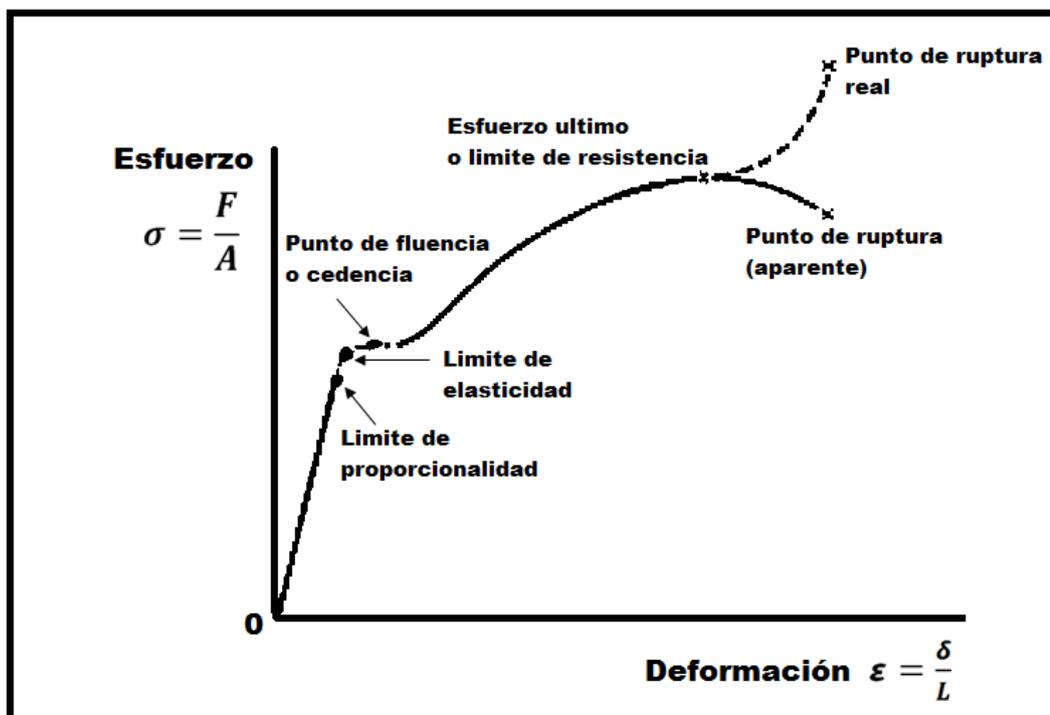


Figura 2.15. Diagrama esfuerzo Vs deformación

Fuente: [3]

- f) Como siguiente paso se requiere determinar el módulo de elasticidad **[E]** es la pendiente de la recta O hasta el límite de proporcionalidad de la figura 2.15, y está calculado por la ecuación (2.2)⁵ donde α es el ángulo de la recta pendiente correspondiente a O.

$$E = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \text{ (Hasta el límite de elasticidad)} \quad \text{Ecuación (2.2)}$$

- g) Por seguridad del extensómetro hay que retirarlo una vez que el programa genera un aviso de alerta, el cual será identificado entre el límite de elasticidad y el límite de fluencia o cedencia, otra variable que se debe tomar en cuenta es la carga a la fluencia la cual por norma estipula que debe ser tomada al 0.2% de deformación en la gráfica hasta el punto de fluencia o cedencia.

Ff= (carga a la fluencia expresada por el programa criterio al 0.2% de deformación) **[Kgf]**

- h) El ensayo debe constar con los siguientes resultados; resistencia a la tracción (R_m) calculada con la ecuación (2.3)⁶ esta debe estar expresada en MPa, para la obtención de este dato se debe registrar en el programa el valor de carga máxima de rotura (F_m) en Kg, el límite de fluencia (R_g) calculada con la ecuación (2.4)⁷ y expresada en MPa, de igual manera para este dato se necesita que el programa ya tenga la carga a la fluencia en (F_f) al 0,2% en Kg, para el cálculo de estos valores el programa necesitará de las siguiente ecuaciones:

$$R_m = \frac{F_m}{A} \quad \text{Ecuación (2.3)}$$

⁵<http://www.utp.edu.co/~gcalle/Contenidos/Traccion02.pdf>

⁶ Norma Ecuatoriana NTE INEN 2250:2013

⁷ Norma Ecuatoriana NTE INEN 2250:2013

Donde:

Rm = (Resistencia a la tracción) [**MPa**]

Fm = (Carga máxima de rotura) [**Kg**]

A = (Área de la zona calibrada) [**mm²**]

$$Rg = \frac{Ff}{A} \quad \text{Ecuación (2.4)}$$

Donde:

Rg = (Limite de fluencia) [**MPa**]

Fm = (Carga a la fluencia) [**MPa**]

A = (Área de la zona calibrada) [**mm²**]

- i) Luego de obtener los resultados mencionados y la curva esfuerzo deformación el operador debe ingresar el dato de deformación final (Lf) en mm, con estese debe calcular el porcentaje de alargamiento que tuvo la probeta ensayada después de su rotura, se lo calcula mediante la ecuación (1.4).

2.6. Implementación del software que será visualizado en un ordenador

Para la construcción del software se realizara un conjunto de pantallas lógicamente secuenciadas en el panel frontal con funciones y botones los cuales estarán en contacto directo con el operador, estas funciones serán programados en diagramas de bloques los cuales identificaran las variables del proceso y las representaran llevando a cabo el ensayo, cumpliendo con la necesidad de obtener resultados seguros.

2.6.1. Programa de manejo de pantallas y secuencia del proceso.

Se realizó el diseño del formato de manejo del software hombre – PC el cual está conformado con opciones que se encuentran en el panel frontal con el que directamente estará relacionado el operador, la forma lógica que debe seguir el proceso de ensayo, llevando a cabo los lineamientos necesarios

2.6.1.1 Programación de movimiento de pantallas

Para lograrlo se lo programó en diagramas de bloques los cuales se observan en la figura 2.16, en este lazo de programación se encuentran cuatro tabs creadas en función de una secuencia ordenada de ensayo, la cual permite dar lógica al software, en este whileloop se encuentra un proceso ordenado del ensayo con el fin de que al pulsar los iconos y funciones en el panel frontal este animado teniendo así la experiencia del ensayo de tracción mecánica.

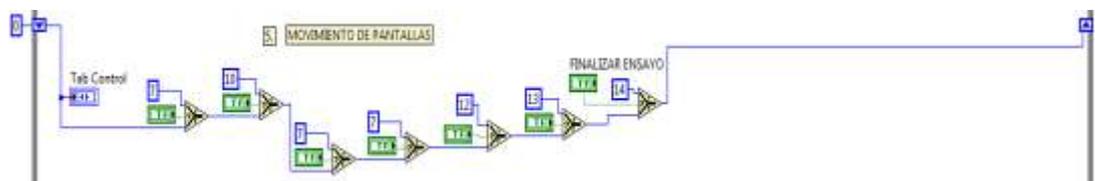


Figura 2.16. Esquema de diagrama de bloques para movimiento de pantallas

2.6.1.2 Programa para ingreso de parámetros iniciales en el ensayo

En la figura 2.17 se muestra el diagrama de bloques para el ingreso de datos iniciales para el cálculo del área, este valor servirá para cálculos posteriores como una variable global al igual que la longitud inicial, se debe evidenciar que los valores ingresados deben ser mayor a cero caso contrario se podrá continuar y se deberá modificar los valores.

2.6.1.4 Adquisición de datos del transductor de presión

Para la adquisición de datos del transductor se usó la entrada analógica myDAQ1/ai0 como se muestra en la figura 2.19.

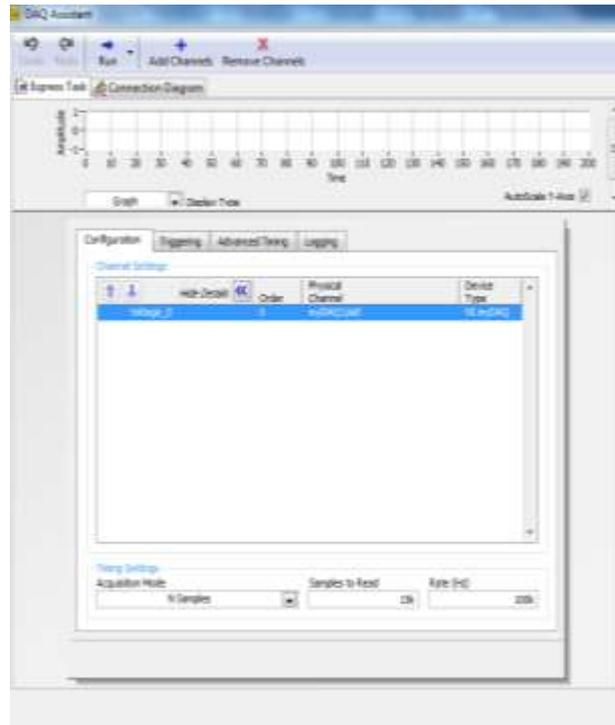


Figura 2.19. Esquema de selección de entrada analógica para adquisición de transductor de presión

En la figura 2.20 se muestra el esquema de programación para la adquisición de datos del transductor de presión, así como el diagrama de bloques del mismo y el acondicionamiento de su señal de corriente en valores de fuerza.

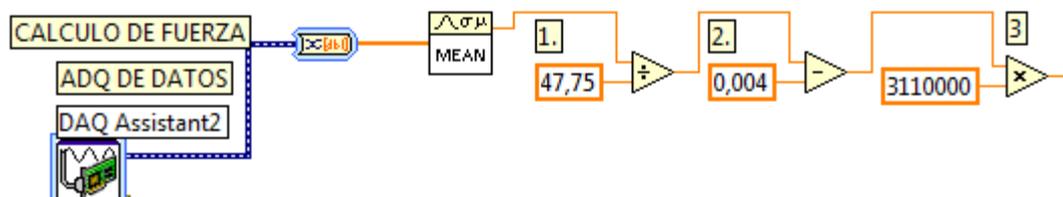


Figura 2.20. Esquema de programación en la adquisición de datos del transductor de presión

2.6.1.5 Adquisición de datos del extensómetro electrónico

Para la adquisición de datos del extensómetro eléctrico se usó la entrada analógica myDAQ1/ai1 como se muestra en la figura 2.21.

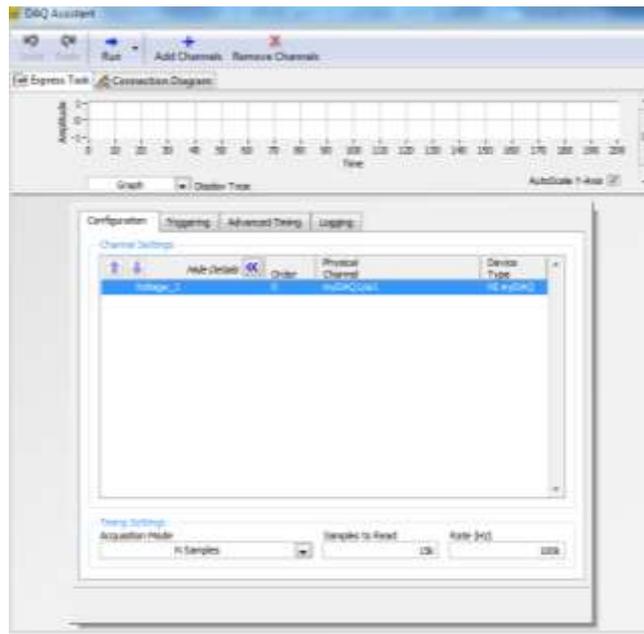


Figura 2.21. Esquema de selección de entrada analógica para adquisición del extensómetro eléctrico

En la figura 2.22 se muestra el esquema de programación para la adquisición del extensómetro eléctrico y su correspondiente diagrama de bloques.

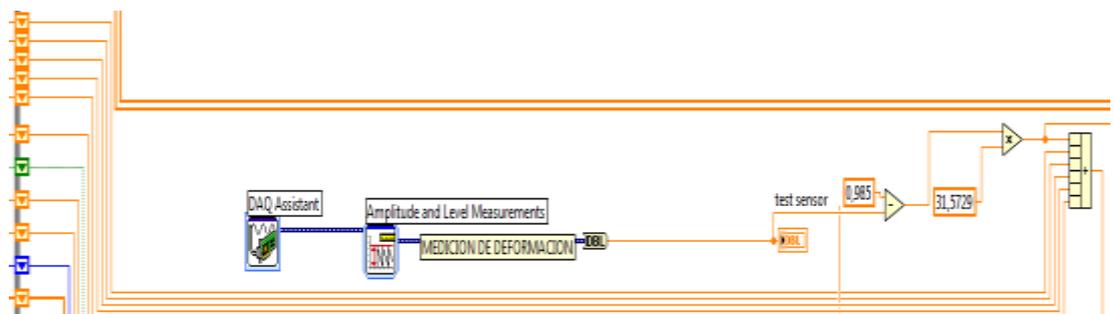


Figura 2.22. Esquema de programación en la adquisición de datos del extensómetro eléctrico

2.6.1.6 Programa para la determinación de límite de fluencia, carga a la fluencia al 2%, resistencia a la tracción y carga máxima

En la figura 2.23 se muestra el diagrama de bloques de la programación para el reconocimiento de la carga a la fluencia al 2%, como también la carga máxima, con los valores obtenidos anteriormente se calcula la resistencia de tracción y límite de fluencia, cabe recalcar que la carga a la fluencia y la carga máxima son expresados en Kg y los valores de resistencia y fluencia en MPa, también se encuentra el algoritmo que permite realizar la gráfica de esfuerzo vs deformación.

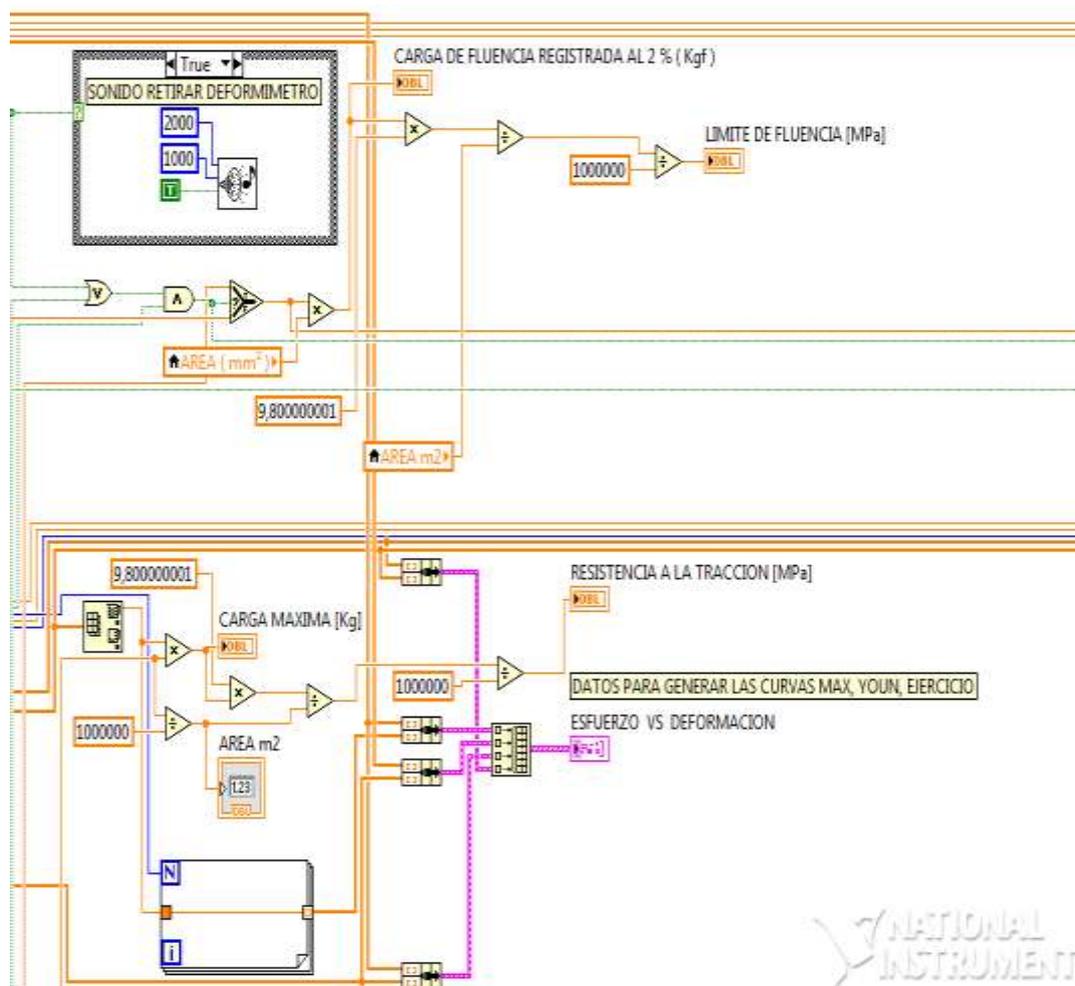


Figura 2.23. Esquema de programación para el cálculo de resultados

2.6.1.7 Programa del cálculo de elongación final

En la figura 2.24 se encuentra el algoritmo de cálculo de elongación final del ensayo, este dato se debe ingresar al final del ensayo una vez que la probeta se encuentra rota uniendo sus dos partes y midiendo la distancia entre marcas e ingresando su longitud final en mm, el valor del resultado de elongación esta expresado en % es adimensional.

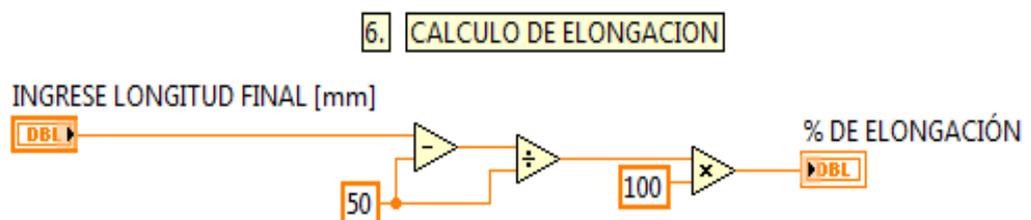


Figura 2.24. Esquema de programación para el cálculo de elongación final

2.6.1.8 Programación del guardado del ensayo

En la figura 2.25 se muestra el algoritmo de programación del guardado del ensayo, este exporta la pantalla de resultados junto con los datos iniciales del mismo hacia Word el cual permite guardar los registros.

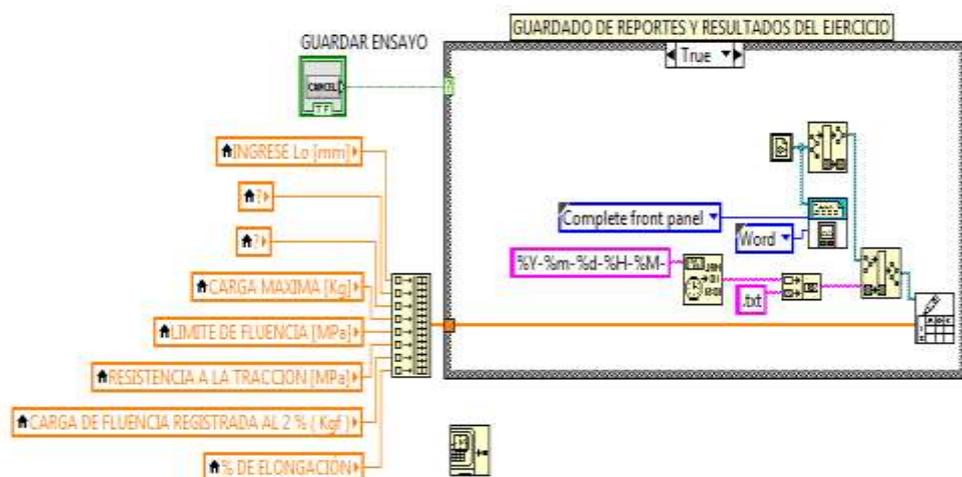


Figura 2.25. Esquema de programación para el guardado de resultados

2.7. Implementación de hardware del equipo

Una vez que se ha terminado con la implementación de los sensores se procede a montar el hardware de la adquisición de señales, el cual consta de la DAQ y la fuente de poder como se puede ver en la figura 2.26.

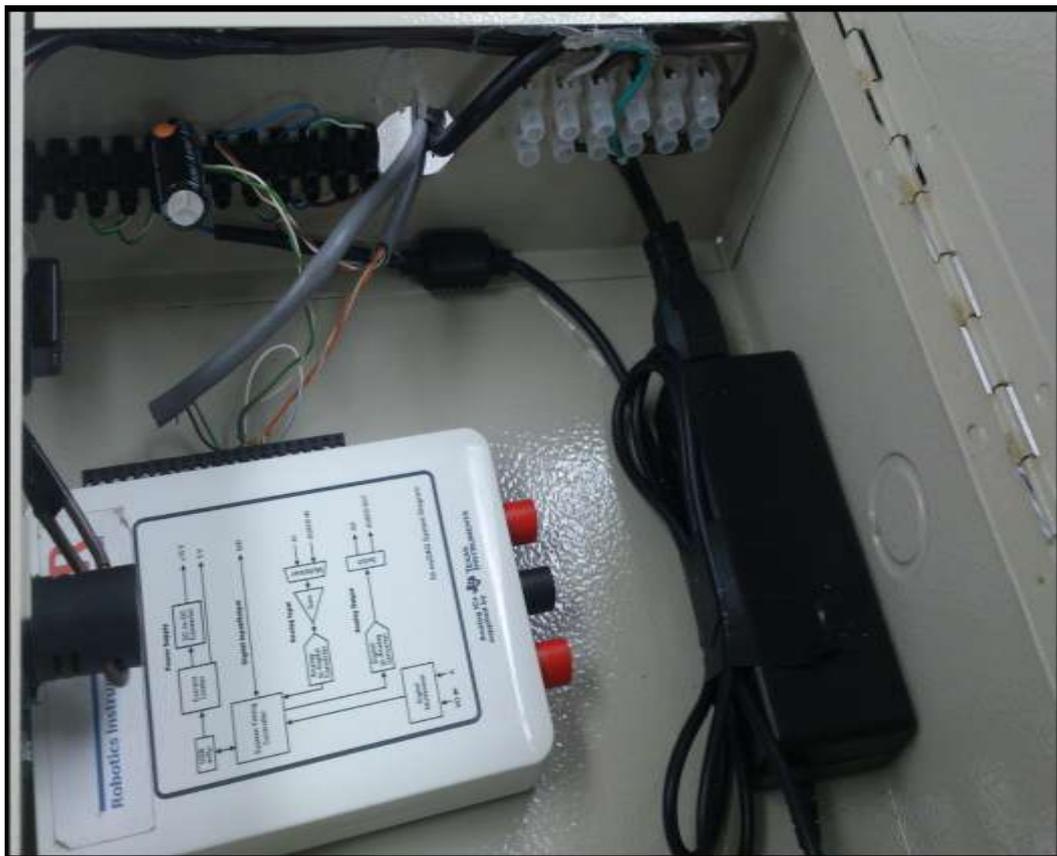


Figura 2.26. Sistema de adquisición de señales

La caja donde se ha implementado el sistema de adquisición de señales consta en su parte Superior la etiqueta o título de la tesis y en su parte frontal un interruptor de arranque, un foco indicador de encendido y la entrada a USB de la NI my DAQ respectivamente etiquetados, como se puede ver en la figura 2.27.



Figura 2.27. Caja del sistema de adquisición de señales

Para la conexión de la tarjeta DAQ es necesario un computador con entrada USB como se observa en la figura 2.28.



Figura 2.28. Representación gráfica del puerto USB del computador

CAPÍTULO 3

3. PRUEBAS DEL EQUIPO INSTALADO

3.1. Calibración del equipo instalado

Para la comprobación de la calibración del equipo se realizaron pruebas a los dos sensores en forma manual y digital.

3.1.1. Calibración de la señal del transductor

La máquina fue calibrada por agentes del INEN para una fuerza de 5000 Kg en compresión, verificando que los datos del controlador manual tienen una variación menor al 1%, el objetivo de esta calibración es comprobar que la máquina se encuentra mostrando valores reales de carga para de esta manera poder calibrar el sensor al saber que el patrón expresa valores reales, se noto que al momento de romper las probetas de aluminio la carga no sobrepasa los 1000 Kg, por lo que se optó en escoger la escala de 5000 Kg la que fue recomendada, como la menor escala de calibración del INEN, de esta manera se realizará una comparación entre los valores mostrados en el display del controlador manual y el software del proyecto, para verificar y calibrar los valores expresados en el sistema y así tener un porcentaje de error lo más bajo posible.

Antes de empezar se debe encerrar la fuerza en el controlador manual como se observa en la figura 3.1, como también en el software la cual se muestra en la figura 3.2.

Una vez que están encendidos, el paso a seguir es verificar la constante que ayudará a visualizar que la fuerza en el software sea la misma del display o tenga un porcentaje de error menor al 1%, por lo cual se determinó que la constante de calibración para la fuerza es de 3071000. Los datos tomados en la tabla 3.1 muestran los valores del controlador manual y la tabla 3.2 muestra los valores expresados por el software aplicando la constante anteriormente mencionada, en la figura 3.3 se puede observar el valor de referencia máxima de calibración en el display del controlador manual, y en la figura 3.4 se puede observar el valor de referencia máximo expresado por el software de ensayos de tracción.

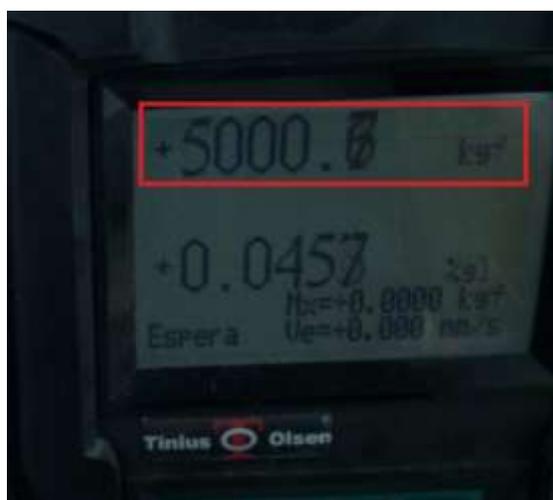


Figura 3.3. Representación gráfica de la fuerza a 5000.6Kgf en el controlador manual de la máquina universal

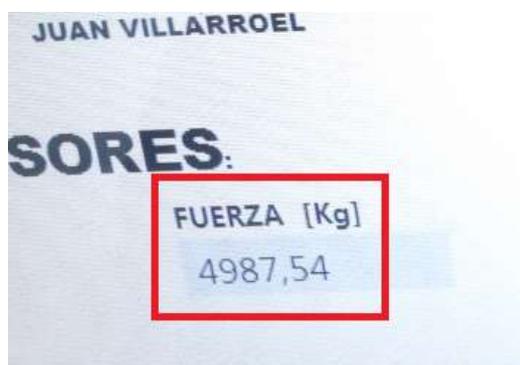


Figura 3.4. Representación gráfica de la fuerza 4987.54 en el software de ensayos de tracción

Tabla 3.1.**Valores obtenidos de fuerza escala seleccionada 5000 Kgf del controlador manual**

Valores referenciales para calibración	Lectura 1 controlador manual	Lectura 2 controlador manual	Promedio De Lecturas Controlador manual
500	499,27	501,70	500,485
1000	1000,9	1002	1001,45
1500	1499,8	1501,7	1500,75
2000	1999,8	2001,4	2000,6
2500	2500,9	2504,8	2502,85
3000	2999,5	3003,7	3001,6
3500	3500	3502,16	3501,88
4000	4001,3	4003,9	4002,6
4500	4500,9	4504,2	4502,55
5000	5000,6	5003,5	5002,05

Tabla 3.2.**Valores obtenidos de fuerza escala seleccionada 5000 Kgf del Software**

Valores referenciales para calibración	Lectura 1 Software	Lectura 2 Software	Promedio De Lecturas Software	Promedio De Lecturas Controlador manual	% de variación
500	496,14	497,938	497,039	500,485	-0,68
1000	997,223	997,684	997,4535	1001,45	-0,39
1500	1494,23	1494,34	1494,285	1500,75	-0,43
2000	1992,1	1994,14	1993,12	2000,6	-0,37
2500	2491,15	2495,51	2493,33	2502,85	-0,38
3000	2991,8	2994,5	2993,15	3001,6	-0,28
3500	3491,65	3490,43	3491,04	3501,88	-0,30
4000	3991,16	3990,05	3990,605	4002,6	-0,29
4500	4488,39	4490,05	4489,22	4502,55	-0,29
5000	4987,54	4989,98	4988,76	5002,05	-0,26

Al hacer la comparación de los valores de la tabla 3.2 se verifica que el porcentaje de variación es menor al 1% lo que es aceptable.

3.1.2. Calibración del extensómetro eléctrico

Para iniciar el extensómetro viene calibrado de fábrica a una distancia inicial de 50 mm, su acondicionamiento refleja el valor de deformación directamente en el display del controlador manual en porcentaje (%), debido a esto se acoplo la onda senoidal del LVDT a los valores de deformación indicados en el display que directamente serán usados en el software.

Antes de empezar con la calibración se debe encerer el auxiliar en el controlador manual el cual representa el encerador del extensómetro como se observa en la figura 3.5, seguido se encero el valor del extensómetro en el software como se puede ver en la figura 3.6.



Figura 3.5. Representación gráfica de enceramiento de la deformación en el controlador manual



Figura 3.6. Representación gráfica de enceramiento de la deformación en el software

El valor máximo que se tomará en la escala de porcentaje del extensómetro es 8% como se muestra en la figura 3.7, y en el software se observa en la figura 3.8.



Figura 3.7. Representación gráfica de la deformación al 8,0276% del controlador manual

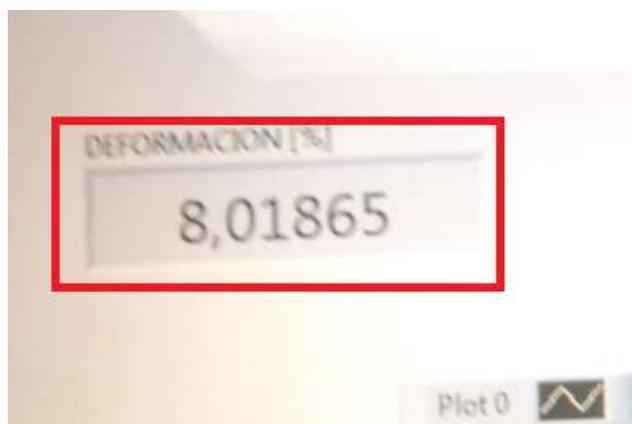


Figura 3.8. Representación gráfica de la deformación al 8,01865% en el software

Los datos tomados por el acondicionamiento del extensómetro eléctrico son expresados en la tabla 3.3.

Tabla 3.3.

Valores tomados de deformación en %

Valores referenciales para calibración	Lectura En el controlador manual	Lectura En el software	% de variación
0,50	0,52	0,521256	0,24
1	0,9843	0,984611	0,031
1,5	1,4994	1,49972	0,021
2	1,9956	1,99511	-0,024
2,5	2,4994	2,49761	-0,071
3	2,9851	2,9804	-0,15
3,5	3,4845	3,48744	0,084
4	4,0156	4,02209	0,16
4,5	4,5183	4,55146	0,73
5	5,0289	5,03274	0,076
5,5	5,5098	5,51214	0,042
6	6,0106	6,00323	-0,12
6,5	6,5379	6,53621	-0,025
7	7,0158	7,01354	-0,032
7,5	7,5119	7,51618	0,056
8	8,0276	8,01865	-0,11

Al hacer la comparación de los valores de la tabla 3.3 se verifica que el porcentaje de variación es menor al 1% lo que es aceptable.

3.2. Prueba del ensayo de tracción según norma con el software de tracción.

Para la comprobación del software y su funcionamiento se realizó el ensayo de tracción con la probeta que estipula la norma de tipo 1, la probeta comprende una aleación de aluminio 6063 temple T5 como se observa en la figura 3.9.



Figura 3.9. Representación gráfica de la probeta aluminio 6063 T5

El cálculo del ancho promedio y espesor promedio se observa en la figura 3.10, en la hoja de Excel los cuales serán ingresados en el software para el cálculo del área

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	CALCULO DE MEDIDAS DE PROBETAS															
2	LOTE	REFERENCIA	ANCHO PROMEDIO						ESPESOR PROMEDIO							
3	280311	2526	12.49	12.5	12.49	12.52	12.52	12.52	12,5066	1,973	1,968	1,967	1,967	1,97	1,99	1,973
4																
5																

Figura 3.10. Calculo de ancho y espesor promedio

La probeta tiene una longitud de 23 cm, en ésta hay que señalar las partes donde sujetará las mordazas y la longitud inicial que es 50 mm, donde ira colocado el extensómetro eléctrico.

El siguiente paso es colocar la probeta en la mordazas de la máquina realizando un ajuste el cual fije la probeta en las mismas, posteriormente se coloca el extensómetro eléctrico en la parte señalada como la longitud inicial como se puede observar en la figura 3.11.



Figura 3.11. Representación gráfica del montaje de la probeta en la máquina universal y su extensómetro eléctrico

Una vez colocada la probeta se procede a encerrar los valores de los sensores del controlador manual, como también dar inicio al ensayo de tracción en el software el cual reinicia automáticamente los valores de los sensores en cero, seguido se aplica la carga a un total de divisiones de 1.2 la cual es la velocidad que se ha designado como estándar.

Se debe verificar el valor de carga a la fluencia, como también el momento que indica que se debe retirar el sensor de deformación, seguido a esto se obtendrá la ruptura de la probeta y se deberá registrar el valor de la longitud final uniendo las partes separadas y midiéndolas con esto se obtendrá el cálculo de elongación final.

Los datos iniciales son:

$D=12,5066$ [mm] $e=1,9725$ [mm] $l_0=50$ [mm]

$A=24,67$ [mm²]

Dato final de deformación:

$L_f=53,94$ [mm]

Los datos obtenidos manualmente se observan en la tabla 3.4

Tabla 3.4.

Toma de datos manual

P [Kgf]	ϵ [%]	σ (Kgf/mm ²)
7,591	0,0058	0,71305229
20,682	0,0071	0,83834617
25,187	0,0095	1,02095663
31,62	0,00139	1,28171869
37,726	0,0186	1,52922578
45,73	0,024	1,85366842
53,97	0,0291	2,18767734
61,376	0,0351	2,48788002
68,327	0,0405	2,76963924
75,404	0,0472	3,05650588
80,777	0,0517	3,27430077
91,035	0,0578	3,69010944
98,33	0,0634	3,98581273
107,3	0,0696	4,34941224
119,7	0,0776	4,85204702
134,88	0,086	5,46736927
147,6	0,0955	5,98297527
163,88	0,1069	6,6428861
188,95	0,1215	7,65910012
221,28	0,1425	8,9695987
232,44	0,151	9,42197
278,97	0,1837	11,3080665
349,38	0,2368	14,1621403
381,96	0,2862	15,4827726
420,82	0,3795	17,0579651
436,48	0,5971	17,6927442
442,62	0,6072	17,9416295
451,38	0,6426	18,2967167
455,27	0,6426	18,4543981
458,95	0,6426	18,6035671
462,69	0,6426	18,7551682
465,38	0,6426	18,8642075
469,72	0,6426	19,0401297
473,78	0,6426	19,2047021
475,8	0,6426	19,2865829
478,33	0,6426	19,3891366
481,42	0,6426	19,5143899
483,68	0,6426	19,6059992
485,28	0,6426	19,6708553
487,84	0,6426	19,7746251
493,98	0,6426	20,0235103

Según la tabla 3.3 se realiza la curva esfuerzo vs deformación unitaria como se observa en la figura 3.12.

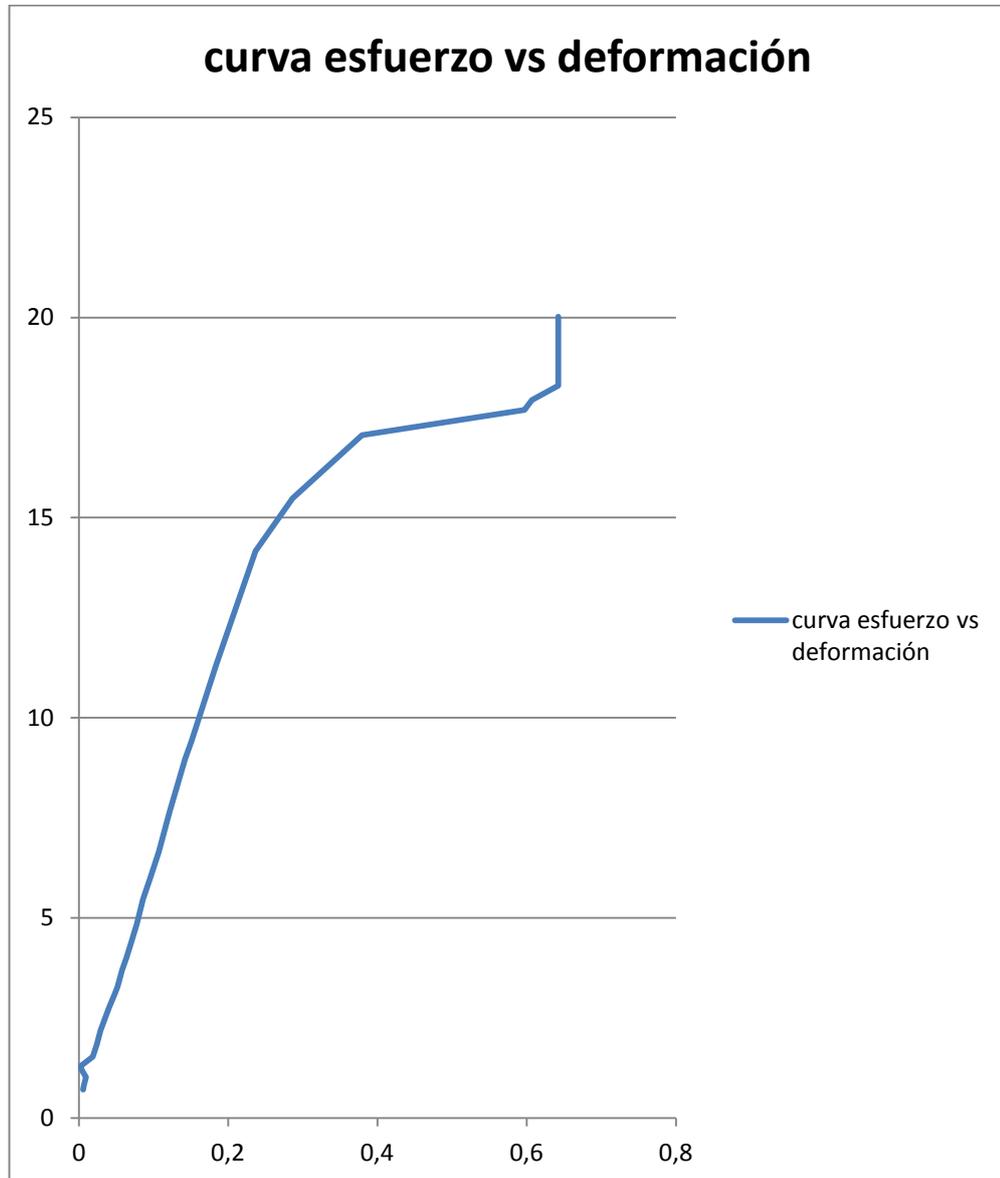


Figura 3.12. Representación gráfica de la curva esfuerzo vs deformación unitaria de manera analógica

El controlador manual tiene la capacidad de mostrar la carga máxima registrada, como se puede observar en la figura 3.13.



Figura 3.13. Representación de la carga máxima en el controlador manual de la máquina

Los datos obtenidos desde el software de ensayos de tracción se pueden observar en la figura 3.14.

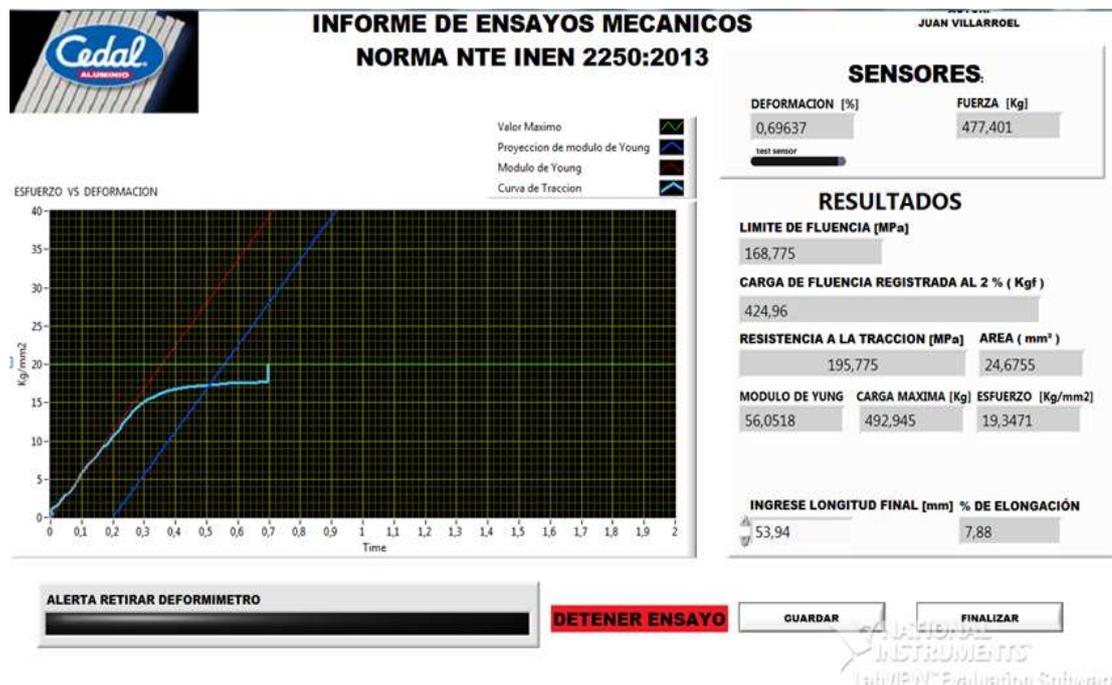


Figura 3.14. Representación gráfica de resultados de ensayo de tracción en el software

Resumen de resultados:

A continuación, en la tabla 3.5 se muestran los resultados obtenidos de forma manual vs los obtenidos en el software de ensayos de tracción, se muestra el porcentaje de error de los mismos.

Tabla 3.5.

Resumen de resultados y porcentaje de error del ensayo de tracción

Resultados	En forma Manual	En forma Digital	% de Variación
Fuerza máxima [Kgf]	493,98	492,945	-0,20
Resistencia Máxima [MPa]	196,23	195,775	-0,23
Carga a la Fluencia [Kgf]	422,82	424,96	0,50
Limite de Fluencia [MPa]	167,96	168,775	0,48
Porcentaje de alargamiento [%]	7,88	7,88	0

Al comparar los resultados de los ensayos realizados en forma manual y en el sistema digital, se llega a la conclusión de que se encuentra calibrado obteniéndose valores similares en los resultados teniendo un error menor a 1%, este valor es una recomendación hecha por la empresa con el fin de tener valores confiables debido a que es un medio de liberación del producto con relación a la calidad de su perfilería.

3.3. Manual de usuario

3.3.1. Manual de inicialización y realización del ensayo de tracción

- a) Para empezar cabe recalcar que el proyecto está realizado en una plataforma de evaluación, como inicio se debe abrir el programa que mostrará el ensayo de tracción que se encuentra ubicado en el escritorio del ordenador como se muestra en la figura 3.15.



Figura 3.15. Representación gráfica de ubicación del programa en el ordenador

- b) Una vez abierto el software se procede a ponerlo en marcha como se puede ver en la figura 3.16.

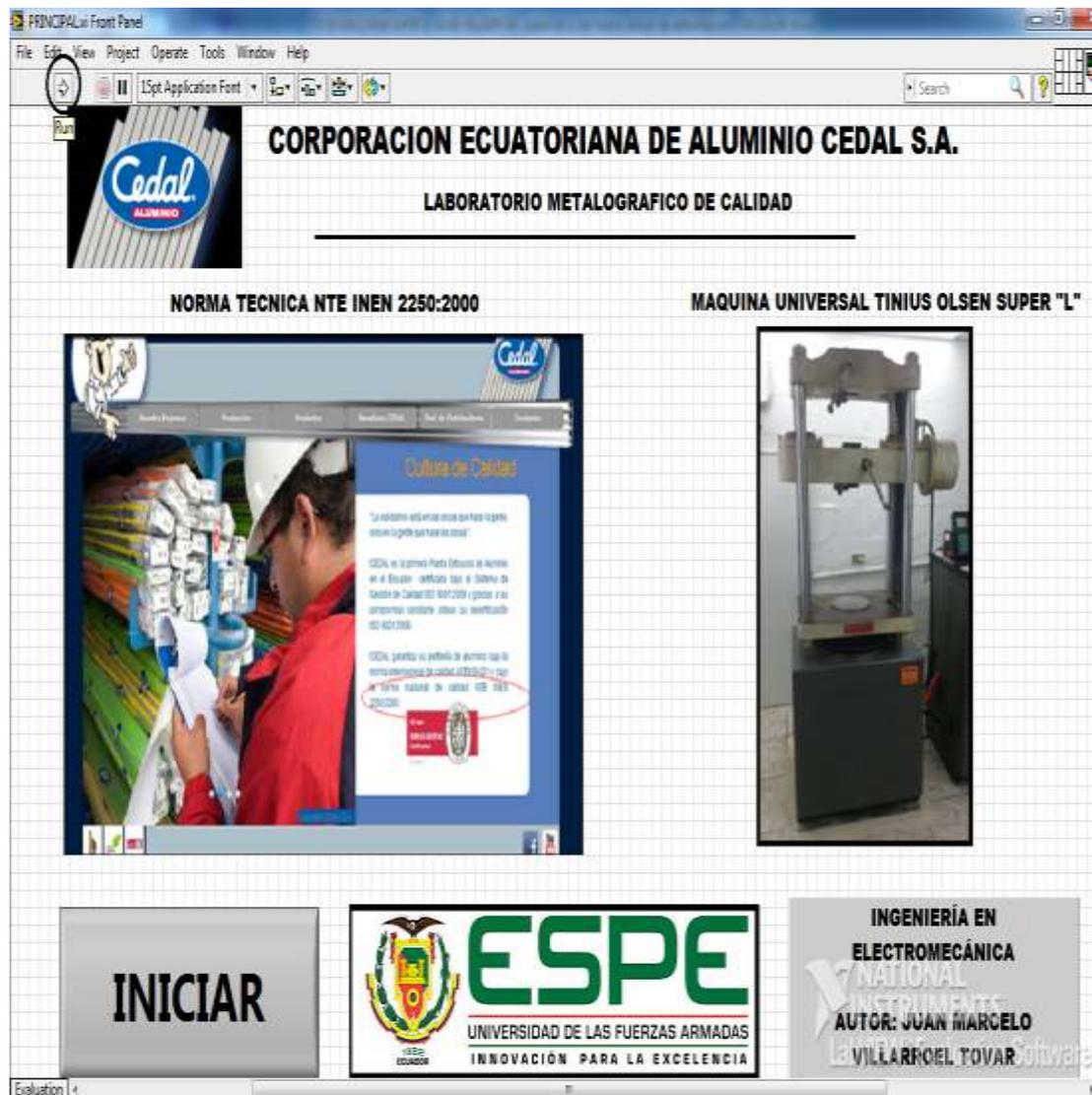


Figura 3.16. Indicación gráfica de puesta en marcha del software

- c) Ya puesto en marcha el software se inicia con el ensayo, se debe pulsar el botón iniciar que se puede observar en la figura 3.17, antes de comenzar se recomienda tener los implementos listos, como instrumentos de medida y demás.



Figura 3.17. Representación gráfica de inicio de programa del programa de ensayo

- d) Al dar clic en iniciar automáticamente se pasa a la siguiente fase del ensayo, en la cual netamente el software solicita el ingreso de datos como son las medidas iniciales y también los datos relacionados al ensayo y referencias como se observa en la figura 3.18.

En la figura 3.18 se indica que se debe ingresar los datos: Técnico responsable, identificación de la probeta, lote, temperatura ambiente, humedad relativa, aleación, temple, número de probetas a ensayar, éstos sirven para el informe de resultados el cual es requerido por la norma, los datos de longitud inicial, ancho promedio, espesor promedio que sirven como variables permanentes en el ensayo, una vez llenos estos datos se puede continuar.

INGRESO DE DATOS REQUERIDOS PARA EL ENSAYO DE TRACCIÓN

TECNICO RESPONSABLE:
JUAN VILLARROEL

IDENTIFICACION DE PROBETA:
2526

LOTE:
280311

TEMPERATURA AMBIENTE:
26

HUMEDAD RELATIVA:
49

ALEACION:
6063

TEMPLE:
T5

INGRESO NUMERO DE PROBETAS A ENSAYAR:
1

INGRESE Lo [mm]: **50**

INGRESE ANCHO PROMEDIO [mm]: **12,5066**

INGRESE ESPESOR PROMEDIO [mm]: **1,973**

CONTINUAR

PROBETA NORMALIZADA
Lo = 50 mm
ANCHO CALIBRADO PROMEDIO EN mm
ESPESOR PROMEDIO EN mm

ERROR en el ingreso de datos

Figura 3.18. Representación gráfica del ingreso de datos de medidas iniciales

La norma pide que se tomen 6 valores de ancho y espesor de la probeta en la zona calibrada, los mismos que deben ser tomados e ingresados en un formato de Excel, el cual indica el promedio siendo este resultado el que deberá ser ingresado en el software se los puede observar en la figura 3.19.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	CALCULO DE MEDIDAS DE PROBETAS															
2	LOTE	REFERENCIA	ANCHO PROMEDIO						ESPESOR PROMEDIO							
3	280311	2526	12.49	12.5	12.49	12.52	12.52	12.52	12,5066	1,973	1,968	1,967	1,967	1,97	1,97	1,973
4																
5																
6																

Figura 3.19. Representación gráfica del cálculo promedio de variantes

En caso de no ingresar valores diferentes a cero, el software no permite continuar el ensayo y muestra un mensaje en la parte inferior como se observa en la figura 3.20.

Figura 3. 20. Representación gráfica error en el ingreso de datos del ensayo

- e) Lo siguiente vuelve hacer énfasis en los datos en caso de que no se haya ingresado bien los mismos o exista una falla se los puede modificar al dar un clic en la opción modificar valores, como se ve en la figura 3.21, en la misma pantalla, en caso de estar bien los datos se puede continuar.

Figura 3. 21. Representación como es la Manera de regresar a modificar los datos

- f) Una vez ingresado los datos respectivos se continua, la siguiente pantalla indica que se debe colocar la probeta en la mordazas de la máquina y seguido el extensómetro eléctrico también conocido como deformímetro como se observa en la figura 3.22.



Figura 3. 22. Representación gráfica de la colocación de la probeta y deformímetro

- g) Ya colocada la probeta y el deformímetro se da clic en continuar, seguidamente aparece la pantalla principal de ensayos la cual consta de una gráfica esfuerzo vs deformación, en la parte superior derecha las señales de los sensores, en la parte derecha media los resultados del ensayo con los diferentes parámetros exigidos por la norma y en las unidades requeridas de igual manera, el paso a seguir es dar clic en iniciar ensayo como se puede ver en la figura 3.23, el cual cambia automáticamente su color y empieza el software a adquirir datos además de inicializar los sensores en cero, seguido abrir la válvula de carga a un total de 1,2 divisiones.

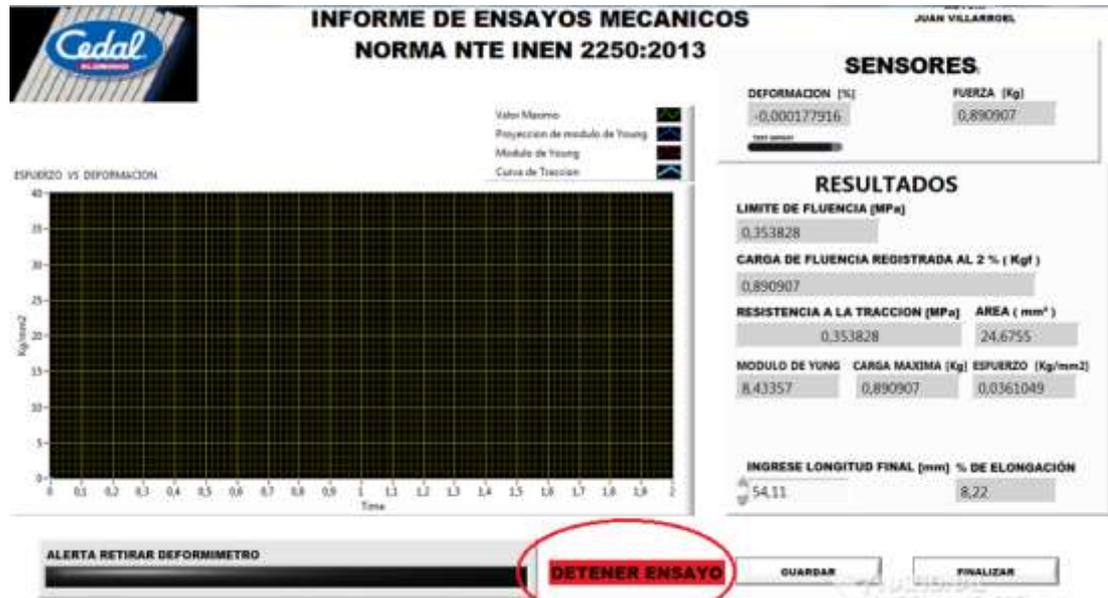


Figura 3. 23. Representación gráfica de inicio del ensayo

Una vez iniciado el ensayo se observa cómo se empieza a proyectar la curva esfuerzo – deformación, hay que tener mucha atención en la señal que se observa en la figura 3.24 la cual va a proporcionar el software e indica el momento en el que se debe retirar el deformímetro debido a que es una prueba destructiva y podría ocasionar daños en el sensor.

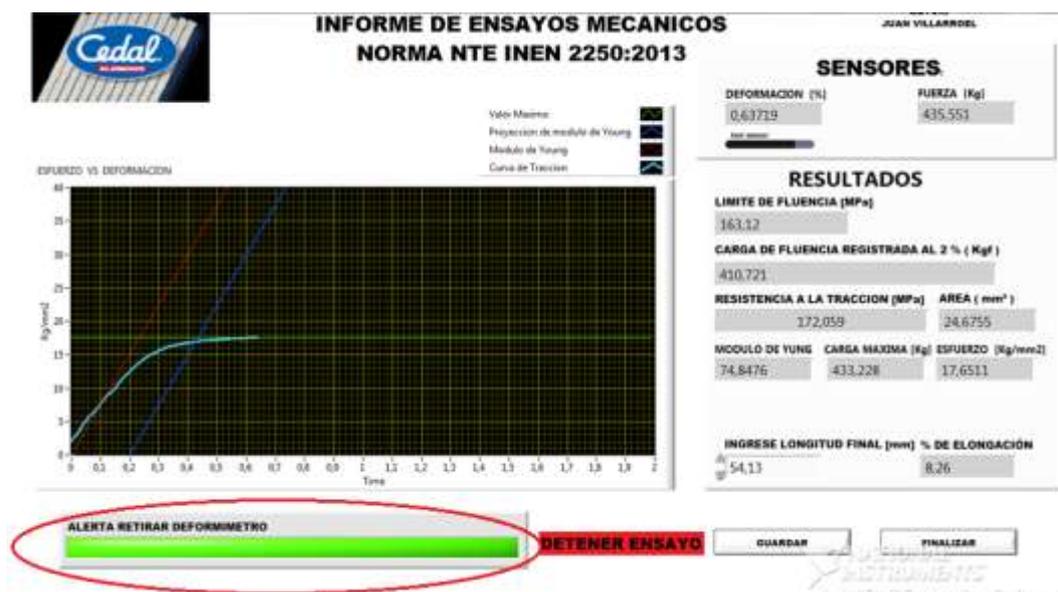


Figura 3. 24. Indicación para retirar el deformímetro

- h) Una vez que se ha cumplido con el ensayo y la probeta llega a la rotura el software genera una señal de color rojo en la longitud final la cual empieza a titilar como se observa en la figura 3.25, se debe medir la distancia final de estiramiento que sufrió la probeta, uniendo los pedazos que fueron separados y midiendo el valor de la longitud entre marcas para ingresar en la opción de longitud final.

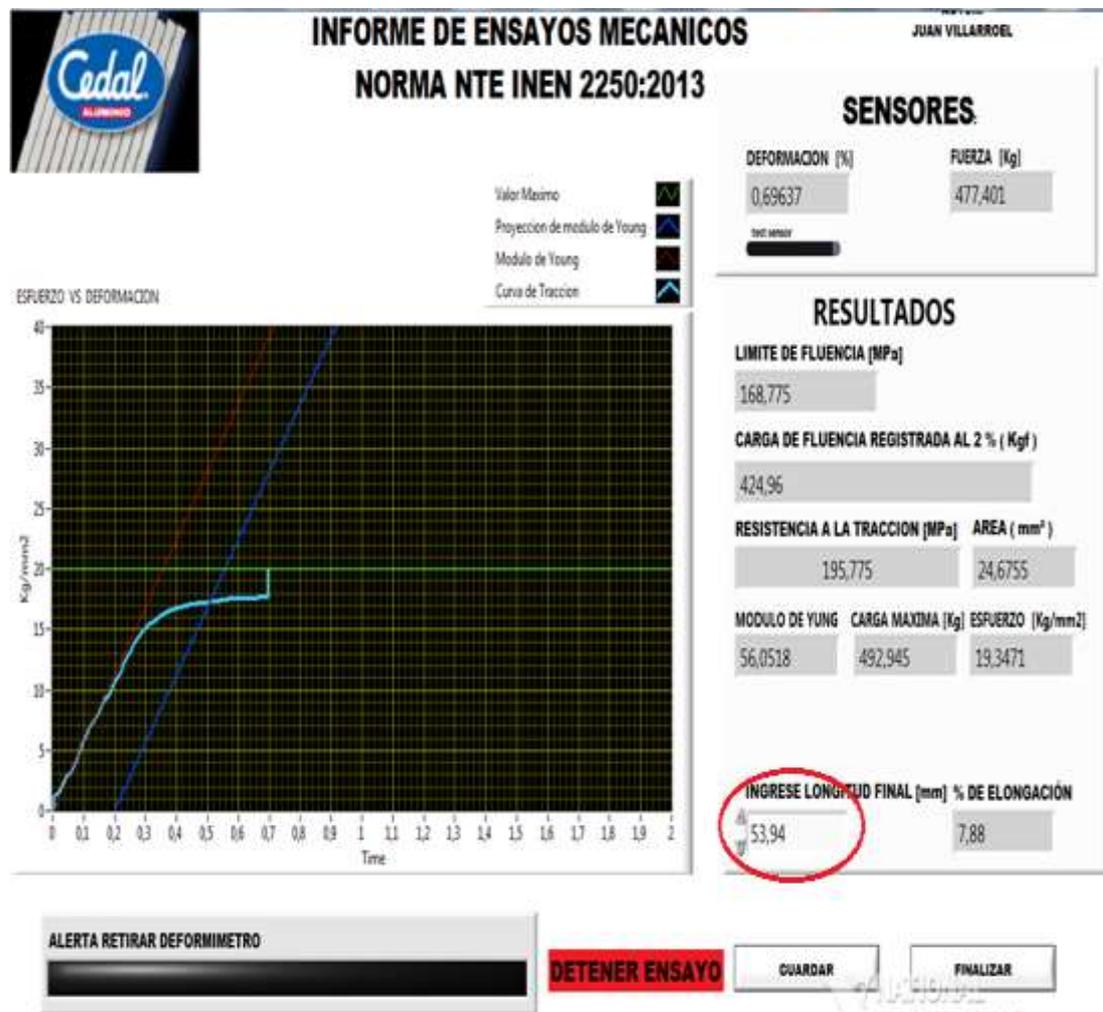


Figura 3. 25. Indicación para ingresar longitud final de la probeta

- i) Ya ingresada la longitud final se ha concluido con el ensayo, seguido se da clic en guardar lo cual genera un informe en Word como se muestra en la figura 3.26, el mismo consta de los valores y datos del ensayo.

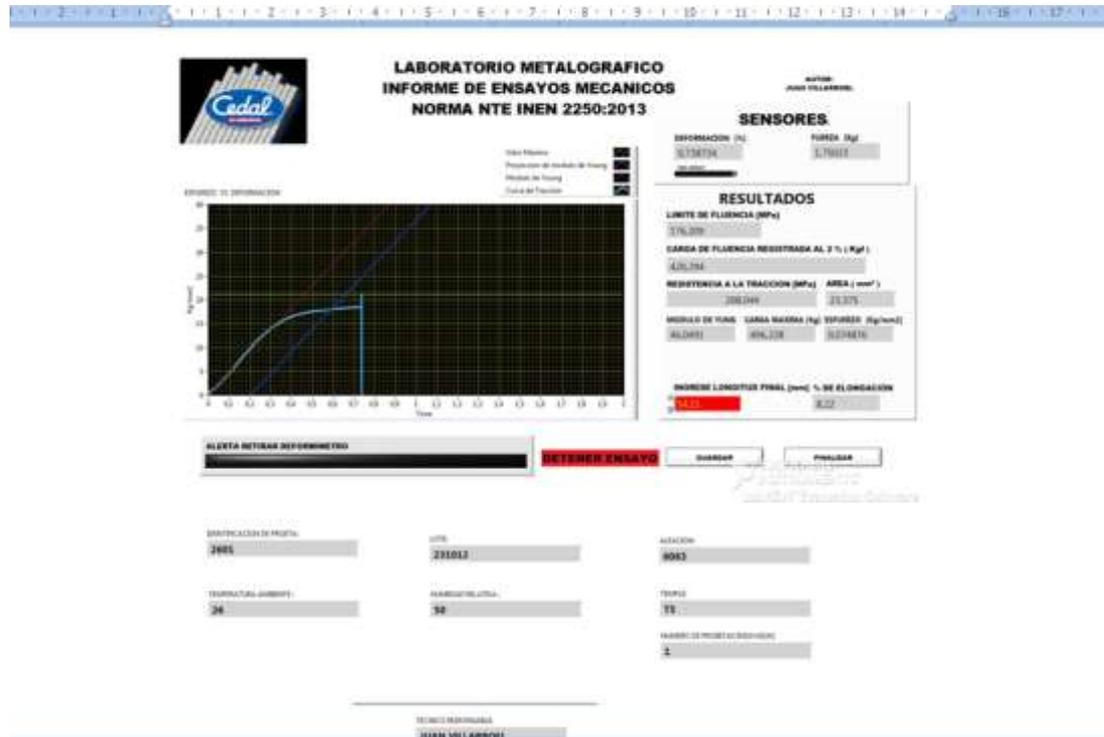


Figura 3. 26. Representación gráfica del informe de resultados en Word

Después de guardar se da clic en detener ensayo y posteriormente finalizar, donde se traslada a la siguiente pantalla la cual da dos opciones la una es empezar otro ensayo o cerrar el software como se muestra en la figura 3.27.



Figura 3. 27. Pantalla para empezar un nuevo ensayo o cerrar el software

3.4. Análisis de costos

3.4.1. Costos directos

Se consideran todos los costos que se llevaron a cabo y que afectan al proyecto:

- Costos de materiales utilizados
- Costos de mano de obra empleada
- Costos de máquinas – herramientas que se necesitó
- Costos por transporte de piezas o demás

3.4.1.1. Costos de materiales utilizados

En la tabla 3.6 se muestran los costos usados en la instalación del transductor de presión.

Tabla 3.6.

Costos de materiales para la instalación del transductor de presión

Especificaciones	unidades	Precio unitario (USD)	Total (USD)
Transductor de presión	1	250	250
T de un ¼"	1	2.5	2.5
Unión de ¼"	1	1.8	1.8
Teflón	1	1	1
Cable UTP	5 m	0.80	4
Manguera corrugada	3 m	0.45	1.35
		Total	260.65

En la tabla 3.7 se muestran los costos usados en la instalación del extensómetro electrónico.

Tabla 3.7.**Costos de materiales para la instalación del extensómetro eléctrico**

Especificaciones	unidades	Precio unitario (USD)	Total (USD)
Extensometro	1	1500	1500
Cable UTP	3 m	0,80	2.4
Manguera corrugada	3 m	0,48	1.44
		Total	1503,84

En la tabla 3.8 se muestran los costos usados en la instalación del sistema de adquisición de datos.

Tabla 3.8.**Costos de materiales para la instalación del sistema de adquisición de datos**

Especificaciones	unidades	Precio unitario (USD)	Total (USD)
Tarjeta DAQ	1	600	600
Adaptador Hp	1	25	25
Caja de paso eléctrico	1	18	18
Bornera de conexión	1	0,40	0,40
Capacitor electrolítico	1	0,80	0,80
Capacitor cerámico	1	0,25	0,25
Luz indicadora	1	0,80	0,80
Interruptor de encendido	1	1,5	1,5
		Total	646,75

En la tabla 3.9 se muestra el costo total de los materiales usados en las diferentes instalaciones.

Tabla 3.9.**Resumen del costo total de los materiales**

Descripción	Total (USD)
Costo instalación del transductor	260,65
Costo instalación extensómetro eléctrico	1503,84
Costo instalación del sistema de adquisición de datos	646,75
Costo total de los materiales	2411,24

3.4.2. Costos indirectos

En la tabla 3.10 se muestra los costos indirectos del proyecto

Tabla 3.10.

Costos conocimiento de Ingeniería

Descripción	Total (USD)
Criterio de Ingeniería	600
Total costos de Ingeniería	600

3.4.3. Costo total de la implementación del sistema de ensayos

El costo total de la implementación viene dado por los costos mencionados anteriormente como se muestra en la tabla 3.11.

Tabla 3.11.

Resumen del costo total de la implementación del sistema

Descripción	Total (USD)
Costo total de materiales	2411,24
Costo total de ingeniería	600
Costo total de instalación del sistema	3011,24

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se logró modernizar una máquina universal TiniusOlsen mediante la tecnología existente en el entorno actual; con la cual se incrementó la precisión y mejor elaboración de reportes, de esta manera se disminuyó el tiempo de ensayos, lo que a Cedal le hacía falta por su gran volumen de producción.
- Para una correcta selección del transductor de presión se debe verificar la capacidad de fuerza máxima que tiene la máquina y su entorno de funcionamiento para minimizar errores en la señal por ruido.
- Se usó un sensor LVDT para detectar la deformación de la probeta en el ensayo debido a su gran capacidad de precisión teniendo como resolución mínima 0,001 mm.
- Se programó en Labview ya que National Instrument posee el hardware y software que cumple con los requisitos necesarios para la implementación del proyecto.
- Se logró que todo el procedimiento que anteriormente se realizaba manualmente hoy en día se lo puede realizar a través de una interfaz humano máquina utilizando un software y un sistema de adquisición de datos.
- Luego de realizar el software se logró apreciar que se tiene una precisión menor al 1% en las mediciones lo cual hace confiable la adquisición de reportes.
- Se logró modernizar la manera de realizar ensayos de tensión al utilizar la electrónica y el software, reduciendo el costo de la implementación en comparación con el software existente del mercado.
- Durante el desarrollo del software fue necesario realizar el filtrado digital de las señales de los sensores ya que la máquina en si generaba ruido lo cual afectaba las mediciones.
- La selección de la DAQ se basó en los canales necesarios, al tener dos sensores se necesitó dos canales y su velocidad de respuesta es de 16 bits que es la más versátil para este tipo de adquisición y su costo no es muy elevado en comparación con las demás DAQ.

- Se logró satisfacer las necesidades de la empresa CEDAL S.A al implementar un sistema de ensayos de tensión basado en la norma NTE INEN 2250-2013 la cual ayuda a verificar la calidad de perfilería en base a su producción generando reportes necesarios para poder liberar su producto al mercado.

4.2. Recomendaciones

- Conseguir un transductor más eficiente capaz de resistir las variables externas de una manera más propicia en relación al ruido, revisar en el mercado las marcas más recomendadas y características más eficientes ante situaciones externas que puedan afectar su nitidez en la medida.
- Realizar un sistema de filtrado de señales independiente del filtrado digital que se le realiza en el software, para tener una señal más nítida al momento de la adquisición.
- En este proyecto se implementó un sistema automático sobre una máquina ya existente, en caso que se desee realizar un proyecto parecido sin tener la máquina se puede realizar una propuesta sobre la capacidad de la misma según la aplicación que tendrá, en este caso se encuentra sobredimensionada por lo que se hizo más complicada la calibración de señales por el hecho de manejar valores de carga muy bajos en relación a la capacidad tan alta de la máquina.
- Al momento de instalar el transductor de presión cebarlo ya que si no se lo hace no emitirá ningún tipo de señal y se puede asumir que se encuentra dañado o no funciona.
- Evitar mover, tocar o manipular las partes electrónicas o peor aún el software debido a que se encuentra calibrado para el correcto funcionamiento del mismo.
- Verificar que la máquina de ensayos se encuentre en posición de home y lista para inyectar carga debido a que puede estar afectando el peso del cabezal en el ensayo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Moot, R. Resistencia de materiales aplicada, Pearson, 3ra ed. Daytona
- [2] Anónimo, «Propiedades Mecánicas,» 10/09/2014. [En línea]. Available: blog.utp.edu.co/metalografia/2012/07/31/2-propiedades-mecanicas-de-los-materiales/
- [3] Pytel, A. Resistencia de materiales, Harla, 4ta ed. Pennsylvania.
- [4] Askeland, D. Ciencia e Ingeniería de los materiales, Thomson, 3ra ed. Missoun.
- [5] García D., “Ensayo de Tracción”, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- [6] Anónimo, Empresa CEDAL S.A. 04/ 11/ 2014. [En línea]. Available: www.cedal.com.ec
- [7] Anónimo, Tinius Olsen, 20/11/2014. [En línea]. Available: <http://www.tiniusolsen.com/pdf/ESP%20B117G%20lr.pdf>
- [8] A. B. Romero , «Fundamentos físicos y conceptos básicos sobre sensores,» 04/10/2013. [En línea]. Available: [:http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iesalfonso_romero_barcojo/departamentos/tecnologia/unidades_didacticas/ud_controlroboticav1/fundamentosfisicosconceptosbasicossobresensores.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iesalfonso_romero_barcojo/departamentos/tecnologia/unidades_didacticas/ud_controlroboticav1/fundamentosfisicosconceptosbasicossobresensores.pdf).
- [9] Anónimo, «Instrumentación Industrial,» 10/11/2014. [En línea]. Available: http://www.sapiensman.com/control_automatico/control_automatico7.htm.
- [10] Creus, A. Instrumentación Industrial, Boixareu, 6ta ed. Barcelona.
- [11] Anónimo, Extensómetro Eléctrico, 02/02/2015. [En línea]. Available: <http://www.tecnotest.it/f/sp/prod/f-030e-extensometro-electronico-de-precision>
- [12] Anónimo, mecánico, 02/02/2015. [En línea]. Available: http://jhonjairo-mecanico.blogspot.com/2010_06_01_archive.html
- [13] Anónimo, metrología, 02/02/2015. [En línea]. Available:

<http://www.reocities.com/madisonavenue/6883/trabajos/13metrologia/relroj98.htm>

- [14] F. Miyara, «CONVERSORES D/A Y A/D,» 06/01/2014. [En línea]. Available: <http://www.fceia.unr.edu.ar/enica3/da-ad.pdf>.
- [15] Anónimo, tecnología analógica, 14/02/2015. [En línea]. Available: <http://tecnologitt.blogspot.com/2012/12/las-diferencias-de-tecnologia-analogica.html>
- [16] L. Reyes, «Curso de Instrumentación,» 09/02/2014. [En línea]. Available: http://fisica.udea.edu.co/~lab-gicm/Instrumentacion/2014_Chipkit%20UNO32_ADC.pdf.
- [17] Anónimo, Instrumentación, 13/03/2015. [En línea]. Available: http://fisica.udea.edu.co/~lab-gicm/Instrumentacion/2014_Chipkit%20UNO32_ADC.pdf
- [18] «Tecnología, informática y computación,» 15/02/2014. [En línea]. Available: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/19119/1/Sistemas%20de%20adquisici%C3%B3n%20y%20Procesamiento%20de%20datos.pdf> .

ANEXOS

Anexo a: Características de la maquina universal

Tinius  Olsen

SUPER "L"™

**Maquinas Universales de Ensayos Hidráulicas para
Ensayar Materiales Críticos de hasta 3,000kN**



MODELO SUPER "L"

Hasta 3,000 kN de fuerza aplicada por controles digitales avanzados.



Fig. 1. Típica Super "L" 60,000 lbf (300kN)



Fig. 2. Típica Super "L" 60,000 lbf (300kN) con controlador manual y sistema opcional de ordenador

Durante más de un siglo, Tinius Olsen ha configurado la normas por las cuales se basan las máquinas de ensayos.

Las máquinas de ensayos Tinius Olsen Super "L" son reconocidas como un estándar de precisión, dependencia, versatilidad en máquinas de ensayos hidráulicas. Las miles de máquinas Super L que actualmente se utilizan a lo largo de todo el mundo, acreditan este hecho.

Ahora más que antes, la Super "L" representa estándar más alta en máquinas universales de ensayos hidráulicas. Se caracteriza por el sistema patentado de de carga hidráulico de doble presión y por su marco de carga robusto de cuatro columnas de una rigidez excepcional. Además tiene una consola portátil de tamaño reducido. Tinius Olsen desarrolló un controlador portátil y un display para ensayos básicos manuales.

Los sistemas Super "L" están garantizados para cumplir las normas ASTM, ISO y otras normas nacionales e internacionales. Con una precisión de $\pm 0,5\%$ de la carga indicada desde 0,2% hasta 100% de su capacidad.

Todos los equipos utilizados para calibrar las Super "L" están trazados por el Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST).

Las prestigiosas Tinius Olsen Super "L" son un estándar de excelencia en ensayos de gran precisión y fiabilidad en capacidades desde 30,000 hasta 600,000 lbf (150 a 3,000kN) o superiores.

Marco de Ensayos Robusto

Su construcción de cuatro columnas garantiza la rigidez del marco de ensayos.

Diseño Modular

Todas las Super "L" están fabricadas con nuestro display para control manual y opcionalmente con servo control en lazo cerrado vía una gran variedad de opciones de software/hardware.

Versatilidad

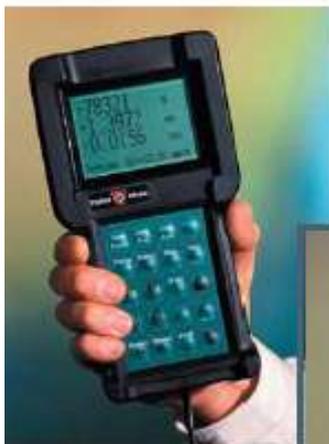
Adecuado para ensayos de tracción, compresión, flexión y otros ensayos en materiales y montajes

Control remoto de los ensayos y el travesaño con controlador manual.

Para control manual y funcionamiento conveniente, cada Super "L" incluye un controlador remoto manual estándar con LCD y un cable ampliado. Permite posicionamiento del travesaño ajustable, antes del ensayo, y apertura y cerrado de las modazas hidráulicas opcionales. Una parte del display LCD de 3 líneas permite leer la fuerza en lbf, N, o kgf. Además de mostrar la carga, se puede equipar opcionalmente con instrumentación apropiada y acondicionadores de señal para mostrar también los valores de posición y alargamiento. Si se adquiere la instrumentación de posición (encoder de alta resolución, extensómetros) y el módulo acondicionador de señal, se mostrará la velocidad.

aplicada está determinada por el operador. Por lo tanto como opción, la Super "L" se puede suministrar con sistema de servo control en lazo cerrado. Esta opción permite monitorizar constantemente el ensayo en proceso y regula la velocidad de carga para mantener las condiciones prefijadas. Esta opción permite llevar a cabo ensayos de tensión, compresión, flexión y otros ensayos automáticamente y asegura un control constante del ensayo libre de las variables del operario. Se pueden realizar pruebas de ensayos automáticamente ya que los ensayos pueden requerir diferentes modos de control (por ejemplo velocidad constante, carga constante.....) Esta actualización del servo control en lazo cerrado se puede añadir fácilmente al equipo más adelante. Esta opción del servo control se puede acompañar añadiendo opciones de hardware y software.

Fig. 3 Controlador manual suministrado con las Super "L."



Servo Control Opcional

En las máquinas básicas Super "L" Controladas manualmente la velocidad a la cual la carga es

Fig. 4. Super "L" consola con controlador manual y ordenador opcional.



CAPACIDADES Y CONFIGURACIONES



Fig. 5. Típica Super "L" 60,000 lbf (300kN) con controlador manual



Fig. 6. Típica Super "L" 60,000 lbf (300kN) con ordenador opcional y software Tinius Olsen Horizon



Fig. 7. Típica Super "L" 120,000 lbf (600kN) con travesaños cerrados y mordazas tipo rack & pinion

Fig. 8. Típica estándar Super "L" con marco de ensayos con travesaños frontales semi abiertos de 400,000 lbf (2,000kN)

Para la mayoría de los usuarios, la línea estándar Super "L":
30,000 to 400,000 lbf (150 to 2,000 kN)

Modelos A y AF, Para ensayos de rápida secuencia de producción, Super "L":
30,000 to 200,000 lbf (150 to 1,000 kN); travesaños de frontal abierto.

Super "L" Para ensayos extraordinarios, grandes capacidades y propósitos especiales:
De 600,000 lbf (3,000kN) en adelante

Opciones para todos los modelos de Super "L":

- Se pueden fabricar Columnas y husillos de longitud extra, con o sin un travesaño superior ajustable, para aumentar el espacio de ensayo disponible para muestras de ensayos extra largas
- Travesaños frontales semi abiertos para una carga de las muestras más sencilla
- Elevador de Mordazas de activación hidráulica para permitir una rápida carga / descarga de muestras
- Protecciones no metálicas Tipo Acordeón para proteger los husillos e incrementar la vida de su sistema.
- Herramientas para tracción, compresión, desgarro, flexión y otros ensayos.
- Gran variedad de Instrumentación
- Células de carga de baja capacidad
- Mesa ranurada para fijar y asegurar la instrumentación hecha a medida.
- Cabinas de temperatura controlada para temperaturas desde -300°C a 1000°F (-185° a 535°C)
- Hornos para temperaturas a 2200°F (1200°C)



MODELO		30	60	120	200 _c	300 _c	400 _c	
CAPACIDAD	lbf	30,000	60,000	120,000	200,000	300,000	400,000	
	kN	150	300	600	1,000	1,500	2,000	
	kgf	15,000	30,000	60,000	100,000	150,000	200,000	
ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINA	Stroke in mm	6 152	6 152	6 152	9 229	9 229	9 229	
	Testing Speeds in/min mm/min	0-3 0-76	0-3 0-76	0-3 0-76	0-3 0-76	0-3 0-76	0-3 0-76	
	Adjustable Crosshead Speed in/min mm/min	20 508	20 508	12 305	12 305	12 305	12 305	
DIMENSIONES DE LA PRENSA:	(A) Clearance Between Screws in mm	14 356	14 356	20 508	22 556	24 610	24 610	
	(B) Standard Opening in mm	29 737	29 737	36 914	42 1067	46.25 1175	46.25 1175	
	(C) Crosshead Thickness in mm	3.5 89	3.5 89	5.5 140	8 203	8.5 216	8.5 216	
	(D) Grip Guard Thickness in mm	1 25	1 25	2.75 70	2.75 70	4.5 114	4.5 114	
	(E) Lever Height in mm	— —	— —	— —	8.75 222	8.75 222	8.75 222	
	(F) Width in mm	29 737	29 737	30 762	34 864	37 940	37 940	
	(G) Depth in mm	19 483	19 483	25 635	26 660	33.5 851	33.5 851	
	(H) Height in mm	72.5 1842	72.5 1842	77 1956	90.125 2289	96.25 2445	96.25 2445	
	PESO DE LA MAQUINA:	Net lbs kg	2600 1180	2600 1180	4700 2132	9000 4082	12,000 5444	12,000 5444
		Gross lbs kg	3100 1406	3100 1406	5700 2580	9900 4490	13,300 6034	13,300 6034
DIMENSIONES NOMINALES DE LAS MUESTRAS MAXIMUM	Tension Lengths	Max.-TL Rock & Pinion in mm	24 610	24 610	32 813	34 837	38 965	38 965
		Max.-TL Lever Grips in mm	— —	— —	— —	30 762	32 813	32 813
		Width in mm	2 51	2 51	2.5 64	3 76	3.5 89	3.5 89
		Thickness in mm	1 25	1 25	1.75 44	2.125 54	2.125 54	2.125 54
		Diameter in mm	1.125 29	1.125 29	2.25 57	2.375 60	2.625 67	2.625 67
	Compression Height	Max.-CH Rock & Pinion in mm	22 559	22 559	24 610	26 711	32 813	32 813
		Max.-CH Lever Grips in mm	— —	— —	— —	30 762	36 914	36 914

Standard Super "L" UTMs
Console Dimensions

MODEL		30	60	120	200	300	400
Width	in	36	48				
	mm	915	1219				
Depth	in	31	31				
	mm	788	788				
Height	in	40	40				
	mm	1016	1016				

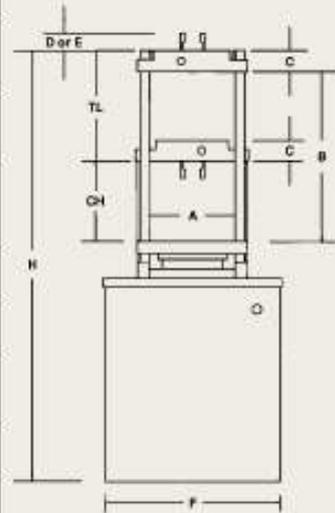
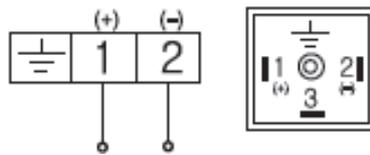


Fig. 9. Schematic of load frame. Refer to table at left for actual dimensions.

Notes:

1. Approximate
2. Additional height clearances can be provided
3. Dimension of footprint base; overall dimensions will depend on options selected
4. Add D or E as applicable and add stroke
5. With full stroke remaining
6. These machines can be floor- or pit-mounted to meet customer testing requirements; pit mounting may require additional components
7. If wider clearance is required, please consult factory
8. Load measurement meets or surpasses the following standards: ASTM E4, BS 1610, DIN 51221, EN 10002-2 and ISO 7500-1
9. Strain measurement meets or surpasses the following standards: ASTM E83, BS 2846, ISO 10002-4 and ISO 9513
10. These systems conform to all relevant European directives and carry a CE mark
11. Specifications subject to change without notice

Connection Diagram



Anexo c: Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2250:2013



Quito – Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2250:2013
Primera revisión

**ALUMINIO. PERFILES, BARRAS, VARILLAS Y TUBOS
EXTRUIDOS. REQUISITOS E INSPECCIÓN.**

Primera Edición

ALUMINIUM. PROFILES, BARS, RODS AND TUBES EXTRUDED. SPECIFICATIONS AND INSPECTION.

First Edition

donde

DIMENSIONES	Tipo 1 mm	Tipo 2 mm
A = Longitud total (mínima)	200	100
B = Ancho de extremos	20	10
C = Longitud calibrada	57	32
D = Ancho calibrado	12,5 ± 0,05	6,0 ± 0,05
E = Radio de transición	12,5	6,0
F = Largo de cabezas (mínimo)	50	30
e = Espesor	espesor del perfil	espesor del perfil
Lo = Longitud entre marcas	50 ± 0,10	25 ± 0,10

- b) El corte y maquinado de la probeta debe ser cuidadosamente realizado de tal manera que la tolerancia en la sección calibrada sea la especificada y las características mecánicas no sean alteradas
- c) *Medición de las probetas.* El espesor y ancho de la parte calibrada deben ser medidos con el tornillo micrométrico y calibrador respectivamente, en seis sitios marcados en la probeta.

8.3.1.4 Procedimiento.

- a) Colocar la probeta en las mordazas de la máquina de ensayos teniendo cuidado de que esté ubicada perpendicularmente.
- b) Se coloca el extensómetro de la máquina de ensayos.
- c) Se realiza el ensayo de tracción, registrando los valores de la carga de fluencia y carga de rotura.
- d) La variación en longitud (Lb) para el cálculo del alargamiento se lo obtiene uniendo, tenazmente, las partes de la probeta rota y midiendo con el pie de rey, en las marcas de la longitud entre marcas (Lo)

8.3.1.5 *Cálculos.* Con los datos obtenidos en el ensayo de tracción, se calcula la resistencia a la tracción (Rm), límite de fluencia (Rg) utilizando las siguientes fórmulas:

$$R_m = \frac{F_m}{W e} \quad (1) \qquad R_g = \frac{F_f}{w e} \quad (2)$$

donde

- Fm = Carga máxima de rotura registrada, en kg
Ff = Carga de fluencia en kg (criterio 0,2 %)
W = Ancho de la zona calibrada, en mm
e = Espesor, en mm
Rm = Resistencia a la tracción, en MPa (1)
Rg = Límite de fluencia, en MPa (2)

El alargamiento se calcula con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{L_b - L_o}{L_o} * 100 \quad (3)$$

donde

- Lb = Longitud entre marcas luego del ensayo, en mm
Lo = Longitud entre marcas iniciales, en mm
A = Alargamiento, en % (3)

8.3.1.6 *Informe de los resultados.* En el informe de resultados deben constar los siguientes datos:

- a) Referencia a esta norma: NTE INEN.....
b) Lote de inspección o de ensayo
c) Identificación de los probetas.
d) Valor de la resistencia a la tracción, límite de fluencia y alargamiento
e) Número de probetas ensayadas
f) Fecha de ejecución de los ensayos
g) técnico que realizó el o los ensayos

Anexo c: Características de la NI myDAQ

NI MyDAQ



NI MyDAQ

GUÍA DEL USUARIO Y ESPECIFICACIONES

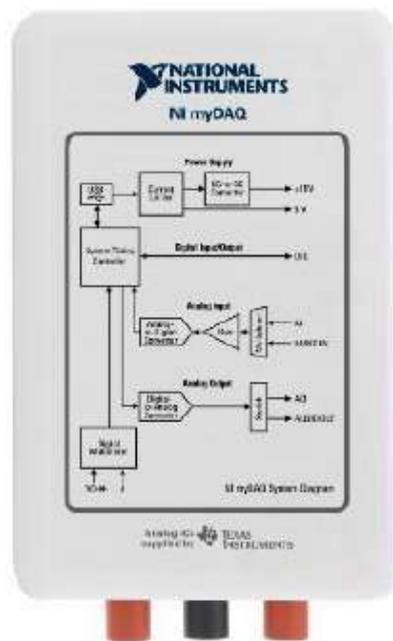


Figura 1. NI myDAQ

NI MyDAQ es una tarjeta de adquisición de datos portátil de bajo costo (DAQ) este Dispositivo utiliza la plataforma NI LabVIEW basado en los instrumentos de software, permitiendo a los estudiantes medir y analizar las señales del mundo real.

NI MyDAQ es ideal para explorar electrónica y tomar medidas de sensores, Combinado con NI LabVIEW en el PC, los estudiantes pueden analizar y procesar las señales adquiridas y mantener control de procesos sencillos en cualquier momento y lugar.

Descripción general del hardware NI MyDAQ

NI MyDAQ proporciona entradas analógicas (AI), salidas analógicas (AO), entradas y salidas digitales (DIO), de audio, fuentes de alimentación, y un Multímetro digital (DMM) funciones en un compacto dispositivo USB.

❖ **Tip:** Los términos comunes y Consejos que veremos en este manual, en la ingeniería y muchos documentos de medición y sitios web, están en una lista de siglas y términos.

Los circuitos integrados suministrados por Texas Instruments forma el poder y la analógica / subsistemas S de NI myDAQ. La figura 2 muestra la disposición y la función de los subsistemas de NI myDAQ. Consulte la tabla 5 para obtener más información sobre todos los componentes utilizados en Texas Instruments NI myDAQ.

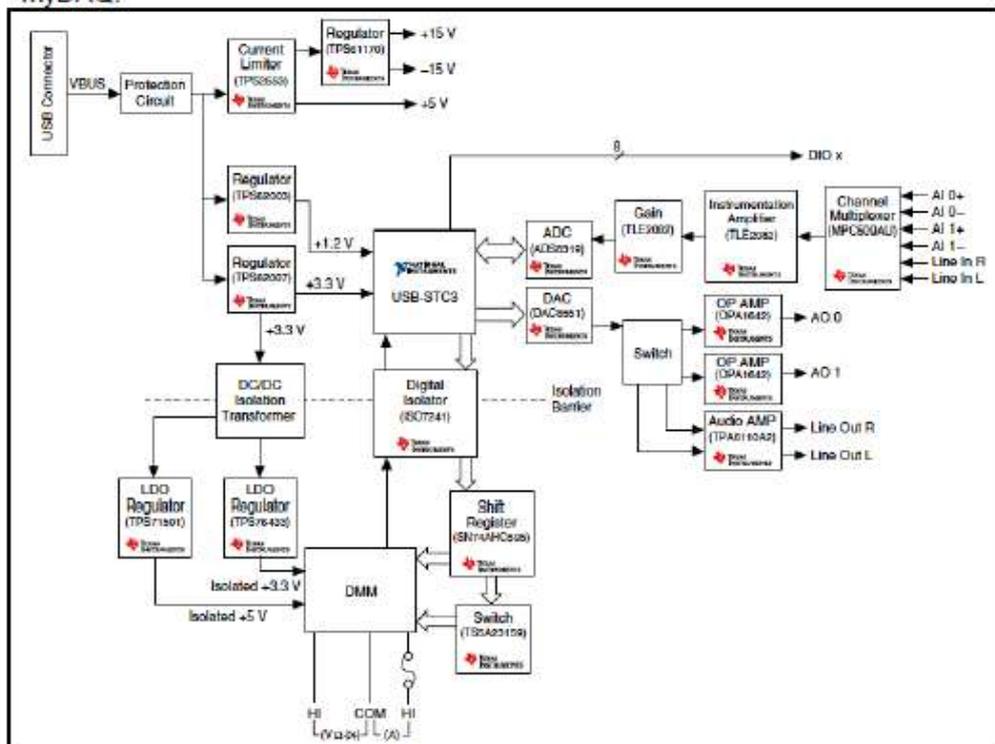


Figura 2. NI MyDAQ hardware diagrama de bloques

Entrada Analógica (AI)

Hay dos canales de entrada analógica de NI MyDAQ. Estos canales pueden configurarse como tensión diferencial de uso general de alta impedancia de entrada o de entrada de audio. Las entradas analógicas son multiplexadas, es decir, una sola convierte de analógico a digital (ADC) se utiliza para probar los dos canales. En Modo de uso general, puede llegar a medir hasta ± 10 V señales. En modo audio, los dos canales izquierdo y derecho representan entradas estéreo de nivel de línea. Las entradas analógicas se pueden medir hasta 200 kS / s por canal, por lo que son útiles para la adquisición de forma de onda. Las entradas analógicas se utilizan en el Osciloscopio NI ELVISmx, el analizador de señal dinámica, y el Analizador de Bode.

Salida Analógica (AO)

Hay dos canales de salidas analógicas del NI myDAQ. Estos canales pueden configurarse como la tensión de salida de propósito general o de salida de audio. Ambos canales tienen un convertidor digital dedicado a analógico (DAC), por lo que puede actualizar de forma simultánea. En el modo de uso general, puede generar hasta ± 10 V de señales. En el modo de audio, se pueden usar los dos canales de salidas estéreo de la izquierda y la derecha.

Las salidas analógicas se puede utilizar en hasta 200 kS / s por canal, lo que los hace útiles para la generación de forma de onda. Las salidas analógicas se utilizan en los instrumentos NI ELVISmx generador de funciones, generador de forma de onda arbitraria, y Analizador de Bode.

⚠ PRECAUCIÓN Si utiliza auriculares para escuchar la salida de audio del NI myDAQ, asegúrese de que el volumen está ajustado a un nivel seguro. Escuchar las señales de audio a un volumen muy alto puede dar lugar a pérdida de audición permanente.

Entradas / Salidas Digitales (DIO)

Hay ocho E / S digital (DIO) líneas en NI myDAQ. Cada línea es una Interfaz de funciones programables (PFI), lo que significa que se puede configurar como un software de propósito general-tiempo de entrada o salida digital, o puede actuar como una entrada de funciones especiales o de salida para un contador digital. Consulte la E / S digital (DIO) y Contadores / Temporizadores sección para obtener más información sobre los contadores en NI myDAQ.

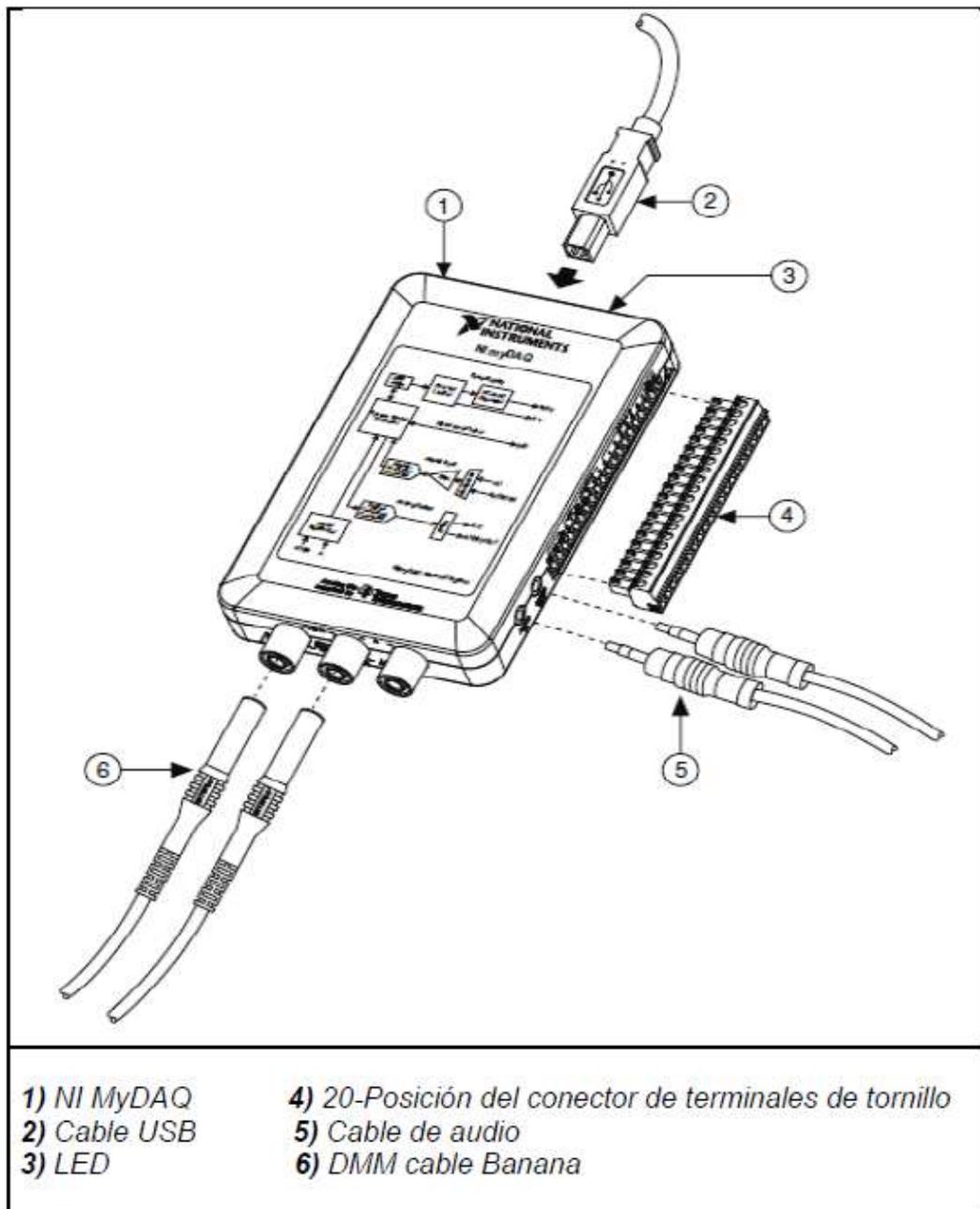


Diagrama de conexión del NI MyDAQ

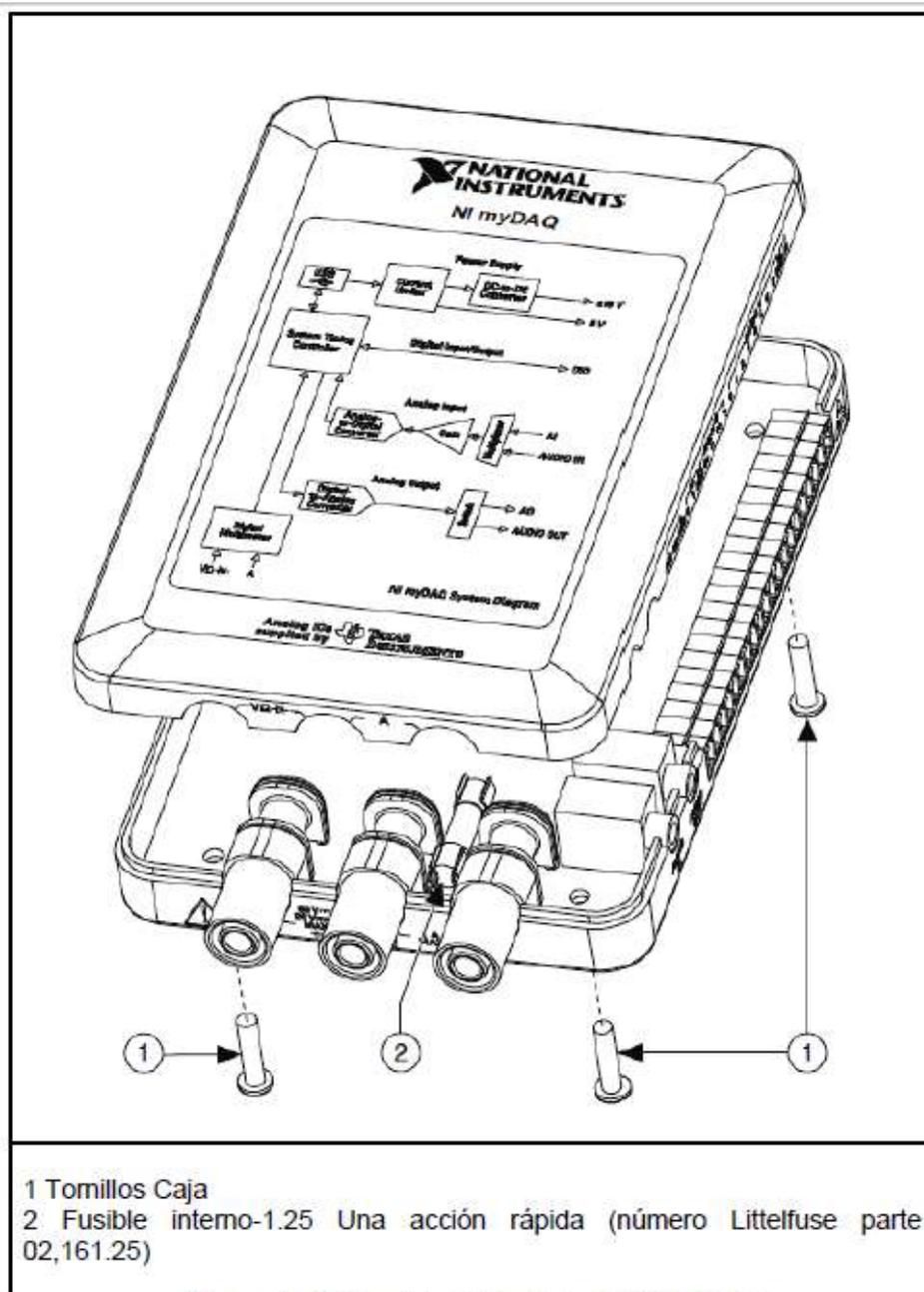


Figura 10. Ubicación del fusible del NI MyDAQ

Conectando Señales

La Figura 4 muestra el audio disponible, las señales de AI, AO, DIO, GND, y el poder a través del audio de 3,5 mm y las conexiones de terminales de tornillo.

Consulte la Tabla 1 para la descripción de estas señales.

⚠ **Precaución** Los cables de señal deben estar bien colocado y atomillado en el terminal de tornillo para asegurar la conexión adecuada.

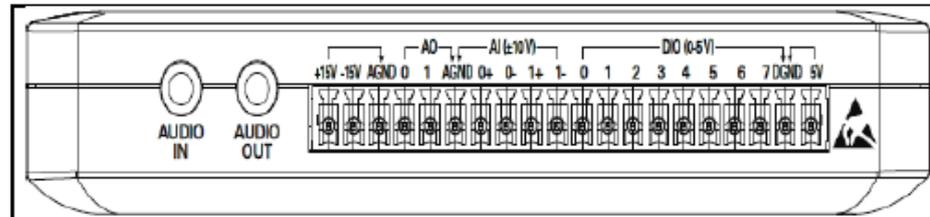


Figura 4. NI MyDAQ 20 Posición de terminales de tornillo Conector de I / O

Tabla 1. Tomillo de Descripciones para terminal de la señal

Nombre de la señal	referencia	dirección	Descripción
Entrada de audio	----	Entrada	Entrada de audio izquierdo y derecho-entradas de audio con un conector estéreo
Salida de audio	----	salida	Salida de audio-izquierda y derecha de audio productos con un conector estéreo
15 V/-15V	AGND	salida	15 V/-15 V fuentes de alimentación
Terminal Analógica de tierra	----	----	Tierra de referencia Analógica en terminal para AI, AO, 15 V, y V -15
AO 0/AO 1	AGND	salida	Los canales analógicos de salida 0 y 1
AI 0+/AI 0-; AI 1+/AI 1-	AGND	Entrada	Los canales analógicos de entrada 0 y 1
DIO <0..7>	DGND	Entrada o salida	E / S digital de señales, de uso general líneas digitales o señales de contador
DGND	----	----	Tierra Digital de referencia de la DIO líneas y la fuente de +5 V
5V	DGND	salida	5 V de alimentación

La Figura 5 muestra las conexiones DMM del NI myDAQ

La Tabla 2 describe estas señales.

⚠ **Atención** 60 VDC y 20V máxima rms. No conecte las sondas de multímetro digital en los circuitos con voltajes peligrosos, tales como tomas de corriente.

Entradas analógicas

Nº de canales..... 2 o 1 entrada audio estéreo
Resolución ADC..... 16 bits
Velocidad Máxima de muestreo..... 200 kS / s
Precisión de la sincronización..... 100 ppm de velocidad de muestreo
El tiempo de resolución..... 10 ns

Rango

Entradas analógicas..... ± 10 V, $\pm V$ 2, DC-junto
Entradas de audio..... ± 2 V, AC-junto

Banda de paso (-3 dB)

Entradas analógicas..... CC a 400 kHz
Entradas de audio..... 1,5 Hz a 400 kHz

Tipo de conector

Entradas analógicas..... Terminales de tornillo
Entradas de audio..... 3,5 mm estéreo

Tipo de entrada (entrada de audio)..... Entrada de línea o micrófono
La excitación del micrófono (entrada de audio)..... 5,25 V a través de 10 k

Tabla Absoluta

Rango de precisión		Típica a 23 ° C (mV)	Máxima (18 a 28 ° C) (mV)
Escala Positivo completa	Escala Negativo completa		
10	-10	22.8	38.9
2	-2	4.9	8.6

Tamaño de Entrada FIFO.....	4.095 muestras, compartida entre canales utilizados
Tensión Máxima de trabajo para la grabación analógica	
Insumos (modo de señal + común).....	$\pm 10,5$ V de la AGND
Rechazo de modo común	
Relación (CMRR) (DC a 60 Hz).....	70 dB
Impedancia de entrada	
Dispositivo en	
AI + o IA-a AGND.....	> 10 G Ω 100 pF
AI + AI-.....	> 10 G Ω 100 pF
Dispositivo apagado	
AI + o IA-a AGND.....	5 K Ω
AI + AI-.....	10 K Ω
Filtro anti-aliasing.....	Ninguno
Protección contra sobretensiones	
AI + o IA - a AGND.....	± 16 V
Protección contra sobretensiones (entrada de audio Izquierda y derecha).....	
	Ninguno

Salidas analógicas

Número de canales.....	Dos de tierra-referencia o una salida de audio estéreo
DAC resolución.....	16 bits
Máxima velocidad de actualización.....	200 kS / s
Rango	
Salidas analógicas.....	± 10 V, $\pm V/2$, DC-junto
Salidas de audio.....	± 2 V, AC-junto
Máxima corriente de salida (Salidas analógicas).....	
	2 mA

1 La potencia total disponible para las fuentes de alimentación, salidas analógicas y salidas digitales está limitado a 500 mW (típico) / 100 mW (Mínimo). Consulte la sección de NI myDAQ Descripción general del hardware para obtener información sobre el cálculo del consumo total de energía de los componentes de su sistema.

Impedancia de salida

Salida analógica 1 Ω
Salida de audio..... 120 Ω

Impedancia mínima de carga

(Salida de audio)..... 8 Ω

Tipo de conector

Salida analógica..... terminales de tornillo
Salida de audio..... 3,5 mm estéreo

AC-acoplamiento de alta frecuencia de paso

(Salida de audio con 32 Ω de carga)..... 48 Hz

Absoluta precisión

<i>Rango nominal</i>		<i>Normal a 23 °C (mV)</i>	<i>Máximo (18 to 28 °C) (mV)</i>
<i>Escala completa positiva</i>	<i>Escala completa negativa</i>		
10	-10	19,6	30,9
2	-2	5,4	8,8

Velocidad de giro..... 0,4 V / μ s

Precisión de la sincronización..... 100 ppm de velocidad de muestreo

El tiempo de resolución..... 10 ns

Over drive protección..... \pm 16 V para AGND

La potencia máxima en voltage1..... \pm 110 mV

Tamaño de la salida FIFO..... 8.191 muestras, compartida
Entre canales utilizados

E / S digital

Número de líneas..... 8; DIO <0 .. 7>

Control de dirección..... Cada línea individual

Programable como entrada o salida

Modo de actualización de software..... oportuna

Resistencia de pull-down..... 75 K ω

Medición de tensión

DC rangos..... 200 mV, 2 V, 20 V, 60 V

Rangos de CA..... 200 mVrms, Vrms 2, 20 Vrms

Precisión

Función	Rango	Resolución	Accuracy	
			± ([% of Reading] + Offset)	
DC Volts	200.0 mV	0.1 mV	0.5% + 0.2 mV	
	2.000 V	0.001 V	0.5% + 2 mV	
	20.00 V	0.01 V	0.5% + 20 mV	
	60.0 V	0.1 V	0.5% + 200 mV	
			40 a 400 Hz	400 a 2000 Hz
AC Volts	200.0 mV	0.1 mV	1% + 0.15%*	-----
	2.000 V	0.001 V	1% + 0.15%*	5% + 3 mV
	20.00 V	0.01 V	1% + 0.15%*	5% + 3 mV

* The accuracy for AC Volts 200.0 mV range is in the frequency range of 40 Hz to 100 Hz

La impedancia de entrada..... 10 mW

Medición de corriente

DC rangos..... 20 mA, 200 mA, 1 A

Rangos de CA..... 20 mArms, mArms 200, 1 Arms

Anexo d: Artículo de Investigación

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENSAYOS DE TENSIÓN PARA LA MÁQUINA UNIVERSAL TINIUS OLSEN DE LA EMPRESA CEDAL S.A.

Ing. Miguel Carvajal / Ing. Franklin Silva / Juan Villarroel

*Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Departamento de Eléctrica y Electrónica
Quijano y Ordoñez y Marqués de Maenza s/n
Latacunga - 2015*

RESUMEN

El presente proyecto consistió en el diseño e implementación de un sistema automático de ensayo de tensión para la máquina universal TINIUS OLSEN de la empresa CEDAL S.A, el que fue instalado y acoplado a una máquina existente la cual se encontraba en desuso, CEDAL tiene la necesidad de realizar netamente ensayos de tracción de los materiales que son procesados en la planta, la implementación de este proyecto tiene como objetivo un sistema automático, que se regirá a la norma NTE INEN 2250:2013, como inicio el trabajo consistió en revisar y dar un mantenimiento a la máquina, se verificó su estado mecánico y eléctrico, de esta manera se identificó que reparar y mejorar previo a la implementación del sistema, una vez probada la máquina se procedió a seleccionar los sensores que permitieron emitir las señales necesarias para el diseño electrónico. Se diseñó un sistema que realiza el diagrama esfuerzo-deformación, se realizaron pruebas de ensayos mediante la norma de "ALUMINIO. PERFILES, BARRAS, VARILLAS Y TUBOS EXTRUIDOS. REQUISITOS E INSPECCIÓN." La cual se identifica como NTE INEN 2250:2013, el sistema diseñado se basó en parámetros proporcionados por dicha norma, esta norma menciona el proceso del ensayo, formulas de cálculos y la preparación de muestras, se seleccionó la

parte de adquisición de datos en la cual se acondicionó las señales obtenidas por los sensores; se usó el software Laview para la programación e interpretación de los datos ya procesados, se implementó el sistema en la máquina realizando una calibración de la misma, los ensayos realizados son exportados a Word para ser guardados.

ABSTRACT

This Project was about the design and implementation of an automatic system of test of tension for universal machine TINIUS OLSEN of the company CEDAL S.A It was installed and connected to a already existing machine, which was in disuse, CEDAL has the necessity to make tension tests of the materials, which they process in the factory, this Project implementation has as objective an automatic system, at the beginning this job consisted reviewing and giving a maintenance to the machine, and also verify its mechanical state and electrical in this way was known what element needs to be repaired and to improve before the system implementation, once prove the machine was selected the sensors that helped to emit the necessary signals for electronic design. A system that allows to make the diagram effort-deformation which comprises indispensable in the norm of the company, in this project was done the test of tests by means of the ALUMINUM norm ".PROFILES, BARS,

RODS AND TUBES EXTRUIDOS. REQUIREMENTS AND INSPECTION.” Which is identifies like NTE INEN 2250:2013, The system designed was based on parameters provided by standard, this standard mentions the trial process, calculation formulas and sample preparation, the data acquisition part in which the signals obtained by the sensor; the Laview software for programming and interpretation of the data was used and

processed, the system was implemented in the machine performing the same calibration, trials are exported to Word in order to be saved.

I. INTRODUCCIÓN

La meta del diseño e implementación de un sistema automático de ensayos, es poder minimizar el tiempo de realización de los mismos debido al gran volumen de producción que genera la empresa CEDAL S.A, lo cual ayudará a certificar la calidad de perfilería en función de los parámetros mecánicos, por otro lado poder realizar de una manera más óptima el ensayo debido a que se necesitaba de dos personas para realizar el mismo, las cuales tenían que verificar valores y calcularlos resultados necesarios lo que se convertía en una tarea tediosa la cual requería de mucho tiempo, de esta manera el ensayo automático necesitara de una sola persona sin necesidad de realizar cálculos o cualquier tipo de verificación de datos agilizando la liberación del producto para sus demás procesos o enviarlo al mercado, muchas veces para poder certificar la calidad de la perfilería se tenía que acudir a agentes externos los cuales cobraban un considerable monto por cada ensayo, lo que ahora será un ahorro para la empresa al poder realizar infinidad de ensayos de una manera rápida y precisa, un punto fundamental es la reducción de costos en este software con relación a los existentes en el mercado ya que se obtendrá el mismo resultado con la

particularidad que se tiene un ahorro muy elevado en la implementación del sistema.

Con un equipo en óptimas condiciones se podrán realizar ensayos de tensión de acuerdo a las normas existentes en el entorno, con menores tiempos de ejecución de pruebas y capacidad de repetencia. CEDAL permite realizar el proyecto de tesis, y se compromete a brindar el auspicio para ejecutar el proyecto: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENSAYOS DE TENSIÓN PARA LA MÁQUINA UNIVERSAL TINIUS OLSEN DE LA EMPRESA CEDAL S.A, con la norma NTE INEN 2250:2013 la cual rige en el país en lo que se refiere a ALUMINIO. PERFILES, BARRAS, VARILLAS Y TUBOS EXTRUIDOS. REQUISITOS E INSPECCIÓN, y en la que va enfocado el proyecto, esto conseguirá el aseguramiento de la calidad del producto.

II. MARCO TEÓRICO

La máquina universal por lo general es usada para ensayos destructivos se tomarán en cuenta los principales; tensión, compresión, corte y flexión. Se considera que es similar a una prensa hidráulica la cual puede aplicar carga de manera controlada y así someter a piezas de diferentes composiciones o materiales determinados a los diferentes tipos de ensayos mencionados con el fin de conocer sus propiedades mecánicas, se debe tomar en cuenta que su funcionalidad permite ensayar probetas de diferentes formas, dimensiones y características que estarán estipuladas por normas existentes específicas, al observar el tipo de agarre o mordazas especiales requeridas.

Esta máquina genera flujo hidráulico a presión mediante una bomba la que esta previamente diseñada según la capacidad requerida, esta bomba inyecta el fluido hidráulico hacia un cilindro el cual

es controlado por la válvula de carga que se encuentra ubicada en la unidad de potencia hidráulica, al dejar así que fluya el aceite según la necesidad de carga requerida como también la velocidad a la que se vaya a ensayar, de igual manera la válvula de descarga tiene el papel de retorno del fluido al tanque reservorio por acción de gravedad del pistón. Esta máquina es útil al momento de caracterizar nuevos materiales como también verificar propiedades mecánicas en función de parámetros o normas de calidad.

III. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La máquina consta de dos partes que son el tablero de peso el cual se puede observar en la figura 1 y la unidad de potencia hidráulica que se la puede observar en la figura 2.



Figura 1: Tablero de peso Tiniius Olsen típica super "L"



Figura 29: Unidad de potencia hidráulica Tiniius Olsen típica super "L"

La unidad de potencia hidráulica consta de un sistema que está conformado de bomba, válvulas, reservorio, mecanismos, mangueras y acoples que funcionan sincronizadamente para inyectar el fluido hidráulico al cilindro, la carga que se aplica para la realización de los diferentes ensayos están dadas por la inyección de aceite al pistón impulsado hacia arriba por el fluido hidráulico, que está controlado por la válvula de carga la cual ayuda a verificar el porcentaje de fluido necesario o requerido para el ensayo, una vez que se ha ensayado se puede hacer uso de la válvula de descarga, que consta también de un porcentaje controlado de flujo y por medio de la gravedad y el peso regresa el pistón a su posición de home.

El tablero de peso de la máquina está conformado por un cabezal superior, un cabezal inferior y un cabezal ajustable motorizado, y evidentemente el cilindro donde ingresa el fluido.

El cabezal ajustable motorizado es usado para controlar la distancia o regulación en la que se va a realizar el ensayo en función de las diferentes dimensiones de las probetas, este una vez que se ha regulado permanece fijo durante el mismo, el cabezal superior tanto como inferior son impulsados por el pistón hidráulico hacia arriba con la diferencia que el superior se lo usa

netamente para tensión y el inferior para compresión estos dos en función del cabezal ajustable motorizado.

IV. ESFUERZO

Se caracteriza como la fuerza por unidad de superficie que soporta ó se aplica sobre un cuerpo, es decir es la relación entre la fuerza aplicada y la superficie en la cual se aplica.

La fuerza aplicada a un cuerpo no genera el mismo esfuerzo sobre cada una de las superficies del cuerpo, el esfuerzo en términos matemáticos está representado por sigma (σ) y definido por la Ecuación:

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

V. DEFORMACIÓN.

Es también conocida como deformación unitaria y viene hacer la relación entre la longitud total deformada sobre la longitud inicial, como se sabe todo material que este expuesto a una carga aplicada se deformará indistintamente según su aplicación.

La deformación matemáticamente está representada por la letra griega minúscula épsilon (ϵ) y definido por la ecuación:

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

VI. DIAGRAMA ESFUERZO vs DEFORMACIÓN UNITARIA.

Este diagrama se usa en el ensayo de tensión para caracterizar nuevos materiales y también verificar parámetros de seguridad de los mismos.

Para cualquier material que sea

ensayado los resultados son aplicables indistintamente del tamaño de muestras o probetas.

Este diagrama está conformado por el esfuerzo en la ordenada y la deformación unitaria en la abscisa y se lo puede observar en la figura 3.

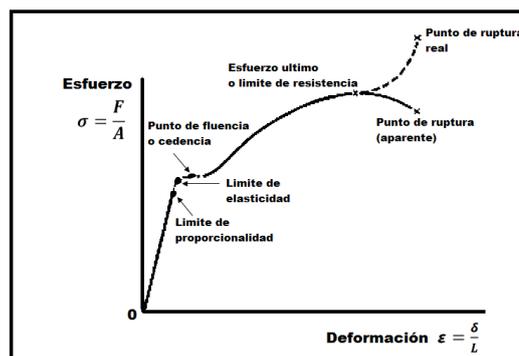


Figura 3. Diagrama esfuerzo Vs deformación

Fuente: Resistencia de materiales (Andrew Pytel)

VII. REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN.

Por requisito se deberán tomar las medidas de ancho y espesor de la probeta en la zona calibrada con la ayuda de un calibrador y un micrómetro, estos dos datos servirán para el cálculo del área, como siguiente paso se debe asegurar la probeta en las mordazas de la máquina y se procede con el ensayo.

Al accionar la máquina se deberá aplicar una carga continua conforme la necesidad del ensayo, lo cual permitirá observar que en función de la carga inyectada la probeta variará su forma, esta irá estirándose poco a poco y cambiará su medida hasta el punto de producirse una estricción en el centro de la sección transversal de menor área, el cual irá reduciendo su diámetro inicial conforme la probeta sigue deformándose hasta romperse como se observa en la figura 4.

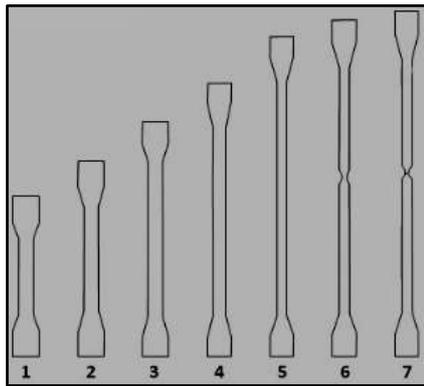


Figura 4. Deformación hasta el fallo en una probeta.

Fuente: D. García, "Ensayo de Tracción" Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

VIII. SENSOR Y TRANSDUCTOR.

SENSOR

El sensor es un dispositivo que a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que está en función de la variable medida.

El sensor de detección discreta genera una señal por la ausencia o presencia del objeto a medir, esta señal puede ser abierta o cerrada.

El sensor de detección analógica genera una señal continua que varía en amplitud y periodo dependiendo de la magnitud medida.

El sensor es una ayuda en el campo de la automatización, control, medición, procesamiento, monitorización ya que interpreta datos directamente tomados de las variables medidas y mediante circuitos de acondicionamiento entrega señales eléctricas y electrónicas.

TRANSDUCTOR

El transductor es un dispositivo que tiene la capacidad de transformar el

efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, dilatación, humedad, etc, en otro tipo de señal normalmente eléctrica.

IX. SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL TRANSDUCTOR DE PRESIÓN.

SELECCIÓN

Se seleccionó una galga extensiométrica, debido a que consta de una excelente estabilidad en el tiempo y un bajo error en su señal por motivo de vibraciones.

La empresa tiene un departamento de bodega el cual se encarga de verificar los repuestos y compras, lo que ayudó a consultar la disponibilidad de los transductores en stock, según la necesidad del proyecto, la presión máxima ejercida por la máquina se definió que es aproximadamente 700 Psi, por lo que este dato sirvió para la verificación de los transductores existentes, lo que llevó a una respuesta favorable, que existe un transductor que cumple con las variantes anteriormente mencionadas y su capacidad es de 0 a 60 Bar lo que representándolo en un valor aproximado es 870 Psi, llegando así a analizar que es factible para el proyecto ya que está dentro del rango de carga máximo requerido de la máquina e incluso se tiene un porcentaje de sobrecarga considerable en caso de ser necesario, debido a que el costo de este tipo de instrumentos es elevado se optó por aprobar esta selección y usar lo más óptimo y viable ofrecido por la empresa, cabe recalcar que la máquina de ensayos universales que se encuentra en la empresa se adquirió netamente con el fin de realizar ensayos de tracción para corroborar requisitos indispensables estipulados en la norma que acredita la calidad de perfilaría de esta empresa, para el ensayo de tracción en las

probetas de aluminio se detecto que no es necesario la capacidad máxima de la máquina, resultando que ni una cuarta parte de la fuerza es aplicada en este ensayo por lo que es apto acondicionarla señal del transductor seleccionado para obtener una elevada precisión en la generación de resultados.

Se ha seleccionado el Transductor NEW – FLOW el cual se muestra en la figura 2.4, serie PT3100 con un rango de 0 a 60 Bar con una alimentación de 8 a 30V DC y una salida de 4 a 20 mA.

IMPLEMENTACIÓN

Este transductor se instaló con un acople independiente al existente para evitar interferencias entre ambos como se muestra en la figura 5, en la implementación se usó:

- Una T de un ¼”
- Una unión de ¼”
- Teflón



Figura 29. Instalación del Transductor NEW – FLOW (PT3100)

El transductor se conecta de la manera como se muestra en la figura 6:

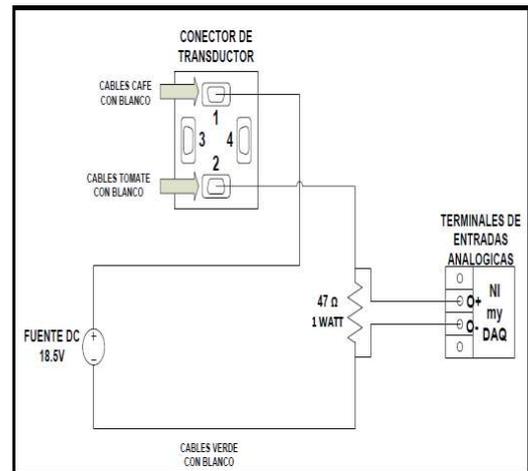


Figura 6. Conexión del transductor
Fuente: Catalogo transductor NEW - FLOW

X. ACOPLÉ DEL SENSOR DE DEFORMACIÓN.

En este caso se ha acoplado el extensómetro electrónico que tiene la máquina, este mide la deformación de la probeta en función de la carga axial que se le aplica, este extensómetro toma la medida por medio de sus bordes que constan de cuchillas las cuales hacen contacto directo con la probeta como se observa en la figura 2.8, una de estas cuchillas esta fija en su posición, la otra se encuentra en un brazo móvil. El brazo móvil es en realidad un brazo pivotante tiene dos extremos el uno es el filo de la cuchilla y el otro está unido a una armadura que se mueve a través de una bobina de LVDT, entrega un voltaje de salida CA proporcional al desplazamiento de su núcleo, se uso un osciloscopio para verificar el valor pico de voltaje y los canales de salida del sensor obteniendo una señal aproximada de 4V, conocido este valor se considero que es seguro llevar la señal hasta la DAQ para su acondicionamiento en el software, cabe recalcar que este extensómetro viene calibrado de fábrica para una distancia inicial de 50 mm y su valor expresado en el display del controlador manual se lo da directamente en % debido a esto hay que simplificar la señal y repetirla en el

software del proyecto a continuación se observa en la figura 7 el módulo LVDT y el extensómetro electrónico.



Figura 7. Extensómetro en la probeta

El sensor de deformación se conecta de la manera como se muestra en la figura 8:

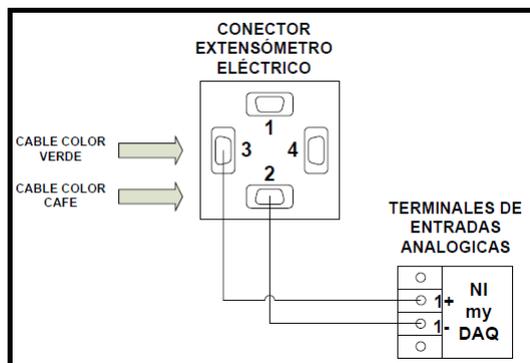


Figura 8. Representación gráfica conexión del extensómetro eléctrico

XI. SELECCIÓN DE LA TARJETA DAQ

Para la selección de la tarjeta de adquisición se basará en un factor fundamental que es la resolución, número de canales a usar y costo.

Se sabe que mientras mayor versatilidad tenga una tarjeta mayor será

el costo de la misma por lo que para el presente proyecto se está optimizando este sistema usando el criterio técnico necesario para el mismo, se va a necesitar de dos canales analógicos por lo que no es necesario tener gran cantidad de los mismos, la resolución es un punto fundamental el cual se ha determinado sea de 16 bits en el ADC ya que tiene una velocidad de muestreo alta y permite tener una resolución excelente con diferencia de las de 8 bits, y por costos no convendría de 24 bits además de ser usada para aplicaciones muchos más específicas.

Una vez conocidos los requerimientos enunciados anteriormente se procedió a la búsqueda de la tarjeta que cumpla con las condiciones necesarias para el proyecto, la necesidad fue generada nuevamente en bodega la cual supo mencionar que posee una tarjeta de adquisición de datos la cual fue adquirida pero no se encuentra en uso, se procedió a revisar las características de la DAQ ofrecida para comparar con los requerimientos necesarios en la selección, una vez hecha la comparación se llegó a la conclusión de que era factible el uso de la misma ya que cumple con el número de canales necesarios como también la velocidad de resolución estimada, se revisó su funcionamiento y se verificó que se encuentra en perfectas condiciones, al saber que cumple con los requerimientos antes mencionados además de ser versátil y funcional, se recalca que la tarjeta es un beneficio en relación a costos por lo que es muy importante apegarla al proyecto debido a que está en perfecto funcionamiento y sería innecesario adquirirla por parte de la empresa, la tarjeta de adquisición de datos que se usará en el proyecto es la NI my DAQ, se la puede observar en la figura 9.

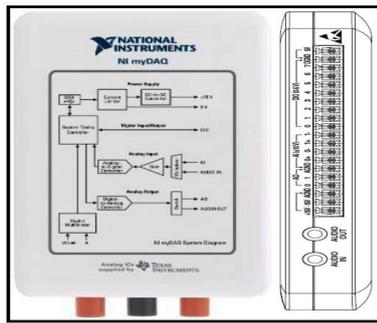


Figura 9. Grafica NI my DAQ y configuración de pines

XII. SELECCIÓN DEL SOFTWARE

Para la construcción del software se selecciono Laveiw en el cual se realizara un conjunto de pantallas lógicamente secuenciadas en el panel frontal con funciones y botones los cuales estarán en contacto directo con el operador, estas funciones serán programados en diagramas de bloques los cuales identificaran las variables del proceso y las representaran llevando a cabo el ensayo, cumpliendo con la necesidad de obtener resultados seguros.

XIII. IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE AL EQUIPO

La caja donde se ha implementado el sistema de adquisición de señales consta en su parte Superior la etiqueta o título de la tesis y en su parte frontal un interruptor de arranque, un foco indicador de encendido y la entrada a USB de la NI my DAQ respectivamente etiquetados, como se puede ver en la figura 10.



Figura 10. Caja del sistema de adquisición de señales

XIV. PRUEBAS DEL EQUIPO Y SOFTWARE INSTALADO

Los datos obtenidos desde el software de ensayos de tracción se pueden la figura 11.

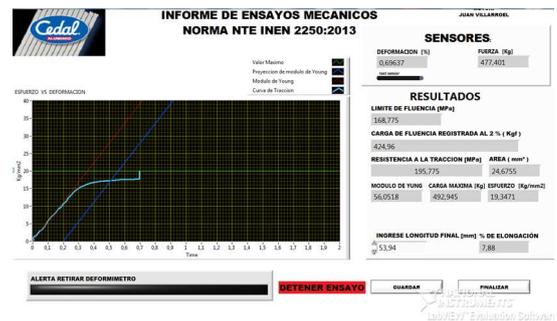


Figura11. Representación gráfica de resultados de ensayo de tracción en el software

Resumen de resultados:

A continuación, en la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de forma manual vs los obtenidos en el software de ensayos de tracción, se muestra el porcentaje de error de los mismos

Tabla 1. Resumen de resultados y porcentaje de error del ensayo de tracción

Resultados	En forma Manual	En forma Digital	% de Variación
Fuerza máxima [Kgf]	493,98	492,945	-0,20
Resistencia Máxima [MPa]	196,23	195,775	-0,23
Carga a la Fluencia [Kgf]	422,82	424,96	0,50
Limite de Fluencia [MPa]	167,96	168,775	0,48
Porcentaje de alargamiento [%]	7,88	7,88	0

Al comparar los resultados de los ensayos realizados en forma manual y en el sistema digital, se llega a la conclusión de que se encuentra calibrado obteniéndose valores similares en los resultados teniendo un error menor a 1%, este valor es una recomendación hecha por la empresa con el fin de tener valores confiables debido a que es un medio de

liberación del producto con relación a la calidad de su perfilería.

XV. CONCLUSIONES

- Se logró modernizar una máquina universal TiniusOlsen mediante la tecnología existente en el entorno actual; con la cual se incrementó la precisión y mejor elaboración de reportes, de esta manera se disminuyó el tiempo de ensayos, lo que a Cedal le hacía falta por su gran volumen de producción.
- Para una correcta selección del transductor de presión se debe verificar la capacidad de fuerza máxima que tiene la máquina y su entorno de funcionamiento para minimizar errores en la señal por ruido.
- Se usó un sensor LVDT para detectar la deformación de la probeta en el ensayo debido a su gran capacidad de precisión teniendo como resolución mínima 0,001 mm.
- Se programó en Labview ya que National Instrument posee el hardware y software que cumple con los requisitos necesarios para la implementación del proyecto.
- Se logró que todo el procedimiento que anteriormente se realizaba manualmente hoy en día se lo puede realizar a través de una interfaz humano máquina utilizando un software y un sistema de adquisición de datos.
- Luego de realizar el software se logró apreciar que se tiene una precisión menor al 1% en las mediciones lo cual hace confiable la adquisición de reportes.
- Se logró modernizar la manera de realizar ensayos de tensión al utilizar la electrónica y el software, reduciendo el costo de la implementación en

comparación con el software existente del mercado.

- Durante el desarrollo del software fue necesario realizar el filtrado digital de las señales de los sensores ya que la máquina en si generaba ruido lo cual afectaba las mediciones.
- La selección de la DAQ se basó en los canales necesarios, al tener dos sensores se necesitó dos canales y su velocidad de respuesta es de 16 bits que es la más versátil para este tipo de adquisición y su costo no es muy elevado en comparación con las demás DAQ.
- Se logró satisfacer las necesidades de la empresa CEDAL S.A al implementar un sistema de ensayos de tensión basado en la norma NTE INEN 2250-2013 la cual ayuda a verificar la calidad de perfilería en base a su producción generando reportes necesarios para poder liberar su producto al mercado.

XVI. RECOMENDACIONES

- Conseguir un transductor más eficiente capaz de resistir las variables externas de una manera más propicia en relación al ruido, revisar en el mercado las marcas más recomendadas y características más eficientes ante situaciones externas que puedan afectar su nitidez en la medida.
- Realizar un sistema de filtrado de señales independiente del filtrado digital que se le realiza en el software, para tener una señal más nítida al momento de la adquisición.
- En este proyecto se implementó un sistema automático sobre una máquina ya existente, en caso

que se desee realizar un proyecto parecido sin tener la máquina se puede realizar una propuesta sobre la capacidad de la misma según la aplicación que tendrá, en este caso se encuentra sobredimensionada por lo que se hizo más complicada la calibración de señales por el hecho de manejar valores de carga muy bajos en relación a la capacidad tan alta de la máquina.

- Al momento de instalar el transductor de presión cebarlo ya que si no se lo hace no emitirá ningún tipo de señal y se puede asumir que se encuentra dañado o no funciona.
- Evitar mover, tocar o manipular las partes electrónicas o peor aún el software debido a que se encuentra calibrado para el correcto funcionamiento del mismo.
- Verificar que la máquina de ensayos se encuentre en posición de home y lista para inyectar carga debido a que puede estar afectando el peso del cabezal en el ensayo.

XVII. BIBLIOGRAFÍA

- Moot, R. Resistencia de materiales aplicada, Pearson, 3era ed. Dayton
- Pytel, A. Resistencia de materiales, Harla, 4ta ed. Pennsylvania.
- Askeland, D. Ciencia e Ingeniería de los materiales, Thomson, 3era ed. Missoun.
- Creus, A. Instrumentación Industrial, Boixareu, 6ta ed. Barcelona. Moot.

XVIII. BIOGRAFÍA



Juan Marcelo Villarroel Tovar, nació en Latacunga, Ecuador. Curso sus estudios secundarios en el Instituto tecnológico superior Vicente León, sus estudios superiores los realizó en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, donde obtuvo el título de Ingeniero Electromecánico en Junio del 2015

**UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS - ESPE
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue realizado por el señor Villarroel Tovar Juan Marcelo bajo mi supervisión.

Ing. Miguel Carvajal
DIRECTOR

Ing. Franklin Silva
CODIRECTOR

Ing. Katya Torres
DIRECTORA DE CARRERA

Dr. Rodrigo Vaca
SECRETARIO ACADÉMICO