

**RECUPERACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA
INSTRON SERIE 1125 DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**WILMER ALEXANDER LEÓN FONSECA
JUAN SEBASTIAN JOYA CABRERA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2010

**RECUPERACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA
INSTRON SERIE 1125 DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

WILMER ALEXANDER LEÓN FONSECA

JUAN SEBASTIAN JOYA CABRERA

**Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Mecánico e Ingeniero Electrónico**

**Director
CARLOS BORRÁS PINILLA
Ingeniero Mecánico**

**Codirector
JAIME BARRERO PÉREZ
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2010

DEDICATORIA

A DIOS por mi existencia llena de personas que me quieren y me ayudan a salir adelante, por su infinito amor y misericordia. A la memoria de mi padre JUAN BAPTISTA JOYA DUARTE, por ser un hombre ejemplar mostrándome un modelo a seguir. A mi madre SILMA CABRERA CACERES por su amor y apoyo incondicional, forjando siempre mi progreso y bienestar y a mis hermanas ANDREA, Xiomara y ALBA por estar a mi lado en las buenas y en las malas.

Dios los Bendiga.

Juan Sebastian Joya Cabrera

A DIOS por haberme permitido culminar satisfactoriamente esta etapa tan importante en mi vida y mostrarme el camino correcto.

A mi padre ANIBAL, que en paz descanse, espero se sienta orgulloso por mis logros alcanzados.

A mi madre NÉS, por su apoyo, entrega incondicional y contribución a mi formación personal y profesional.

A mi hermano FELIPE, por su apoyo y compañía.

A mi novia SANDRA, por su compañía y comprensión en todo momento.

Dios los Bendiga.

Wilmer Alexander León Fonseca

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su sincero agradecimiento a:

Ing. CARLOS BORRAS PINILLA, Director del Trabajo de Grado y docente de la Universidad Industrial de Santander por su colaboración constante y su excelente orientación acerca de todo lo relacionado con la automatización y recuperación de la máquina Instron, además de su respaldo, confianza y apoyo incondicional.

Ing. JAIME BARRERO, Codirector del Trabajo de Grado y docente de la Universidad Industrial de Santander por su apreciable colaboración, ayuda y guía en muchos aspectos relacionados con la instrumentación de la máquina.

Ing. JOSE AMAYA PALACIO, Jefe de División de Mantenimiento Tecnológico por su gran apoyo y disposición en cuanto a orientación y colaboración en cuanto a lo que él respecta en la división de mantenimiento y en conocimientos de electrónica.

Profesor MIGUEL AGUDELO por transmitirnos su experiencia en lo que respecta al manejo del maquina de ensayos y demás conocimientos relacionados con la caracterización de materiales.

Escuela de Ingeniería Civil, especialmente al director de escuela GERMAN GARCÍA, por su confianza en nosotros, la cual se vio reflejada a través de la financiación del proyecto.

A JAIME, JAIRO y GERMAN, laboratoristas del edificio Álvaro Beltrán Pinzón por su disposición en cuanto a disponibilidad, colaboración y recursos necesarios de dicho laboratorio.

A todos los estudiantes y docentes, integrantes de los grupos de investigación DICBOT y CEMOS.

Y a todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron para que se llevara a feliz término este proyecto.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	22
2. OBJETIVOS	24
2.1. OBJETIVO GENERAL.	24
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	24
3. TRACCIÓN: TEORIA Y TERMINOLOGIA.....	25
3.1. ENSAYO DE TRACCIÓN.	25
3.2. ESFUERZOS Y DEFORMACIONES.....	26
3.3. DIAGRAMA ESFUERZO-DEFORMACIÓN.....	27
3.4. ENSAYO DE TRACCIÓN EN METALES.	28
3.4.1 Deformación elástica.	29
3.4.2 Deformación plástica.	30
3.5. ENSAYO DE TRACCIÓN EN POLÍMEROS.	34
4. NORMAS UTILIZADAS EN LOS ENSAYOS.	36
4.1 ASTM D638 – 08 Métodos estándar de prueba para propiedades de tracción de los plásticos.	36
4.2 ASTM D1037 – 06a. Métodos estándar de prueba para evaluar las propiedades básicas de la fibra de madera y panel de material particulado.	38
5. DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA INSTRON SERIE 1125.....	40
5.1. ESTADO INICIAL DE LA MÁQUINA INSTRON SERIE 1125.	40
5.1.1. Estado inicial de la estructura.	41
5.1.2. Estado Inicial del Sistema de transmisión de potencia inicial.	42
5.1.3. Sistema de adquisición de datos inicial.....	43
6. DISEÑO, SELECCIÓN, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA INSTRON SERIE 1125 AUTOMATIZADA.	45
6.1. ESTADO FINAL DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA INSTRON 1125.....	45

6.2. ESTADO FINAL DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA FINAL DE LA MÁQUINA INSTRON 1125.....	45
6.2.1. Moto-reductor.....	46
6.2.2. Variador de frecuencia.....	52
6.3. ESTADO FINAL ALCANZADO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA INSTRON 1125.....	56
6.3.1. Celda de Carga.....	59
6.3.2. Sensor de Desplazamiento LVDT.....	63
7. HARDWARE EMPLEADO EN LA AUTOMATIZACIÓN.....	68
7.1. ACONDICIONADOR DE SEÑAL PARA LA CELDA DE CARGA.....	68
7.2. ACONDICIONADOR DE SEÑAL DEL LVDT.....	70
7.3. FUENTES SWITCHHEADAS DE ALIMENTACIÓN.....	71
7.4. TARJETA DE CONTROL.....	73
7.5. TARJETA DE AISLAMIENTO.....	75
7.6. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PCI-6232.....	77
7.6.1. Puertos Análogos/Digitales de Entrada/Salida.....	79
7.6.2. Configuración de Pines.....	80
7.6.3. Bloque Conector y Cable de Conexión.....	82
7.7. COMPUTADOR PERSONAL O DE ESCRITORIO.....	82
8. SOFTWARE DISEÑADO E IMPLEMENTADO EN LA AUTOMATIZACIÓN.....	84
8.1. CALIBRACIÓN DE TRANSDUCTORES.....	85
8.1.1. Calibración del Sensor de Desplazamiento LVDT.....	85
8.1.2. Calibración de las Celdas de Carga.....	87
8.2. INTERFAZ GRÁFICA.....	90
8.2.1. Interfaz principal.....	90
8.2.2. Interfaz de ayuda.....	91
8.2.3. Interfaz de selección de probeta.....	92
8.2.4. Interfaz de progreso de la prueba.....	93
8.2.5. Interfaz para generación de informe.....	93
8.3. VI PRINCIPAL Y SUBVIS IMPLEMENTADOS.....	95
8.3.1. VI Instron 1125.....	100

8.3.2. SubVI HELP.	106
8.3.3. SubVI SELECT.	107
8.3.4. SubVI GRAPH.	107
8.3.5. SubVI SAVE EXCEL.	108
8.3.6. SubVI ANALOG INPUT.	109
8.3.7. SubVI ANALOG OUTPUT 1.	109
8.3.8. SubVI ANALOG OUTPUT 2.	110
8.3.9. SubVI DIGITAL OUTPUT.	110
8.3.10. SubVI LOAD CELL.	110
8.3.11. SubVI LVDT.	111
8.3.12. SubVI TIME.....	111
9. PRUEBAS DE LA MÁQUINA MEDIANTE LABVIEW	112
9.1. PRUEBAS EN PLASTICOS.....	112
9.2. PRUEBAS EN CAUCHOS.....	115
9.3. PRUEBAS EN MADERAS.....	117
9.4. PRUEBAS EN METALES.....	119
10. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES	122
11. RECOMENDACIONES	124
BIBLIOGRAFÍA	125
ANEXOS	127

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos tornillo de potencia ACME.	47
Tabla 2. Datos de los elementos del sistema de transmisión de potencia.	49
Tabla 3. Especificaciones del moto-reductor.	51
Tabla 4. Especificaciones del variador de frecuencia..	53
Tabla 5. Especificaciones celda de carga de 1500 Kgf HBM..	61
Tabla 6. Especificaciones celda de carga de 100 Kgf LEXUS.	62
Tabla 7. Especificaciones del Sensor LVDT.	65
Tabla 8. Nuevos componentes eléctricos y electrónicos instalados.....	67
Tabla 9. Especificaciones del Acondicionador de la Celda de Carga.....	69
Tabla 10. Especificaciones del Acondicionador y Sensor LVDT	71
Tabla 11. Especificaciones de la fuente de 12 VDC	72
Tabla 12. Especificaciones de la fuente de 24 VDC	72
Tabla 13. Especificaciones del Computador de Escritorio	83
Tabla 14. VI principal y SubVIs implementados en el programa.	100
Tabla 15. Comparación de propiedades de algunos materiales	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. a) Dispositivo para medir carga; b) Dispositivo para medir desplazamiento.	26
Figura 2. Esquema de la deformación producida por tensión.	26
Figura 3. Esquema de la deformación producida por flexión.	27
Figura 4. Esquema de la deformación producida por torsión.	27
Figura 5. Diagrama esfuerzo-deformación unitaria para un acero de bajo contenido de carbono.	28
Figura 6. Comparación del comportamiento elástico del acero y el aluminio.	29
Figura 7. Curva esfuerzo-deformación donde el cambio de deformación elástica a plástica: a) No se aprecia claramente, b) Se puede apreciar claramente.	31
Figura 8. Comparación de un material dúctil y un material frágil.	32
Figura 9. Esquema de obtención del módulo de resiliencia (Área bajo la curva).	33
Figura 10. Comportamiento esfuerzo-deformación de materiales polímeros.	35
Figura 11. Máquina INSTRON serie 1125 (Estado inicial).	40
Figura 12. Estructura: a) Base y soporte fijo. B) Vigas laterales y soporte móvil.	41
Figura 13. a) y b) Mordazas de agarre mecánico; c) Mordazas para hilos y fibras; (d). Mordazas para elastómeros y papel	41
Figura 14. Sistema de transmisión de potencia.	42
Figura 15. Caja de variación de velocidad (Engranajes intercambiables).	43
Figura 16. Sistema de adquisición de datos inicial.	43
Figura 17. Sistema electromecánico para la adquisición de datos.	44
Figura 18. Sistema de transmisión de potencia final.	46
Figura 19. Tabla de selección del coeficiente de fricción.	47
Figura 20. Diagrama del sistema de transmisión de la máquina INSTRON.	48
Figura 21. a) Motor; b) Tipo de conexiones del motor.	52
Figura 22. a) Micromaster 420; b) Bornes de conexión.	54
Figura 23. Conexión de la etapa de potencia del variador.	54
Figura 24. Conexión de la etapa de control del variador.	55
Figura 25. Diagrama de la adquisición de datos y control.	57
Figura 26. Conexión de la alimentación monofásica - 110V	59

Figura 27. Tipos de galgas extensiométricas	60
Figura 28. Puente de Wheatstone para Galgas Extensiométricas	60
Figura 29. Celda de carga de 1500 Kg HBM..	61
Figura 30. Celda de carga de 100Kgf LEXUS.	62
Figura 31. Celda de Carga instalada en la máquina INSTRON 1125.	63
Figura 32. Relación entre la señal de entrada del bobinado primario, el núcleo magnético y la señal de salida Fuente: Sensores y Transductores – Ed. Marcombo	64
Figura 33. a) Diagrama esquemático del LVDT; b) Apariencia física del LVDT	65
Figura 34. LVDT instalado en la máquina INSTRON 1125.	66
Figura 35. Estructura final del equipo automatizado.	67
Figura 36. Caja de componentes eléctricos y electrónicos.	67
Figura 37. Acondicionador de señal para celdas de carga.	69
Figura 38. a) Diagrama de bloques del acondicionador del LVDT; b) Acondicionador del LVDT	70
Figura 39. Fuente switchheada de 12 Voltios a 2.5 A	72
Figura 40. Fuente switchheada de 24 Voltios a 4.2 A	72
Figura 41. Diagrama esquemático de la tarjeta de control	73
Figura 42. Esquema PCB de la tarjeta de control	74
Figura 43. Diagrama esquemático de la tarjeta de aislamiento	76
Figura 44. Esquema PCB de la tarjeta de aislamiento	77
Figura 45. Tarjeta de adquisición de datos NI PCI 6232.	78
Figura 46. Pines de conexión de la tarjeta DAQ	80
Figura 47. Conexiones digitales I/O de la tarjeta NI 6232	81
Figura 48. Configuración de entradas análogas en la tarjeta PCI_6232: a) Modo diferencial (DIFF); b) Modo común (RSE)	81
Figura 49. a) Bloque conector; b) Cable de conexión Fuente: Hoja de datos de la tarjeta PCI_6232	82
Figura 50. Computador personal	83
Figura 51. Proceso de calibración del LVDT.	86
Figura 52. Calibración del LVDT.	86
Figura 53. Proceso de calibración de la celda LEXUS 100kgf.	87
Figura 54. Calibración de la celda LEXUS 100kgf.	88
Figura 55. Proceso de calibración de la celda HBM 1500kgf.	89

Figura 56. Calibración de la celda HBM 1500kg.	89
Figura 57. Interfaz principal del software.	91
Figura 58. Interfaz de ayuda.	92
Figura 59. Interfaz de selección de probeta.	92
Figura 60. Interfaz de progreso de la prueba.	93
Figura 61. Interfaz de generación de informe.	94
Figura 62. a) Hoja 1 - Informe; b) Hoja 2 - Gráficas	94
Figura 63. Diagrama de flujo del VI principal.	96
Figura 64. Diagrama de flujo del bloque4 del VI principal.	96
Figura 65. Diagrama de flujo del bloque1 del VI principal.	97
Figura 66. Código 0[0-7] VI INSTRON 1125.	101
Figura 67. Código 1[0-7] VI INSTRON 1125.	102
Figura 68. Código 2[0-7] VI INSTRON 1125.	103
Figura 69. Código 3[0-7] VI INSTRON 1125.	103
Figura 70. Código 4[0-7] VI INSTRON 1125.	104
Figura 71. Código 5[0-7] VI INSTRON 1125.	105
Figura 72. Código 6[0-7] VI INSTRON 1125.	106
Figura 73. Código 7[0-7] VI INSTRON 1125.	106
Figura 74. Código VI HELP.	107
Figura 75. Código VI SELECT.	107
Figura 76. Código VI GRAPH.	108
Figura 77. Código VI SAVE EXCEL.	108
Figura 78. Código VI ANALOG INPUT.	109
Figura 79. Código VI ANALOG OUTPUT 1.	109
Figura 80. Código VI ANALOG OUTPUT 2.	110
Figura 81. Código VI DIGITAL OUTPUT.	110
Figura 82. Código VI LOAD CELL.	110
Figura 83. Código VI LVDT.	111
Figura 84. Código VI TIME.	111
Figura 85. Probetas normalizadas de poliestireno y acrílico..	112
Figura 86. Probeta plástica: (a) antes de realizar el ensayo; (b) después de realizar el ensayo.	113
Figura 87. Probeta plástica: Gráfica Fuerza vs Deformación.	113

Figura 88. Probeta plástico: Gráfica Esfuerzo vs Deformación Unitaria: (a) tendencia normal;(b) acercamiento a la zona elástica	114
Figura 89. Probeta plástico: Gráfica Deformación vs Tiempo.	114
Figura 90. Probetas normalizadas de caucho común y diprene.	115
Figura 91. Probeta caucho: (a) antes de realizar el ensayo; (b) después de realizar el ensayo.	115
Figura 92. Probeta caucho: gráfica fuerza vs deformación. Fuente: los autores.	116
Figura 93. Probeta caucho: Gráfica Esfuerzo vs Deformación Unitaria: (a) tendencia normal;(b) acercamiento a la zona elástica	116
Figura 94. Probeta plástico: Gráfica Deformación vs Tiempo.	116
Figura 95. Probetas normalizadas de cedro y zapan.	117
Figura 96. Probeta madera: (a) antes de realizar el ensayo; (b) después de realizar el ensayo.	117
Figura 97. Probeta madera: Gráfica Fuerza vs Deformación. Fuente: Los autores.	118
Figura 98. Probeta madera: Gráfica Esfuerzo vs Deformación Unitaria: (a) tendencia normal;(b) acercamiento a la zona elástica	118
Figura 99. Probeta madera: Gráfica Deformación vs Tiempo.	118
Figura 100. Probetas normalizadas de aluminio y acero inoxidable.	119
Figura 101. Probeta metálica: (a) antes de realizar el ensayo; (b) después de realizar el ensayo.	119
Figura 102. Probeta metálica: Gráfica Fuerza vs Deformación.	120
Figura 103. Probeta metálica: Gráfica Esfuerzo vs Deformación Unitaria: (a) tendencia normal;(b) acercamiento a la zona elástica	120
Figura 104. Probeta metálica: Gráfica Deformación vs Tiempo.	120

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. MANUAL DE SEGURIDAD, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO AUTOMATIZADO	127
ANEXO B. DIAGRAMA DE CONEXIONES ELÉCTRICAS	138
ANEXO C. HOJAS DE DATOS	139
ANEXO C.1. VARIADOR DE FRECUENCIA. MICROMASTER 420	140
ANEXO C.2. CELDA DE CARGA HBM	143
ANEXO C.3. CELDA DE CARGA LEXUS.....	145
ANEXO C.4. SENSOR DE DESPLAZAMIENTO LVDT	147
ANEXO C.5. ACONDICIONADOR DE SEÑAL PARA LA CELDA DE CARGA	149
ANEXO C.6. ACONDICIONADOR DE SEÑAL PARA EL SENSOR LVDT	151
ANEXO C.7. OPTOACOPLADOR MCT6 (FOTOTRANSISTOR DUAL)	153
ANEXO C.8. CONVERTIDOR DC/DC NO REGULADO DCP012415	157
ANEXO C.9. AMPLIFICADOR DE AISLAMIENTO ISO 122	161
ANEXO C.10. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	166
ANEXO D. NORMAS ASTM.....	169
ANEXO D. 1. NORMA ASTM D638 – 08	169
ANEXO D. 2. NORMA ASTM D1037 – 06a	174

RESUMEN

TÍTULO: RECUPERACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LA MÁQUINA INSTRON SERIE 1125 DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL*

AUTORES: Juan Sebastian Joya Cabrera**
Wilmer Alexander León Fonseca**

PALABRAS CLAVES: Recuperación, Automatización, Ensayo de tracción, Propiedades de materiales.

DESCRIPCIÓN:

La presente tesis describe la recuperación y modernización de una máquina para ensayos de tracción de funcionamiento electro-mecánico, por medio de la cual se realizan pruebas de tensión para diferentes materiales usados en la industria, tales como maderas, plásticos, metales, entre otros.

Al realizar estos ensayos se obtienen algunas propiedades características de los materiales, como esfuerzo, rigidez, deformación, etc., propiedades de gran importancia en el diseño y construcción de estructuras.

Iniciando el proyecto se determinó que la máquina estaba totalmente fuera de servicio y muchos componentes eléctricos y mecánicos se habían extraviado y otros no funcionaban. Pero la escuela de ingeniería civil optó por recuperarla ya que años atrás prestaba servicio a la comunidad universitaria y a otras entidades externas. En este momento y también contando con el apoyo de grupos de investigación como DICBOT y CEMOS de las escuelas de ingeniería mecánica e ingeniería electrónica, respectivamente, se procedió a realizar labores que van desde recopilación de información y desarme hasta el control electrónico de la máquina.

Para llevar a cabo todas las tareas correspondientes a la recuperación y automatización, se tuvieron en cuenta y se realizaron cálculos correspondientes al sistema de transmisión de potencia y al sistema de control y adquisición de datos, para de esta manera implementar e instalar nuevos sensores y tarjetas para aislamiento y control automático, además de cambiar engranajes, correas y demás componentes mecánicos.

Al finalizar el proyecto se obtuvo una máquina robusta y segura, la cual es controlada ya sea de manera manual o automática. El control automático se realiza desde el computador por medio de una interfaz de fácil manejo (software en LabVIEW) con la que se puede obtener un análisis más preciso de las propiedades de los materiales por medio de gráficas y valores numéricos almacenados en un informe de formato excel.

* Trabajo de Grado Modalidad Investigación

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuelas de Ingeniería Mecánica y Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: Ing. Carlos Borrás Pinilla. Codirector: Ing. Jaime Barrero Pérez.

ABSTRACT

TITLE: RECOVERY AND AUTOMATION OF THE INSTRON MACHINE SERIES 1125 OF THE CIVIL ENGINEERING SCHOOL*

AUTHORS: Juan Sebastian Joya Cabrera**
Wilmer Alexander León Fonseca**

KEYWORDS: Recovery, Automation, tensile test, properties of materials.

DESCRIPTION:

This actual thesis describes the recovery and modernization of a tensile testing machine for electro-mechanical operation, through which are performed stress tests for different materials used in the industry, such as wood, plastics, metals, among others.

In performing these tests are obtained some characteristic properties of materials, such as effort, stiffness, deformation, etc., Properties of great importance in the design and construction of structures.

Starting the project is determined that the machine was totally out of service and many mechanical and electrical components had been lost and others are not working. But the civil engineering school chose recovery the machine because years ago it was serving the university community and other external entities. In this moment and with the support of research groups as DICBOT and CEMOS from the school of mechanical engineering and school of electronic engineering, respectively, were performed tasks varying from data collection and disarmament until the electronic control of the machine.

To carry out all tasks in the recovery and automation, were taken into account and made calculations for the power transmission system and system control and data acquisition, and in this way to implement and install new sensors and cards for isolation and automatic control, in addition to changing gears, belts and other mechanical components.

Upon completion of this project was obtained a secure and robust machine, which is controlled either manually or automatically. Automatic control is done from the computer through a user-friendly interface (LabVIEW software) with which you can get a more precise analysis of material properties through graphical and numerical values stored in a report format excel.

* Working Degree mode Research.

** Faculty of Physical-Mechanics Engineering. School of Mechanical Engineering and School of Electrical Engineering, Electronics and Telecommunications. Director: Ing. Carlos Borrás Pinilla. Codirector: Ing. Jaime Barrero Pérez.

INTRODUCCIÓN

En la industria es de gran importancia conocer las características físicas y propiedades mecánicas de los materiales que van a ser utilizados en el diseño y la fabricación de elementos de máquinas que facilitan y mejoran nuestra calidad de vida.

Este tipo de materiales como metales, maderas, plásticos, cauchos, polímeros, etc. son utilizados en múltiples aplicaciones; por eso estos materiales necesitan de pruebas de laboratorio previas antes de su uso. Estas pruebas son necesarias para garantizar que el elemento a construir es de buena calidad y cumple con todas las condiciones de seguridad.

La automatización de la máquina INSTRON 1125 se basa en la prueba de tracción, donde se aplica fuerza axial a tensión, a una probeta de un material determinado hasta producir la ruptura, generando la curva de esfuerzo y deformación.

Para obtener un correcto funcionamiento de la máquina se implemento una etapa electrónica y además se realizo una modificación a la transmisión mecánica, para de esta manera obtener resultados más precisos y confiables en comparación a los generados por la máquina antes de la automatización.

Los dispositivos electrónicos que fueron incluidos en la máquina presentan un procesamiento de datos más avanzado y permiten un registro casi instantáneo de los resultados obtenidos a medida que se realiza la prueba, estos dispositivos permiten la conexión directa con un PC, el cual cuenta con una interfaz gráfica que facilita el manejo al operario encargado de realizar la prueba.

Con este proyecto de grado se pretende realizar un aporte al Laboratorio de Materiales del edificio Álvaro Beltrán Pinzón de la Escuela de Ingeniería Civil, y a los grupos de investigación: Control, Electrónica, Modelado y Simulación CEMOS de la Escuela de Ingeniería Electrónica y Dinámica, Control, Biotecnología y Robótica DICBOT de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Los capítulos que conforman este libro se encuentran distribuidos de tal manera que el lector pueda comprender claramente como se llevo a cabo el proceso de automatización de la máquina.

En los primeros dos capítulos se da una breve explicación de la importancia de la realización del proyecto, así como los objetivos y alcances planteados al iniciar el proyecto.

En el capítulo tres y cuatro se incluye información de los conceptos básicos acerca de las propiedades de los materiales, enfatizando en las propiedades obtenidas del ensayo de tracción; se da una breve descripción de las normas utilizadas para ensayos de plástico y madera que se implementarán en la máquina.

En el capítulo cinco se realiza una descripción del estado inicial de la máquina, o sea antes de la automatización del equipo.

En el capítulo seis y siete se presenta el diseño, selección e instalación de componentes, elementos y equipos de hardware empleados, su descripción y funcionamiento, explicando las ventajas de la automatización implementada.

El octavo capítulo hace alusión al programa para el manejo de la máquina, el cual fue implementado en el software LabVIEW 2009, permitiendo una interfaz amigable al operario encargado de realizar la prueba.

Finalmente en los últimos capítulos se muestran algunas pruebas realizadas al equipo en el cual se ve el correcto funcionamiento de la máquina y algunas recomendaciones y conclusiones del proyecto.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el diseño de ingeniería es muy importante saber cómo responden los materiales al aplicar sobre ellos fuerzas externas como tensión, compresión, flexión, cizalladura, etc.; esto determina las propiedades mecánicas de cada material.

Dado que en un diseño, los costos de un elemento van de la mano con el costo total, es de suma importancia buscar que los elementos sean lo más económico posibles pero además que no fallen, cumpliendo así con exigencias como tamaño, calidad y rendimiento óptimos, por este motivo son muy útiles las pruebas de laboratorio en las cuales se cuenta con máquinas especializadas en determinar las propiedades mecánicas para cada tipo de aplicación de fuerza.

La Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander cuenta con un laboratorio con equipo especializado para la realización de pruebas para determinar las propiedades de diferentes tipos de materiales.

El laboratorio además de prestar el servicio a la comunidad universitaria también tiene clientes exteriores, es por esta razón que necesita máquinas de diferentes capacidades para poder cumplir con cualquier tipo de ensayos.

En el laboratorio se contaba con una máquina INSTRON 1125 con capacidad máxima de 1Tonelada (1000 kgf) que fue adquirida en el año de 1982, la cual por el deterioro natural de sus partes y posiblemente falta de mantenimiento estaba fuera de servicio.

Era de gran importancia recuperar esta máquina que actualmente no prestaba ningún servicio interno y externo, y que podía ser de gran utilidad no solo para el laboratorio sino para la comunidad universitaria en general.

Por otra parte debido al año de fabricación de la máquina y a la tecnología de esa época el sistema de control de velocidad y la adquisición de datos es obsoleta e imprecisa, carente de catalogo e información.

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para la escuela de Ingeniería Civil es de gran importancia la realización de este proyecto pues la máquina trabajando en óptimas condiciones puede ser de gran utilidad para el laboratorio, debido a que ésta tiene una capacidad máxima de 1 Tonelada (1000 kgf), la cual es de baja capacidad comparada con las únicas dos máquinas con que cuenta el laboratorio actualmente, que tienen capacidades máximas de 50 Toneladas (50000 kgf) y 20 Toneladas (20000 kgf) respectivamente.

Además el grupo de dinámica, control y robótica DICBOT está interesado en poner en marcha la máquina para la investigación en el área de biomecánica, ya que ésta puede trabajar con una celda de baja capacidad (100 kgf) permitiendo ensayos más sensibles para la investigación en fibras y tejidos, estos ensayos se realizan de una manera muy precisa debido a la sensibilidad del sensor, y es una de las principales ventajas frente a las máquinas de gran capacidad.

La máquina INSTRON 1125 cuenta con accesorios como: mordazas roscadas para ensayos de tensión de probetas planas de metal, plástico y madera; mordazas para ensayos de tensión de cauchos y elastómeros; mordazas para ensayos de tensión de hilos y fibras.

Como se mencionó anteriormente la máquina estaba totalmente fuera de servicio, esta es una de las primeras razones por las cuales se hace inminente y necesaria la realización de este proyecto, que beneficiará a la Escuela de Ingeniería Civil, a la Escuela de Ingeniería Mecánica y a toda la comunidad de la Universidad Industrial de Santander.

La segunda razón importante para realizar este proyecto es que la máquina tiene un sistema de variación de velocidad y adquisición de datos obsoleto, tecnología de la década de los 60, por ende los datos de la prueba no pueden ser del todo confiables, pues puede que se generen con un margen de error considerable; la máquina contaba anteriormente con un sistema para la variación de velocidad de tipo mecánico, en el cual se tenían solo cuatro opciones de velocidad y variaba por medio del cambio en la relación de dos piñones que el usuario debía seleccionar e instalar; por otra parte el sistema de adquisición de datos de la máquina se realizaba mediante un sistema electromecánico que se encargaba de mover un rollo de papel y una mina de bolígrafo para generar una

gráfica de los datos de la prueba.(En el quinto capítulo se puede tener una explicación más detallada y gráfica del estado antiguo o inicial de la máquina).

Por tanto la finalidad de este proyecto es la recuperación y puesta en marcha de la máquina INSTRON, pero además se quiere dar un valor agregado automatizándola, solucionando así los problemas como el control de la velocidad y error en las medidas de los instrumentos.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL.

Continuar con el compromiso de generación y desarrollo en investigación que tiene la Universidad Industrial de Santander, contribuyendo con la recuperación y modernización de una máquina de ensayos INSTRON 1125 de la Escuela de Ingeniería Civil.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Seleccionar e instalar un nuevo sistema de variación de velocidad para la máquina de ensayos INSTRON 1125, para trabajar en un rango de 0 a 100 mm/min, que cumpla con los requerimientos de las normas ASTM D638–08 [9] y D1037–06a [10].
2. Seleccionar e instalar los sensores y transductores adecuados de carga y desplazamiento para trabajar en un rango de 0 a 1000 kgf, que cumplan con los requerimientos de las normas ASTM D638–08 [9] y D1037- 06a [10].
3. Seleccionar el sistema de adquisición de datos de NATIONAL INSTRUMENTS adecuado para los tipos de sensores y transductores seleccionados.
4. Seleccionar e instalar los componentes y subsistemas eléctrico y mecánico de la máquina de ensayos INSTRON 1125.
5. Desarrollar un programa mediante el software LabVIEW para la adquisición de datos y control de la máquina de ensayos INSTRON 1125.
6. Realizar las pruebas correspondientes para las cuales está diseñada la máquina, basadas en la norma ASTM D638–08 y D1037–06a (Al realizar este tipo de pruebas no se pretende la validación de la máquina debido a que no se cuenta con los recursos necesarios).
7. Elaborar un manual de operación con protocolo de pruebas bajo las normas ASTM D638–08 y D1037–06a, que incluya información técnica del funcionamiento, mantenimiento, elementos y seguridad industrial de la máquina de ensayos de tracción INSTRON 1125.

3. TRACCIÓN: TEORIA Y TERMINOLOGIA.

En el diseño de ingeniería es muy importante saber cómo responden los materiales al aplicar sobre ellos cargas externas, en tales situaciones es necesario conocer las características del material y diseñar la pieza de tal manera que cualquier deformación resultante no sea excesiva y no se produzca la ruptura.

Las propiedades mecánicas de los materiales se determinan realizando ensayos cuidadosos de laboratorio que reproducen las condiciones de servicio hasta donde sea posible. Los factores que deben considerarse son la naturaleza de la carga aplicada, su duración así como las condiciones del medio. La carga puede ser una tracción, una compresión, una flexión o una torsión, y su magnitud puede ser constante con el tiempo o bien variar continuamente. El tiempo de aplicación puede ser solo durante pocos segundos o durante un largo periodo de tiempo. La temperatura de servicio puede ser un factor importante.

3.1. ENSAYO DE TRACCIÓN.

El ensayo de tracción mide la resistencia de un material a una fuerza estática o gradualmente aplicada. La probeta se coloca en una máquina de pruebas y se le aplica una fuerza que es medida por un sensor de carga como se muestra en la figura 1a, en este caso el sensor es una celda de carga tipo cilíndrica.

Para medir el alargamiento del material causado por la aplicación de la fuerza se utiliza un dispositivo para medir desplazamiento como se muestra en la figura 1b, en este caso el sensor es un extensómetro.

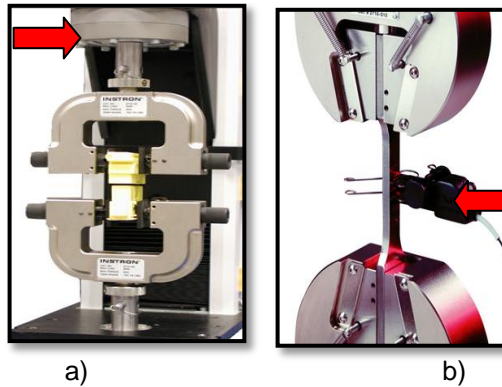


Figura 1. a) Dispositivo para medir carga; b) Dispositivo para medir desplazamiento.

Fuente: Instron.com

3.2. ESFUERZOS Y DEFORMACIONES.

Las cargas externas que actúan sobre un cuerpo producen en cualquier sección cargas internas que mantienen en equilibrio cualquier porción de él. En otras palabras, las cargas externas son equilibradas con cargas internas. En el análisis ingenieril lo que se desea es conocer para cualquier punto de una determinada sección, la intensidad de las cargas internas por unidad de área. A dicha intensidad de fuerza por unidad de área se le llama esfuerzo.

En general se entiende por deformación, cualquier cambio de forma que le ocurra a un elemento al aplicar una carga externa, la cual puede ser de tres tipos, como se puede ver en las figuras 2,3 y 4:

- Cambio en las dimensiones, (lineal, superficial o volumétrica).

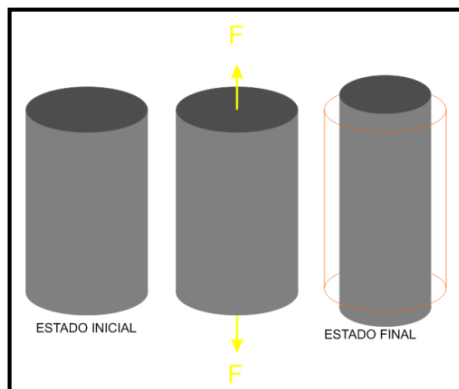


Figura 2. Esquema de la deformación producida por tensión.

Fuente: Los autores.

- Cambio en la curvatura (flexión).

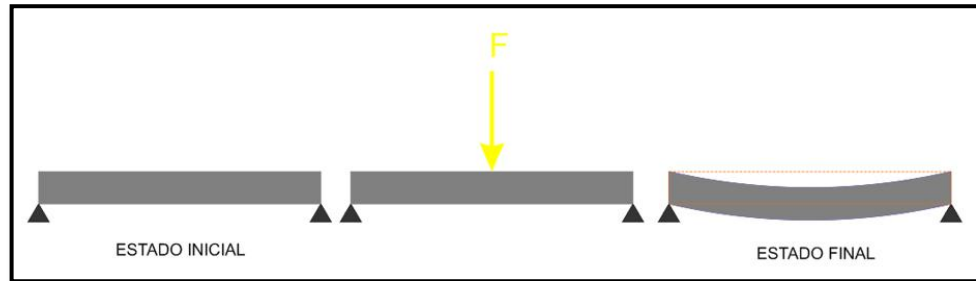


Figura 3.Esquema de la deformación producida por flexión.

Fuente: Los autores.

- Las diferentes secciones transversales del elemento sufren rotaciones, relativas una respecto de otra alrededor del eje centroidal longitudinal (torsión).

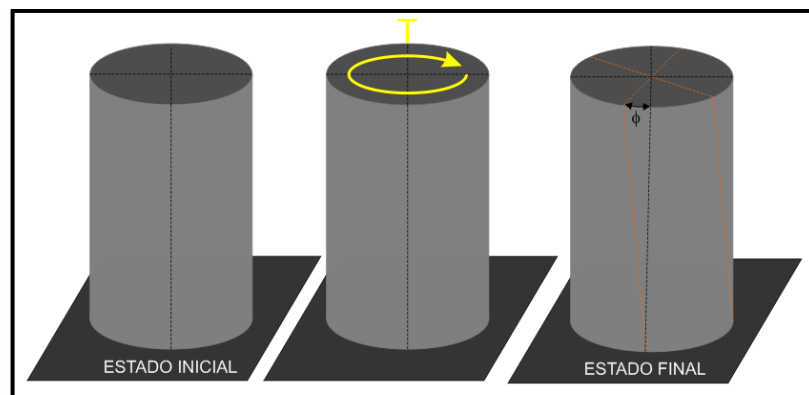


Figura 4. Esquema de la deformación producida por torsión.

Fuente: Los autores.

3.3. DIAGRAMA ESFUERZO-DEFORMACIÓN.

Los valores de esfuerzo y deformación obtenidos del ensayo de tracción se pueden presentar en una gráfica, donde el eje X es la deformación unitaria y el eje Y es el esfuerzo. La curva resultante se conoce como diagrama esfuerzo-deformación unitaria. Este diagrama es muy importante en el análisis ingenieril porque permite determinar las propiedades mecánicas de los materiales, sin importar su tamaño o su forma.

En la figura 5 se muestra el diagrama esfuerzo-deformación de un acero al carbono. El diagrama inicia en el punto O y tiene un comportamiento lineal hasta el punto σ_{pl} , llamado límite proporcional. La zona entre estos dos puntos se conoce como “zona elástica”, esto

debido a que en el momento de realizar el ensayo, si el material se encuentra en esta zona, al suspender la carga el elemento vuelve a su estado inicial. Si se incrementa la carga después del límite proporcional, se pierde el comportamiento lineal y se alcanza un punto máximo llamado límite elástico o esfuerzo de fluencia σ_y . El límite elástico es el máximo punto hasta el cual se puede llegar para garantizar que el material tenga un comportamiento elástico, después ocurre una deformación de la probeta sin un cambio considerable en la carga, lo que se conoce como fluencia del material, esta zona es llamada zona de plasticidad o fluencia.

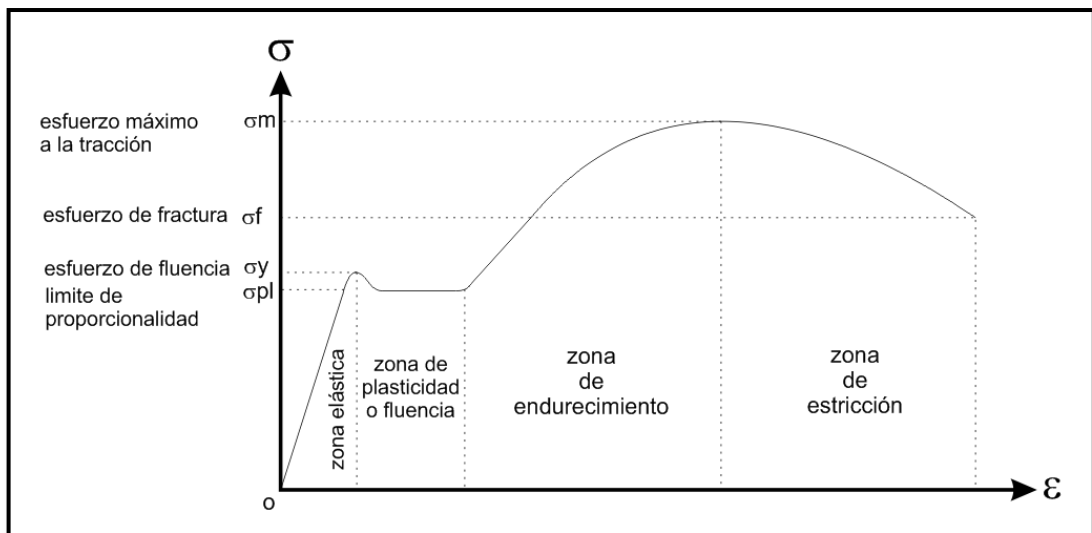


Figura 5. Diagrama esfuerzo-deformación unitaria para un acero de bajo contenido de carbono.
Fuente: Mecánica de Materiales, Hibbeler, R. C. [7]

Después del comportamiento plástico, el material empieza a endurecerse por deformación, en ese momento se incrementa la carga. La curva aumenta hasta que se alcanza el valor máximo del diagrama σ_m , punto que se denomina esfuerzo máximo de tracción. Finalmente, hay una deformación adicional de la probeta con una disminución de la carga hasta la fractura.

3.4. ENSAYO DE TRACCIÓN EN METALES.

A partir del ensayo de tracción se obtiene información relacionada con la resistencia, rigidez y ductilidad de un material.

3.4.1 Deformación elástica.

A continuación se explica detalladamente cada una de las propiedades que se pueden determinar en la zona de deformación elástica de un material.

3.4.1.1. Módulo de Elasticidad.

El módulo de elasticidad o modulo de Young, E, es la pendiente de la curva esfuerzo-deformación en la zona elástica. Esta se conoce como la ley de Hooke y se determina de acuerdo a la ecuación 1.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (\text{Ecuación 1})$$

El módulo de elasticidad mide de la rigidez del material. Un material rígido es decir que tengan un alto módulo de elasticidad, mantiene el mismo tamaño incluso al ser sometido a una carga en la región elástica. La figura 6 compara el comportamiento elástico un acero y un aluminio. Si al acero y a al aluminio se le aplica el mismo carga, el acero se deformara menos que el de aluminio, porque el acero tiene un modulo de elasticidad mayor que el aluminio.

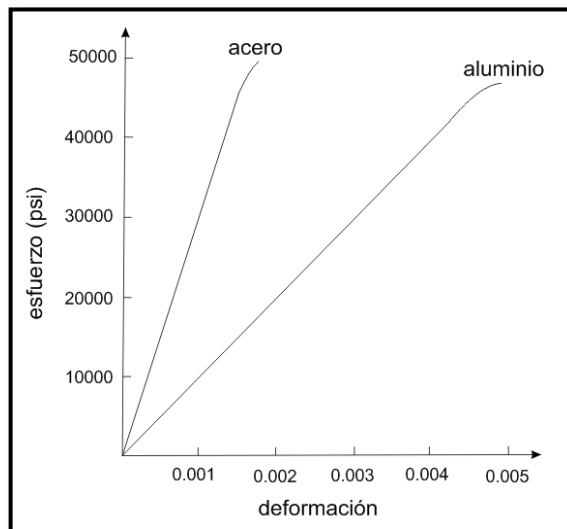


Figura 6. Comparación del comportamiento elástico del acero y el aluminio.

Fuente: Ciencia e ingeniería de los Materiales, Donald R. Askeland. [1]

3.4.1.2. Relación de Poisson (μ).

Relaciona la deformación elástica producida por un esfuerzo a tensión o compresión, con la deformación lateral que ocurre simultáneamente y se determina de acuerdo a la ecuación 2.

$$\mu = \frac{-\varepsilon_{lateral}}{\varepsilon_{longitudinal}} \text{ (Ecuación 2)}$$

La relación de Poisson es de aproximadamente 0.3.

3.4.2 Deformación plástica.

A continuación se explica detalladamente cada una de las propiedades que se pueden determinar en la zona de deformación plástica de un material.

3.4.2.1. Esfuerzo de Fluencia.

En el diseño mecánico y estructural se busca que únicamente ocurra deformación elástica cuando los elementos diseñados son sometidos a carga. Por lo tanto es de gran importancia saber a partir de qué esfuerzo empieza la deformación plástica. Un punto que se debe tener en cuenta y es muy importante es el que se denomina límite proporcional, y está indicado por P en la figura 7a. En algunos casos, este punto no puede ser determinado con precisión. Para estos casos se traza una línea recta paralela a la línea elástica del diagrama de esfuerzo-deformación desplazada una deformación de 0,002. La intersección de esta línea con el diagrama esfuerzo-deformación se denomina límite elástico σ_y , como se muestra en la figura 7a.

Algunos aceros y otros materiales tienen un diagrama esfuerzo-deformación como el mostrado en la figura 7b. El límite entre la zona elástica y plástica está bien definido. En esta gráfica se aprecia un límite de fluencia superior y un límite de fluencia inferior, el límite superior es el punto máximo alcanzado antes de la fluencia y el límite inferior es el esfuerzo en el que se produce la fluencia. En este tipo de materiales, el límite elástico se toma como el promedio del esfuerzo del límite inferior. Por esto no es necesario usar el método del 0,2% de deformación en este tipo de materiales.

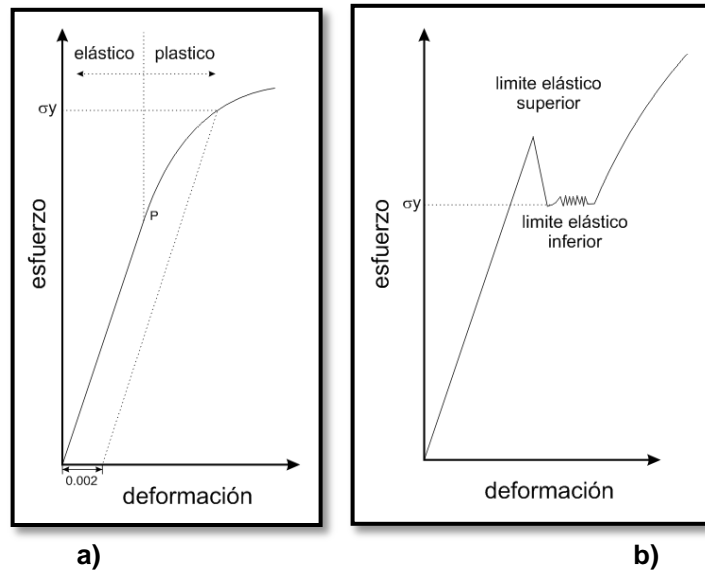


Figura 7. Curva esfuerzo-deformación donde el cambio de deformación elástica a plástica:
 a) No se aprecia claramente, b) Se puede apreciar claramente.
Fuente: Ciencia e ingeniería de los materiales, William D. Callister. [3]

3.4.2.2. Resistencia a la Tracción.

Después de iniciarse la deformación plástica, la carga para continuar la deformación aumenta hasta un máximo y después disminuye hasta que finalmente se produce la falla. La resistencia a la tracción es la máximo esfuerzo alcanzado en el diagrama esfuerzo-deformación unitaria. Esto corresponde a la máxima carga que puede ser soportada por un elemento a tracción; si esta tracción es aplicada y mantenida, se producirá la rotura. Hasta llegar a este punto, la deformación es uniforme en la sección reducida de la probeta. Sin embargo, cuando se alcanza la tensión carga, se empieza disminuir el área de la sección transversal de la probeta, lo cual se denomina estricción o cuello. El esfuerzo de fractura o rotura corresponde al esfuerzo al momento de la falla.

3.4.2.3. Ductilidad.

La ductilidad es una propiedad muy importante. Este valor da una visión del grado de deformación que puede soportar un material antes de la falla. Un material que tiene poca deformación plástica se denomina un material frágil. La figura 8 muestra un diagrama esfuerzo-deformación en donde se comparan un material dúctil y un material frágil.

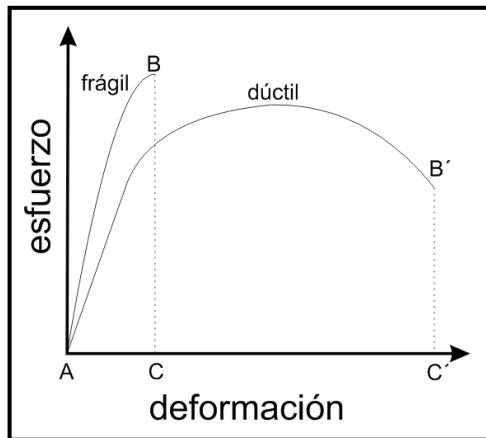


Figura 8. Comparación de un material dúctil y un material frágil.
Fuente: Ciencia e Ingeniería de los Materiales, William D. Callister. [3]

La ductilidad se determinará como un porcentaje de elongación o porcentaje de reducción de área. El porcentaje de elongación %EL, es el porcentaje de deformación hasta la rotura, y se puede calcular por medio de la ecuación 3.

$$\%EL = \frac{l_f - l_o}{l_o} \times 100 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde l_f es la longitud en el momento de la fractura y l_o es la longitud de prueba original. Siempre que una parte significativa de la deformación plástica a la rotura este confinada en la región de estricción, la magnitud de %EL dependerá de la longitud de prueba de la probeta.

El porcentaje de reducción de área %AR se puede calcular por medio de la ecuación 4.

$$\%AR = \frac{A_o - A_f}{A_o} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde A_o es el área de la sección inicial y A_f es el área de la sección en el momento de la fractura. Los valores de porcentaje de reducción de área son independientes de l_o y A_o . Además, para un determinado material los valores de %ER y %AR son en general diferentes. El conocimiento de la ductilidad de un material es importante por dos razones. En primer lugar, indica al diseñador el grado en que una estructura podrá deformarse antes de producirse la rotura. En segundo lugar, especifica el grado de deformación que puede permitirse durante las operaciones de conformación.

Como materiales frágiles pueden considerarse aquellos que tienen una deformación a la fractura menor que aproximadamente 5%.

3.4.2.4. Resiliencia.

La resiliencia es la capacidad de un material de absorber energía elástica cuando es deformado y de ceder esta energía cuando se deja de aplicar carga. Esto se denomina módulo de resiliencia, U_r , que es la energía de deformación por unidad de volumen que se requiere para deformar un material hasta el límite elástico.

El módulo de resiliencia de una probeta sometida a una carga axial es el área bajo la curva esfuerzo-deformación hasta la fluencia (Figura 9), y se puede calcular por medio de la ecuación 5.

$$U_r = \int_0^{\epsilon_y} \sigma d\epsilon \quad (\text{Ecuación 5})$$

Si la región elástica tiene un comportamiento lineal, este se puede calcular por medio de la ecuación 6.

$$U_r = \frac{1}{2} \sigma_y \epsilon_y \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde ϵ_y es la deformación en el límite elástico. Las unidades de resiliencia son energía por unidad de volumen de material.

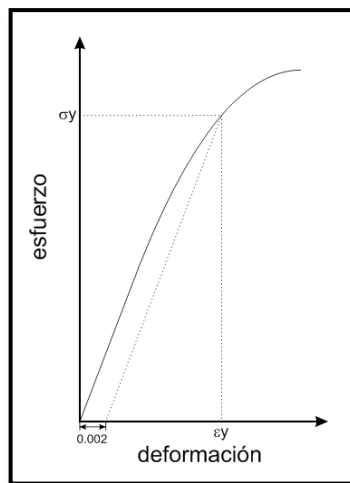


Figura 9. Esquema de obtención del módulo de resiliencia (Área bajo la curva).

Fuente: Ciencia e ingeniería de los Materiales, William D. Callister. [3]

3.4.2.5. Tenacidad.

La tenacidad de un material es una medida de la capacidad de un material de absorber energía antes de la fractura. La geometría de la probeta así como la manera con que se aplica la carga son importantes en la determinación de la tenacidad. En caso de condiciones de carga dinámicas (alta velocidad de deformación) y cuando una entalla (o sea un concentrador de tensiones) está presente, la tenacidad a la entalla es la evaluada utilizando ensayos de impacto.

En el caso de situación estática (baja velocidad de deformación), la tenacidad puede ser evaluada a partir de los resultados del ensayo de tracción. Es el área bajo la curva esfuerzo-deformación hasta la fractura. Las unidades de tenacidad son las mismas de resiliencia (energía por unidad de volumen de material). Para que un material sea tenaz, debe poseer tanto alta resistencia como ductilidad; y, a menudo, los materiales dúctiles son más tenaces que los frágiles. Esto se ve en la figura 8, en la cual están representadas las curvas esfuerzo-deformación para ambos tipos de materiales. Por consiguiente, aún cuando los materiales frágiles tienen mayor límite elástico y mayor resistencia a la tracción, tienen menor tenacidad que los dúctiles a causa de la falta de ductilidad, esto se puede deducir comparando las áreas ABC y AB'C' de la figura 8.

3.5. ENSAYO DE TRACCIÓN EN POLÍMEROS.

Otro tipo de materiales de gran importancia para el diseño de ingeniería son los polímeros, estos materiales incluyen madera, plástico, caucho, cuero, fibras, etc.

Las propiedades mecánicas de los polímeros son las mismas que se calculan para los metales: módulo de elasticidad y resistencias a la tracción, el impacto y a la fatiga. El ensayo esfuerzo-deformación se emplea para caracterizar parámetros mecánicos de muchos materiales poliméricos. La mayoría de las características de los polímeros son muy sensibles a la velocidad de deformación, a la temperatura y a la naturaleza química del medio (presencia de agua, oxígeno, disolventes orgánicos, etc.). En los materiales de alta elasticidad, como las gomas, conviene modificar las técnicas de ensayo de la forma de las probetas utilizadas para los metales.

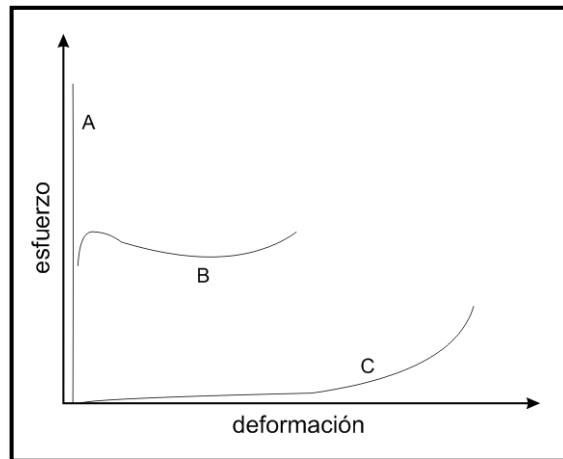


Figura 10. Comportamiento esfuerzo-deformación de materiales polímeros.
Fuente: Ciencia e Ingeniería de los Materiales, William D. Callister. [3]

Los materiales poliméricos presentan tres tipos distintos de comportamiento esfuerzo-deformación (figura 10). La curva A corresponde al comportamiento esfuerzo-deformación de un polímero frágil, ya que se rompe cuando se deforma elásticamente. El comportamiento del material representado por la curva B es parecido al de los metales: después de la deformación elástica inicial el material fluye y luego se deforma plásticamente. Finalmente, el comportamiento descrito por la curva C es totalmente elástico. La elasticidad de la goma (grandes deformaciones recuperables producidas por pequeños esfuerzos) es propia de los polímeros llamados elastómeros.

El módulo de elasticidad, la resistencia a la tracción y la ductilidad de los polímeros se determina como en los metales.

Las características mecánicas de los polímeros son mucho más sensibles a las variaciones de temperatura en condiciones ambientales, que las de los metales.

4. NORMAS UTILIZADAS EN LOS ENSAYOS.

Para la realización de ensayos en equipos de laboratorio es necesario tener presentes las normas internacionales que han sido creadas por grandes organizaciones para la estandarización o reglamentación, con el fin de que los métodos y procedimientos sigan un modelo o patrón en el diseño y construcción de los equipos, así como para determinar el desempeño de los materiales bajo determinadas condiciones y consideraciones necesarias en un ensayo. En este proyecto se tuvieron en cuenta dos normas elaboradas por The American Society for Testing and Materials (ASTM), las cuales son: ASTM D1037-06a [10] y ASTM D638-08 [9].

Las normas mencionadas anteriormente son normas estándar para realizar ensayos de tracción de maderas y plásticos respectivamente, al aplicar estas normas en la máquina se busca comprobar el correcto funcionamiento de la misma al finalizar la automatización.

Aunque también se pueden realizar pruebas con otro tipo de materiales como metales, elastómeros, hilos, biomateriales, etc. Siempre y cuando no se supere la capacidad máxima de carga de la máquina (1000 kgf).

A continuación se presenta una breve introducción de las normas mencionadas.

4.1 ASTM D638 – 08 MÉTODOS ESTÁNDAR DE PRUEBA PARA PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LOS PLÁSTICOS.

ALCANCE:

Este método de ensayo cubre la determinación de las propiedades de tensión de plásticos reforzados y no reforzados con probeta de prueba estándar en forma de pesa, bajo condiciones definidas de pre-tratamiento, temperatura, humedad y velocidad de la máquina de ensayo.

Este método de ensayo puede ser utilizado en pruebas de materiales de hasta 14 mm (0.55 pulgadas.) de espesor. Sin embargo, para prueba de probetas en la forma de láminas delgadas de menos de 1 mm (0.04 pulgadas) de grosor, el método D 882 (Test

Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting) es el mejor método de ensayo. Los materiales con un espesor superior a 14 mm (0.55 pulgadas) deben ser reducidos por mecanizado.

Este método de ensayo incluye la opción de determinar la relación de Poisson a temperatura ambiente.

Los datos obtenidos por este método de ensayo son pertinentes y adecuados para el uso en el diseño ingenieril.

Esta norma no pretende abordar todas las inquietudes de seguridad asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas de seguridad, salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

SIGNIFICADO Y USO:

Este método de ensayo es diseñado para producir datos de las propiedades de tensión para control y especificación de materiales plásticos. Estos datos también son utilizados para caracterización cualitativa, investigación y desarrollo. Para muchos materiales, puede haber una especificación que requiera el uso de este método de ensayo, pero con unas modificaciones de procedimiento que tienen prioridad cuando se incluyen a la especificación. Por lo tanto, es importante hacer referencia a la especificación del material antes de aplicar este método de ensayo. En la clasificación D 4000 (D 4000 Classification System for Specifying Plastic) se registran los materiales estándar ASTM que existen actualmente.

Las propiedades de tracción pueden variar con la preparación del espécimen, la velocidad y el medio ambiente de la prueba. Por lo tanto, donde se deseen resultados comparativos, estos factores deben ser cuidadosamente controlados.

Un material no puede ser ensayado sin probar también el método de preparación de ese material. Por lo tanto, cuando se desean ensayos comparativos de los materiales, se debe tener el mayor cuidado para garantizar que todas las muestras se preparan en la misma forma, a menos que la prueba sea para incluir los efectos de preparación de la muestra. Igualmente, para propósitos arbitrarios o comparaciones de cada tipo de muestras, se

debe tener cuidado de asegurar el máximo grado de uniformidad en los detalles de preparación, tratamiento y manipulación.

Las propiedades de tracción pueden proporcionar datos útiles para propósitos de diseño ingenieril en plásticos. Sin embargo, debido al alto grado de sensibilidad mostrado por muchos plásticos según la tasa de esfuerzo y condiciones de medio ambiente, los datos obtenidos por este método no pueden ser considerados válidos para aplicaciones que involucran escalas de carga-tiempo o ambientes muy diferentes de este método de ensayo. En casos de este tipo de diferencia, ninguna estimación fiable del límite de utilidad puede ser hecha para los plásticos. Esta sensibilidad para la tasa de esfuerzo y medio ambiente, se necesita probar sobre una amplia escala de carga-tiempo (incluido el impacto y la fluencia) y sobre un rango de condiciones ambientales si las propiedades de tracción son suficientes para fines de diseño de ingeniería.

4.2 ASTM D1037 – 06A.MÉTODOS ESTÁNDAR DE PRUEBA PARA EVALUAR LAS PROPIEDADES BÁSICAS DE LA FIBRA DE MADERA Y PANEL DE MATERIAL PARTICULADO.

ALCANCE:

Estos métodos de ensayo cubre la determinación de las propiedades básicas de la fibra de madera y panel de material particulado, paneles formados con partículas de densidad media, tabla de fibra, tableros duros y tableros de fibra orientada.

Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

SIGNIFICADO Y USO.

Este método de ensayo cubre las pruebas a pequeñas probetas de fibra de madera y panel de material particulado que se hacen para proporcionar:

- Datos para la comparación de las propiedades mecánicas y físicas de distintos materiales.
- Datos para determinar la influencia sobre las propiedades básicas de factores tales como la materia prima y procesamiento de variables, los tratamientos post de los paneles, y las influencias ambientales.
- Los datos para el control de fabricación, investigación y desarrollo de productos, especificaciones y la aceptación.

No todas las pruebas descritas en estos métodos de prueba son necesarias para evaluar cualquier panel en particular por el uso especificado. En cada caso será necesario determinar qué pruebas se efectuarán.

5. DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA INSTRON SERIE 1125.

Para realizar la automatización de una máquina de ensayos es indispensable conocer el funcionamiento de cada una de sus partes y de esta manera realizar una correcta selección de los elementos y sistemas de automatización.

En este capítulo se describe el estado inicial de la máquina INSTRON serie 1125 y se realiza una comparación del estado final del equipo automatizado, describiendo sus ventajas.

5.1. ESTADO INICIAL DELA MÁQUINA INSTRON SERIE 1125.

Es de gran importancia considerar el estado inicial de la máquina INSTRON serie 1125 que se automatizó, pues al inicio del proyecto la máquina se encontraba totalmente fuera de servicio y contaba con algunos elementos obsoletos debido al año de fabricación.



Figura 11. Máquina INSTRON serie 1125 (Estado inicial).

Fuente: Los Autores.

La máquina INSTRON serie 1125 (Figura 11) es utilizada básicamente para ensayos de tracción de materiales que poseen baja capacidad de carga, máximo 1000 kgf.

A continuación se realizará una descripción de los componentes de la máquina, los cuales se pueden dividir en tres grupos principales: Estructura, Sistema de transmisión de potencia y Sistema de adquisición de datos.

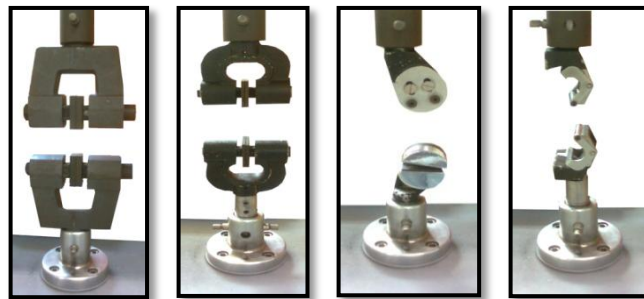
5.1.1. Estado inicial de la estructura.



Figura 12. Estructura: a) Base y soporte fijo. B) Vigas laterales y soporte móvil.
Fuente: Los Autores.

La estructura de la máquina es una de las partes fundamentales, ya que ésta es la encargada de soportar los esfuerzos producidos al ejecutar la prueba, está compuesta por una base rígida (figura 12a) a la cual se unen por medio de tornillos las vigas laterales (figura 12a) y el soporte fijo para el montaje de las mordazas de sujeción.

Como se puede apreciar en la figura 12b, las vigas laterales son usadas para mantener correctamente alineado el soporte móvil con los tonillos de potencia, ya que estos elementos son los encargados de transmitir y soportar carga, siendo de gran importancia mantener su correcta alineación para evitar una falla.



(a) b)(c) (d)
Figura 13. a) y b) Mordazas de agarre mecánico; c) Mordazas para hilos y fibras;
(d). Mordazas para elastómeros y papel

Fuente: Los Autores.

La máquina cuenta con accesorios intercambiables los cuales se instalan al soporte fijo y móvil, estos elementos son los encargados de sostener los diferentes tipos de probetas, las mordazas de la figura 13a son de agarre mecánico las cuales se usan para realizar pruebas de probeta planas de madera, plástico etc., las mordazas de la figura 13b son también de agarre mecánico y se usan para las mismas aplicaciones de las anteriores para probetas de menor tamaño, las mordazas de la figura 13c se usan para realizar pruebas en hilos y fibras y los elementos de la figura 13d se usan para realizar pruebas en elastómeros y papel.

5.1.2. Estado Inicial del Sistema de transmisión de potencia inicial.

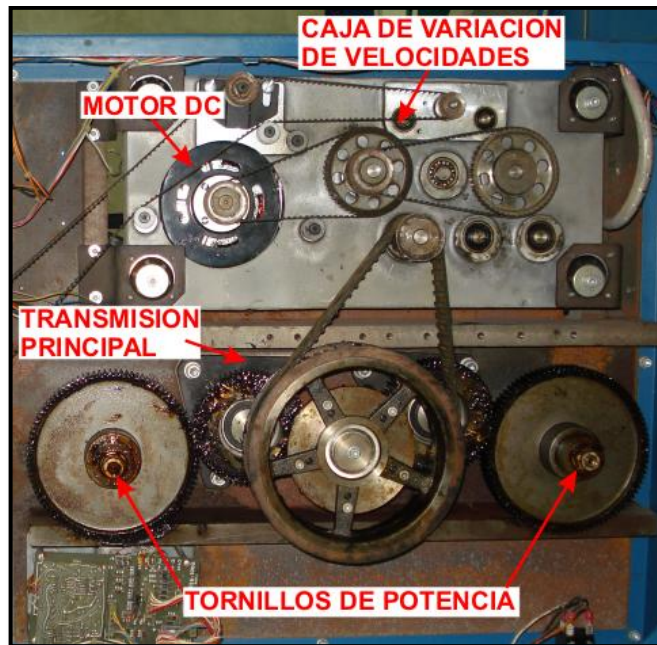


Figura 14. Sistema de transmisión de potencia.
Fuente: Los Autores.

El sistema de transmisión (figura 14) consta de un motor DC, el cual transmite potencia por medio de una correa síncrona a la caja de variación de velocidad, esta caja está compuesta por un conjunto de engranajes encargados de recibir del motor alta velocidad y bajo torque para transformarlos en baja velocidad y alto torque, que son transmitidos por otra correa síncrona a la transmisión principal, la cual consta de un conjunto de engranajes que transmiten la potencia finalmente a los tornillos encargados del desplazamiento del soporte móvil.

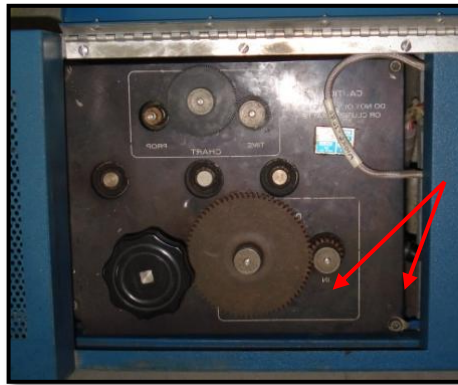


Figura 15. Caja de variación de velocidad (Engranajes intercambiables).
Fuente: Los Autores.

En la figura 15 se observa la caja de variación de velocidad, esta caja permite al operario disminuir o aumentar la velocidad al cambiar manualmente la relación de dos engranajes, la máquina cuenta con cuatro parejas de engranajes que permiten cuatro velocidades.

5.1.3. Sistema de adquisición de datos inicial.



Figura 16. Sistema de adquisición de datos inicial.
Fuente: Los Autores.

El sistema de adquisición de datos es el encargado de generar la gráfica para cada ensayo, como se ve en la figura 16, este consta de un rollo de papel milimetrado en el cual se realiza la gráfica con un bolígrafo; el papel se mueve en dirección perpendicular a la del movimiento del bolígrafo; el movimiento relativo del papel y el bolígrafo permiten realizar la gráfica fuerza-deformación.

El sistema de adquisición de datos de la máquina es un sistema electromecánico, como se ve en la figura 17, un sistema mecánico de transmisión por correa síncrona conecta la caja de engranajes mencionada anteriormente con el sistema de adquisición de datos, este sistema es el encargado de mover el rollo de papel y así generar el dato de deformación; una celda de carga ubicada en el soporte móvil se encarga de enviar una señal de voltaje a una tarjeta electrónica del sistema de adquisición de datos, que se encarga del movimiento del bolígrafo por medio de un servomotor y de esta manera genera el dato de fuerza.

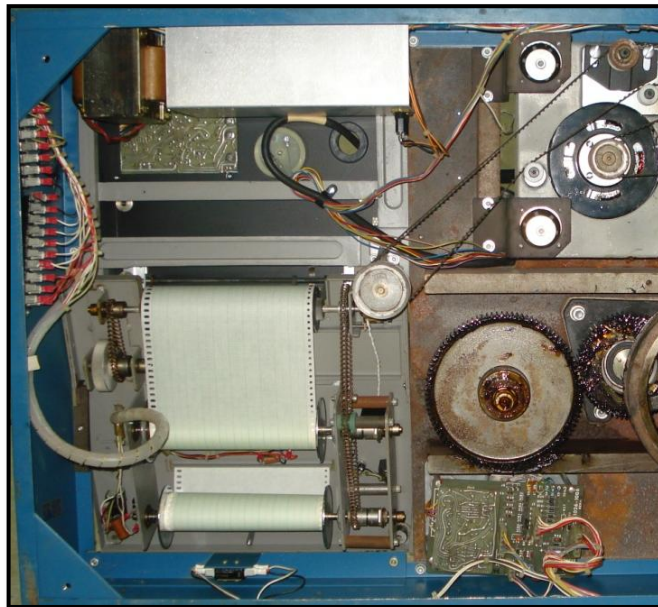


Figura 17. Sistema electromecánico para la adquisición de datos.
Fuente: Los Autores.

Como se pudo apreciar la máquina no se encontraba en óptimas condiciones al inicio de este proyecto, pues no prestaba ningún tipo de servicio, es por este motivo que la Escuela de Ingeniería Civil tomó la decisión de apoyar económicamente la realización de este proyecto para recuperar y automatizar el equipo debido a que se encontraba desactualizado y obsoleto por el año de construcción de la máquina.

En los siguientes capítulos se muestra el diseño y la selección de los equipos adecuados para la automatización de la máquina INSTRON serie 1125.

6. DISEÑO, SELECCIÓN, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA INSTRON SERIE 1125 AUTOMATIZADA.

En este capítulo y el siguiente se realizará una descripción completa del diseño, selección, instalación y puesta en marcha de la máquina automatizada. Para realizar la comparación con el estado inicial, también se dividirá en tres grupos (Estructura, Sistema de transmisión de potencia y Sistema de adquisición de datos), mostrando en forma detallada los equipos implementados.

Como se mencionó anteriormente la máquina INSTRON 1125 se encontraba totalmente fuera de servicio. Para garantizar el correcto funcionamiento se remplazaron algunos elementos obsoletos e implementaron equipos actualizados, a continuación se da una breve explicación de la máquina en su estado actual, las modificaciones y razones por las cuales se realizaron.

6.1. ESTADO FINAL DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA INSTRON 1125.

La estructura de la máquina INSTRON 1125 es en esencia la misma que tenía inicialmente, únicamente se retiraron los equipos obsoletos y se realizaron modificaciones menores para la instalación de los equipos nuevos. No obstante se realizó un desarme total de la máquina y se realizaron labores de mantenimiento, donde se cambiaron algunos rodamientos y empaques que se encontraban en mal estado. Finalmente se realizaron labores de pintura.

6.2. ESTADO FINAL DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA FINAL DE LA MÁQUINA INSTRON 1125.

El nuevo sistema de transmisión de potencia (figura 18) es una de las modificaciones importantes que se aplicaron a la máquina, como se mostró anteriormente la máquina tenía cuatro opciones de velocidad, esto era una gran desventaja, pues las normas para ensayos exigen diversos valores de velocidad para cada tipo de material. En dado caso que la máquina no contará con el valor, se usaba el valor más cercano, esta aproximación

podría generar errores en los datos de la prueba ya que no cumplía completamente con la norma.

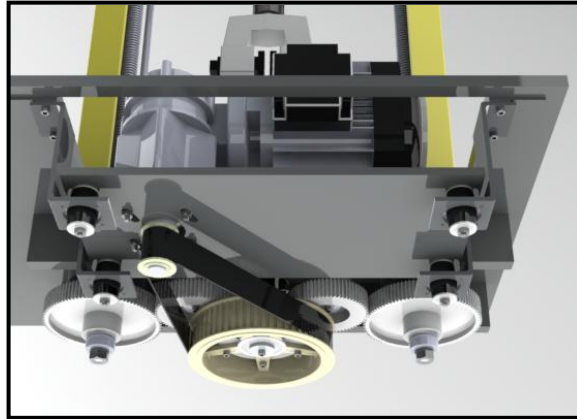


Figura 18. Sistema de transmisión de potencia final.

Fuente: Los Autores.

El sistema de transmisión de potencia se ha modificado retirando el motor DC y la caja de engranajes mencionados anteriormente y remplazándolos por un moto-reductor y un variador de frecuencia, el cual puede ser accionado de forma manual o automática.

A continuación se muestra cada uno de los equipos implementados, la razón por la cual se seleccionaron, su definición y especificaciones:

6.2.1. Moto-reductor.

Uno de los cambios realizados a la máquina fue reemplazar el motor DC que se tenía inicialmente por un motor AC, esta modificación nos permite tener un control preciso por medio de un variador de frecuencia, el cual nos da la opción de variar la velocidad y seleccionar cualquier valor que esté dentro del rango de 0 a velocidad máxima, esto es una gran ventaja pues como se mencionó anteriormente, con el sistema inicial, el usuario solo contaba con 4 opciones de velocidad.

En el sistema inicial, el motor DC estaba conectado a la caja de engranajes que cumplía la función de reducir la velocidad y aumentar el torque debido a las bajas velocidades que maneja la máquina. En nuestro caso se implementó un conjunto moto-reductor. Por medio del reductor cumplimos los requerimientos de baja velocidad y alto torque que exige la máquina.

La modificación realizada a la estructura fue remover la caja de engranajes e instalar una placa para el montaje del conjunto moto-reductor como se ve en la figura 18.

SELECCIÓN:

A continuación se calcula la velocidad y carga en cada uno de los tornillos de potencia, que dependen de a la carga y velocidad requerida en la cruceta móvil.

La velocidad del tornillo en revoluciones por minuto se calcula por medio de la ecuación 7.

$$N_{\text{tornillo}}(\text{rpm}) = \frac{\text{Velocidad de la cruceta (mm/min)}}{\text{paso (mm)}} = \frac{200}{5} = 40 \text{ (rpm)} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Después de realizar una inspección de los tornillos de potencia, se determinó que son roscas tipo ACME y se comprobó sus dimensiones con la tabla de dimensiones de tornillos de potencia tipo ACME cuyos datos se pueden apreciar en la tabla 1.

D (in)	n(# hilos/in)	P (in)	Dp(in)	φ(°)
1	5	0.2	0.8726	14.5

Tabla 1. Datos tornillo de potencia ACME.
Fuente: Diseño de elementos de máquinas, Mott.[7]

De la tabla de coeficiente de fricción para tornillos de potencia (Figura 19), se selecciona el valor adecuado del coeficiente de fricción, f.

Steel screw and bronze or cast-iron nut			Thrust-collar friction		
Conditions	Average coefficient of friction, μ		Materials	Average coefficient of friction, μ _c	
	Starting	Running		Starting	Running
High-grade materials and workmanship and best running conditions . . .	0.14	0.10	Soft steel on cast iron	0.17	0.12
Average quality of materials and workmanship and average running conditions	0.18	0.13	Hardened steel on cast iron	0.15	0.09
Poor workmanship or very slow and infrequent motion with indifferent lubrication or newly machined surfaces	0.21	0.15	Soft steel on bronze	0.10	0.08
			Hardened steel on bronze	0.08	0.06

Figura 19. Tabla de selección del coeficiente de fricción.
Fuente: Diseño de elementos de máquinas Mott [7].

Se calcula el valor del ángulo de arrastre de acuerdo con la ecuación 8:

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{N \times P}{\pi \times Dp} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{1 \times 0.2}{\pi \times 0.8726} \right) = 4.17^\circ \quad (\text{Ecuación 8})$$

Se calcula el torque para subir de acuerdo con la ecuación 9:

$$Tu = \frac{F \times Dp}{2} \left[\frac{f + \cos \phi \times \tan \lambda}{\cos \phi - f \times \tan \lambda} \right] \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$Tu = \frac{2000 \text{ kgf} \times 2.216 \text{ cm}}{2} \left[\frac{0.18 + \cos 14.5 \times \tan 4.17}{\cos 14.5 - 0.18 \times \tan 4.17} \right] = 581.46 \text{ kgf} \times \text{cm}$$

Se calcula el torque para bajar de acuerdo con la ecuación 10:

$$Td = \frac{F \times Dp}{2} \left[\frac{f - \cos \phi \times \tan \lambda}{\cos \phi + f \times \tan \lambda} \right] \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$Td = \frac{2000 \text{ kgf} \times 2.216 \text{ cm}}{2} \left[\frac{0.18 - \cos 14.5 \times \tan 4.17}{\cos 14.5 + 0.18 \times \tan 4.17} \right] = 250.44 \text{ kgf} \times \text{cm}$$

Los datos obtenidos de velocidad y carga de cada tornillo son:

$$N_{\text{tornillo}} = 40 \text{ (rpm)} \quad T_{\text{tornillo}} = 581.46 \text{ (kgf} - \text{cm)}$$

La figura 20 muestra la configuración del sistema de transmisión encargado de transmitir el movimiento del motor a los tornillos que están conectados en los engranajes c.

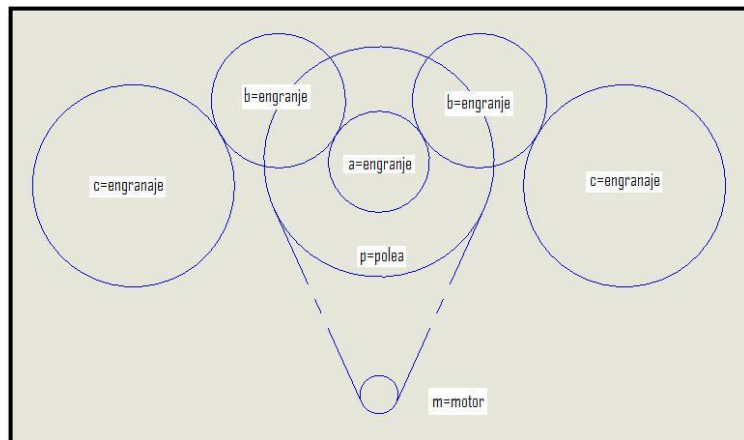


Figura 20. Diagrama del sistema de transmisión de la máquina INSTRON.

Fuente: Los autores.

La tabla 2 muestra los datos de los elementos que componen el sistema de transmisión de potencia de la máquina INSTRON, el cual como se ve en la figura 20 está compuesto por una transmisión por correa síncrona, que conecta el motor con un conjunto de engranajes simétricos que transmiten el movimiento y torque a los tornillos de potencia conectados a los engranajes c.

	m	p	a	b	c
Diametro (mm)	40	180	79	105	158
# dientes	-----	-----	48	64	96

Tabla 2. Datos de los elementos del sistema de transmisión de potencia.

Fuente: Los autores.

A continuación se realizan los cálculos de torque y velocidad que se transmiten entre cada par de elementos que están en contacto. Para esto usaremos la siguiente convención:

T = torque; n = numero de revoluciones por minuto; N = numero de dientes; D = diámetro.

El engranaje y el tornillo de potencia están conectados por medio de una cuña, por tanto la velocidad y la carga que se transmiten son la misma y se calcula por medio de la ecuación 11 y 12 respectivamente.

$$nc = N_{\text{tornillo}} = 40(\text{rpm}) \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$Tc = T_{\text{tornillo}} = 581.46 (\text{kgf} - \text{cm}) (\text{Ecuación 12})$$

Los engranajes que están en contacto, se transmiten velocidad y torque, el cual puede ser calculado por medio de la ecuación 13 y 14, respectivamente.

$$n1/n2 = N2/N1 \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$T1/T2 = N1/N2 \quad (\text{Ecuación 14})$$

De acuerdo con la ecuación 13 y 14, se calculan a continuación la velocidad y el torque transmitido por el conjunto de engranajes a la polea.

Entre el engranaje b y c:

$$nb/nc = Nc/Nb \quad nb = 40 * \left(\frac{96}{64}\right) = 60 (\text{rpm})$$

$$Tb/Tc = Nb/Nc \quad Tb = 581.46 * (64/96) = 387.64 (\text{kgf} - \text{cm})$$

Entre el engranaje a y b:

$$n_a/n_b = N_b/N_a \quad n_a = 60 * (64/48) = 80 \text{ (rpm)}$$

$$T_a = 2 * T_b * N_a/N_b \quad T_a = 2 * 387.64 * (48/64) = 581.46 \text{ (kgf - cm)}$$

La polea va conectada al engranaje a por medio de tornillos, por tanto la velocidad y el torque que transmiten es el mismo y se calcula con las ecuaciones 15 y 16, respectivamente.

$$n_p = n_a = 80 \text{ (rpm)} \quad \text{(Ecuación 15)}$$

$$T_p = T_a = 581.46 \text{ (kgf - cm)} \quad \text{(Ecuación 16)}$$

Ahora, se calcula la velocidad y el torque que transmite la polea grande p a la polea pequeña de la salida del motor m. Esto se calcula por medio de las ecuaciones 17 y 18 respectivamente.

$$n_m = n_p * D_p/D_m \quad \text{(Ecuación 17)}$$

$$n_m = 80 * \left(\frac{180}{35}\right) = 411.4 \text{ (rpm)}$$

$$T_m = T_p * D_m/D_p \quad \text{(Ecuación 18)}$$

$$T_m = 581.46 * \left(\frac{35}{180}\right) = 113.06 \text{ (kgf - cm)} = 11.306 \text{ (N - m)}$$

Finalmente, se calcula la potencia requerida por el motor de acuerdo a la ecuación 19.

$$Pot = T * \omega \quad \text{(Ecuación 19)}$$

$$Pot = 11.306 * \left(411.4 * \frac{\pi}{30}\right) = 487.08 \text{ (W)} = 0.487 \text{ (KW)} = 0.65 \text{ (hp)}$$

Por confiabilidad y para un correcto funcionamiento del equipo se aplica un factor de seguridad de 1.5 y por tanto la potencia requerida por el motor sería en este caso de 0.975 hp. Se decide seleccionar un motor de 1 hp.

Otro factor importante es la velocidad, la cual requiere 411.4 rpm a la salida del motor, como la velocidad es baja se debe seleccionar un conjunto moto-reductor.

ESPECIFICACIONES:

A continuación en la tabla 3 se muestran las especificaciones del conjunto moto-reductor seleccionado.

Motor	
Marca	Western Electric
Tipo	AC
Torque	22.4 N-m
Potencia	0.75 KW
Velocidad	1750 rpm
Reductor	
Marca	Flender
Tipo	Sin fin – Corona
Relación de reducción	5
Eficiencia	94 %

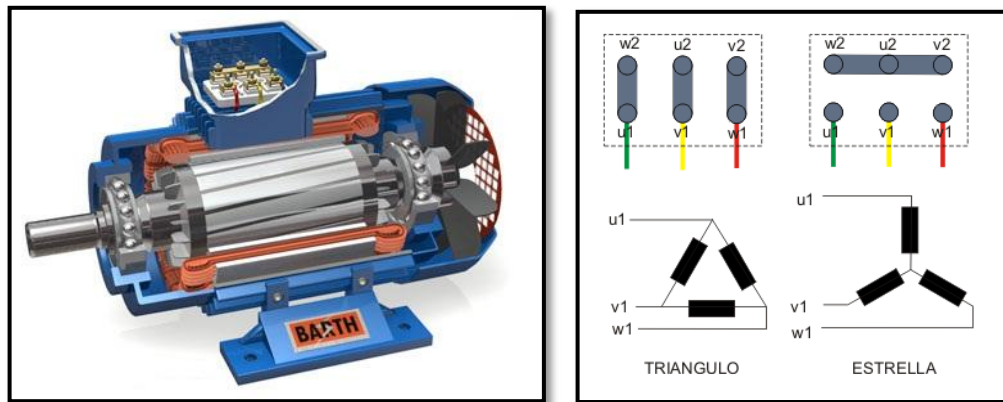
Tabla 3. Especificaciones del moto-reductor.

Fuente: Los autores.

DEFINICIÓN:

- El motor (figura 21a) es una máquina que convierte energía eléctrica en energía mecánica a través de los devanados internos, consta de un estator (el cual es la parte fija del motor o también llamado armadura) y un rotor (el cual es la parte móvil del motor o también llamado núcleo).

En nuestro caso manejamos un motor AC el cual puede conectarse de dos formas diferentes, conexión triangulo o estrella como se ve en la figura 21b, la placa de datos del motor muestra las características al conectar en estrella o triangulo, esto es muy importante pues en el variador de frecuencia que se conecta, se deben ingresar estos datos para controlar el motor. En nuestro caso la conexión es triangulo.



a) b)
Figura 21. a) Motor; b) Tipo de conexiones del motor.
Fuente: welsch.com y Autores.

- El reductor es un elemento de tipo mecánico que se encarga de recibir el movimiento generado por el motor, transformarlo y entregarlo con unos determinados requerimientos de torque y velocidad, esto dependiendo de la relación entre los engranajes que lo conforman. Existen diferentes tipos de reductores pero en nuestro caso elegimos por acomodamiento un reductor tipo sin fin corona.

6.2.2. Variador de frecuencia.

El variador de frecuencia seleccionado es el Micromaster 420, equipo encargado de controlar el motor AC seleccionado, este equipo cuenta con tres entradas digitales, dos de las cuales se usan para ordenar el giro en sentido horario o anti horario del motor, el cual por medio de la transmisión de potencia genera un movimiento lineal de ascenso o descenso del cabezal móvil; la tercera entrada digital se usa para realizar la función de parada de emergencia en caso que se presenta alguna eventualidad. Por otra parte el equipo cuenta con una entrada análoga, la cual es usada para el control de velocidad.

DEFINICIÓN:

El convertidor de frecuencia (variador) es utilizado para controlar y modificar la velocidad de motores trifásicos. Este convertidor está controlado por un microprocesador y utiliza tecnología IGBT (InsulatedGateBipolar Transistor). Esto lo hace un equipo fiable y versátil. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas

funciones de protección ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor.

ESPECIFICACIONES:

Variador de frecuencia	
Marca	Siemens
Referencia	Micromaster 420
Tamaño	Tipo A
Alimentación	220-240 V 3Φ AC
Potencia	0.12KW a 0.75 KW
Rendimiento	96% a 97%
Temperatura de trabajo	-10°C a 50 °C
Entradas digitales	3 parametrizables
Entradas analógicas	1 parametrizable
Salidas digitales	1 parametrizable
Salidas analógicas	1 parametrizable

Tabla 4. Especificaciones del variador de frecuencia.

Fuente: Los autores.

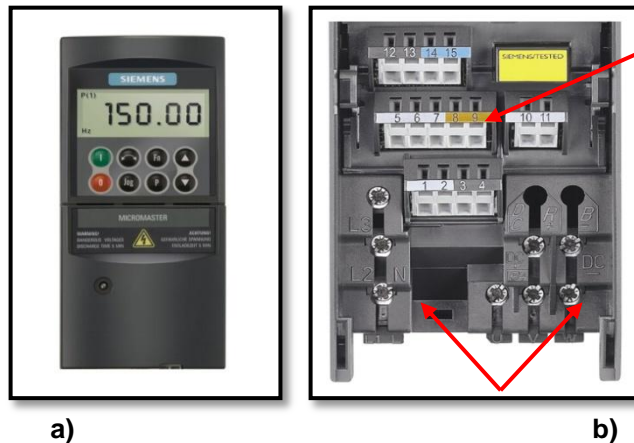
CARACTERISTICAS PRINCIPALES:

- Fácil de instalar.
- Puesta en marcha sencilla.
- Diseño robusto en cuanto a CEM.
- Puede funcionar en alimentación de línea IT.
- Tiempo de respuesta a señales de mando rápido y repetible.
- Amplio número de parámetros que permite la configuración de una gama extensa de aplicaciones.
- Tecnología BICO.
- Diseño modular para configuración extremadamente flexible.
- Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor.
- Información de estado detallado y funciones de mensaje integradas.

FUNCIONAMIENTO:

El variador Micromaster 420 (figura 22a) está provisto con un panel frontal, por medio del cual se puede operar y programar el equipo, por otra parte en caso de que el usuario desee tener control a distancia del equipo este tiene la opción de inhabilitar los controles del panel y habilitar los bornes bajo su cubierta frontal (figura 22b), estos bornes son entradas y salidas análogas y digitales que pueden ser programadas y controladas por medio de actuadores externos. En la figura 20b se muestran los bornes de conexión; los bornes de control están numerados del 1 al 15 como indica la flecha superior, los bornes

que indican las flechas inferiores son los bornes de conexión de potencia, a la izquierda la alimentación trifásica del variador y a la derecha la salida trifásica al motor AC.



a) b)
Figura 22. a) Micromaster 420; b) Bornes de conexión.
Fuente: Siemens.com

En este caso se controla el variador a distancia, ya que la máquina cuenta con un tablero de control en el cual se ubican tres pulsadores que permiten subir, bajar y detener la máquina y un potenciómetro que permite variar la velocidad de cero a velocidad máxima; para esto se usan tres entradas digitales y una entrada análoga del variador.

Como se mencionó anteriormente la máquina cuenta con bornes de conexión (figura 22b) para el control del equipo y para la conexión de la etapa de potencia, a continuación se explica en forma detallada la conexión:

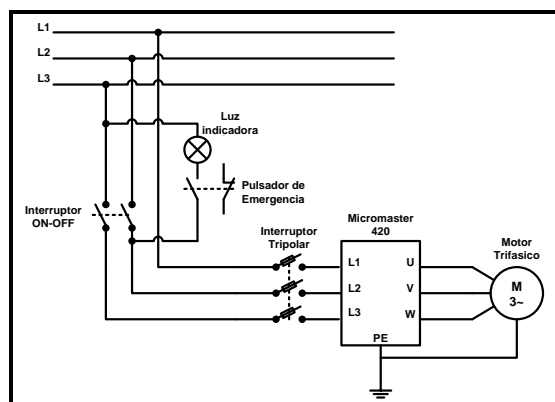


Figura 23. Conexión de la etapa de potencia del variador.
Fuente: Los autores.

La figura 23 muestra la conexión de la etapa de potencia del variador, el cual se debe alimentar con una señal trifásica (L1, L2, L3) de 220 V. Entre la red y el variador se

encuentra un interruptor ON-OFF y un taco o breaker de protección; la salida del variador (U, V, W) se conecta directamente al motor AC. En el esquema se ve un pulsador de parada de emergencia el cual en este caso por medio de uno de sus contactos (normalmente abierto) cumple la función de encender una luz indicadora. El control de este pulsador se ejecuta por medio del otro contacto (normalmente cerrado), el cual se conecta a los bornes de control del variador como se muestra a continuación.

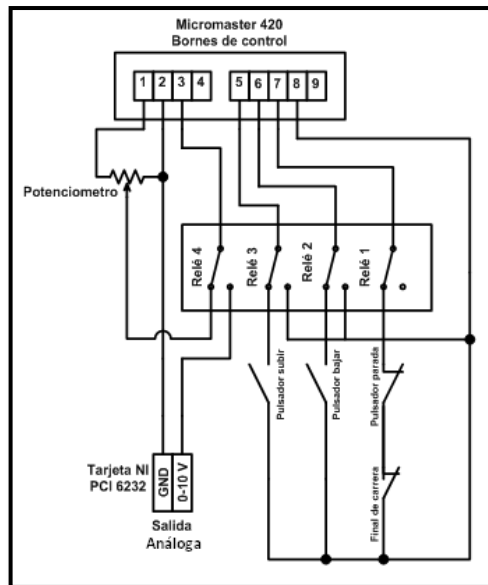


Figura 24. Conexión de la etapa de control del variador.
Fuente: Los autores.

La figura 24 muestra la conexión de los bornes de control del variador. En este caso la conexión debe tener la opción de control manual o automático del movimiento de la máquina, es por esto que fue necesario implementar una tarjeta electrónica de relés la cual se explicara en forma detallada en el siguiente capítulo.

Como se ve en la figura 22 los relés están conmutados en la posición izquierda, en esta posición permite el control manual de la máquina. Los bornes 1, 2 y 3 (entrada analógica) quedan conectados a un potenciómetro con el cual se puede variar la velocidad de cero a velocidad máxima y los bornes 5, 6, 7 y 8 (entradas digitales) están conectados a tres pulsadores que permiten subir, bajar y detener la máquina.

Entre la entrada 5 y el común 8 se conecta un pulsador normalmente abierto, al cerrar el contacto el variador hace girar el motor y la máquina sube; entre la entrada 6 y el común 8

también se conecta un pulsador normalmente abierto el cual realiza la operación inversa, al cerrar el contacto el variador hace girar el motor en sentido opuesto y la máquina baja.

Entre la entrada 7 y el común 8, se conectan dos pulsadores normalmente cerrados, uno es el pulsador de parada de emergencia y el otro el final de carrera ubicado en el cabezal móvil de la máquina. En este caso al variador censa si el lazo entre el borne 7 y 8 está cerrado, si este lazo se abre el variador detiene el motor.

Para el control automático de la máquina los relés deben estar en la posición derecha, para esto se usan cuatro salidas digitales de la tarjeta NI PCI 6232 que controlan la tarjeta electrónica de relés; cabe aclarar que las salidas digitales de la tarjeta se controlan por medio del PC (software LabVIEW).

Como se ve en la figura 22, cuando la señal de voltaje acciona el relé 3 el lazo entre los bornes 5 y 8 se cierra y la máquina inicia el movimiento de ascenso, para conseguir el efecto contrario se acciona el relé 2 cerrando el lazo entre los bornes 6 y 8 y la máquina desciende. Si se quiere detener en caso de emergencia la máquina por medio del PC se acciona el relé 1, el cual abre el lazo entre el borne 7 y 8 deteniendo la máquina. El relé 4 es el encargado de accionar el control de velocidad manual o automático, cuando este se encuentra en la posición derecha el borne 3 y 2 quedan conectados con el positivo y tierra respectivamente de una salida análoga de la tarjeta NI PCI 6232, esta salida varía entre 0 y 10 voltios lo que permite tener una variación de velocidad cero (0V) a máxima (10V). Cabe aclarar que la salida análoga de la tarjeta NI PCI 6232 no se conecta directamente a la entrada del variador, entre la NI PCI 6232 y el variador se encuentra una tarjeta electrónica de aislamiento para protección, la cual se explica en detalle en el siguiente capítulo.

6.3.ESTADO FINAL ALCANZADO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA INSTRON 1125.

A continuación se presenta el nuevo sistema de adquisición de datos y control de la máquina INSTRON 1125, el cual se realizó por medio de la tarjeta de adquisición de datos NI PCI 6232 de NATIONAL INSTRUMENTS.

Para realizar una correcta adquisición de los datos, se reemplazó completamente el sistema antiguo y se implementaron nuevos sensores. Para medir la deformación se usa un LVDT y para la medir de la carga se usa una Celda de Carga. En la figura 25 se muestra un esquema del funcionamiento del sistema de adquisición de datos y control de la máquina INSTRON 1125.

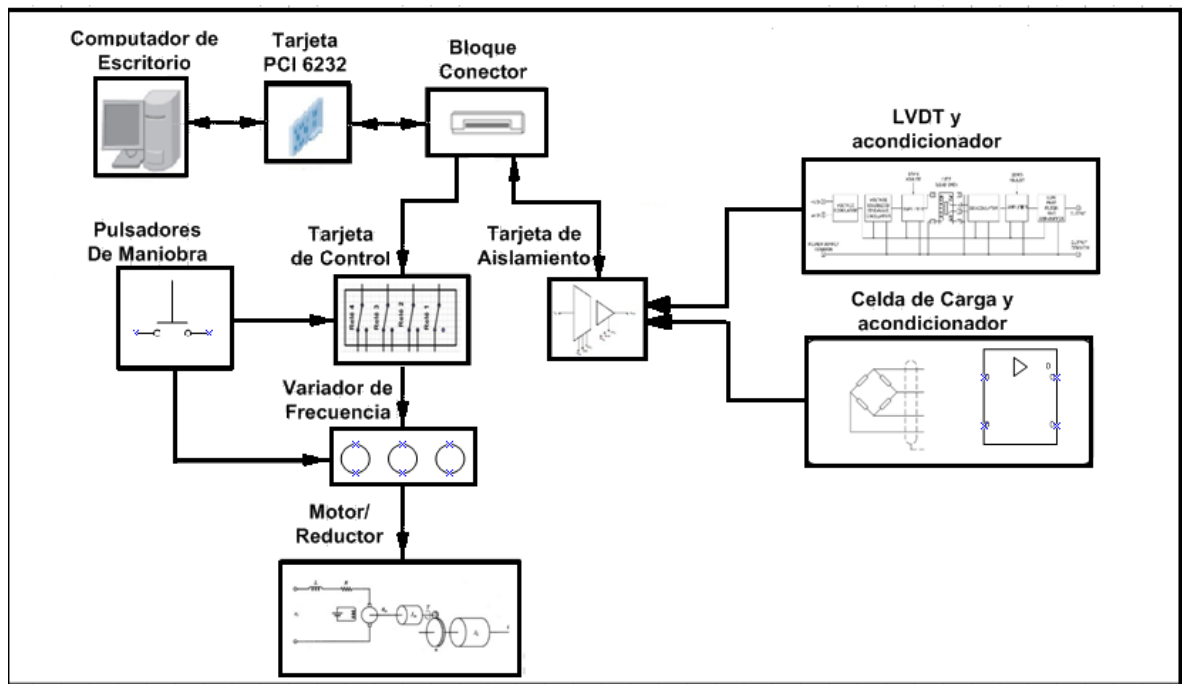


Figura 25. Diagrama de la adquisición de datos y control.
Fuente: Los Autores.

Como se ve en la figura 25 la adquisición de datos y el control se realizan por medio de un PC, el cual tiene instalado en su CPU la tarjeta de adquisición de datos NI PCI 6232, como indica la flecha, el computador de escritorio adquiere y envía datos por medio de la tarjeta, la cual está conectada por medio de un cable al bloque conector, dicho bloque cuenta con 37 pines para la conexión de las entradas y salidas de señales a la tarjeta.

Las salidas digitales del bloque conector controlan la tarjeta de relés que es la encargada de seleccionar el control del variador de frecuencia que a su vez controla el movimiento del moto-reductor; el control puede ser manual o automático. El control manual se realiza por medio de los controles manuales (pulsadores y potenciómetro) que están instalados en la parte frontal de la máquina y el control automático se realiza por medio del PC. Cuando el control es automático, una salida analógica (0-10 voltios) de la tarjeta controla la

velocidad del variador de frecuencia. Para proteger el sistema, esta salida no se conecta directamente a la tarjeta de relés sino que la señal pasa a través de la tarjeta de aislamiento antes de llegar a la tarjeta de relés (Las tarjetas de control y aislamiento se explican detalladamente más adelante).

El sensor que se usa para medir deformación es un LVDT, el cual se conecta a un acondicionador de señal, este equipo es el encargado de procesar la señal AC generada por el LVDT, amplificarla y convertirla a una señal DC, esto se debe realizar porque la tarjeta de adquisición de datos solo recibe señales DC. El acondicionador del LVDT envía una señal entre menos cinco y cinco voltios de acuerdo a la posición en la que se encuentra el LVDT, la señal generada no se envía directamente al bloque conector. Para proteger el sistema, la señal primero pasa a través de la tarjeta de aislamiento antes de llegar al bloque conector.

El sensor que se usa para medir fuerza es una Celda de Carga la cual se conecta a un acondicionador de señal, este equipo es el encargado de procesar y amplificar la señal generada por la Celda de Carga, esto se debe realizar porque la salida de voltaje de la Celda de Carga es un valor muy pequeño. El acondicionador de señal envía una señal entre cero y cinco voltios, proporcional a la carga, esta señal generada no se envía directamente al bloque conector, para proteger el sistema la señal primero pasa a través de la tarjeta de aislamiento antes de llegar a este bloque. El acondicionador de señal de la celda de carga cuenta con un display que indica el valor de la carga.

La tarjeta de aislamiento además de ser la encargada de proteger el sistema, cuenta con un filtro pasa-bajas para cada señal, esto debido a que las señales que provienen de los acondicionadores de señal no son completamente puras.

En la figura 26 se muestra la conexión de la alimentación monofásica de la máquina, esta cuenta con un pulsador ON-OFF ubicado en la parte frontal de la máquina (controles manuales), este se encarga de alimentar con 110 voltios al acondicionador de señal de la celda de carga y a las fuentes de 12 y 24 voltios. La fuente de 24 voltios DC alimenta el acondicionador de señal del LVDT, la tarjeta de control y la tarjeta de aislamiento. La fuente de 12 voltios alimenta la tarjeta de control. Los acondicionadores de señal son los encargados de alimentar los sensores (Celda de Carga y LVDT).

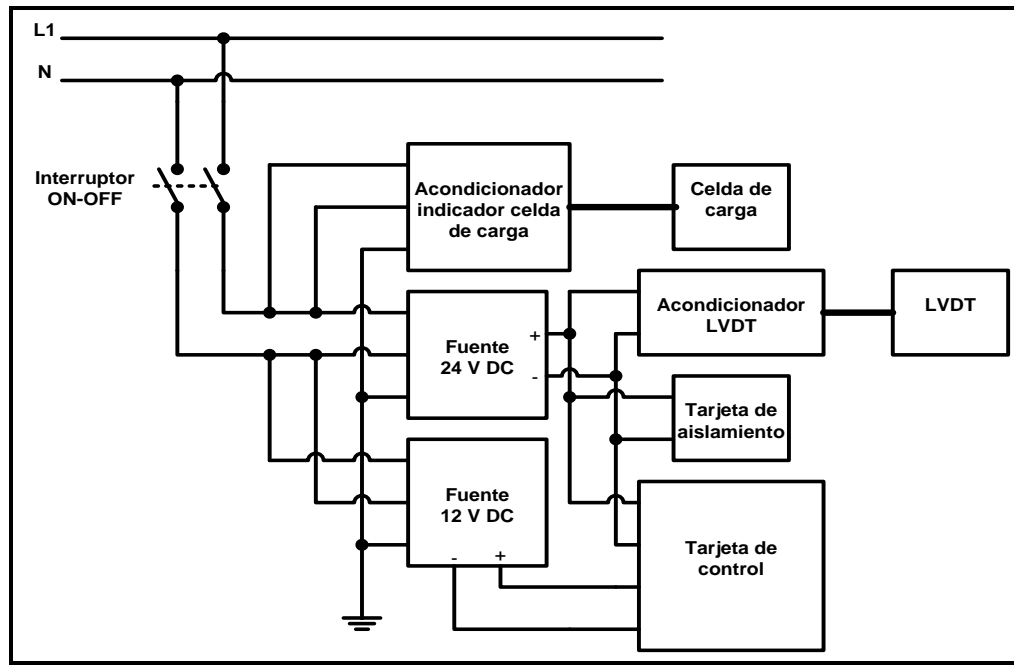


Figura 26. Conexión de la alimentación monofásica - 110V
Fuente: Los Autores.

6.3.1. Celda de Carga.

Uno de los nuevos dispositivos seleccionados e implementados en la automatización de la máquina INSTRON 1125 son las celdas de carga, estos son los sensores encargados de medir carga al realizar el ensayo, la máquina cuenta con dos Celdas de Carga de capacidades de 100 Kgf y 1500 Kgf respectivamente.

A continuación se muestra la definición, funcionamiento, especificaciones y características de las de las celdas de carga instaladas. Razón para la elección de las mismas

DEFINICION:

La Celda de Carga se basa en el principio de funcionamiento de las Galgas Extensiométricas, ya que se compone de cuatro Galgas o StrainGage en una configuración llamada Puente de Wheatstone.

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

Existen dos tipos de Galgas Extensiométricas (figura 27) Galgas Cementadas formadas por varios bucles de hilo muy fino que están pegados a una hoja de base de cerámica, papel o plástico (Galga utilizada en este caso), y Galgas sin cementar en las que los hilos de resistencia descansan entre un armazón fijo y otro móvil bajo una ligera tensión inicial.

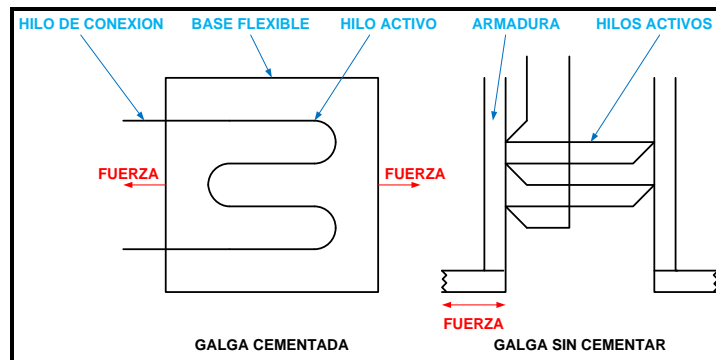


Figura 27. Tipos de galgas extensiométricas

Fuente: Instrumentación Industrial, Antonio Creus Solé [5]

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

La Galga forma parte de un Puente de Wheatstone (figura 28) y cuando está sin tensión tiene una resistencia eléctrica determinada. Se aplica al circuito una tensión, nominal tal que la pequeña corriente que circula por la resistencia crea una caída de tensión en la misma y el puente se equilibra para estas condiciones.

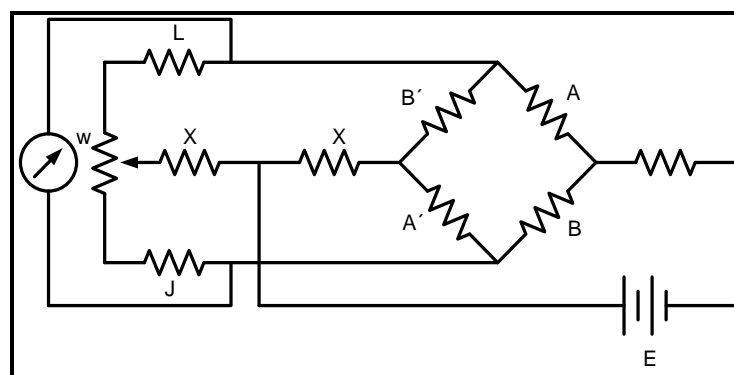


Figura 28. Puente de Wheatstone para Galgas Extensiométricas

Fuente: Instrumentación Industrial, Antonio Creus Solé [5]

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

Las galgas extensiométricas pueden alimentarse con C.C. o C.A. Tienen una respuesta frecuencial excelente y pueden utilizarse en medidas estáticas y dinámicas. Presentan una compensación de temperatura relativamente fácil y generalmente no son influidas por campos magnéticos.

- CELDA DE CARGA DE 1500 Kgf.

La Celda de Carga de 1500 Kgf (figura 29) se utiliza para realizar ensayos en materiales como maderas, plásticos, metales y otros, aunque se debe tener en cuenta que la capacidad máxima de la máquina INSTRON 1125 es de 1000 Kgf y por tanto el uso de esta celda está limitado por la capacidad máxima de la máquina y no por la capacidad máxima de la celda.



Figura 29. Celda de carga de 1500 Kg HBM.
Fuente: Hoja de datos celda de carga HBM.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

- Rango de capacidad máxima 1500kgf.
- Construcción de acero inoxidable.
- Salida de 3 mV/V, puente de 350 ohm.
- Sellada ambientalmente a IP65.
-

ESPECIFICACIONES:

Celda de Carga 1500Kg	
Marca	HBM
Referencia	S35-3K-20575
Voltaje de excitación	5-15 V
Sensibilidad	3+/- 0.03 mV/V
Balance zero	0+/-0.03 mV/V
Rango de temperatura	-10°C a +40°C

Tabla 5. Especificaciones celda de carga de 1500 Kgf HBM.
Fuente: Los autores.

- CELDA DE CARGA DE 100 kgf.

La Celda de Carga de 100 Kgf (Figura 30) se utiliza para al realizar ensayos en materiales como que necesiten bajas cargas como papel, hilos, fibras, tejidos, cauchos y otros, aunque se debe tener cuidado de no exceder la capacidad máxima de la celda (100 Kgf).



Figura 30. Celda de carga de 100Kgf LEXUS.
Fuente: Hoja de datos celdas de carga LEXUS.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

- Alta precisión.
- Fácil instalación.
- Alta confiabilidad y estabilidad

ESPECIFICACIONES:

Celda de carga 100Kg	
Marca	LEXUS
Referencia	SA-BN-100kg
Excitación recomendada	5-12 V (AC o DC)
Sensibilidad	2+/-0.2% mV/V
Rango de temperatura	-30°C a +70°C

Tabla 6. Especificaciones celda de carga de 100 Kgf LEXUS.
Fuente: Los autores.

FUNCIONAMIENTO.

La celda de carga será el sensor utilizado para medir la carga aplicada a la probeta al realizar el ensayo, esta va instalada en el cabezal móvil de la máquina INSTRON 1125 como se muestra en la figura 31, a esta se conecta una de las mordazas por medio de un perno, como se menciona anteriormente la máquina INSTRON 1125 cuenta con dos

celdas de carga. Es de gran importancia calibrar la celda cada vez que esta se cambie, esto con el fin de tener una lectura coherente de la carga aplicada.



Figura 31. Celda de Carga instalada en la máquina INSTRON 1125.
Fuente: Los autores.

6.3.2. Sensor de Desplazamiento LVDT.

Uno de los cambios más importantes realizados a la máquina INSTRON 1125 es la sustitución del sistema electromecánico de lectura de deformación por el sensor LVDT, este fue seleccionado debido a la gran precisión y robustez que proporciona a la máquina haciéndola un equipo más preciso y confiable.

A continuación se muestra la definición, funcionamiento, especificaciones y características del LVDT instalado.

DEFINICIÓN:

El Transformador Diferencial Variable Lineal es un dispositivo de censado de posición que provee un voltaje de salida de CA proporcional al desplazamiento de su núcleo que pasa a través de sus arrollamientos. Los LVDTs proveen una salida lineal para pequeños desplazamientos mientras el núcleo permanezca dentro del bobinado primario. La distancia exacta es función de la geometría del LVDT

Un LVDT es muy parecido a cualquier otro transformador, el cual consta de un bobinado primario, bobinado secundario y un núcleo magnético. Una corriente alterna, conocida

como la señal portadora se aplica en el bobinado primario. Dicha corriente produce un campo magnético variable alrededor del núcleo. Este campo magnético induce un voltaje alterno (CA) en el bobinado secundario que está en la proximidad del núcleo. Como en cualquier transformador, el voltaje de la señal inducida en el bobinado secundario es una relación lineal del número de espiras. La relación básica del transformador es:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{N_{out}}{N_{in}} \quad (\text{Ecuación 20})$$

V_{out}: tensión de salida

V_{in}: tensión de entrada

N_{out}: número de espiras del bobinado secundario

N_{in}: número de espiras del bobinado primario

Como se muestra en la figura 32, cuando el núcleo se desplaza, el número de espiras expuestas en el bobinado secundario cambia en forma lineal. Por lo tanto la amplitud de la señal inducida cambiará también linealmente con el desplazamiento.

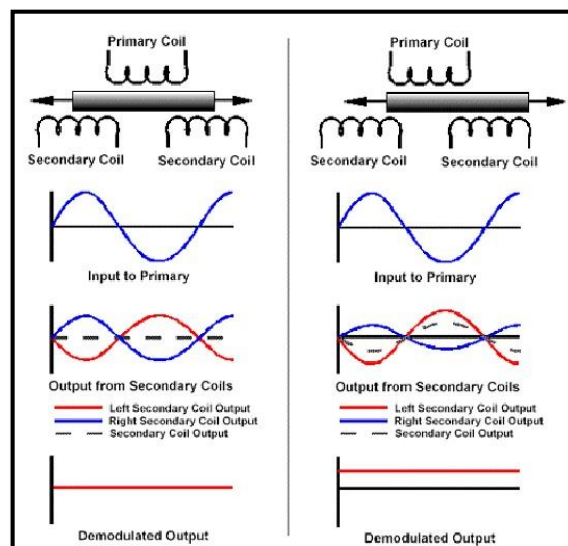


Figura 32. Relación entre la señal de entrada del bobinado primario, el núcleo magnético y la señal de salida

Fuente: Sensores y Transductores – Ed. Marcombo

El LVDT indica la dirección de desplazamiento debido a que las salidas de los dos bobinados secundarios se encuentran balanceadas mutuamente. Los bobinados secundarios en un LVDT se conectan en sentido opuesto. Así cuando el mismo campo magnético variable se aplica a ambos bobinados secundarios, sus voltajes de salida

tienen igual amplitud pero diferente signo. Las salidas de los dos bobinados secundarios se suman, simplemente conectando los bobinados secundarios a un punto común de centro. A una posición de equilibrio (generalmente cero desplazamiento) se produce una señal de salida igual a cero.

La señal inducida de CA es entonces demodulada para producir un voltaje de CC que sea sensible a la amplitud y a la fase de la señal de CA producida. A continuación se muestra el diagrama esquemático del LVDT (figura 33a) y su apariencia física (figura 33b).

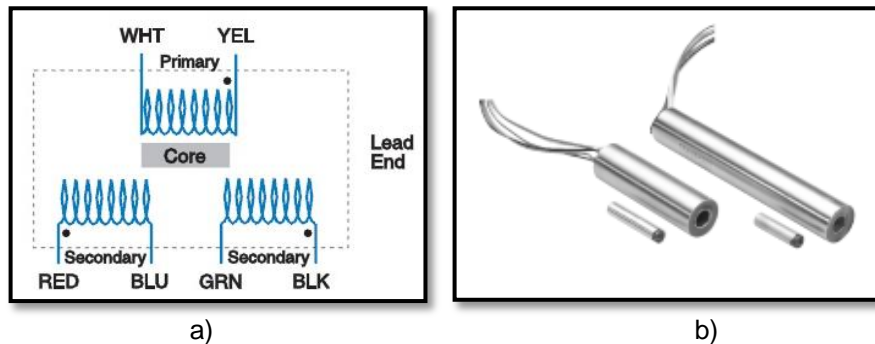


Figura 33. a) Diagrama esquemático del LVDT; b) Apariencia física del LVDT
Fuente: Hoja de datos del sensor de desplazamiento LVDT

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

- Construcción de acero inoxidable.
- No-linealidad $\leq 0.25\%$.
- Alta sensibilidad.
- Bajo coeficiente de temperatura.
- Splashproof.

ESPECIFICACIONES:

LVDT	
Marca	TRANS-TEK
Modelo	210-220
Voltaje de entrada	20 VRMS Max.
Sensibilidad	0.50V/V +/- 10%
Rango de temperatura	-55°C a 125°C (Operación) -55°C a 135°C (Almacenamiento)
No linealidad	$\leq \pm 0.25\%$ FS (best fit straight line)

Tabla 7. Especificaciones del Sensor LVDT

Fuente: Los autores.

FUNCIONAMIENTO.

El LVDT será el sensor utilizado para medir la deformación de la probeta al realizar el ensayo, como se ve en la figura 34 el LVDT está ubicado en el soporte superior y el núcleo móvil está conectado al soporte móvil, el LVDT entrega un voltaje proporcional a la posición del núcleo en su interior, la medida de la deformación se realiza simplemente realizando la diferencia entre la posición inicial y la posición final del núcleo dentro del LVDT, para que la medida sea correcta el LVDT será correctamente calibrado.

La calibración correcta de los sensores se muestra en un capítulo posterior.



Figura 34. LVDT instalado en la máquina INSTRON 1125.

Fuente: Los autores.

Finalmente en la figura 35, en la figura 36 y la tabla 8 se indican los nuevos elementos eléctricos y electrónicos instalados en la máquina INSTRON 1125.

En el siguiente capítulo se muestra el hardware que se implemento para lograr el correcto funcionamiento de los equipos mencionados en este capítulo.

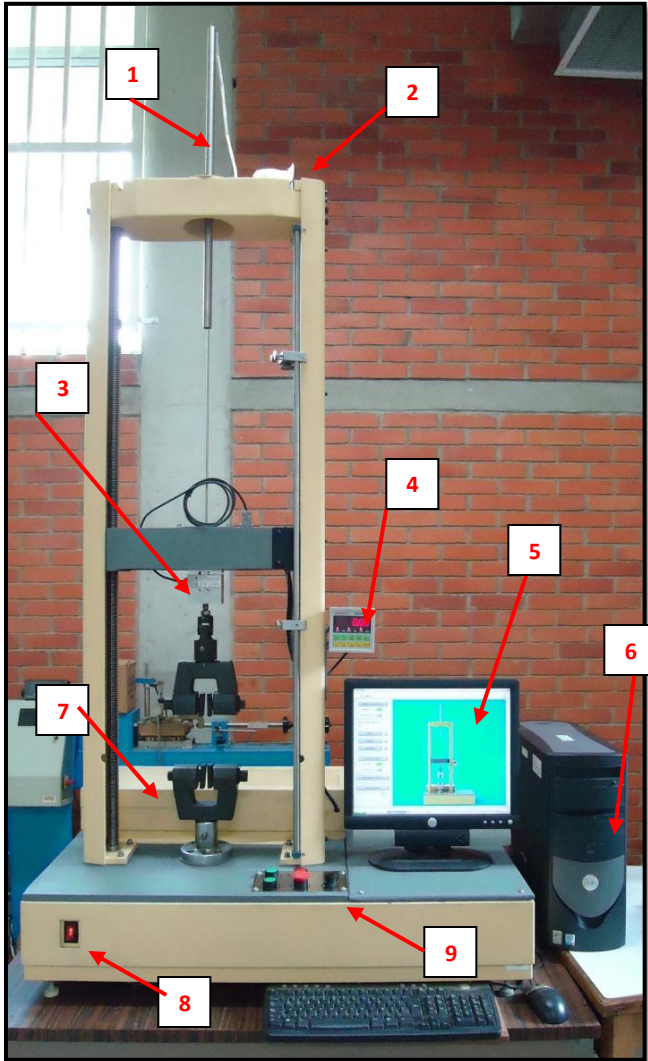


Figura 35. Estructura final del equipo automatizado.
Fuente: Los Autores.

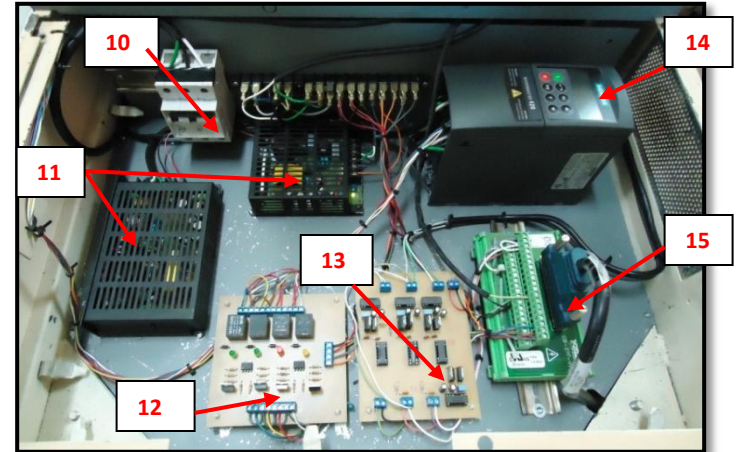


Figura 36. Caja de componentes eléctricos y electrónicos.
Fuente: Los Autores.

NUMERO	NOMBRES
1	LVDT
2	Acondicionador de señal del LVDT
3	Celda de carga
4	Acondicionador de señal de la celda de carga
5	PC
6	Tarjeta de adquisición de datos (interna en la CPU)
7	Moto-reductor (dentro de la caja señalada)
8	Interruptor de encendido
9	Controles manuales (pulsadores y potenciómetro)
10	Breaker
11	Fuentes switcheadas
12	Tarjeta de control
13	Tarjeta de aislamiento
14	Variador de frecuencia
15	Bloque conector tarjeta de adquisición de datos.

Tabla 8. Nuevos componentes eléctricos y electrónicos instalados.
Fuente: Los Autores.

7. HARDWARE EMPLEADO EN LA AUTOMATIZACIÓN.

En computación el hardware hace referencia a cualquier componente físico tecnológico, que trabaja que interactúa de algún modo con la computadora. No sólo incluye elementos internos como el disco duro, CD-ROM, disquetera, sino que también hace referencia al cableado, circuitos, gabinete, etc. E incluso hace referencia a elementos externos como la impresora, el mouse, el teclado, el monitor y demás periféricos.

Pero en este capítulo no solo se describen estos componentes sino los equipos o demás elementos que fueron implementados para la automatización de la máquina y que son de gran soporte a la parte electrónica del proyecto, pues gracias a estos dispositivos se obtiene un mejoramiento en las señales eléctricas, se energizan los sensores y se establece una conexión directa y fiable entre las variables físicas y entre una interfaz gráfica que el usuario puede maniobrar desde el PC.

En el capítulo anterior se pudieron observar los diferentes sensores o transductores que se encargan de convertir las señales físicas en señales eléctricas, pero esto no es suficiente para lograr un sistema confiable y preciso, es por esta razón que se han instalados los componentes que se describen a continuación.

7.1. ACONDICIONADOR DE SEÑAL PARA LA CELDA DE CARGA.

El acondicionador de señal seleccionado permite energizar la celda de carga y obtener señal de la misma. Este dispositivo se encarga de tomar esa señal procesarla y amplificarla a un rango de voltaje (0 a 10V) o de corriente (4 a 20 mA) para enviarlas a una tarjeta de adquisición de datos, autómatas programables o simplemente para mostrarlas en el display que contiene.

Este indicador es usado en aplicaciones comunes de peso tales como bancos, plataformas, plantas, escaladores de carros, las cuales interactúan con tarjetas de adquisición de datos, autómatas programables u otros dispositivos. En la figura 37 se

puede ver el acondicionador de señal de la celda de carga o también llamado comercialmente indicador de peso con salida análoga.



Figura 37. Acondicionador de señal para celdas de carga.

Fuente: Hoja de datos del acondicionador de señal para celdas de carga.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

- Doble filtro digital
- Comandos por RS232
- Transmisión continua de peso por RS232
- Calibración en 4 puntos
- Interfaces de comunicación serial RS232
- Interface de la señal de salida análoga (0 - 10V)
- Interface de la señal de salida análoga (4 - 20mA)
- Alta velocidad de conversión A/D
- Fácil instalación
- Alta resolución (24 bits)

ESPECIFICACIONES:

Acondicionador de la Celda de Carga	
Marca	HB
Sensibilidad	0.45 μ V/D
Conversión A/D	128conversiones/s, 24 bits
Temperatura de operación	-10°C a 40°C
Alimentación	100 ~ 240 VAC, 50/60 Hz
Calibración (ajuste)	Zero (0.1~25 mV) Span (0.45~100 μ V/D)

Tabla 9. Especificaciones del Acondicionador de la Celda de Carga

Fuente: Los autores.

7.2. ACONDICIONADOR DE SEÑAL DEL LVDT.

Este tipo de acondicionador seleccionado se divide en varias etapas como lo son: amplificación, estabilización, regulación, demodulación y filtrado. Las cuales permiten la conversión AC de la señal del LVDT a una señal DC purificada que se envía a la tarjeta de datos para ser registrada y visualizada.

TEORÍA DE OPERACIÓN:

Aunque un LVDT es un transformador eléctrico, requiere potencia de corriente alterna de amplitud y frecuencia completamente diferente de las líneas ordinarias para operar apropiadamente, típicamente 3V (RMS) a 2.5KHz.

Suministrar la excitación para un LVDT es una de las funciones del soporte electrónico, el cual es a veces conocido como equipo de acondicionamiento de señal para LVDT (figura 38a). Otra función incluye convertir la salida de tensión alterna de bajo nivel en una señal DC de alto nivel, que es la más conveniente para usar, decodificando la información direccional de 180 grados de desfase de salida con movimiento del núcleo a través del punto nulo, y proporcionando un nivel de salida con cero ajustable eléctricamente. A continuación se muestra el diagrama esquemático del LVDT (figura 38b).

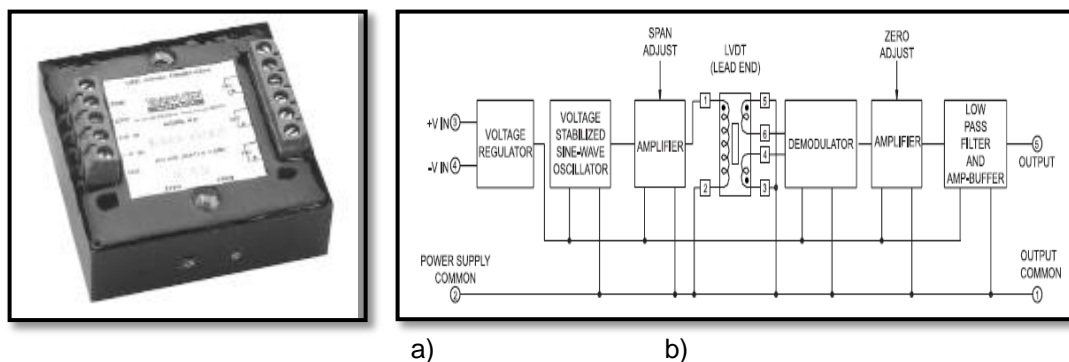


Figura 38. a) Diagrama de bloques del acondicionador del LVDT; b) Acondicionador del LVDT
Fuente: Hoja de datos del Oscilador/Demodulador

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

- El alto nivel de voltaje DC de salida puede ser directamente interfazado con circuitos análogos tales como tarjetas de adquisición de datos, PLCs o convertidores A/D
- Puede proveer un offset-zero y una ganancia no-estándar

ESPECIFICACIONES (desempeño combinado entre LVDT y acondicionador de LVDT):

Acondicionador y Sensor LVDT	
Marca	TRANS-TEK
Entrada	+/-14.5 a +/-28.0 VDC, +/-100mA Max
Salida ajustable	+/- 5.0 VDC
Rango de temperatura	0°C a 70°C (Operación) -55°C a 125°C (Almacenamiento)
No linealidad	≤ +/- 0.25% FS (best fit straight line)
Rizado de salida	< 0.03 VRMS Max.

Tabla 10. Especificaciones del Acondicionador y Sensor LVDT

Fuente: Los autores.

7.3. FUENTES SWITCHEADAS DE ALIMENTACIÓN

Las fuentes switcheadas se componen de diversos elementos electrónicos como los son el transformador, puente rectificador de diodos, condensadores, reguladores etc., los cuales en conjunto permiten recibir la alimentación de corriente alterna de la red para convertirla en corriente continua, después rectificarla, eliminar el rizado y estabilizarla dando una señal muy pura y constante con buena exigencia de amperaje para proveer a la carga que será conectada. A continuación se muestran las fuentes switcheadas de 12 y 24 VDC que se seleccionaron e implementaron en este proyecto debido a su gran estabilidad y manejo de corriente (figura 39 y figura 40), y sus respectivas especificaciones.

Estos equipos son de gran importancia en la automatización del equipo, puesto que ellas energizan los sensores y las tarjetas de aislamiento y control que se explican detalladamente más adelante.

- FUENTE SWITCHEADA 12 VDC.



Figura 39. Fuente switchcada de 12 Voltios a 2.5 A
Fuente: Los autores

ESPECIFICACIONES:

Fuente Switchcada 12 Voltios	
Marca	Autonics – Sensors&Controllors
Modelo	SPA-030-12
Voltaje de entrada	100-240VAC, 1.0A, 50/60Hz
Salida	12 VDC, 2.5A
Cable recomendado	AWG 19~21

Tabla 11. Especificaciones de la fuente de 12 VDC
Fuente: Los autores.

- FUENTE SWITCHCADA 24 VDC.

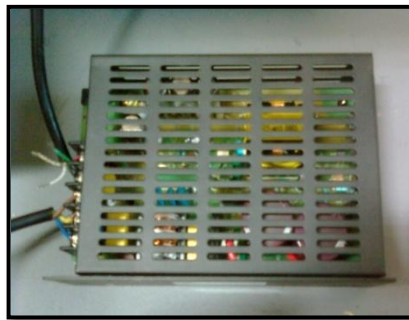


Figura 40. Fuente switchcada de 24 Voltios a 4.2 A
Fuente: Los autores

ESPECIFICACIONES:

Fuente Switchcada 24 Voltios	
Marca	Autonics – Sensors&Controllors
Modelo	SPA-100-24
Voltaje de entrada	100-120VAC, 2.5A, 50/60Hz
Salida	24 VDC, 4.2A
Cable recomendado	AWG 19~21

Tabla 12. Especificaciones de la fuente de 24 VDC
Fuente: Los autores.

7.4. TARJETA DE CONTROL.

Esta tarjeta (figura 41) fue diseñada para permitir el control automático de 4 relés (trabajando con lógica baja), los cuales tienen como función: maniobrar la máquina ya sea en posición ascendente (pulsador arriba), descendente (pulsador abajo), detenerla (parada de emergencia) o activar la variación de velocidad automática (control speed) desde el PC por medio del software Labview.

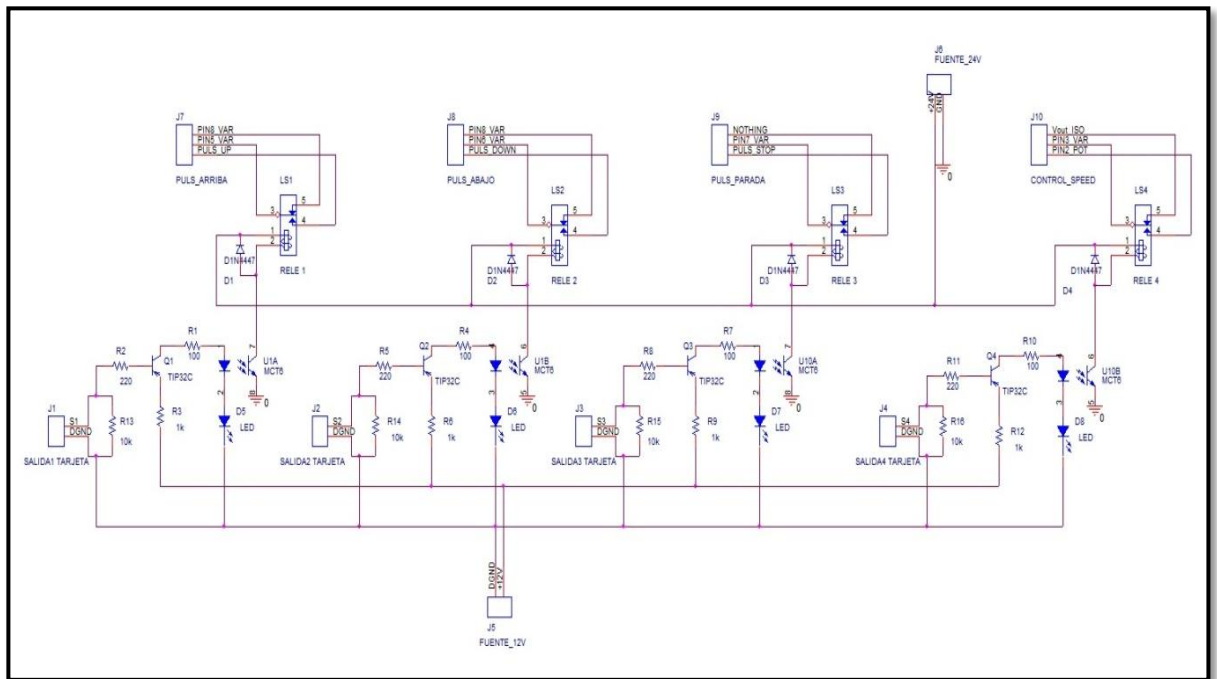


Figura 41. Diagrama esquemático de la tarjeta de control

Fuente: Los autores

Los tres primeros relés son accionados a través de los puertos digitales de la tarjeta de adquisición de datos, la cual envía una señal a cada transistor PNP para que éste se active permitiendo el paso de corriente a los relés (por medio de un opto-acoplador, que recibe la señal por medio de un diodo sencillo activando un led de indicación y el fototransistor quien envía corriente al diodo de libre paso que se encuentra en paralelo con la bobina del relé) y de esta manera cambien de posición (éstos relés actúan simplemente como interruptores normalmente abiertos para los dos primeros y normalmente cerrado para el tercero). Mientras que el cuarto relé es accionado también desde un puerto digital pero internamente activado con el inicio de la prueba y no con un pulsador desde el programa como sucede en los tres primeros, además se conecta a la

- 4 Resistencias de 220 Ω
- 4 Resistencias de 100 Ω
- 4 Resistencias de 1K Ω
- 4 Resistencias de 10k Ω

7.5. TARJETA DE AISLAMIENTO.

Esta tarjeta (figura 43) fue diseñada para proporcionar una plena protección de los circuitos integrados contenidos en la tarjeta de adquisición de datos PCI-6232 puesto que aísla totalmente las señales de entrada (provenientes de los sensores y de sus respectivos acondicionadores de señal) de las señales de salida (señales que entran en el bloque conector hacia la tarjeta de adquisición de datos). Aunque en el último bloque de aislamiento la señal de entrada proviene de la tarjeta de datos y su salida llega directamente al variador de frecuencia.

El elemento principal de la tarjeta es el ISO122 (amplificador de aislamiento de alta precisión y bajo costo), el cual no necesita de componentes externos y es utilizado para aislar las señales de entrada y salida por medio de unos capacitores internos de aislamiento permitiendo excelente confiabilidad. Este amplificador necesita alimentación dual de 15V tanto en la sección de entrada como en la sección de salida, es por esta razón que contamos con algunos DCP012415 (convertidores DC/DC no regulados miniaturas con 1Watt de aislamiento).

Este tipo de convertidor cuenta además con algunos capacitores externos los cuales se explican a continuación:

Para reducir el rizado se recomienda que sea usado al menos un capacitor de 1 μ F en el Vout. Las salidas duales deben tener ambas tanto la positiva como la negativa buses desacoplados al pin de tierra. Se requiere un capacitor cerámico en la entrada de alimentación, de bajo ESR (resistencia equivalente en serie), en nuestro caso de 0.47 μ F para la versión de 24V, el cual reduce el rizado y el ruido.

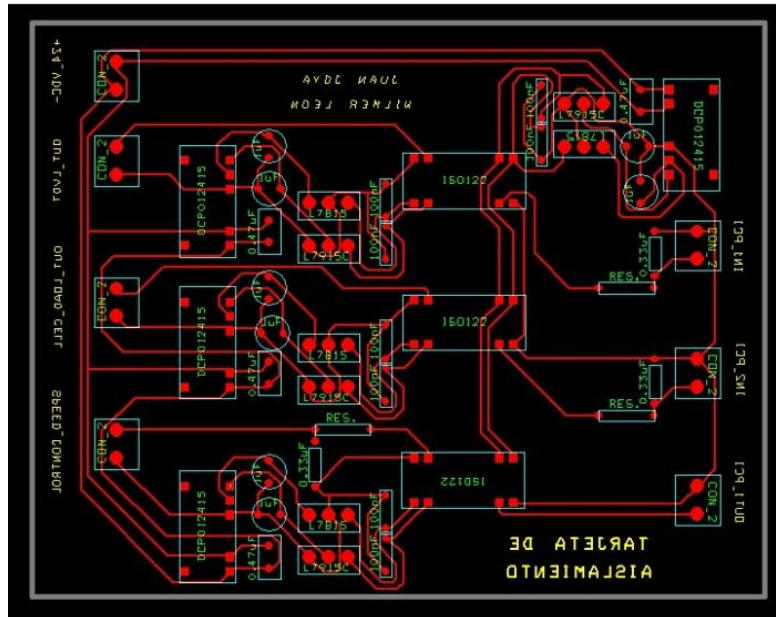


Figura 44. Esquema PCB de la tarjeta de aislamiento
Fuente: Los autores

COMPONENTES:

- 3 Amplificadores de aislamiento ISO122
- 4 Convertidores DC/DC no-regulados DCP0124156
- 7 Conectores de 2 pines
- 4 Reguladores positivos L7815
- 4 Reguladores negativos L7915
- 8 Condensadores de 100Nf
- 8 Condensadores de 1 μ F
- 4 Condensadores de 0.47 μ F
- 3 Condensadores de 0.33 μ F
- 3 Resistencias de 10k Ω

7.6. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PCI-6232.

La tarjeta PCI-6232 (figura 45) de National Instruments es una tarjeta aislada de adquisición de datos (DAQ) multifunción de la serie M. Combina los beneficios de seguridad y rendimiento del aislamiento con tecnologías de temporización, amplificación y calibración de alto rendimiento para ofrecer medidas y control precisos. La PCI-6232 es ideal para aplicaciones de pruebas, medidas, control y diseño en ambientes con altos voltajes y ruido eléctrico. La PCI-6232 se puede usar para leer desde codificadores, medidores de flujo y sensores de proximidad así como válvulas, bombas y relés.

Con Labview se pueden crear aplicaciones DAQ personalizadas gracias a la facilidad de programación grafica de más de 500 funciones de análisis. Los sistemas de desarrollo completo y profesional de Labview incluyen LabviewSignalExpress para registro de datos interactivo. Los dispositivos DAQ de la serie M son compatibles con las siguientes versiones (o posteriores) de software de aplicación de NI - Labview 7.x, LabWindowsTM/CVI 7.x, o Measurement Studio 7.x; LabviewSignalExpress 1.x; o Labview con el módulo Labview Real-Time 7.1.



Figura 45. Tarjeta de adquisición de datos NI PCI 6232.

Fuente: Hoja de datos de la tarjeta PCI_6232.

TEORÍA DE OPERACIÓN:

Esta tarjeta debe su nombre al tipo de conexión establecida dentro del computador personal. Tarjeta de interconexión de componentes periféricos PCI (PeripheralComponentInterconnect), este tipo de interconexión consiste en un bus de ordenador estándar para conectar dispositivos periféricos directamente a su placa base. A diferencia de los buses ISA, el bus PCI permite configuración dinámica de un dispositivo periférico. En el tiempo de arranque del sistema, la tarjeta PCI y el BIOS interactúan y negocian los recursos solicitados por la tarjeta. Esto permite asignación de IRQs y direcciones del puerto por medio de un proceso dinámico diferente del bus ISA, donde las IRQs tienen que ser configuradas manualmente usando jumpers externos. Las últimas revisiones de ISA y el bus MCA de IBM ya incorporaron tecnologías que automatizaban todo el proceso de configuración de las tarjetas, pero el bus PCI demostró una mayor eficacia en tecnología "plug and play". Aparte de esto, el bus PCI proporciona una descripción detallada de todos los dispositivos PCI conectados a través del espacio de configuración PCI. Por último se puede decir que el tipo de bus PCI Express es un nuevo

desarrollo del bus PCI que usa los conceptos de programación y los estándares de comunicación existentes, pero se basa en un sistema de comunicación serie mucho más rápido.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

- Software controlador NI-DAQmx y Software interactivo NI LabVIEW SignalExpress
- LE para registro de datos
- Estados de energía digitales programables
- Líneas DIO de 24V tipo sourcing
- Proceso de corriente IN/OUT de 4 a 20 mA
- Sistema operativo Windows Vista/XP/2000
- La tecnología de calibración NI-MCal proporciona una mayor precisión

ESPECIFICACIONES:

- 16 entradas analógicas, resolución 16 bits, 250kS/s, +/-10V
- 2 salidas analógicas, resolución 16 bits, 500kS/s, +/-10V
- 6 entradas y 4 salidas digitales tipo sourcing, 24V, 350 mA
- 2 contadores temporizadores a 80 MHz de 32 bit de resolución.
- Aislamiento continuo entre bancos de 60 VDC, aislamiento entre canal y bus de 1400Vrms/1950Vdc por 5s

7.6.1. Puertos Análogos/Digitales de Entrada/Salida

A continuación se explican los puertos o pines de conexión (figura 46) con que cuenta la tarjeta PCI-6232 para poder realizar los tipos de conexiones necesarias.

Para mayor claridad acerca de las conexiones eléctricas tanto de la tarjeta PCI como del resto de componentes electrónicos, referirse al anexo B (Diagrama de conexiones eléctricas).

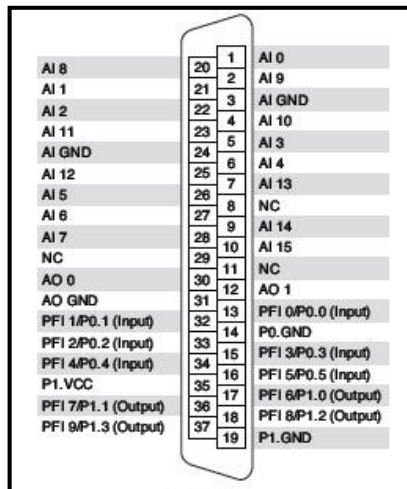


Figura 46. Pines de conexión de la tarjeta DAQ

Fuente: Los autores

- AI GND - Tierra para entrada análoga (analog input ground)
- AI<0...15> - Canales de entrada análoga (analog input)
- AO<0...1> - Canales de salida análoga (analog output)
- AO GND - Tierra para salida análoga (analog output ground)
- PFI<0...9> - Interface de función programable (programmablefunction interface)
- P0<0...5> - Canales de entrada digital estática (static digital input)
- P1<0...3> - Canales de salida digital (static digital output)
- NC - Sin conectar (no connect)
- P0.GND - Tierra para entrada digital (digital input ground)
- P1.GND - Tierra para salida digital (digital output ground)
- P1.VCC - Fuente para salidas digitales (digital output power)

7.6.2. Configuración de Pines

Debido al gran número de tarjetas de adquisición de datos disponibles en el mercado, es necesario explicar la manera en que se configuran los pines, ya que no todas las tarjetas tienen la misma configuración y no tienen las mismas características.

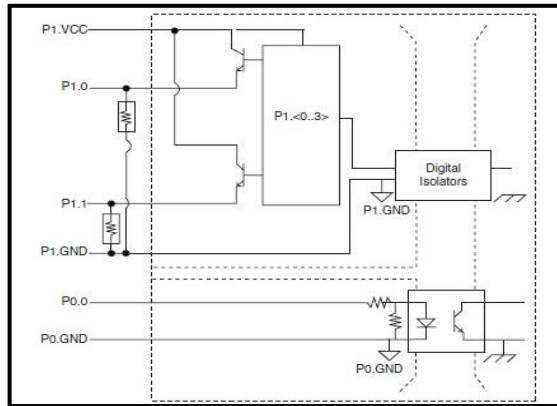
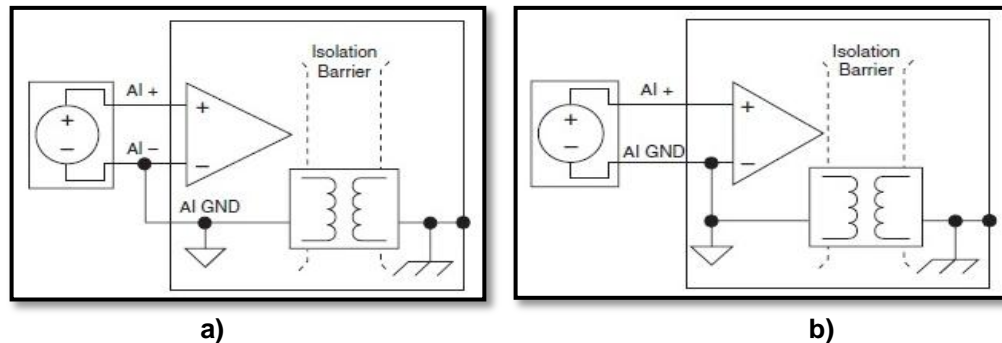


Figura 47. Conexiones digitales I/O de la tarjeta NI 6232
Fuente: Hoja de datos de la tarjeta PCI_6232

Como podemos ver en el esquema anterior (figura 47), para poder utilizar los puertos de salidas digitales es necesario suministrar alimentación externa a la tarjeta (tipo sourcing) e incluir unas resistencias de carga en cada una de las salidas, para ello se alimenta la tarjeta en el pin 35 (P1VCC) con la fuente de 12 voltios y se coloca una resistencia de 10kΩ en cada uno de los 4 puertos de las salidas digitales (estas resistencias se incluyeron en la tarjeta de control en donde se encuentran las 4 salidas digitales de la tarjeta) entre los pines 17,18,36,37(P1<0...3) y 19(P1GND). Estas 4 salidas digitales activan los 4 relés de la tarjeta de control.

Se utiliza una salida análoga para suministrar voltaje de 0 a 10 voltios al variador de frecuencia y otra salida análoga de 10 voltios para los Leds de indicación que se encuentran en el final de carrera. De esta manera se cambia la velocidad del motor con el software Labview e iluminan los Leds cuando la máquina se detiene, se utilizan los pines 30(AO 0) para el variador, 31(AO GND) y 12(AO1) para los Leds de indicación.



a) **b)**
Figura 48. Configuración de entradas análogas en la tarjeta PCI_6232:
a) Modo diferencial (DIFF); b) Modo común (RSE)
Fuente: Hoja de datos de la tarjeta PCI_6232

Además se trabaja con las dos señales obtenidas por los sensores (señales analógicas) de manera diferencial, puesto que se obtiene mayor estabilidad y mejor rechazo al ruido, se utilizan los pines 1,20(AI0, AI8), 24(AIGND) para el LVDT y los pines 2(AI9),3(AIGND), 21(AI1) para la celda de carga. Se muestran los dos tipos de configuración existentes para las entradas analógicas: modo diferencial DIFF (Differential) en la figura 48a y modo común RSE (Referenced single-ended) en la figura 48b

7.6.3. Bloque Conector y Cable de Conexión

El bloque conector es el elemento encargado de establecer una conexión directa y de fácil acoplamiento entre la tarjeta de datos (dentro del computador personal) a través de un cable ref. SH37F-37M y los sensores a través de las tarjetas de aislamiento y de control. A continuación se muestra el bloque conector (figura 49 a) y el tipo de cable (figura 49 b).

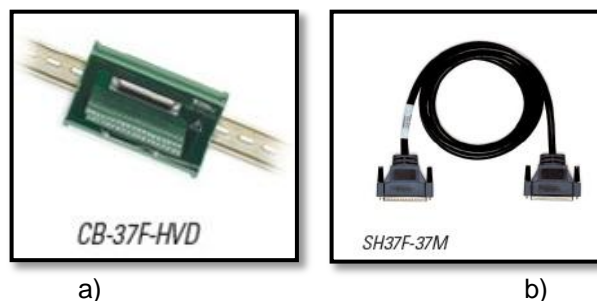


Figura 49. a) Bloque conector; b) Cable de conexión
Fuente: Hoja de datos de la tarjeta PCI_6232

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

- Acople DC.
- Tamaño cable (12 a 30 AWG).
- 37 terminales para señal, 1 terminal para tierra.
- Corriente máxima (2A por conductor).

7.7. COMPUTADOR PERSONAL O DE ESCRITORIO.

El computador se compone de la unidad de procesamiento central (CPU) y los periféricos. En la CPU se encuentra la memoria principal junto con la unidad de control y la ALU; ellas son las encargadas de almacenar, manejar y generar datos. Mientras que los periféricos constan de la memoria masiva junto con la unidad de entrada y la unidad de salida; ellos son los encargados de comunicar el computador con el exterior realizando

funciones como la introducción de datos e instrucciones, el almacenamiento permanente y de gran capacidad y la obtención de resultados.



Figura 50. Computador personal
Fuente: Los autores

ESPECIFICACIONES:

Computador de Escritorio	
Marca	DELL
Procesador	Intel Pentium4 - 3GHz
Memoria RAM:	1GB
Disco Duro	80GB
Sistema Operativo	Microsoft Windows XP

Tabla 13. Especificaciones del Computador de Escritorio
Fuente: Los autores.

8. SOFTWARE DISEÑADO E IMPLEMENTADO EN LA AUTOMATIZACIÓN.

El software propuesto para la automatización de esta máquina es un software de alto nivel LabVIEW que genera un ambiente gráfico de programación, el cual contiene aplicaciones y técnicas para realizar pruebas, mediciones, adquisición de datos, control e instrumentación, análisis de mediciones, registro de datos y aplicaciones para generación de reportes de una manera muy sencilla y fiable a través de los bloques que se encuentran internos.

LabVIEW es un software de National Instruments Corporation, el cual está licenciado por el grupo de investigación CEMOS de la escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones y del cual la universidad ha sacado provecho en varios proyectos de automatización y control.

Por medio de este software se han construido funciones las cuales permiten adquirir las señales de los sensores (celda de carga y LVDT), así como generar gráficas y controlar la velocidad del motor como una variable cualquiera enviando una señal de tensión al variador de frecuencia junto con otras aplicaciones. Todo esto es realizado a través de la tarjeta NI- PCI- 6232 la cual utiliza tecnología de adquisición NI-DAQmx a través de sus puertos de entrada/salida análogos y digitales.

También se ha usado una aplicación externa de National Instruments para una primera obtención de las señales eléctricas que vienen de los sensores, esta aplicación es llamada Measurement&Automation (MAX), la cual es usada para calibrar el sensor de desplazamiento ya que por medio de esta podemos observar diferentes puntos de voltaje para diferentes desplazamientos.

Para la calibración de las celdas de carga se utiliza un procedimiento diferente a través del acondicionador de la celda de carga o indicador de peso análogo HB8216, este proceso se explica más adelante.

8.1. CALIBRACIÓN DE TRANSDUCTORES

La calibración es un proceso muy importante y necesario al utilizar equipos de instrumentación o cuando se trabaje en un proceso industrial repetitivo en el cual se necesite conocer el correcto funcionamiento de los aparatos. La calibración se debe llevar a cabo como mínimo cada seis meses para asegurarse de las óptimas condiciones de la prueba a realizar.

En nuestro caso se trabaja con dos sensores: uno es el LVDT, el cual necesita una calibración muy sencilla a través de la aplicación MAX; mencionada anteriormente y el otro es la celda de carga, la cual necesita calibración cada vez que sea reemplazada por otra de distinta capacidad. Además las celdas de carga tienen un proceso diferente de calibración a través del indicador de peso análogo en el cual se realiza la calibración de una manera manual con pesas de valor ya medido y por medio del panel de botones que contiene debajo del display.

8.1.1. Calibración del Sensor de Desplazamiento LVDT

Para llevar a cabo el proceso de calibración de este tipo de sensor fue necesario tomar como guía la gráfica de datos de calibración que ofrece el fabricante, la cual contiene muchos puntos de medición en cuanto a voltaje y desplazamiento.

El procedimiento a seguir, es utilizar una sencilla aplicación de LabVIEW llamada MAX por medio de la cual se pueden registrar valores de voltaje a medida que el sensor LVDT se desplaza. Pero es necesario saber el valor real de desplazamiento por medio de otro aparato de medida y de esta manera poder corroborar los datos presentados por el fabricante, es por esto que utilizamos un deformímetro como se muestra en la figura 51 el cual registra por medio de un cursor análogo la medida que se está desplazando el núcleo del sensor LVDT.

De esta manera comprobamos la linealidad del sensor LVDT y por último se construye una gráfica en Microsoft Excel (figura 52) con los valores tomados de este proceso de calibración.

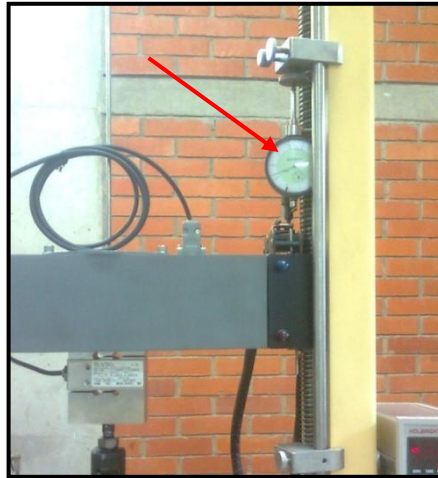


Figura 51. Proceso de calibración del LVDT.
Fuente: Los autores.

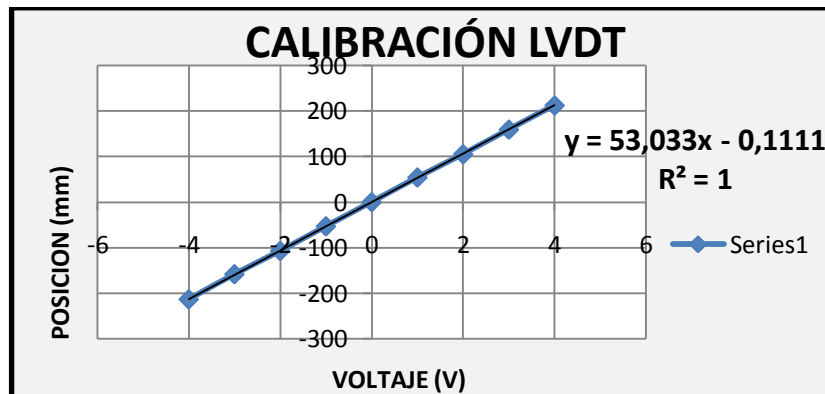


Figura 52. Calibración del LVDT.
Fuente: Los autores.

Se obtiene de la gráfica una ecuación lineal, la cual podemos relacionar como:

$$Desplazamiento(mm) = 53.033 * Voltaje(V) - 0.1111. \quad (\text{Ecuación 21})$$

Donde cómo podemos notar se registran valores de desplazamiento en milímetros en función de valores de voltaje en voltios.

Además esta ecuación es incluida dentro del programa creado en LabVIEW para poder predecir y calibrar el sensor LVDT dentro del software de National Instruments, ya que se tiene una pendiente y un punto de corte.

8.1.2. Calibración de las Celdas de Carga

8.1.2.1. Calibración de la celda de 100 kgf

Para la calibración de esta celda de baja capacidad fue necesario adaptar un gancho metálico que sirve como soporte para acomodar algunas pesas de acero cuyos valores oscilan entre 2 y 16 Kg y las cuales juntas pueden llegar hasta 90 Kg.

Para realizar el proceso de calibración (figura 53) se registran 4 valores diferentes y de manera ascendente, a parte del valor inicial o valor cero (zeroadjust) en el indicador de peso análogo a medida que se va aumentando el peso en el gancho metálico (0-90 Kg). De esta manera el indicador queda calibrado totalmente con la celda de carga que fue conectada y queda listo para enviar la señal de voltaje al PC.



Figura 53. Proceso de calibración de la celda LEXUS 100kgf.

Fuente: Los autores.

Al llevar a cabo este proceso, es necesario registrar estos datos para poder comprobar la linealidad del sensor, esto se hace a través de Microsoft Excel, el cual permite identificar los valores tomados en la prueba y los muestra gráficamente (figura 54) junto con la ecuación lineal y la correlación de la misma para mayor entendimiento.

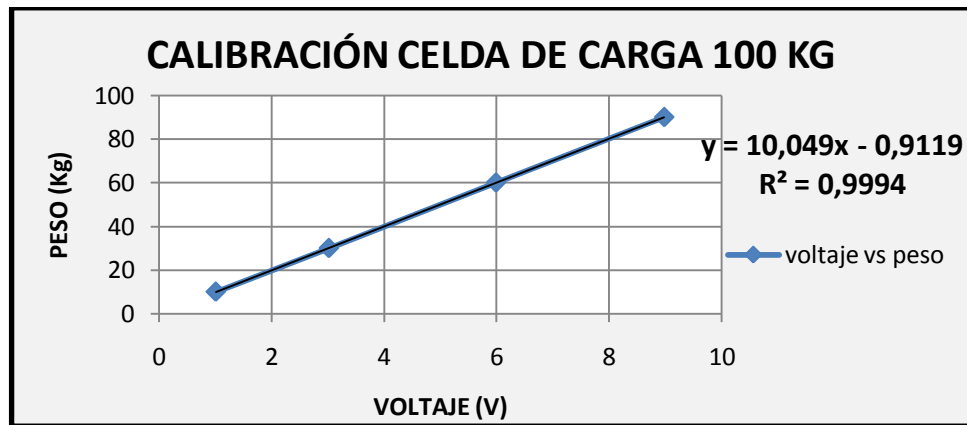


Figura 54. Calibración de la celda LEXUS 100kgf.

Fuente: Los autores.

Se obtiene de la gráfica una ecuación lineal, la cual podemos relacionar como:

$$Peso(Kg) = 10.049 * Voltaje(V) - 0.9119 \quad (\text{Ecuación 22})$$

Donde cómo podemos notar se registran valores de peso en kilogramos en función de valores de voltaje en voltios.

Además esta ecuación es incluida dentro del programa creado en LabVIEW para poder predecir y calibrar la celda de carga de menor capacidad dentro del software.

8.1.2.2. Calibración de la celda de 1500kgf

Para realizar el proceso de calibración (figura 55) de esta celda de alta capacidad, se trabaja de manera parecida a la anterior, pero en esta ocasión se tuvo que adaptar la celda a otra máquina con la que cuenta el laboratorio la cual puede tensionar la celda desde su valor mínimo hasta su valor máximo.

Para mayor comodidad y seguridad, se manejo un rango máximo de 900kgs tomando 5 valores diferentes de carga.



Figura 55. Proceso de calibración de la celda HBM 1500kgf.
Fuente: Los autores.

Al igual que la celda de carga anterior también se muestran los valores a través de Excel en la siguiente gráfica (figura 56).

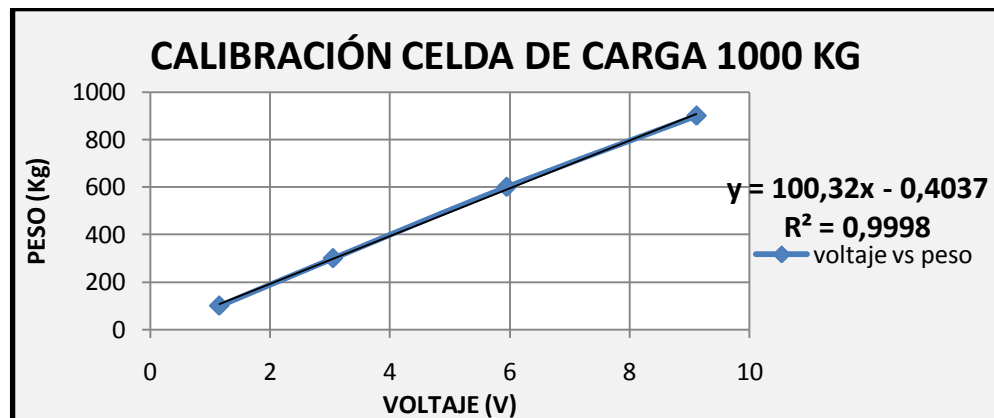


Figura 56. Calibración de la celda HBM 1500kg.
Fuente: Los autores.

Se obtiene de la gráfica una ecuación lineal, la cual podemos relacionar como:

$$Peso(Kg) = 100.32 * Voltaje(V) - 0.4037 \quad (\text{Ecuación 23})$$

Donde cómo podemos notar se registran valores de peso en kilogramos en función de valores de voltaje en voltios.

Además esta ecuación es incluida dentro del programa creado en LabVIEW para poder predecir y calibrar la celda de carga de mayor capacidad dentro del software.

8.2. INTERFAZ GRÁFICA

Después de realizar la correcta calibración de los sensores y obtener la ecuación característica para cada transductor, se diseñó un software por medio del cual se realiza el control y la adquisición de datos de las señales presentes en la máquina.

A continuación se muestra el software implementado en la máquina y se explica en qué consiste cada interfaz de usuario.

8.2.1. Interfaz principal.

La interfaz principal (Figura 57) es la ventana que se muestra al usuario al iniciar el programa, esta ventana básicamente, da al usuario la opción de mover la máquina para la correcta ubicación y ajuste de las probetas antes de la ejecución de la prueba. Se tienen las siguientes opciones:

Por medio del pulsador MANUAL-AUTOMÁTICO el usuario selecciona el tipo de control que quiere para la máquina, un led indica el estado en que se encuentra la máquina.

Si el led en pantalla indica MANUAL, el usuario podrá controlar la máquina únicamente por medio de los controles manuales instalados en el panel frontal de la máquina como se indicó en capítulos anteriores.

Si el led en pantalla indica AUTOMÁTICO, el usuario únicamente podrá controlar la máquina por medio del software.

Al habilitar la opción de control AUTOMÁTICO se habilitará al usuario los controles dentro del panel llamados VELOCIDAD, SUBIR, BAJAR Y DETENER, por medio de estos controles el usuario podrá controlar el movimiento de la máquina y variar la velocidad en un rango de 0 a 150 mm/min. Cabe aclarar que la máquina cuenta con límites de carrera, controlados por medio del software los cuales detendrán la máquina en el momento que hay un sobre-recorrido y muestra un mensaje en pantalla.

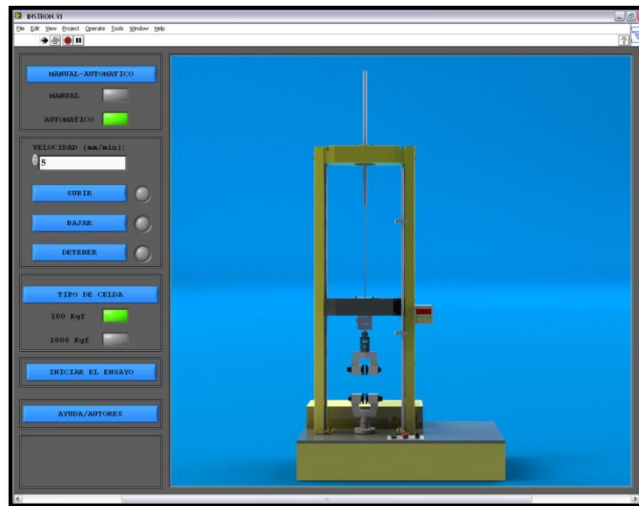


Figura 57. Interfaz principal del software.
Fuente: Los autores.

Por medio del pulsador: TIPO DE CELDA, el usuario puede seleccionar el tipo de celda de carga instalada en la máquina, un led indicara 100 Kgf o 1000 Kgf según la opción seleccionada por el usuario. Este ítem es de gran importancia, ya que el usuario debe tener cuidado de realizar la selección correcta, pues de acuerdo a esto el software limita la máquina por sobrecarga al momento de realizar el ensayo, evitando así falla por sobrecarga del sensor.

Esta ventana también cuenta con un pulsador llamado: INICIAR EL ENSAYO, éste muestra al usuario la interfaz de selección de la probeta que es el siguiente paso para la realización del ensayo. Cabe aclarar que este pulsador solo se debe oprimir después de que el usuario ha ubicado la probeta en las mordazas de la máquina.

En caso de que el usuario no tenga idea del manejo del software, puede encontrar soporte por medio del pulsador AYUDA/AUTORES, con el cual se puede ingresar a la interfaz de ayuda, la cual se explica más adelante.

8.2.2. Interfaz de ayuda.

La interfaz de ayuda (Figura 58) presenta información básica del proyecto (titulo, autores y director) y contiene un pulsador por medio del cual el usuario tiene acceso al manual de operación de la máquina en formato PDF.

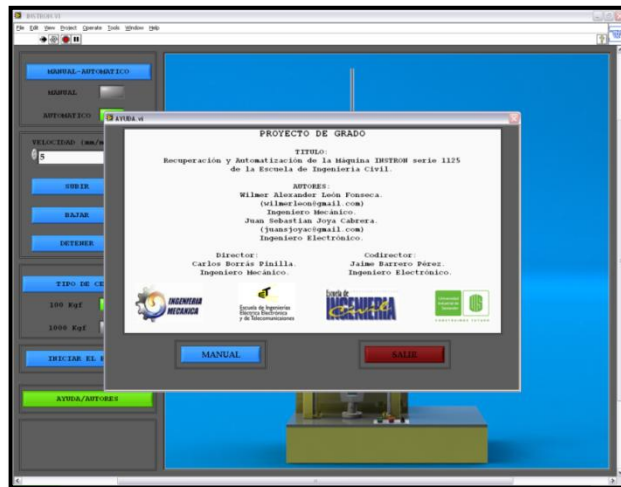


Figura 58. Interfaz de ayuda.
Fuente: Los autores.

8.2.3. Interfaz de selección de probeta.

La interfaz de selección de la probeta (Figura 59) es la ventana que se muestra al usuario en el momento que selecciona INICIAR EL ENSAYO; esta ventana permite al usuario la selección del tipo de probeta estandarizada a usar en el ensayo. Cuando el usuario selecciona el tipo de material y probeta, el software automáticamente ajusta los parámetros de la prueba de acuerdo a la norma estándar de determinado material. Después de seleccionar el tipo de probeta el usuario debe pulsar SELECCIONAR para que se inicie la prueba.

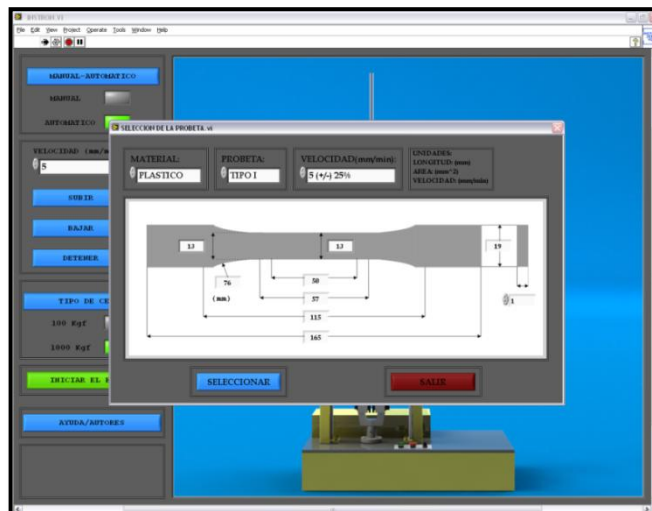


Figura 59. Interfaz de selección de probeta.
Fuente: Los autores.

8.2.4. Interfaz de progreso de la prueba.

La interfaz de progreso de la prueba (Figura 60) permite al usuario ver como se está realizando el ensayo. En esta pantalla el usuario puede ver los valores de velocidad real, fuerza, deformación y tiempo, en el momento de realización de la prueba.

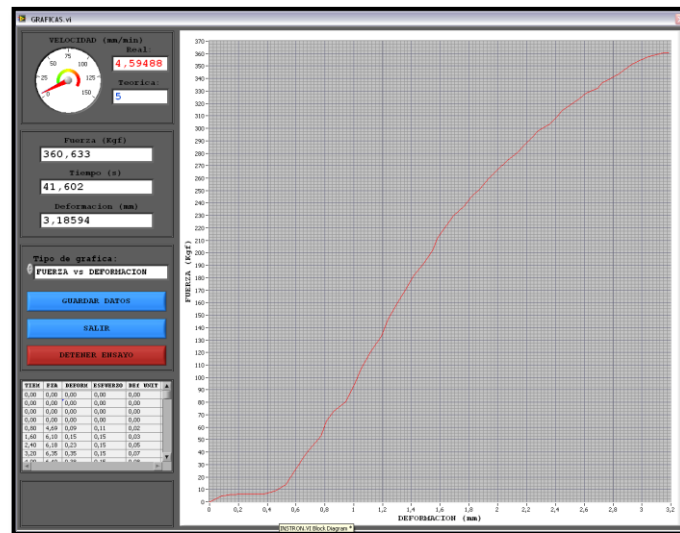


Figura 60. Interfaz de progreso de la prueba.

Fuente: Los autores.

También cuenta con un selector que permite ver cuatro tipos de graficas Fuerza vs Deformación, Esfuerzo vs Deformación Unitaria, Fuerza vs Tiempo, Deformación vsTiempo.

Esta ventana también da la opción al usuario de detener la prueba en cualquier momento. Al momento de la ruptura de la probeta, el usuario tiene la opción de guardar los datos al pulsar el botón GUARDAR DATOS.

8.2.5. Interfaz para generación de informe.

Después de pulsar el botón de GUARDAR DATOS se genera una ventana (figura 61 en la cual el usuario puede escribir algunos datos de importancia para la prueba (cliente, operario, material, procedencia, observaciones y conclusiones), los cuales se incluyen en el informe que se va a generar por medio de Excel.

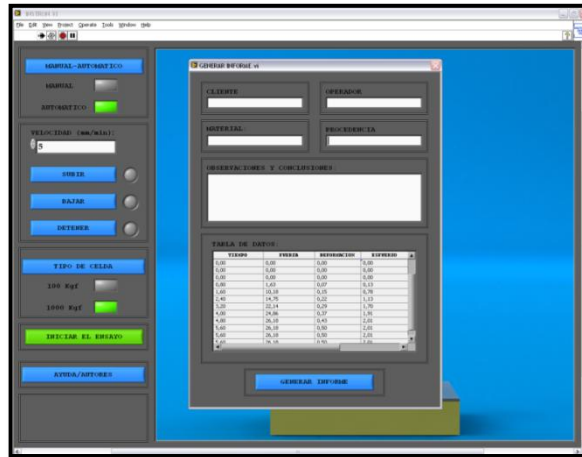
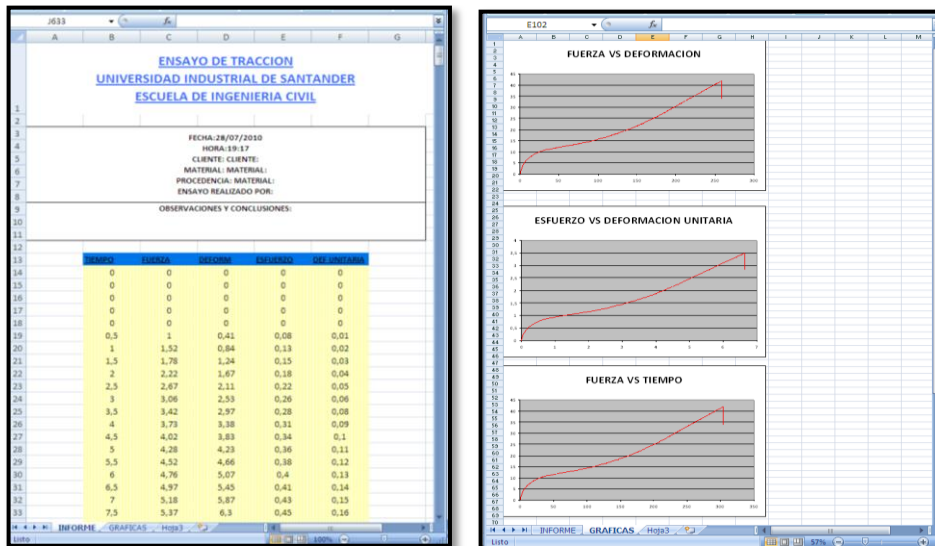


Figura 61. Interfaz de generación de informe.
Fuente: Los autores.

Después de incluir estos datos, se puede proseguir a pulsar el botón **GENERAR INFORME**, el cual inmediatamente transporta los datos de tiempo, fuerza, deformación y esfuerzo en una tabla de Excel junto con las cuatro gráficas que se pueden seleccionar en la ventana de interfaz de progreso de la prueba (explicada anteriormente). La generación de este informe se muestra a continuación en la figura 62, la cual muestra dos ventanas en Excel, una con los datos numéricos (informe - Hoja 1) y otra con las gráficas generadas de estos datos (gráficas – Hoja 2).



a) **Figura 62.** a) Hoja 1 - Informe; b) Hoja 2 - Gráficas
Fuente: Generación de informe en Excel

8.3. VI PRINCIPAL Y SUBVIS IMPLEMENTADOS.

En la sección anterior se muestra la interfaz de usuario del programa realizado para el control y la adquisición de datos de la máquina INSTRON 1125, a continuación se describirá el proceso de programación y los VIs y SubVIs implementados para su correcto funcionamiento.

La programación se realizó por medio de SubVIs, los cuales son ejecutados por medio de un VI principal para lograr el resultado final, a continuación en la Tabla 12 se describe el VI principal y cada uno de los SubVI implementados, se incluye información como símbolo, nombre y la función que cumple cada uno (El VI principal y los SubVI se explican detalladamente más adelante); para una mejor comprensión por parte del lector los SubVI se dividen en SubVI primarios y SubVI secundarios; Los SubVI primarios son aquellos cuya interfaz gráfica se muestra al usuario y los SubVI secundarios son aquellos que cumplen una función específica dentro del programa pero su interfaz no se muestra en pantalla.

Antes de mostrar la función de cada VI y SubVI utilizado en la programación, se realizó un diagrama de flujo donde se explica el proceso de una manera global por medio de las figuras 63,64 y 65.

En estos diagramas de flujo se desea la mayor interpretación y comprensión de todos los pasos a seguir que realiza el programa de LabVIEW al desarrollar una prueba. En la figura 63 se muestra el esquema completo de la ejecución de la prueba, mientras que en la figura 64 y 65 se muestra el desarrollo de dos bloques internos (bloque de posicionamiento-ayuda y bloque del progreso de la prueba) que se encuentra en el esquema completo.

Después se continúa con la tabla 12 para mayor especificación de cada VI y SubVI junto con un grafico para su mayor identificación.

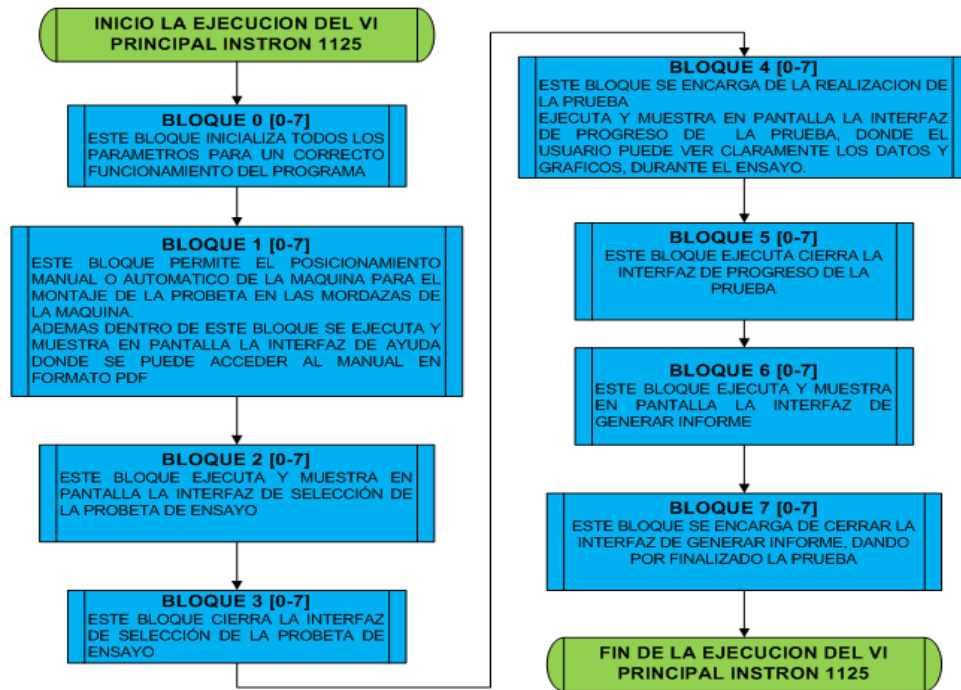


Figura 63. Diagrama de flujo del VI principal.
Fuente: Los autores.

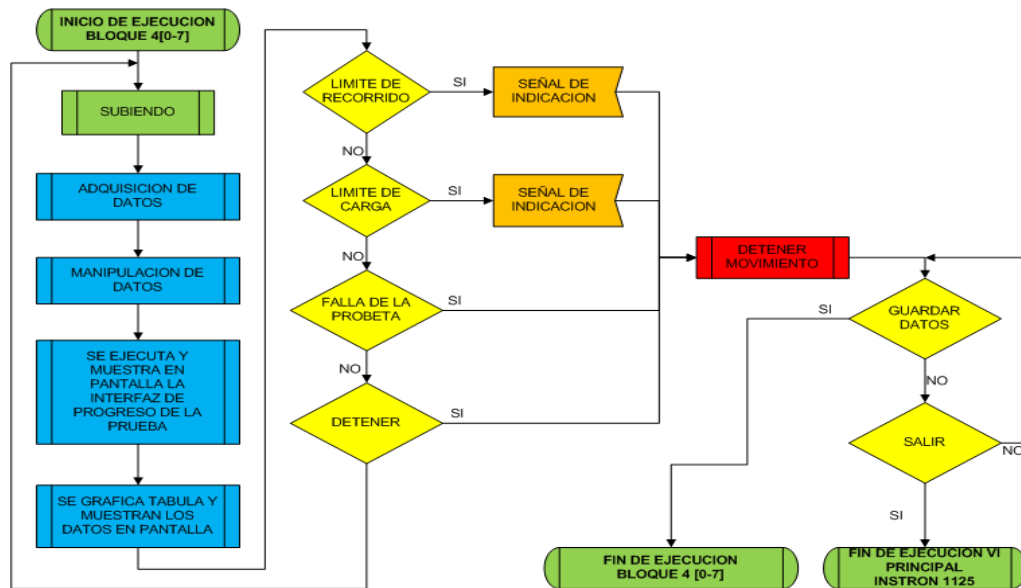


Figura 64. Diagrama de flujo del bloque4 del VI principal.
Fuente: Los autores.

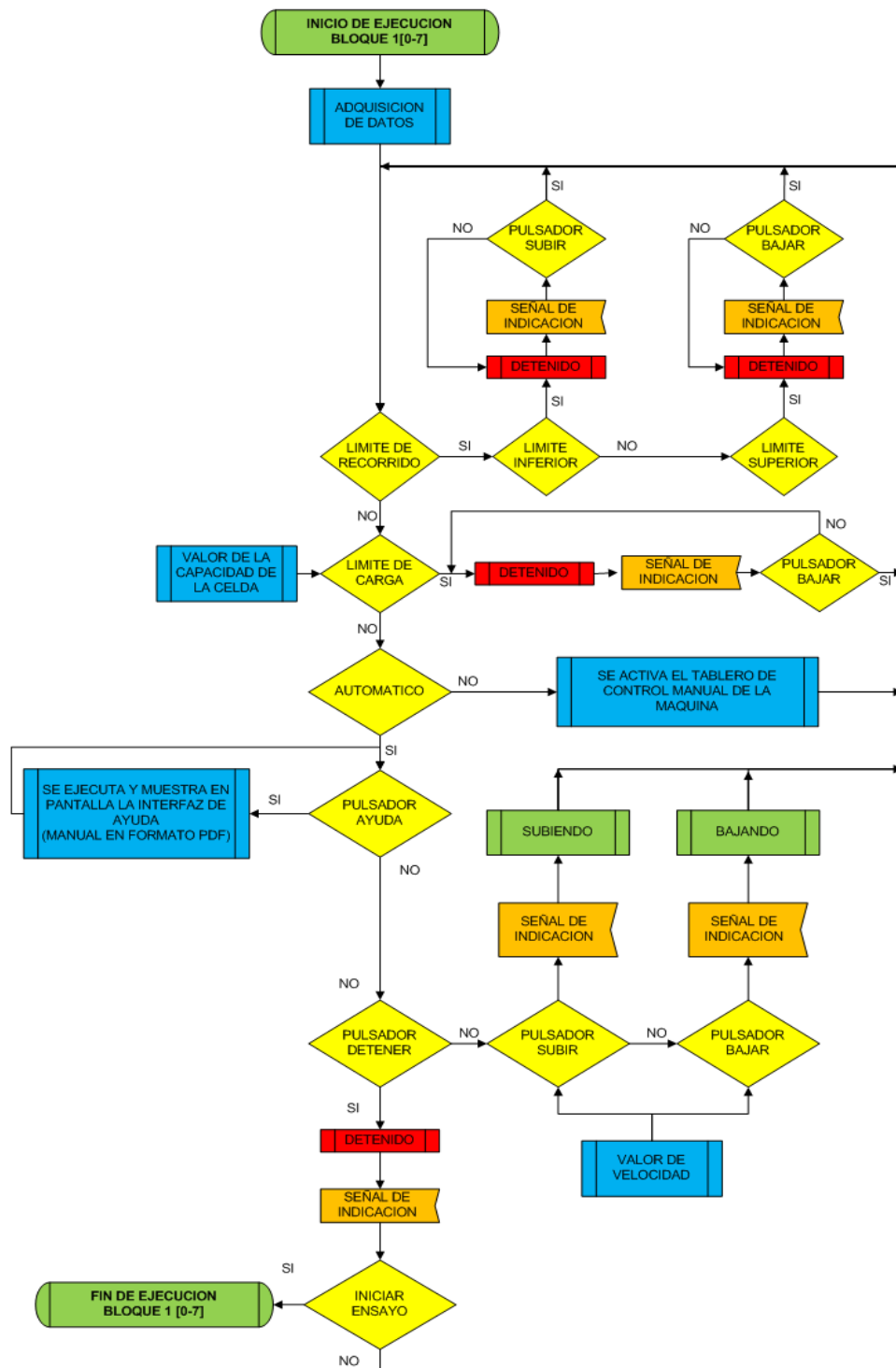



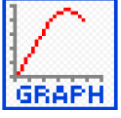








Figura 65. Diagrama de flujo del bloque1 del VI principal.
Fuente: Los autores.

ÍCONO	NOMBRE	FUNCIÓN
VI PRINCIPAL		
	INSTRON 1125	<p>Es la interfaz principal de usuario (pantalla inicial).</p> <p>Este VI contiene el programa principal y es el encargado de ejecutar los SubVI primarios y secundarios.</p>
SubVIs PRIMARIOS		
	HELP	<p>Este SubVI permite al usuario ver el manual de operación de la máquina e información acerca del proyecto.</p>
	SELECT	<p>Este SubVI permite al usuario seleccionar un tipo de probeta estandarizada para diferentes tipos de materiales, aplicando automáticamente los parámetros estándar de ensayo.</p>
	GRAPH	<p>Este SubVI permite al usuario ver datos, gráficos y parámetros del ensayo al ejecutar la prueba.</p>
	SAVE EXCEL	<p>Este SubVI permite al usuario guardar los datos y las graficas generadas al terminar la prueba en un archivo de EXCEL.</p>

SubVIs SECUNDARIOS		
	ANALOG INPUT	Este SubVI está encargado de obtener de la señal de la celda de carga y el LVDT.
	ANALOG OUTPUT 1	Este SubVI está encargado de enviar una señal de voltaje entre 0 y 10 voltios al variador de frecuencia (variación de velocidad de la máquina).
	ANALOG OUTPUT 2	Este SubVI es el encargado de encender los Leds en el momento que la máquina alcanza los límites máximos de avance controlados mediante software.
	DIGITAL OUTPUT	Este SubVI es el encargado de controlar la tarjeta de relés, que controla el movimiento manual o automático de la máquina.
	LOAD CELL	Este SubVI es el encargado de transformar la señal de voltaje que llega de la celda de carga en un valor de fuerza (Kgf), de acuerdo a la calibración aplicada.
		Este SubVI es el encargado de transformar la señal de voltaje



	LVDT	que llega del LVDT en un valor de posición (mm), de acuerdo a la calibración aplicada. También está encargado de entregar el valor de deformación al momento de la prueba.
	TIME	Este SubVI es el encargado de contabilizar el tiempo de duración del ensayo.

Tabla 14. VI principal y SubVIs implementados en el programa.

Fuente: Los autores.

8.3.1. VI Instron 1125.

EL VI llamado INSTRON 1125 es el VI principal, este es el encargado de ejecutar los demás SubVIs; para lograr una ejecución secuencial del programa se usa una estructura llamada “StackedSequenceStructure” la cual ejecuta 8 bloques de programación secuencialmente, los cuales están numerados de 0 a 7 (Figura 66 a Figura 73). A continuación se explica detalladamente la función que cumple cada uno de ellos:

La figura 66 muestra el primer bloque del programa principal, el cual se denomina 0[0-7]. Este bloque se encarga básicamente de dar el valor inicial a las propiedades de cada uno de los controles y variables utilizadas en el programa, lo cual garantiza que no se presente ningún conflicto en el momento de ejecutar el programa. Este bloque ejecuta el VI llamado DIGITAL OUTPUT, el cual controla las salidas digitales de la tarjeta que a su vez controlan la tarjeta de relés, en este caso se da el comando para poner inicialmente la máquina en stop.

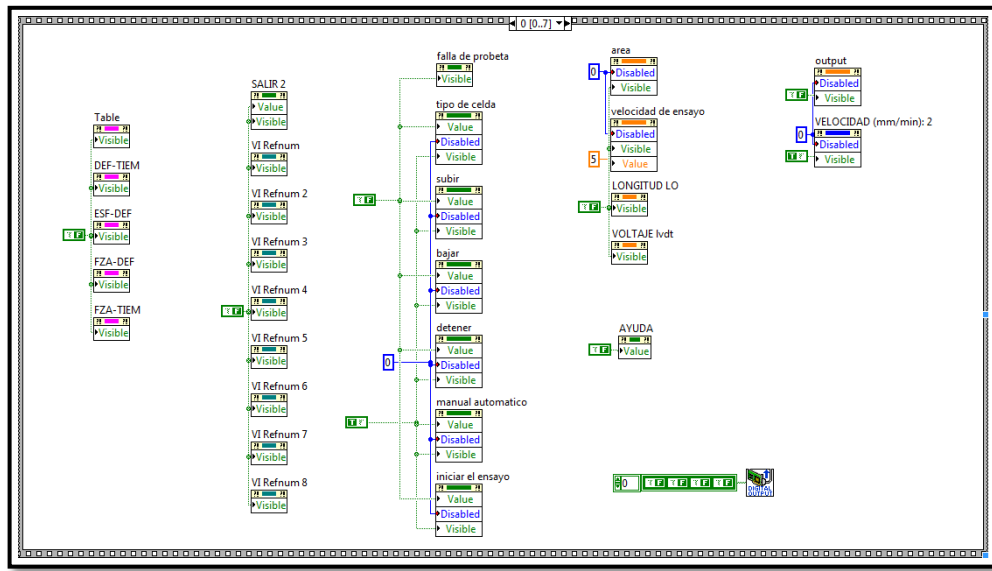


Figura 66. Código 0[0-7] VI INSTRON 1125.
Fuente: Los autores.

En la figura 67 se muestra el segundo bloque del programa principal, el cual se denomina 1[0-7]. Este bloque se encuentra dentro de una estructura “WhileLoop”, lo cual permite que este se ejecute continuamente, dicho bloque contiene el código que controla el funcionamiento de la interfaz principal del software (ítem 7.2.1. y figura 55). Por medio de la combinación de estructuras “Case Structure” y algunos SubVIs se controlan funciones como movimiento manual, movimiento automático, variar velocidad, subir, bajar, detener movimiento y todas las demás funciones que se mencionaron en el ítem 7.2.1.

Para lograr las funciones mencionadas en este bloque se ejecutan los siguientes SubVIs:

DIGITAL OUTPUT: este SubVI se encarga de controlar las salidas digitales de la tarjeta las cuales están encargadas de controlar la tarjeta de relés y que a su vez controlan el movimiento de la máquina (manual, automático, subir, bajar, detener).

ANALOG INPUT: este SubVI recibe las señales de voltaje que provienen de los sensores por medio de las entradas análogas de la tarjeta, las cuales en este caso se usan para limitar el movimiento de la máquina; el programa tiene dos tipos de limitación, por sobrecarga o por sobre-recorrido, en caso que a la celda de carga se aplique la carga máxima (sobrecarga) o en caso de que el cabezal móvil llegue a la máxima posición superior o inferior permitida (sobre-recorrido), la máquina se detiene y muestra un mensaje de alarma.

ANALOG OUTPUT 1: este SubVI es el encargado de enviar la señal correspondiente de voltaje al variador de frecuencia por medio de una salida análoga de la tarjeta lo cual permite al usuario variar la velocidad.

ANALOG OUTPUT 2: este SubVI es el encargado de encender las señales ubicadas en el cabezal móvil de la máquina en el momento que ocurra un sobre-recorrido.

HELP: este SubVI ejecuta la interfaz de ayuda (ítem 8.2.2. y figura 58), la cual contiene información acerca del proyecto y permite al usuario tener acceso al manual de operación en formato PDF, este SubVI se ejecuta al presionar el botón AYUDA/AUTORES.

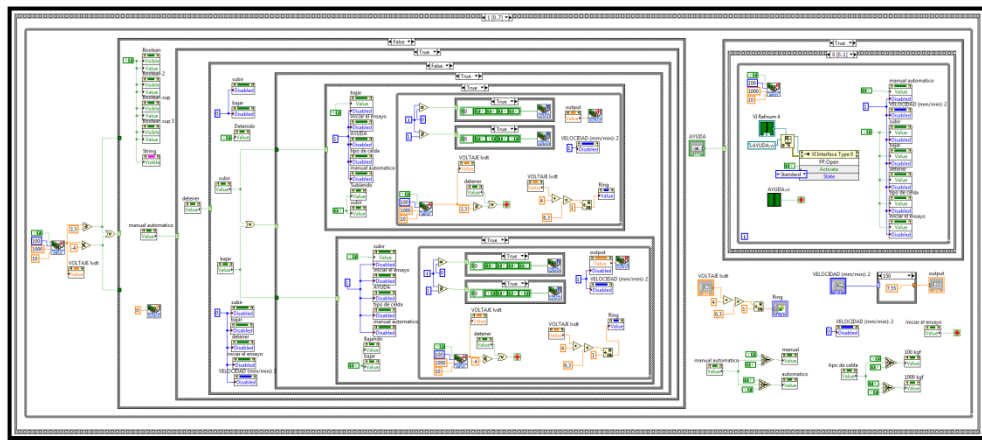


Figura 67. Código 1[0-7] VI INSTRON 1125.
Fuente: Los autores.

Como se mencionó anteriormente este bloque se encuentra dentro de una estructura “WhileLoop” lo cual permite que éste se ejecute continuamente, es por eso que este bloque permite al usuario posicionar la probeta en las mordazas de la máquina antes de iniciar el ensayo, cuando el usuario presiona el botón INICIAR ENSAYO la estructura “WhileLoop” se cierra permitiendo que se ejecute el bloque siguiente.

En este bloque se agrego un indicador “Ring” en el cual por medio de algunas imágenes obtenidas del software SOLIDWORKS, simula el movimiento de la máquina, esto con el fin que el usuario tenga una perspectiva de la posición de la máquina al momento de realizar el movimiento por medio del software.

La figura 68 muestra el tercer bloque del programa principal, el cual se denomina 2[0-7]. Este bloque básicamente ejecuta el SubVISELECT, el cual muestra la interfaz de selección de probeta en pantalla (ítem 8.2.3. y figura 59). Este bloque también se

encuentra dentro de una estructura “WhileLoop”, la cual está controlada por medio de los pulsadores SELECCIONAR o SALIR, el pulsador SELECCIONAR da paso al siguiente bloque del programa principal y el pulsador SALIR detiene el programa para que sea ejecutado de nuevo desde el inicio. Es este bloque se dan valores a los parámetros de ensayo, de acuerdo a la selección realizada por el usuario.

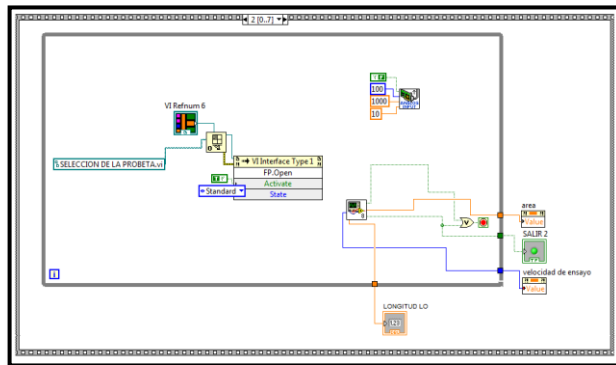


Figura 68. Código 2[0-7] VI INSTRON 1125.
Fuente: Los autores.

La figura 69 muestra el cuarto bloque del programa principal el cual se denomina 3[0-7], este bloque básicamente cierra la interfaz del SubVI SELECT y pone los relés en el estado de movimiento automático para el siguiente paso que es la ejecución del ensayo.

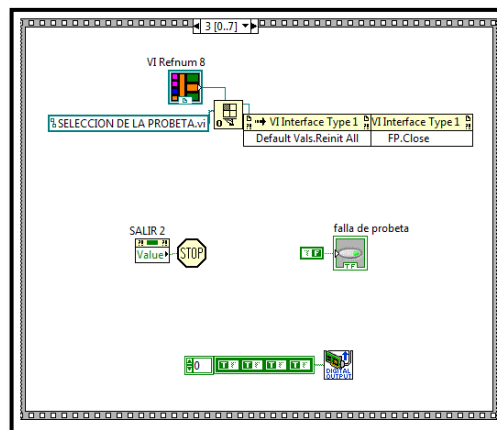


Figura 69. Código 3[0-7] VI INSTRON 1125.
Fuente: Los autores.

La figura 70 muestra el quinto bloque del programa principal, el cual se denomina 4[0-7], este bloque se encarga de ejecutar el SubVI GRAPH, el cual muestra en pantalla la interfaz de progreso de la prueba (ítem 8.2.4. y figura 60). Para que el SubVI GRAPH muestre los datos en pantalla, este bloque debe adquirir los datos de los sensores. Este

bloque se ejecuta el realizar la prueba, además de ejecutar el SubVI GRAHP este bloque ejecuta otros SubVIs para su completo funcionamiento.

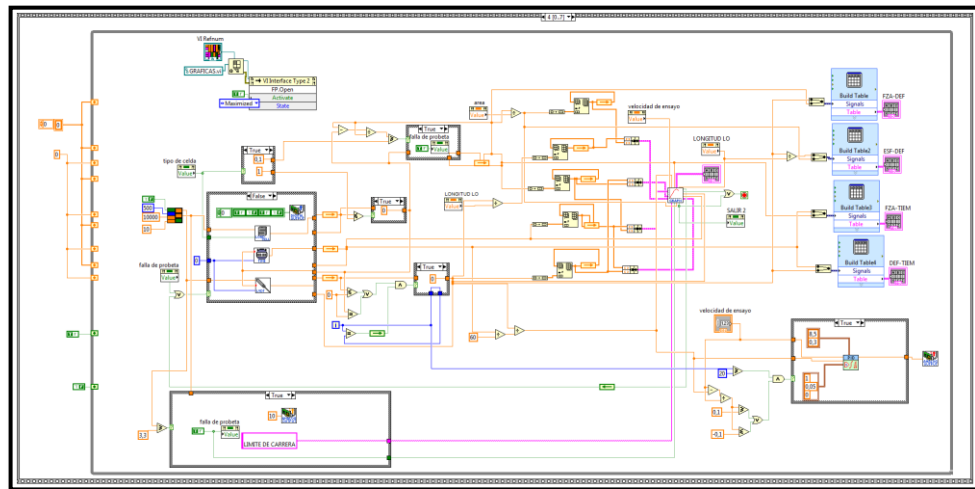


Figura 70. Código 4[0-7] VI INSTRON 1125.
Fuente: Los autores.

Los SubVIs usados son los siguientes:

ANALOG INPUT: este SubVI recibe las señales de voltaje que provienen de los sensores por medio de las entradas análogas de la tarjeta, estas señales por medio de otros SubVIs se transforman en datos físicos de fuerza y deformación, los cuales son tabulados y graficados. Por otra parte estos datos también se encargan de limitar el movimiento de la máquina; el programa tiene dos tipos de limitación, por sobrecarga o por sobre-recorrido. En caso que a la celda de carga se le aplique la carga máxima (sobrecarga) o en caso de que el cabezal móvil llegue a la posición máxima permitida (sobre-recorrido), la máquina se detiene y muestra un mensaje de alarma.

LVDT: este SubVI se encarga de transformar la señal de voltaje que entrega en el sensor LVDT a una variable física en este caso en milímetros (mm) y entrega el valor de la deformación.

LOAD CELL: este SubVI se encarga de transformar la señal de voltaje que entrega la celda de carga en una variable física en este caso en Kgf.

TIME: este SubVI se encarga de calcular el tiempo de duración de la prueba.

GRAPH: este SubVI es el encargado de mostrar en pantalla la interfaz de progreso de la prueba (ítem 8.2.4. y figura 60). Este SubVI recibe los datos de tiempo, fuerza, deformación, esfuerzo, velocidad y las graficas y los presenta en forma organizada en la interfaz.

Para tener un mejor control de velocidad de la máquina se implementó una función de National Instruments llamada PDI, la cual permite tener mayor precisión en la velocidad al progreso de la prueba.

Este bloque está programado de tal forma que en el momento de falla de la probeta, la máquina detenga el movimiento, y también presenta la opción al usuario de detener la prueba en cualquier momento.

Este bloque se encuentra dentro de la estructura “WhileLoop” el cual lo ejecuta continuamente y está controlado por medio de los pulsadores GUARDAR DATOS y SALIR.

La figura 71 muestra el sexto bloque del programa principal, el cual se denomina 5[0-7], este bloque está encargado de cerrar la pantalla de progreso de la prueba y poner en stop la máquina.

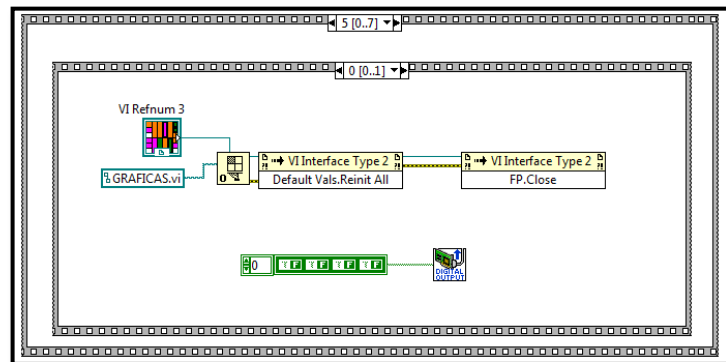


Figura 71. Código 5[0-7] VI INSTRON 1125.

Fuente: Los autores.

La figura 72 muestra el séptimo bloque del programa principal el cual se denomina 6[0-7], este bloque es el encargado de ejecutar el SubVI SAVE EXCEL que se encarga de mostrar en pantalla la interfaz de generar informe (ítem 7.2.5.).

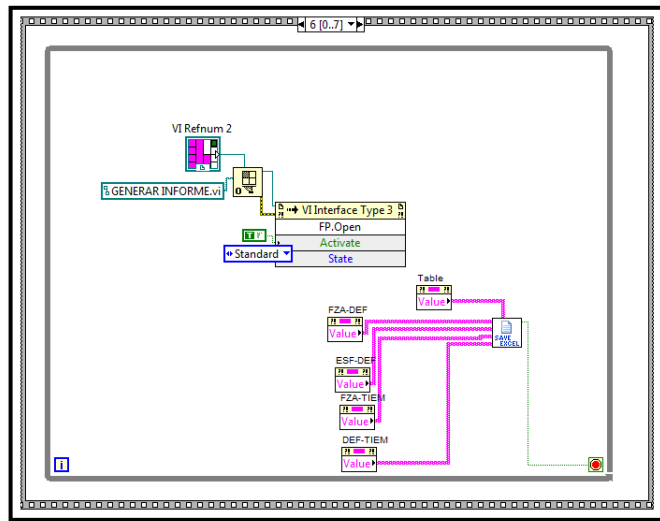


Figura 72. Código 6[0-7] VI INSTRON 1125.
Fuente: Los autores.

La figura 73 muestra el octavo y último bloque del programa principal el cual se denomina 7[0-7], este bloque es el encargado de cerrar la interfaz encargada de generar el informe y así finalizar la ejecución de la prueba.

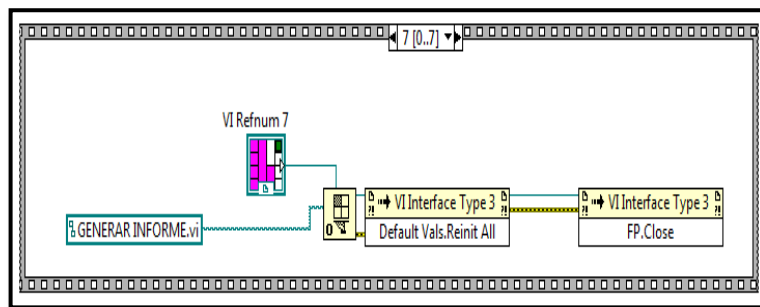


Figura 73. Código 7[0-7] VI INSTRON 1125.
Fuente: Los autores.

8.3.2. SubVI HELP.

La figura 74 muestra el código del SubVI HELP, el cual básicamente se encarga de mostrar el manual de manejo de la máquina en formato PDF, o cerrar la interfaz de ayuda.

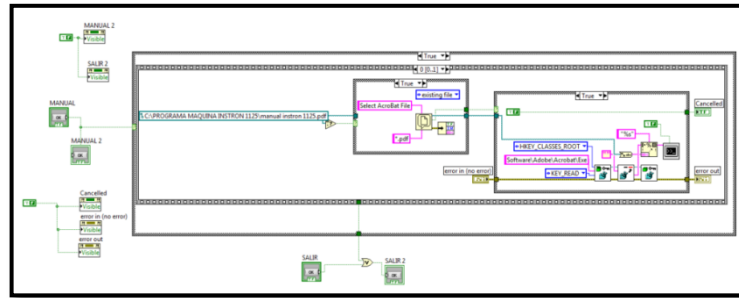


Figura 74. Código VI HELP.
Fuente: Los autores.

8.3.3. SubVI SELECT.

En la figura 75 se muestra el SubVI SELECT, el cual por medio de la combinación de estructuras “Case Structure” muestra diferentes tipos de probetas de acuerdo a la selección realizada por el usuario y entrega los parámetros de ensayos estándar.

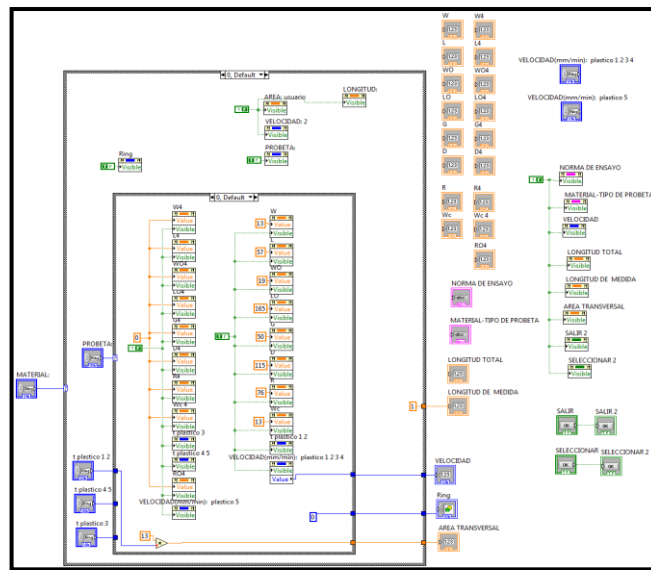


Figura 75. Código VI SELECT.
Fuente: Los autores.

8.3.4. SubVI GRAPH.

En la figura 76 se muestra el código del SubVI GRAPH, el cual recibe la información de datos como tiempo, fuerza, deformación, esfuerzo y velocidad y se encarga de mostrar al usuario las graficas de Fuerza vs Deformación, Esfuerzo vs Deformación Unitaria, Fuerza vs Tiempo, Deformación vs Tiempo y una Tabla de valores y datos de la prueba.

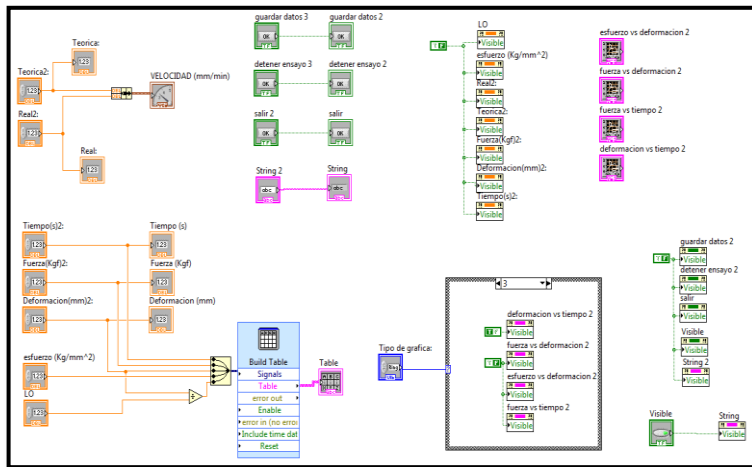


Figura 76. Código VI GRAPH.

Fuente: Los autores.

8.3.5. SubVI SAVE EXCEL.

En la figura 77 se muestra el código del SubVI SAVE EXCEL, en el cual por medio de funciones de LabVIEW se crea un archivo de EXCEL con información, datos obtenidos y gráficas de la prueba.

Este SubVI tiene como función principal dar al usuario un informe detallado de la mayoría de datos que se pueden obtener durante la prueba y de una manera muy entendible. Este informe se genera en dos hojas de Excel para un mayor entendimiento y orden.

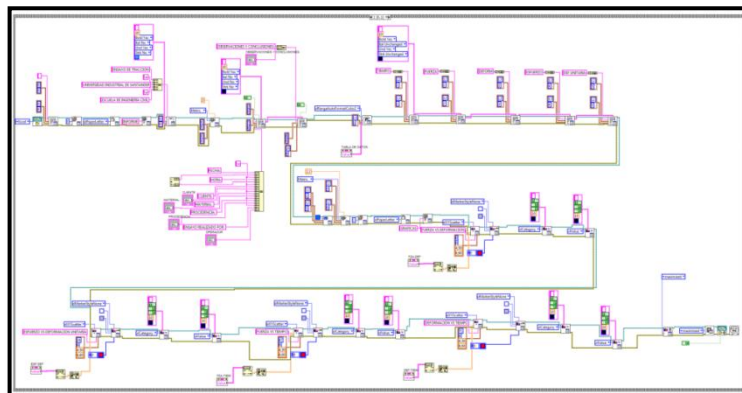


Figura 77. Código VI SAVE EXCEL.

Fuente: Los autores.

8.3.6. SubVI ANALOG INPUT.

En la figura 78 se muestra el código del SubVI ANALOG INPUT, el cual se encarga de adquirir la señal de voltaje de los sensores (Celda de carga y LVDT) por medio del DAQ Assistant (dos entradas análogas), a esta señal se le aplica un filtro y un promedio para tener una mejor visualización de la gráfica.

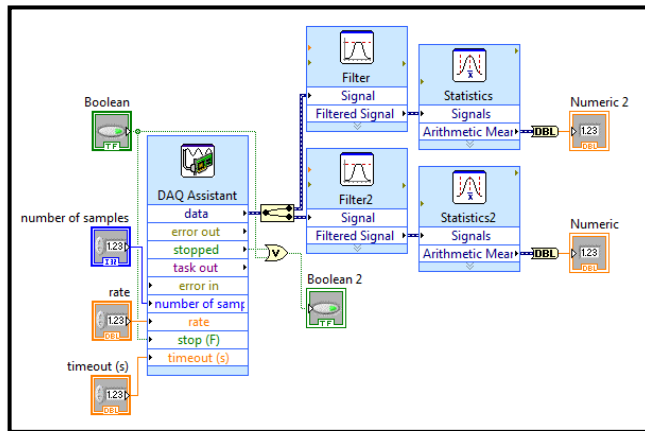


Figura 78. Código VI ANALOG INPUT.
Fuente: Los autores.

8.3.7. SubVI ANALOG OUTPUT 1.

En la figura 79 se muestra el código del SubVI ANALOG OUTPUT 1, el cual se encarga de enviar una señal de voltaje entre 0 y 10 voltios al variador de frecuencia por medio del DAQ Assistant (una salida análoga).

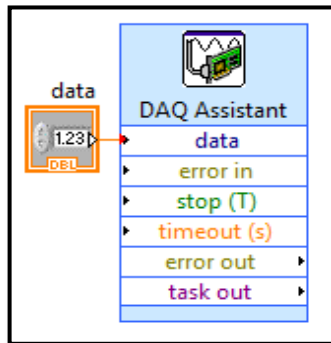


Figura 79. Código VI ANALOG OUTPUT 1.
Fuente: Los autores.

8.3.8. SubVI ANALOG OUTPUT 2.

En la figura 80 se muestra el código del SubVI ANALOG OUTPUT 2, el cual básicamente se encarga de enviar una señal de voltaje por medio del DAQ Assistant a los indicadores de sobre-recorrido ubicados en el cabezal móvil de la máquina.

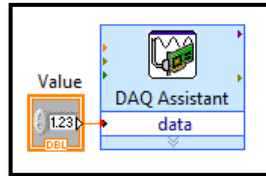


Figura 80. Código VI ANALOG OUTPUT 2.
Fuente: Los autores.

8.3.9. SubVI DIGITAL OUTPUT.

En la figura 81 se muestra el código del SubVI DIGITAL OUTPUT el cual básicamente se encarga de manejar las cuatro salidas digitales de la tarjeta DAQ que controlan la tarjeta de relés.

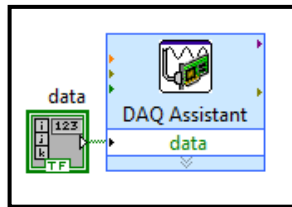


Figura 81. Código VI DIGITAL OUTPUT.
Fuente: Los autores.

8.3.10. SubVI LOAD CELL.

En la figura 82 se muestra el código del SubVI LOAD CELL el cual básicamente recibe la señal de voltaje de la celda de carga y la convierte a un valor de fuerza (Kgf), esto de acuerdo a la calibración realizada en la celda de carga.

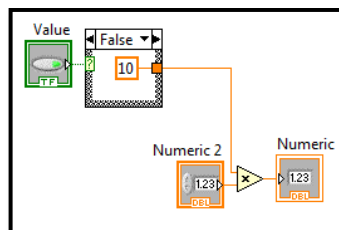


Figura 82. Código VI LOAD CELL.
Fuente: Los autores.

8.3.11. SubVI LVDT.

En la figura 83 se muestra el código del SubVI LVDT el cual básicamente recibe la señal de voltaje del LVDT y la convierte a un valor de deformación (mm), esto de acuerdo a la calibración realizada a la celda de carga.

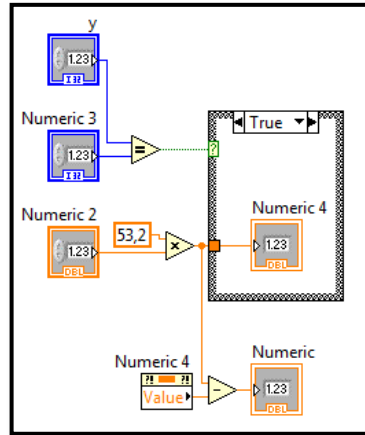


Figura 83. Código VI LVDT.
Fuente: Los autores.

8.3.12. SubVI TIME.

En la figura 84 se muestra el código del SubVI TIME el cual básicamente se encarga de calcular el tiempo de duración de la prueba.

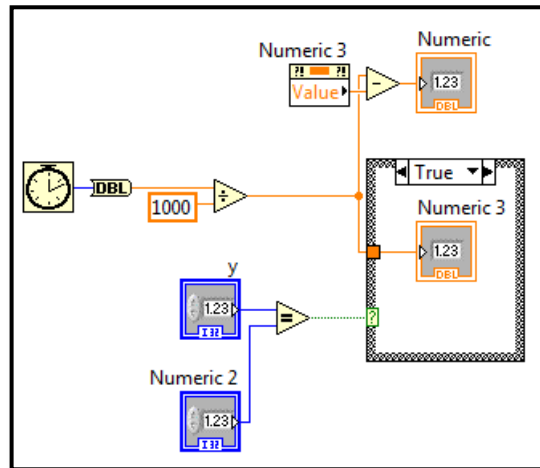


Figura 84. Código VI TIME.
Fuente: Los autores.

9. PRUEBAS DE LA MÁQUINA MEDIANTE LABVIEW

Este capítulo presenta los resultados obtenidos de algunas pruebas de tracción realizadas con la máquina INSTRON 1125 después de la automatización.

Como se mencionó anteriormente la máquina está capacitada para realizar pruebas a diferentes tipos de materiales, en este caso se realizaron pruebas a plásticos, cauchos, maderas y metales, las cuales se muestran en detalle a continuación.

9.1. PRUEBAS EN PLASTICOS.

En este caso se realizaron pruebas para dos tipos diferentes de plástico, la figura 85 muestra las probetas normalizadas de poliestireno y acrílico que fueron ensayadas.



Figura 85. Probetas normalizadas de poliestireno y acrílico.

Fuente: Los autores.

La figura 86(a) muestra el montaje de la probeta antes de realizar el ensayo y la figura 86 (b) muestra la probeta después de la ruptura, en esta figura se puede apreciar que la falla fue confiable pues se produjo en la mitad de la sección reducida de la probeta.

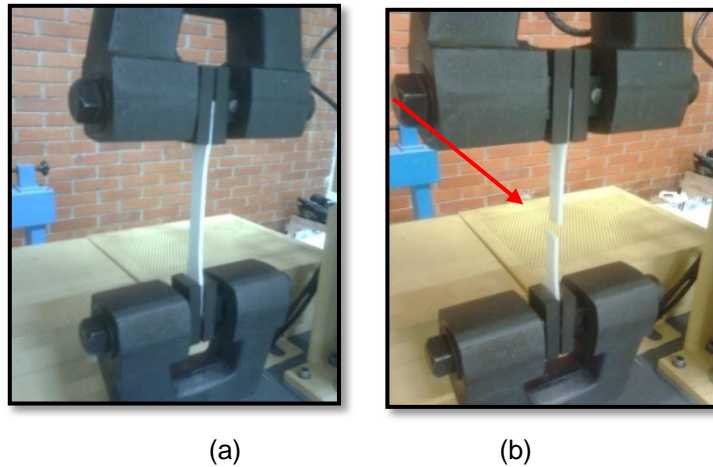


Figura 86. Probeta plástica: (a) antes de realizar el ensayo; (b) después de realizar el ensayo.
Fuente: Los autores.

Como hemos mencionado anteriormente, mediante el software, se pueden obtener 4 gráficas las cuales muestran datos en tiempo real de combinaciones entre fuerza, deformación, deformación unitaria, esfuerzo y tiempo. Además se genera un informe en Excel también con las mismas 4 graficas y los valores numéricos de las mismas.

Después de editar este informe de Excel se puede mostrar un análisis más preciso al usuario de la siguiente manera:

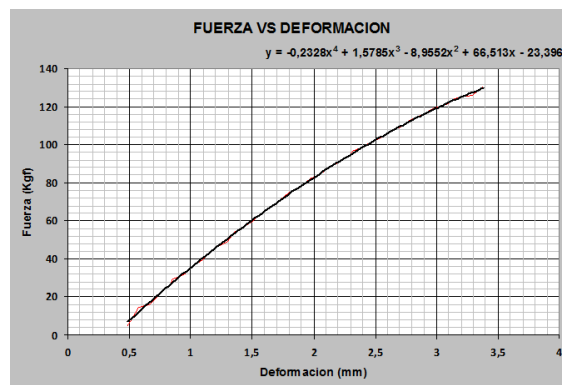


Figura 87. Probeta plástica: Gráfica Fuerza vs Deformación.
Fuente: Los autores.

En la figura 87 (fuerza vs deformación) se puede apreciar que la capacidad máxima de la probeta es de 130Kgf

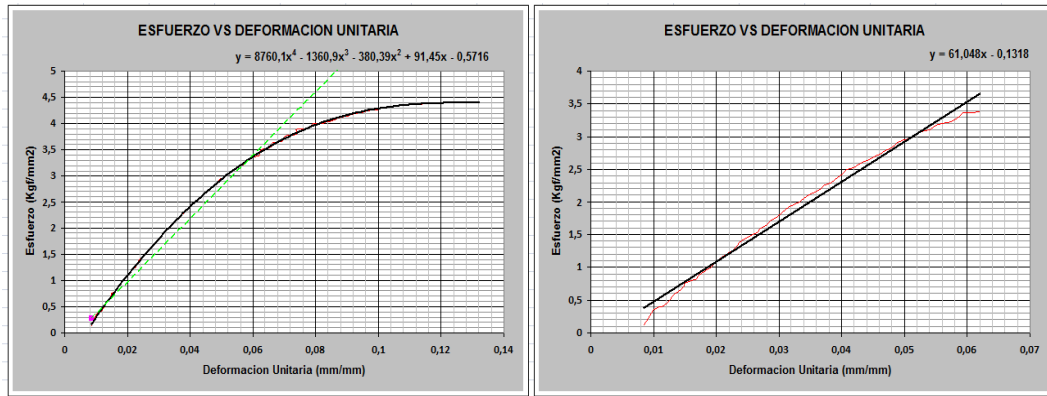


Figura 88. Probeta plástica: Gráfica Esfuerzo vs Deformación Unitaria: (a) tendencia normal;(b) acercamiento a la zona elástica
Fuente: Los autores.

En las figuras 88a y 88b, donde la segunda es un acercamiento de la primera, podemos apreciar de la figura 88a que el límite elástico es 3.2 Kgf/mm², el esfuerzo de ruptura es 4.4 Kgf/mm² y el modulo de Young lo obtenemos de la pendiente de la zona elástica (figura 88b), dividiendo el valor entre 10 para que el resultado quede en unidades de GigaPascales. Su valor es 6.1 GPa.

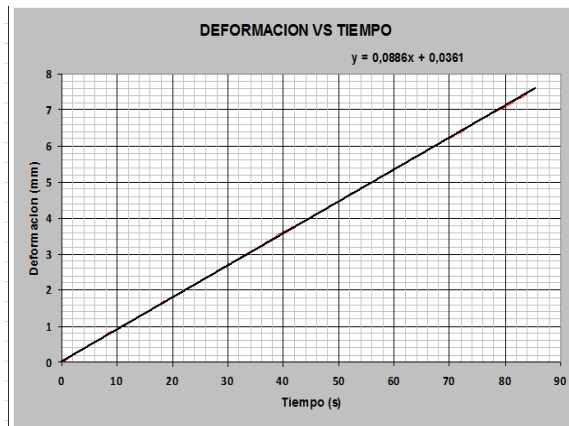


Figura 89. Probeta plástica: Gráfica Deformación vs Tiempo.
Fuente: Los autores.

Por último, en la figura 89 podemos obtener la velocidad en milímetros por minuto de la pendiente de la recta. Velocidad = 0.0886(mm/s*60s/min) = 5.316mm/min

9.2. PRUEBAS EN CAUCHOS.

En este caso se realizaron pruebas para dos tipos diferentes de caucho, la figura 90 muestra las probetas normalizadas de caucho común y diprene que fueron ensayadas.



Figura 90. Probetas normalizadas de caucho común y diprene.

Fuente: Los autores.

La figura 88(a) muestra el montaje de la probeta antes de realizar el ensayo y la figura 88 (b) muestra la probeta después de la ruptura, en esta figura se puede apreciar que la falla fue confiable pues se produjo en la mitad de la sección reducida de la probeta.

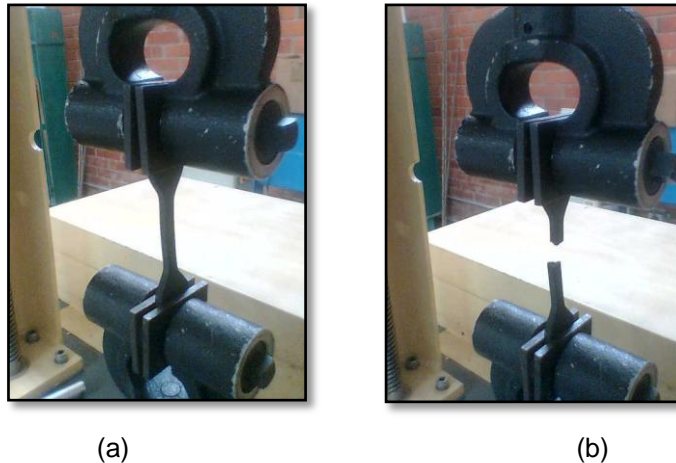


Figura 91. Probeta caucho: (a) antes de realizar el ensayo; (b) después de realizar el ensayo.

Fuente: Los autores.

Se realiza el mismo procedimiento que el de los plásticos en Excel para obtener los diferentes valores importantes de la prueba de cauchos.



Figura 92. Probeta caucho: gráfica fuerza vs deformación.
Fuente: los autores.

En la figura 92 se puede apreciar que la capacidad máxima de la probeta es de 42Kgf

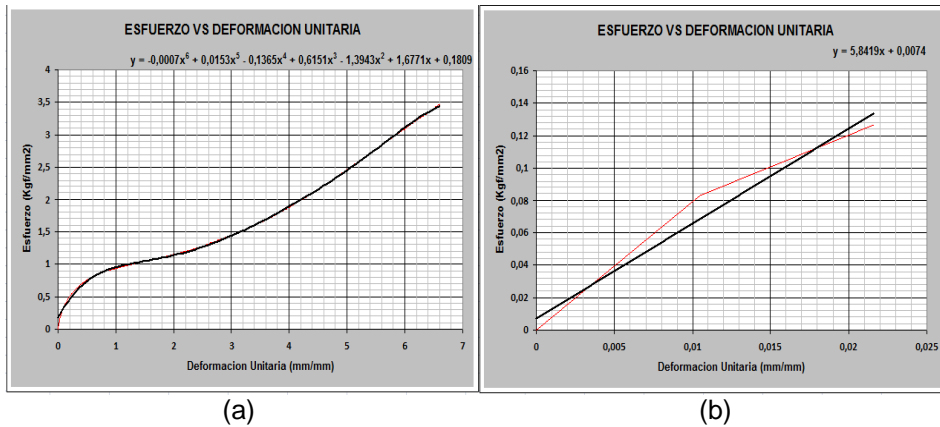


Figura 93. Probeta caucho: Gráfica Esfuerzo vs Deformación Unitaria: (a) tendencia normal; (b) acercamiento a la zona elástica
Fuente: Los autores.

Podemos apreciar de la figura 93a que el límite elástico es 1 Kgf/mm², el esfuerzo de ruptura es 3.4 Kgf/mm² y el módulo de Young lo obtenemos de la pendiente de la zona elástica (figura 93b). Su valor es 0.6GPa.

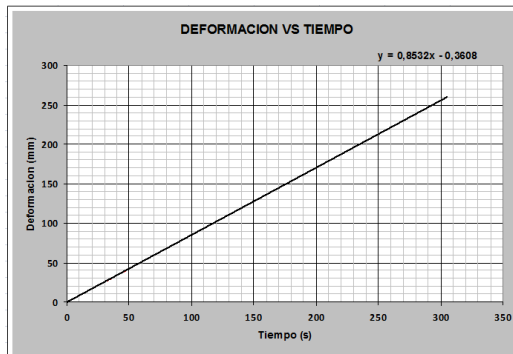


Figura 94. Probeta plástica: Gráfica Deformación vs Tiempo.
Fuente: Los autores.

Por último, en la figura 94 podemos obtener la velocidad en milímetros por minuto de la pendiente de la recta. $Velocidad = 0.8532(\text{mm/s} \cdot 60\text{s/min}) = 51.192\text{mm/min}$

9.3. PRUEBAS EN MADERAS.

En este caso se realizaron pruebas para dos tipos diferentes de madera, la Figura 94 muestra las probetas normalizadas de cedro y zapanque fueron ensayadas.



Figura 95. Probetas normalizadas de cedro y zapan.
Fuente: Los autores.

La figura 96(a) muestra el montaje de la probeta antes de realizar el ensayo y la figura 96 (b) muestra la probeta después de la ruptura, en esta figura se puede apreciar que la falla fue confiable pues se produjo en la mitad de la sección reducida de la probeta.

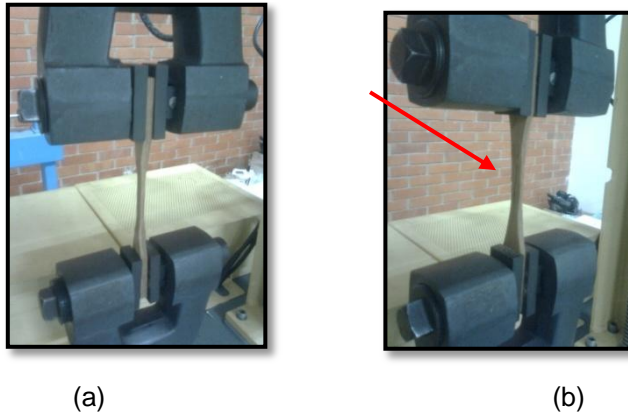


Figura 96. Probeta madera: (a) antes de realizar el ensayo; (b) después de realizar el ensayo.
Fuente: Los autores.

Se realiza el mismo procedimiento que el de los plásticos en Excel para obtener los diferentes valores importantes de la prueba de madera.

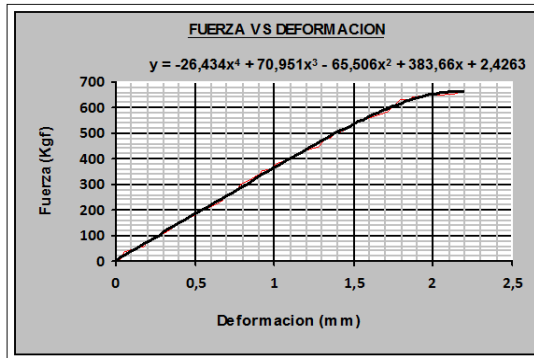
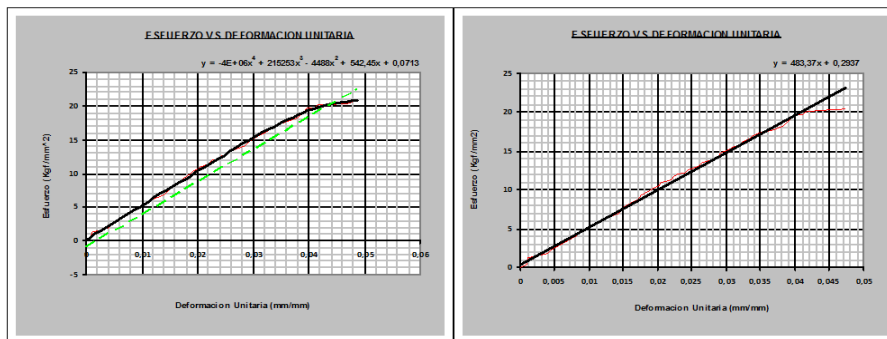


Figura 97. Probeta madera: Gráfica Fuerza vs Deformación.
Fuente: Los autores.

En la figura 97 se puede apreciar que la capacidad máxima de la probeta es de 670Kgf



(a)

(b)

Figura 98. Probeta madera: Gráfica Esfuerzo vs Deformación Unitaria: (a) tendencia normal;(b) acercamiento a la zona elástica
Fuente: Los autores.

Podemos apreciar de la figura 98 que el límite elástico es 20 Kgf/mm², el esfuerzo de ruptura es 21 Kgf/mm² y el modulo de Young es 48.3 GPa.

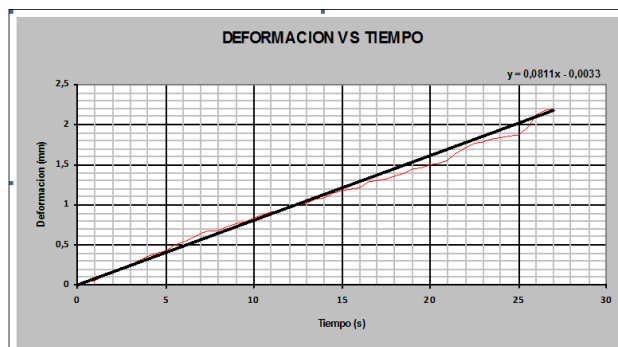


Figura 99. Probeta madera: Gráfica Deformación vs Tiempo.
Fuente: Los autores.

Por último, en la figura 99 podemos obtener la velocidad en milímetros por minuto de la pendiente de la recta. $Velocidad = 0.0811(\text{mm/s} \cdot 60\text{s}/\text{min}) = 4.87\text{mm}/\text{min}$

9.4. PRUEBAS EN METALES.

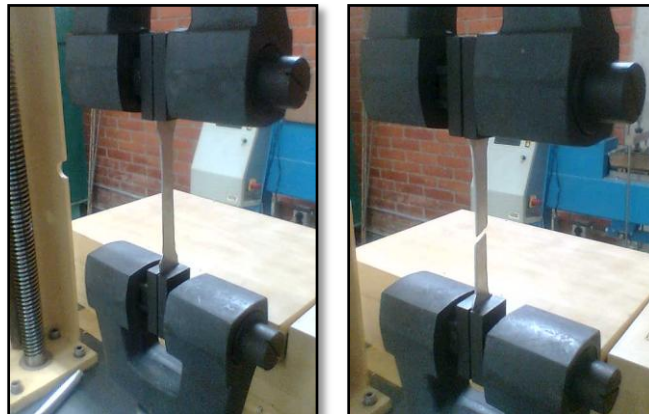
En este caso se realizaron pruebas para dos tipos diferentes de metal, la Figura 100 muestra las probetas normalizadas de lámina de aluminio y lamina de acero inoxidable que fueron ensayadas.



Figura 100. Probetas normalizadas de aluminio y acero inoxidable.

Fuente: Los autores.

La figura 101(a) muestra el montaje de la probeta antes de realizar el ensayo y la figura 101 (b) muestra la probeta después de la ruptura, en esta figura se puede apreciar que la falla fue confiable pues se produjo en la mitad de la sección reducida de la probeta.



(a)

(b)

Figura 101. Probeta metálica: (a) antes de realizar el ensayo; (b) después de realizar el ensayo.

Fuente: Los autores.

Se realiza el mismo procedimiento que el de los plásticos en Excel para obtener los diferentes valores importantes de la prueba de acero

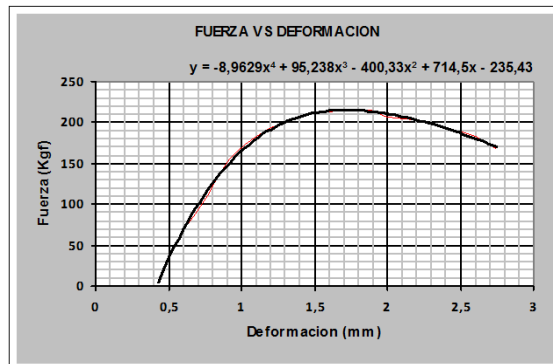


Figura 102. Probeta metálica: Gráfica Fuerza vs Deformación.
Fuente: Los autores.

En la figura 102 se puede apreciar que la capacidad máxima de la probeta es de 220Kgff

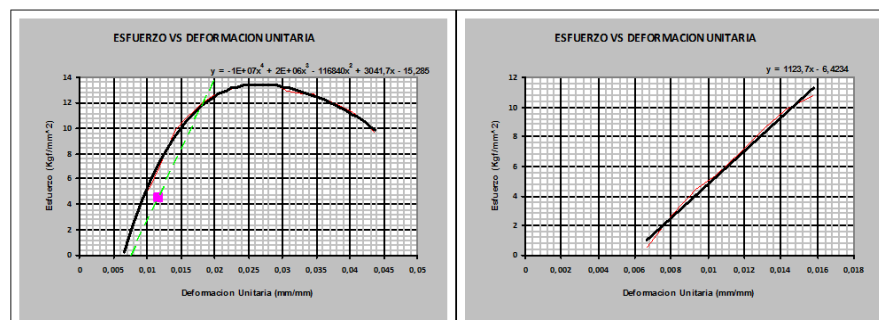


Figura 103. Probeta metálica: Gráfica Esfuerzo vs Deformación Unitaria: (a) tendencia normal;(b) acercamiento a la zona elástica
Fuente: Los autores.

Podemos apreciar de la figura 103 que el límite elástico es 12 Kg/mm², el esfuerzo de ruptura es 13 Kg/mm² y el módulo de Young es 112.3 GPa.

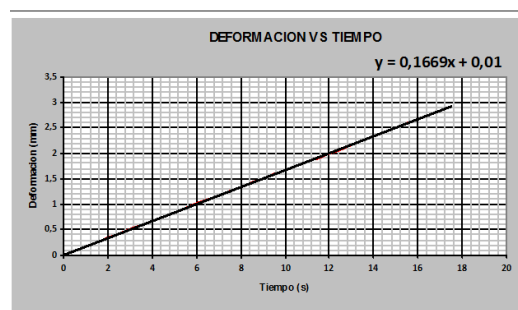


Figura 104. Probeta metálica: Gráfica Deformación vs Tiempo.
Fuente: Los autores.

Por último, en la figura 104 podemos obtener la velocidad en milímetros por minuto de la pendiente de la recta. $Velocidad = 0.0811(\text{mm/s} \cdot 60\text{s/min}) = 10.014\text{mm/min}$

A continuación se tabulan los resultados de los cuatro materiales que fueron probados para realizar una comparación de sus propiedades en la tabla 16

Propiedad/material	Plástico	Caucho	Madera	Metal
Capacidad máxima [Kgf]	130	42	670	220
Limite elástico [Kgf/mm ²]	3.2	1	20	12
Esfuerzo de ruptura [Kgf/mm ²]	4.4	3.4	21	13
Modulo de Elasticidad (Young). [GPa]	6.1	0.6	48.3	112.3
Velocidad de la prueba[mm/min]	5.31	51.19	4.87	10.014

Tabla 15. Comparación de propiedades de algunos materiales
Fuente: Los autores

De la tabla podemos concluir que:

- La madera y el aluminio utilizado necesitaron de mayor capacidad de carga pues son materiales más robustos que el caucho y el plástico, además la madera usada tiene mayor sección transversal que el aluminio por lo cual es más rígida.
- El caucho necesita e mayor velocidad para la prueba debido a que este se deforma demasiado en comparación a los otros materiales.
- Presenta mayor módulo de elasticidad el aluminio, por lo cual conserva mejor su tamaño y su forma.

10. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

- El variador de velocidad seleccionado cumple correctamente la función de controlar el motor en el rango de velocidad mínima hasta máxima sin ningún inconveniente. Además brinda protección especial al motor.
- Se trabaja a cabalidad en el rango propuesto de carga y desplazamiento con los transductores seleccionados.
- La tarjeta de adquisición de datos de NATIONAL INSTRUMENTS empleada en la automatización, permite correctamente el control y la adquisición de datos de la máquina INSTRON 1125.
- El sistema eléctrico y mecánico que se instaló, se encuentra trabajando en perfecto estado, cumpliendo los requerimientos que implica la prueba.
- El programa para el control de la máquina INSTRON 1125 desarrollado mediante el software LabVIEW, cuenta con una interfaz amigable que permite al usuario realizar fácilmente el ensayo de tensión.
- En las pruebas realizadas para plásticos, cauchos, maderas y metales se ve el correcto funcionamiento de la máquina INSTRON, pues las gráficas muestran una tendencia adecuada y los datos determinados son coherentes para cada material ensayado.
- Se presenta un manual al usuario donde se pueden encontrar aspectos importantes a tener en cuenta como son la seguridad industrial, operación y mantenimiento de la máquina INSTRON serie 1125

- Para un mejor control de velocidad se implementó un controlador PI que permite reducir el error y estabilizar la velocidad al valor deseado.
- Por mayor precaución se establecieron dos tipos de seguridad en caso que la máquina alcance los límites de recorrido, el primero se realizó mediante software con lectura del LVDT y el segundo por medio de finales de carrera instalados en la máquina, los cuales solo se activan en caso de que la limitación por software falle.
- Para evitar excesos de carga que pueden ocasionar daños irreversibles a la máquina durante la ejecución del ensayo, se programó un límite máximo de carga controlado mediante software por medio de la lectura de la Celda de Carga.
- Para probar los diferentes materiales como lo son: plástico, cauchos, maderas, hilos, entre otros. Es necesario que el usuario tenga conocimiento del tipo de mordazas a utilizar y que correspondan con cada tipo de probeta.
- La tarjeta de adquisición de datos PCI 62323 responde correctamente a las tareas propuestas durante la tesis ya que tiene alta velocidad de muestreo y calibración de alto rendimiento.
- Se reconoce la importancia de la protección en los circuitos integrados del equipo automatizado, pues si no se contara con este tipo de protección podrían dañarse fácilmente los elementos de menor capacidad de corriente.

11. RECOMENDACIONES

- ❖ Es necesario tener un buen proceso de calibración en las celdas de carga cada vez que se cambie una de las dos con la que cuenta la máquina, tanto la de baja capacidad como la de alta capacidad.
- ❖ Para un posible proyecto de grado posterior, se podría implementar un proceso de automatización para realizar la prueba de compresión donde solo se necesitaría adaptar algunas celdas de carga de tipo compresión y crear un programa similar en LabVIEW.
- ❖ Es obligatorio observar detenidamente el manual de mantenimiento para conservar la máquina en buen estado y de esta manera proporcionarle una larga vida útil.
- ❖ Para garantizar un mejor funcionamiento de la tarjeta de adquisición de datos al momento de realizar la prueba, se requiere un computador con mayor capacidad de memoria RAM; por lo menos de 2 Gigabytes.
- ❖ Nunca forzar la máquina sobrepasando los límites de carrera y carga permitidos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ASKELAND, Donald R.; Ciencia e ingeniería de los materiales, Tercera edición, Universidad de Missouri-Rolla, International Thomson Editores, 1998.
- [2] BISHOP, Robert H.; Learning with LabVIEW 8, Primera edición, Prentice Hall. 2006.
- [3] CALLISTER Jr, William D.; Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales, Department of materials science and engineering. The university of Utah, editorial reverté S.A.
- [4] CHAPMAN, Stephen J.; Máquinas Eléctricas. Madrid. Editorial Mc Graw Hill. 2000.
- [5] CREUS S. Antonio; Instrumentación Industrial, Sexta edición, Alfaomega Marcombo, 1997.
- [6] ESPITIA GONZÁLES, Christian Hernando; Sistema de Adquisición de Datos en una Máquina de Fatiga para el Estudio de Materiales con Memoria de Forma, Tesis de Grado, UIS, Ingeniería Electrónica.
- [7] HIBBELER, R.C; Mecánica de Materiales, Sexta edición, Pearson Education, 2006.
- [8] MOTT, Robert; Diseño de Elementos de Máquinas, Cuarta edición, Pearson Education, 2006.
- [9] NORMA ASTM D 638 – 08. (Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics).
- [10] NORMA ASTM D 1037 - 06a (Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials – Section 10. Tension Parallel to Surface)
- [11] OGATA, Katsuhiko; Ingeniería de control moderna, Mexico. Tercera edición, Pearson Education. 1998

[12] RASHID M. H; Electrónica de Potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones, Madrid, Editorial Prentice Hall, Hispanoamericana S.A. 1993.

[13] SEDRA Adel S. & SMITH Kenneth C.; Circuitos Microelectrónicos, Oxford University Press, México, Cuarta edición, 2002.

[14] TIRADO ARIZA, Edwin Yesid; Automatización de un equipo para la evaluación de recubrimientos mediante el ensayo tensil, Tesis de Grado, UIS, Ingeniería Electrónica.

www.alldatasheet.com

www.astm.org

www.analog.com

www.instron.com

www.national.com

www.ni.com

www.ni.com/pdf/products

www.ti.com

ANEXOS

ANEXO A. MANUAL DE SEGURIDAD, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO AUTOMATIZADO

Este anexo se compone de tres partes donde se explica de manera clara y separada aspectos muy importantes como los son: la prevención o seguridad industrial, operación de la máquina y el mantenimiento que debe llevarse a cabo.

1. PREVENCIÓN O SEGURIDAD INDUSTRIAL

Conexión de los Componentes del Sistema

Los cables se deben conectar como se ha mostrado en los diagramas de las secciones anteriores. Estas conexiones suministran energía eléctrica a la estructura de carga y establecen comunicaciones entre el computador y el controlador.

Conexiones del sistema

Advertencias:

Peligro eléctrico – No conectar cables de energía cuando está encendida la máquina. Apagarla para evitar voltajes peligrosos y componentes dañados.

Peligro – No remover coberturas para algún componente del sistema, a menos que se especifique en un procedimiento.

Tenga presente que hay voltajes peligrosos y maquinaria rotacional dentro de la máquina que pueden causar daños al equipo o lesiones corporales.

El siguiente procedimiento describe las conexiones para los componentes básicos de un sistema electromecánico Instron. (Si se compran accesorios adicionales para el sistema, es necesario referirse a la documentación para la instalación correcta de estos accesorios).

Para ajustar el sistema de prueba es necesario:

1. Asegurarse que el interruptor principal de energía se encuentre en la posición Off y los cables principales de energía (tanto el de alimentación trifásica 220V como el de alimentación monofásica 110V) estén desconectados de la red.
2. Conectar el cable de la celda de carga al conector (puerto de conexión RS-232) que se encuentra sobre la cruceta móvil. Presionar el cable de la celda de carga en los ganchos del cable sobre la cruceta y la cobertura de la columna.

3. Verificar que los parámetros de voltaje para la máquina sean compatibles con el voltaje de la instalación.
4. Conectar el cable de alimentación trifásica (cable que energiza el variador de frecuencia y el motor trifásico) en el enchufe adecuado al igual que el cable de alimentación monofásica (cable que transmite la energía a los sensores y las fuentes de corriente directa).
Asegúrese que los conectores enganchen completamente en sus enchufes y sean aferrados con los tornillos del conector.
5. Si el cable principal de energía no es un cable aterrizado, se debe aterrizar la máquina manualmente usando un cable de tierra separado. Unir el cable de tierra a la clavija de conexión de tierra en la parte trasera de la máquina. Unir el otro terminal de este cable a la conexión de tierra aterrizada.
6. Asegurarse que el computador y el monitor sean ajustados al voltaje apropiado de línea.
El sistema ahora está listo para ser encendido.

Operación Básica

La operación básica de un sistema de prueba electromecánica involucra:

- Inicio del sistema.
- Selección de la celda de carga correcta.
- Montaje de la celda de carga en la cruceta móvil sobre la estructura de carga.
- Calibrar la celda de carga.
- Instalar apropiadamente mordazas y accesorios.
- Ajustar los parámetros de prueba en el computador.
- Instalación de la probeta o espécimen.
- Iniciar una prueba aplicando una carga a la probeta de manera manual.
- Correr el programa creado en LabVIEW.
- Medición y análisis de los resultados de la prueba.

Instalación de una Muestra o Probeta (espécimen)

Advertencia:

Riesgo – Es importante asegurarse que las muestras de prueba sean instaladas correctamente en las mordazas o accesorios para eliminar esfuerzos que pueden causar ruptura a los componentes o accesorios de las mordazas.

La instalación incorrecta de muestras de prueba crea esfuerzos en los accesorios o componentes de las mordazas pudiendo resultar en la ruptura de estos componentes. La alta energía involucrada puede causar la ruptura de partes que están sobresalidas forzosamente alguna distancia del área de prueba.

Se deben instalar las muestras en el centro de las mordazas en línea con la herramienta de carga. Introducir las probetas dentro de las mordazas al menos la cantidad recomendada en la documentación de la mordaza. Esta cantidad puede variar entre 66% y 100% de profundidad de inserción; referirse a las instrucciones dadas para sus mordazas específicas. Usar algún dispositivo dado de alineación y centralización.

Una probeta es típicamente instalada en una mordaza o accesorio que es ajustado en un lugar seguro dentro de la prueba. INSTRON provee muchas variedades de mordazas y accesorios para acomodar la infinita variedad de muestras que pueden ser probadas en un sistema de prueba electromecánica. Debido al amplio rango de probetas y tipos de mordazas involucradas, es imposible resumir un procedimiento general para la instalación de una probeta.

Inicialización de una Prueba

Antes de encender el sistema, asegúrese de:

- Revisar las características y controles de operación para entender la operación básica de la máquina.
- Verificar que el voltaje de ajuste para la máquina sea compatible con la fuente de energía.

Procedimiento de Encendido

Nota:

Antes de iniciar el software, espere hasta que el display de estado numérico muestre algún valor.

También es necesario un periodo de calentamiento de 15 minutos cuando se cambia una celda de carga, o después de la conexión de un sensor de desplazamiento.

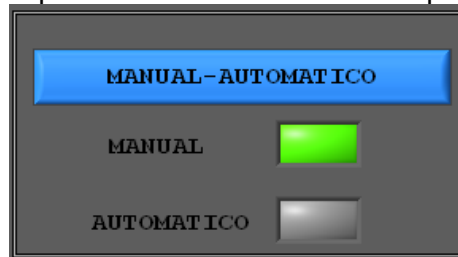
1. Asegúrese que todos los cables sean instalados debidamente y conectados seguramente.
2. Cambie el switch de energía de la máquina a la posición ON. Asegúrese que la luz roja en el switch este iluminando. El mismo procedimiento para el switch de los sensores ubicado en el panel de botones (este switch no tiene luz indicadora)
3. Encienda todos los componentes del sistema (ejemplo: computador y otros accesorios).
4. Abra el software de LabVIEW de National Instruments.
5. Espere hasta que el software inicie completamente la máquina antes de usar los controles manuales en la máquina. La máquina demora un poco antes de estar lista para la operación.
6. Permita un periodo de calentamiento al sistema de al menos 15 minutos para estabilizar los componentes de peso de carga.
7. Realice un breve proceso de calibración del sistema.
8. Ajuste los parámetros de prueba por medio del programa en el software de acuerdo con los requerimientos de prueba. Diríjase al manual de ayuda y mantenimiento dentro la ayuda del software para ajuste de parámetros de operación en el sistema de prueba (por medio del botón de ayuda/autores explicado en el ítem 7.2.2. y figura 56).
9. Use los botones de control en la máquina para mover la cruceta durante el ajuste de la prueba o para facilitar la instalación de la probeta.

2. OPERACIÓN Y DESARROLLO DE LA PRUEBA

- Corra el programa a través del botón RUN ubicado en el panel superior izquierdo de la ventana principal de LabVIEW.



- Posicione las mordazas a través de los controles; ya sean manuales o automáticos a través del botón MANUAL- AUTOMATICO, este botón encenderá una luz indicadora para saber en qué modo se encuentra la máquina.



- Si el posicionamiento se realiza de manera manual, se debe controlar la velocidad desde el potenciómetro lineal que se encuentra en el panel de botones de la estructura de la máquina. Pero si el posicionamiento se realiza de manera automática, entonces se puede elegir la velocidad y la dirección que se desee para las mordazas por medio de tres botones y un cursor (SUBIR, BAJAR, DETENER y VELOCIDAD).



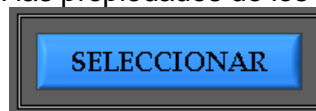
- El siguiente paso es seleccionar el tipo de celda que está instalada en el momento de realizar la prueba (la máquina cuenta con dos celdas de carga), la cual ha sido seleccionada de acuerdo al material que desee probar. Esto se realiza a través del botón TIPO DE CELDA. Este botón encenderá una luz indicadora para saber qué tipo de celda va a acondicionar la prueba.



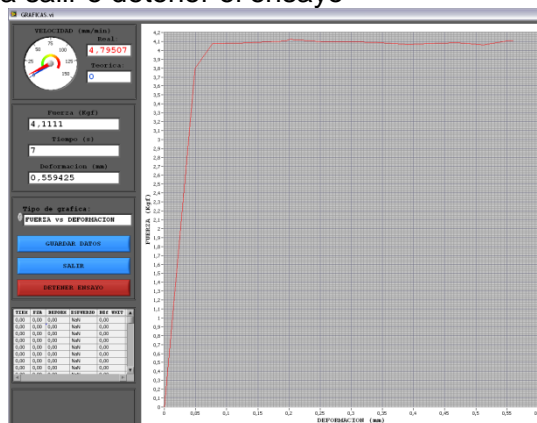
- Ahora puede pulsar el botón INICIAR ENSAYO, el cual despliega una nueva ventana (SELECCIÓN DE PROBETA, ítem 7.2.3 figura 57) en la que se pueden seleccionar dos tipos de material (plástico y madera) según la norma y otros tipos de materiales para las condiciones o dimensiones que sean necesarias



- Después de seleccionar las dimensiones de la probeta y velocidad de la prueba podemos pulsar el botón SELECCIONAR, el cual automáticamente abre la ventana de la prueba en progreso (ítem 7.2.4. figura 58) donde se muestran las 4 diferentes curvas que ilustran las propiedades de los materiales.



- En este momento la nueva ventana tiene la opción de guardar datos al terminar la prueba, o si se desea salir o detener el ensayo



- Al pulsar el botón GUARDAR DATOS se pueden escribir algunos datos para etiqueta de la prueba y se puede generar un informe en Excel donde es posible manipular los datos de la prueba además de obtener mucha información de la misma (ítem 7.2.5 figuras 59 y 60).



- De nuevo la máquina esta lista para iniciar otra prueba.

3. MANTENIMIENTO

Introducción al mantenimiento

Las máquinas electromecánicas INSTRON son instrumentos de precisión, que están diseñados para soportar una variedad de aplicaciones de prueba. Para asegurar que el sistema se mantenga en un orden apropiado de trabajo, se recomienda realizar diariamente un procedimiento descrito de Chequeo y Mantenimiento Preventivo.

La sección de mantenimiento general incluye los procedimientos que se pueden desempeñar debidamente cuando sea necesario.

Advertencias

Precaución – solo personal calificado, entrenado para el servicio de las máquinas INSTRON, debe desarrollar todos los requerimientos internos de mantenimiento.

Las máquinas INSTRON deben operarse con especificaciones rígidas. En disposición de mantener el sistema trabajando dentro de las especificaciones establecidas, un técnico calificado y entrenado profesionalmente debe desarrollar muchos más procedimientos de mantenimiento. Si un personal no calificado desempeña algún procedimiento de mantenimiento no descrito en este manual, la máquina puede que no desempeñe las especificaciones establecidas.

Precaución – no remover las coberturas de algún componente del sistema, a menos que sea especificado en un procedimiento.

Hay voltajes peligrosos y maquinaria rotativa dentro de la máquina que puede causar lesiones personales o daños al equipo.

Plan de Mantenimiento

Para asegurar que la máquina continúe trabajando a su desempeño óptimo, se recomienda que reciba un chequeo anual de servicio. El departamento de servicio INSTRON puede realizar este chequeo, y reemplazar algunas partes dañadas o quemadas para asegurar que la máquina opere a sus especificaciones establecidas.

Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es la inspección periódica, limpieza y lubricación del sistema de prueba. Las siguientes secciones proveen pautas para el mantenimiento preventivo.

Chequeo Diario de Mantenimiento

Antes de operar el sistema cada día, asegurarse de que:

- Todos los cables de conexión estén apretados y seguros.
- Todas las mordazas, accesorios y dispositivos estén libres de suciedad, daños y deformaciones.
- La estructura de carga esté nivelada. Si un ajuste es necesario debe realizarse cuidadosamente y de una manera muy precisa.
- Los cables de energía y de señal tengan una adecuada soldadura para prevenir el esfuerzo excesivo en los conectores.
- Todos los cables estén libres de desgaste y frotamiento o rozadura. Re-instalar los cables si es necesario y reemplazar los cables dañados.
- Después de probar el sistema, asegurarse que la energía de abastecimiento sea la adecuada para los dispositivos electrónicos.
- Corregir algunos problemas antes que se opere el sistema de prueba.

Inspecciones periódicas

Cada seis a doce meses, desarrollar las siguientes inspecciones:

- Inspeccionar visualmente la máquina para saber si hay accesorios flojos. Chequear los límites de parada, conexiones de cables, y conexiones para algunos accesorios que están involucrados con la máquina. Ajustar las conexiones flojas que puedan ser encontradas.
- Operar la cruceta a través del rango total de movimiento. Debe moverse suavemente, sin ruidos inusuales o movimientos erróneos.
- Los límites de parada de la prueba aseguran que se trabaje adecuadamente en el rango total de mantenimiento.
- Si se ha agregado algún equipo adicional de seguridad a la máquina, probar el equipo para asegurarse que esté trabajando adecuadamente.

Si se notan algunos problemas por fuera de estas inspecciones, contactar al personal autorizado de INSTRON para asistencia inmediata.

Limpieza

Se recomienda que la máquina sea limpiada semanalmente o más a menudo si está operando en un ambiente sucio o polvoriento.

Advertencia

No limpiar con solventes o limpiadores abrasivos. Algunos limpiadores comerciales pueden reaccionar con superficies pintadas o paneles marcados.

No aplicar cantidades excesivas de detergentes limpiadores. Esto puede filtrarse en circuitos eléctricos dentro de la base y causar fallas al equipo.

No usar mucho aceite. Este atrae partículas abrasivas que pueden acelerar el desgaste.

Usar baja presión de aire para soplar el polvo. No dirigir la corriente de aire directamente a los componentes sensibles.

Para limpiar la estructura de carga:

- Limpiar las superficies externas de la estructura de carga con un trapo húmedo.

Lubricación

Las siguientes áreas de la máquina requieren lubricación periódica:

- **Tornillos de potencia**– los tornillos de potencia son lubricados por medio de una tuerca que está ubicada en la cruceta donde los tornillos de potencia intersecan la cruceta. A medida que la cruceta se mueve arriba y abajo, la tuerca dispersa una capa de lubricante (puede ser una grasa lubricante fina) a cada tornillo de potencia mientras que estos pasan a través de la tuerca. Periódicamente la tuerca debe estar llena con lubricante para asegurar que los tornillos de potencia se mantengan bien lubricados.
- **Columnas Guía**– las columnas guía solo requieren una capa delgada de lubricación. Se recomienda que la máquina sea re-lubricada cada dos años.
- **Superficies de Montaje**– el área de montaje en la base debe también ser lubricada si es expuesta regularmente (sin insertar adaptador base). Se puede usar un trapo limpio y delgado y algunos lubricantes y un plan usado para los tornillos de potencia y las columnas guía.
- **Soportes de Rodillos**- los soportes de los tornillos de potencia (rodamientos) son sellados en la parte de arriba y de abajo. Sería adecuado cambiar al menos cada año la felpa donde están ubicados los rodamientos.

Nota:

1. El tiempo de operación es definido como el tiempo de movimiento de la cruceta, no es la cantidad de tiempo del sistema que ha sido encendido.

2. Si el sistema es usado más de 100 horas por mes, inspeccionar periódicamente el área lubricada e incrementar la frecuencia de lubricación cuando sea requerida.

3. Inspeccionar los tornillos de potencia y lubricar más frecuentemente, más que las recomendaciones si existe alguna de las condiciones siguientes:

- Si hay carga-alta o prueba de alta-velocidad.
- Si hay larga-duración, movimiento continuo de la cruceta.
- Si el sistema opera en un ambiente sucio.
- Si hay ciclos de prueba de alta-carga.

Tuercas de los tornillos de Potencia

Las tuercas están lubricadas sobre la cruceta donde los tornillos de potencia intersecan con la cruceta.

Para lubricar los tornillos de potencia:

1. Cambiar el switch de energía a la posición Off (●) y desconectar el cable de energía de la fuente principal de energía. Verificar que la luz indicadora del switch de energía no esté iluminando.
2. Desprender la cubierta de los tornillos de potencia de la cruceta y deslizar la base de la estructura para ubicar la cejilla de la tuerca dentro de la cubierta de la columna.
3. Usar una pistola de lubricación para aplicar grasa a las cejillas de las tuercas en ambas columnas. Esto es necesario para remover la cubierta de las columnas guía.
4. Llenar las tuercas de bola hasta que la grasa comience a enfriarse desde la parte superior hasta la tuerca. Evitar el exceso de grasa.
5. Volver a unir la cubierta de los tornillos de potencia a la cruceta.
6. Re-conectar el cable de energía a la fuente principal de energía y encender el sistema. Verificar que la luz indicadora del switch de energía en el panel de control este iluminando.
7. Usar los controles manuales para mover la cruceta sobre el recorrido total de la estructura y de esta manera distribuir la grasa en las tuercas y la cubierta de los tornillos de potencia.

Columnas Guía

Las columnas guía también deben ser lubricadas periódicamente. Lubricar las columnas guía cuando se lubriquen los tornillos de potencia, usando el mismo lubricante.

Para lubricar las columnas guía:

1. Cambiar el switch de energía a la posición Off y desconectar el cable de energía de la fuente principal de energía.
2. Desprender la cubierta de los tornillos de potencia de la cruceta y deslizar la cubierta por fuera de la cruceta para ubicar la columna guía dentro de la cubierta de la columna.
3. Detrás de los tornillos de potencia, aplicar una capa delgada o lubricante con un trapo suave libre de suciedad sobre el tamaño total de cada columna.
4. Volver a unir la cubierta de los tornillos de potencia a la cruceta.

5. Re-conectar el cable de energía a la fuente principal de energía y encender el sistema. Verificar que la luz indicadora de energía este encendida.
6. Usar los controles manuales para mover la cruceta sobre el recorrido total de la estructura y de esta manera asegurarse que la cruceta se mueva suave y correctamente.

Procedimientos generales de mantenimiento

Los procedimientos generales de mantenimiento son los procedimientos que se pueden desarrollar y llegan a ser muy necesarios. Estos procedimientos no requieren de un técnico de servicio INSTRON, aunque si, está disponible una asistencia.

Limites de parada de la Prueba

Es recomendable que se prueben periódicamente los límites de parada en la estructura de carga.

Para probar los límites de parada:

1. Asegurarse que el sistema este encendido y la cruceta se encuentre estacionaria.
2. Asegurar uno de los limites de parada (ya sea el límite superior o el límite inferior) hasta el vástago limitante.
3. Agarrar firmemente la parte amarilla del límite de parada y de esta manera mover lentamente la parada alrededor de 3mm (1/8 in).
4. Una advertencia de límite de primer nivel se muestra en la pantalla del computador.
5. Repetir el Paso 3 moviendo el otro limite de parada 3mm (1/8 in) en la misma dirección.
6. Una advertencia de límite de segundo nivel deshabilitará la estructura y será mostrada en la pantalla del computador.

Las advertencia de estructura deshabilitada indica que los limites de parada están trabajando correctamente.

7. Habilitar de nuevo la estructura por medio del software.

Advertencia

Riesgo eléctrico – apagar el sistema y desconectar el cable de energía de la fuente principal de abastecimiento antes de reemplazar un taco o elemento eléctrico. Voltajes peligrosos pueden causar lesiones personales.

Localización de averías para celdas de carga

Las celdas de carga INSTRON, en general son calibradas eléctricamente, auto-identificadas y racionalizadas. Resistencias de aproximación son dadas para poder verificar una posible ruptura de galga, o una falla en el conector o cable.

Si una galga extensiométrica en una celda ha sido sobre-forzada incorrectamente, pero todavía mantiene su continuidad eléctrica, la celda puede mostrar algo más alto de la cantidad normal insinuada. Si una galga ha sido unida indebidamente debido a la degradación en el uso, la celda puede exhibir una combinación de inestabilidad general en su punto de balance, junto con una gran cantidad de valores insinuados. Dificultades de este tipo raramente aparecen como una inestabilidad en la calibración de la celda.

Si una celda de carga ha sido sobre-cargada, el miembro de sensibilidad de la celda puede ser deformado permanentemente hasta que la extensión de alineamiento dimensional propio de la celda no se mantiene prolongadamente. Por ejemplo, si la posición del huso central es cambiada, esto puede resultar en que el punto de balance se desplace abruptamente a medida que la celda es carga o descargada.

Para revisar la celda de carga, sustituya la celda para revisar los resultados de prueba cuidadosamente. Si los resultados difieren significativamente de los resultados originales de prueba, entonces la celda de carga original puede estar dañada. Sin embargo muchos de los indicios descritos anteriormente pueden también presentarse de una falla del acondicionador de la celda de carga, un registro, o posiblemente un ajuste mecánico.

Si se sospecha que una celda puede estar dañada, contactar al sitio de compra para su arreglo, ó devolución para su análisis y posible reparación.

ANEXO C. HOJAS DE DATOS

ANEXO C 1. VARIADOR DE FRECUENCIA. MICROMASTER 420

SIEMENS

MICROMASTER 420

Lista de Parámetros

Edición 06/04



Documentación de usuario
6SE6400-5BA00-0EP0

1.2 Conexiones de red y del motor

Retirando las tapas se accede a los bornes de red y del motor



Figura 1-1 Sacar las tapas

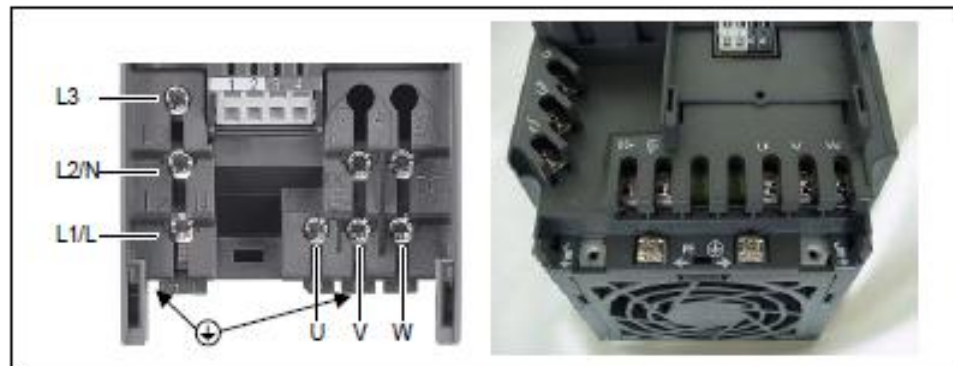


Figura 1-2 Bornes de red y del motor

1.3 Bornes

Borne	Significado	Funciones
1	-	Entrada +10 V
2	-	Entrada 0 V
3	ADC+	Entrada analógica (+)
4	ADC-	Entrada analógica (-)
5	DIN1	Entrada digital 1
6	DIN2	Entrada digital 2
7	DIN3	Entrada digital 3
8	-	Salida aislada +24 V / máx. 100 mA
9	-	Salida aislada 0 V / máx. 100 mA
10	RL1-B	Salida digital / contacto de trabajo
11	RL1-C	Salida digital / conmutador
12	DAC+	Salida analógica (+)
13	DAC-	Salida analógica (-)
14	P+	Conexión RS485
15	N-	Conexión RS485

2.2 Puesta en servicio rápida (P0010 = 1)

Para la puesta en servicio rápida (P0010 = 1) se requieren los parámetros siguientes:

Puesta en servicio rápida (P0010 = 1)

No	Nombre	Nivel de acceso	EstC
P0100	Europa / Norte América	1	C
P0300	Selección del tipo de motor	2	C
P0304	Tensión nominal del motor	1	C
P0305	Corriente nominal del motor	1	C
P0307	Potencia nominal del motor	1	C
P0308	CosPhi nominal del motor	2	C
P0309	Rendimiento nominal del motor	2	C
P0310	Frecuencia nominal del motor	1	C
P0311	Velocidad nominal del motor	1	C
P0320	Corriente de magnetización del motor	3	CT
P0335	Ventilación del motor	2	CT
P0840	Factor de sobrecarga del motor [%]	2	CUT
P0700	Selección de la fuente de órdenes	1	CT
P1000	Selección de la consigna de frecuencia	1	CT
P1080	Velocidad Mín.	1	CUT
P1082	Velocidad Máx.	1	CT
P1120	Tiempo de aceleración	1	CUT
P1121	Tiempo de deceleración	1	CUT
P1135	Tiempo de deceleración OFF3	2	CUT
P1300	Modo de control	2	CT
P1910	Cálculo de los parámetros del motor	2	CT
P3900	Fin de la puesta en servicio	1	C

Cuando se escoge el P0010 = 1, el P0003 (nivel de acceso de usuario) se puede usar para seleccionar los parámetros a los que se accede. Este parámetro también permite la selección de una lista de parámetros definida por el usuario para la puesta en servicio.

Al final de la secuencia de puesta en servicio, ajuste el P3900 = 1 para llevar a cabo los cálculos del motor y borrar todos los demás parámetros (no incluidos en el P0010 = 1) a sus valores por defecto.

Nota

Esto se aplica sólo al modo de puesta en servicio.

Reset a los ajustes de fábrica

Para reponer todos los parámetros a los ajustes de fábrica, se deben ajustar los siguientes parámetros como se indica:

Ajuste el P0010 = 30

Ajuste el P0970 = 1

Nota

El proceso de reset tarda aproximadamente 10 segundos en completarse. Reset a los ajustes de fábrica

2.8.4 Parámetros del motor

P0300	Selección del tipo de motor	Min: 1	Nivel 2		
	EstC: C	Tipo datos: U16		Unidad: -	Def: 1
	Grupo P: MOTOR	Activo: Tras Conf.		P.serv.rap.: SI	Máx: 2

Selecciona el tipo del motor

Este parámetro es necesario durante la puesta en servicio para seleccionar el tipo de motor y optimizar el rendimiento del convertidor. La mayor parte de los motores son de tipo asíncrono; en caso de duda, utilice la fórmula siguiente.

$$x = P0310 \cdot \frac{60}{P0311}$$

$x = 1, 2, \dots, n$: Motor síncrono

$x \neq 1, 2, \dots, n$: Motor asíncrono

Si el resultado es un número entero, el motor es de tipo síncrono.

Posibles ajustes:

1 Motor asíncrono

2 Motor síncrono

Dependencia:

Modificable sólo cuando P0010 = 1 (Gula básica).

Si se selecciona motor síncrono, dejarán de estar disponibles las siguientes funciones:

- P0308 Factor de potencia
- P0309 Rendimiento del motor
- P0346 Tiempo magnetización
- P0347 Tiempo desmagnetización
- P1335 Compensación deslizamiento
- P1336 Limite deslizamiento
- P0320 Intensidad magnetización motor
- P0330 Deslizamiento nominal motor
- P0331 Intensidad magnetización nominal
- P0332 Factor de potencia nominal
- P0384 Constante tiempo rotor
- P1200, P1202, P1203 Rearranque al vuelo
- P1232, P1233, P1233 Frenado DC

P0304	Tensión nominal del motor	Min: 10	Nivel 1		
	EstC: C	Tipo datos: U16		Unidad: V	Def: 230
	Grupo P: MOTOR	Activo: Tras Conf.		P.serv.rap.: SI	Máx: 2000

Tensión nominal motor [V] de la placa de características. El siguiente diagrama muestra una placa de características típica con la localización de los datos más importantes del motor.



Tensión de red	1 AC 110 V *)	1 AC 230 V	3 AC 230 V	3 AC 400 V	3 AC 500 V
MICROMASTER 410	X	X	-	-	-
MICROMASTER 411	-	-	-	X	-
MICROMASTER 420	-	X	X	X	-
MICROMASTER 430	-	-	-	X	-
MICROMASTER 440	-	X	X	X	X

ANEXO C 2. CELDA DE CARGA HBM

S35

Load Cell

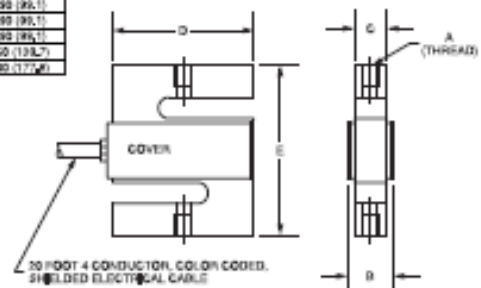
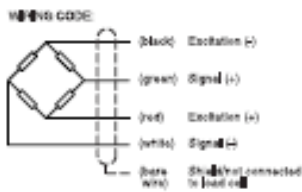


Special Features

- Capacity range from 50 to 20,000 Lbs.
- Stainless steel construction
- 3 mV/V output, 350 ohm bridge
- Environmentally sealed to IP65

Dimensions: inch (mm)

CAPACITY	A	B	C	D	E
50 LB	1/4-28 UNF-2B	5.85 (149.3)	5.48 (139.7)	3.65 (92.7)	3.45 (87.6)
100 LB	1/4-28 UNF-2B	5.85 (149.3)	5.44 (138.7)	3.65 (92.7)	3.45 (87.6)
200 LB	1/4-28 UNF-2B	5.85 (149.3)	5.44 (138.7)	3.65 (92.7)	3.45 (87.6)
350 LB	1/4-28 UNF-2B	5.85 (149.3)	5.44 (138.7)	3.65 (92.7)	3.45 (87.6)
500 LB	1/4-28 UNF-2B	5.85 (149.3)	5.44 (138.7)	3.65 (92.7)	3.45 (87.6)
750 LB	1/2-20 UNF-2B	6.99 (177.4)	6.71 (170.3)	3.65 (92.7)	3.45 (87.6)
1000 LB	1/2-20 UNF-2B	6.99 (177.4)	6.71 (170.3)	3.65 (92.7)	3.45 (87.6)
1500 LB	1/2-20 UNF-2B	7.15 (181.2)	6.96 (176.3)	3.65 (92.7)	3.45 (87.6)
2000 LB	1/2-20 UNF-2B	7.15 (181.2)	6.96 (176.3)	3.65 (92.7)	3.45 (87.6)
3000 LB	1/2-20 UNF-2B	7.15 (181.2)	6.96 (176.3)	3.65 (92.7)	3.45 (87.6)
5000 LB	3/4-16 UNF-2B	7.15 (181.2)	6.96 (176.3)	3.65 (92.7)	3.45 (87.6)
10000 LB	3/4-16 UNF-2B	7.15 (181.2)	6.96 (176.3)	3.65 (92.7)	3.45 (87.6)
15000 LB	1-14 UNS-2B	7.69 (195.3)	7.59 (192.7)	4.00 (101.6)	3.90 (99.1)
20000 LB	1-14 UNS-2B	7.69 (195.3)	7.59 (192.7)	4.00 (101.6)	3.90 (99.1)



Specifications

Model Type	S35																
Accuracy class	NTEP CLASS III																
Maximum number of load cell intervals (n_{LC})	3000 DIVISIONS SINGLE																
Maximum capacity (E_{max})	lb	0	100	200	250	300	500	750	1000	1500	2000	2500	3000	5000	10,000	15,000	20,000
Minimum load cell verification interval (V_{min})	lb	0.004	0.008	0.016	0.020	0.024	0.040	0.060	0.080	0.120	0.160	0.200	0.240	0.400	0.800	1.200	1.600
Sensitivity (C_N)		3 ± 0.3															
Zero balance	mV/V	0 ± 0.03															
Temperature effect on zero balance (TK_0)		± 0.018															
Temperature effect on sensitivity (TK_C) ¹⁾	% of C_N / 10°C	± 0.021															
Temperature range +20...+40°C [+70...+105°F] -10...+20°C [+15...+70°F]		± 0.014															
Hysteresis error (d_{hy}) ¹⁾	% of C_N	± 0.030															
Non-linearity (d_{ln}) ¹⁾		± 0.030															
Creep (d_{cr}) over 30 min.		0.025															
Input resistance (R_{iC})	Ω	> 350															
Output resistance (R_{oC})		350 ± 3															
Reference excitation voltage (U_{ref})	V	5															
Maximum excitation voltage (U_{max})		15															
Insulation resistance (R_{is})	G Ω	10															
Nominal temperature range (B_T)	°C [°F]	-10...40 [14...104]															
Service temperature range (B_{tu})		-15...70 [5...158]															
Storage temperature range (B_{st})		-15...85 [5...185]															
Safe load limit (E_L)	% of E_{max}	120															
Ultimate load limit (E_d)		200															
Lateral load limit (E_{lq})		100															
Permissible dynamic load (F_{drel}) (vibration amplitude according to DIN 50100)		70															
Deflection at E_{max} (S_{nom}), approx.	in	<0.015															
Weight, approx.	lb	1					2					4		11		22	
Protection class to EN60529 (IEC529)		IP65															
Material: Measuring element		Stainless Steel															
Cable Fitting Gland		Stainless Steel															
Cable Sheath		PVC															
Coating/Plating		-															

¹⁾ The sum of data for Non-linearity, Hysteresis and Temperature effect on sensitivity meets the requirements of NTEP HB 44



Due to continuous improvement, dimensions and specifications are subject to change without notice. All details describe our products in general form only. They are not to be understood as express warranty and do not constitute any liability whatsoever. Please request certified drawings before designing mountings or fixtures.

HBVD6-635-052-Rev1

HBM, Inc.

19 Bartlett Street
Marlborough, MA 01752
Tel. 800-578-4260 • 508-624-4500
Fax 508-485-7480
E-mail: info@usa.hbm.com
Internet: www.hbm.com



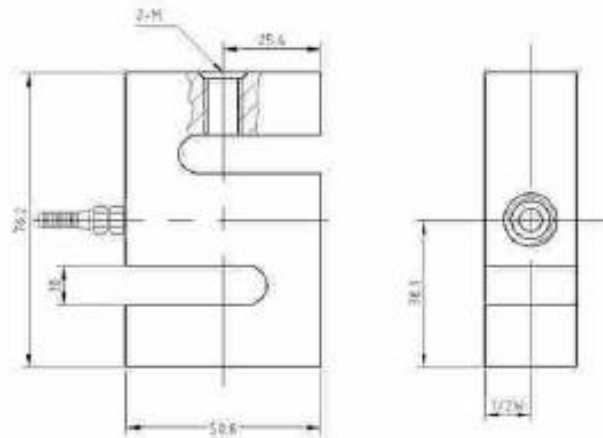
measurement with confidence

ANEXO C 3. CELDA DE CARGA LEXUS



SA LOAD CELL "S"

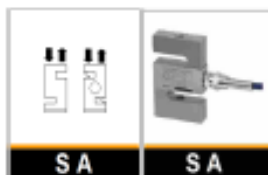
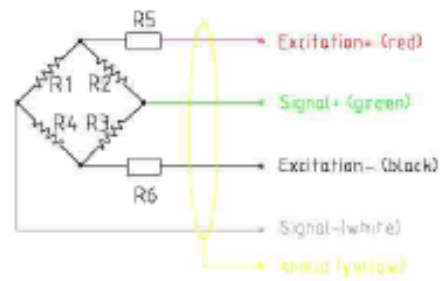
Double-parallel construction,
has superiority in loading and its structure.
Easy installation. High precision.
High reliability and stability.
Can be used in combination scale,
package scale, systematic scale
and belt scale.



Rated load (kg)	50	100	150	200	250	300	500	1000
W	15	15	15	19	19	19	19	38
M	M8	M8	M8	M12	M12	M12	M12	M16



ITEM \ PARAMETER	C2	C3	UNIT
Rated load (E _{max}):	50,100,200,300,500,1000		kg
Maximal numbers of load cell intervals(N _{ic}):	2000	3000	
Minimum load cell verification intervals(V _{min})	0,03		% of rated load
Sensitivity(C _n):	2±0.2%		mV/V
Total error:	0,03	0,02	±% of rated output
Temperature effect on sensitivity (TK _c):	0,0024	0,0012	±% of rated output/°C
Temperature effect on zero balance (TK ₀):	0,002	0,0008	±% of rated output/°C
Zero balance:	1		±% of rated output
Input impedance(red+,black-):	385±5		Ω
Output impedance(green+,blue-):	350±2		Ω
Insulation impedance:	≥5000		MΩ
Safe overload:	150		% of rated capability
Ultimate overload:	300		% of rated capability
Operating temperature range:	-30~+70/-20~+160		°C/°F
Recommend excitation:	5~12		V(AC or DC)
Maximum excitation:	15		V(AC or DC)
Material of elastomer :	alloy steel / stainless steel		
Protection class:	IP65/IP67		
Cable:	3m		Ø5
Citation:	OIML R60 / GB7551-1997		
The data for deviation of synthesis error · TK ₀ · TK _c are typid values · The sum of these data meets the requirements according to OIML R60 ·			



ANEXO C 4. SENSOR DE DESPLAZAMIENTO LVDT

Series 210-220 Long Stroke AC LVDTs

The Series 210-220 AC LVDTs offer precision linear displacement measurements for applications with strokes from 0.5 to 60 inches. The transducers have been designed with an extremely low temperature coefficient, and non-linearity of less than $\pm 0.25\%$ F.S. Variable pitch secondary windings are incorporated into the design with computer controlled winding machines to minimize package length to stroke ratio, and assure a uniform product.



KEY FEATURES

- Ranges from $\pm 0.25''$ to $60''$
- Non-linearity $\leq 0.25\%$
- Low Temperature Coefficient
- Stainless Steel Construction
- High Sensitivity
- Splashproof

TRANSDUCER SPECIFICATIONS

MODEL	FULL STROKE \pm Inches (mm)	MAX. USABLE STROKE \pm Inches (mm)	BODY LENGTH L Inches (mm)	CORE P/N	CORE LENGTH Lc Inches (mm)	CORE MASS Grams	INPUT IMPEDANCE Ohms	DC INPUT RESISTANCE Ohms	OUTPUT IMPEDANCE Ohms	PHASE ANGLE Degrees
0215-0000	0.25 (6.4)	0.65 (16.5)	2.50 (63.5)	C005-0108	1.00 (25.4)	5.1	205	22	265	13
0216-0000	0.50 (12.7)	0.95 (24.1)	3.25 (82.6)	C005-0108	1.00 (25.4)	5.1	235	31	310	17
0217-0000	1.00 (25.4)	1.45 (36.8)	4.50 (114.3)	C005-0113	1.25 (31.8)	6.6	195	36	205	19
0218-0000	2.00 (50.8)	2.70 (68.9)	7.50 (190.5)	C005-0107	1.50 (38.1)	8.1	200	46	255	22
0219-0000	3.00 (76.2)	3.80 (96.5)	10.00 (254.0)	C005-0106	1.90 (48.3)	10.9	225	57	285	25
0220-0000	5.00 (127.0)	5.95 (151.1)	15.00 (381.0)	C005-0105	2.50 (63.5)	14.7	360	80	460	31
0221-0000	7.50 (190.5)	8.45 (214.6)	21.50 (546.1)	C005-0104	4.00 (101.6)	24.5	235	55	235	30
0222-0000	10.00 (254.0)	11.00 (279.4)	28.00 (711.2)	C005-0103	5.50 (139.7)	34.4	330	72	285	31
0223-0000	15.00 (381.0)	16.40 (416.6)	40.00 (1016)	C005-0100	7.00 (177.8)	44.4	450	57	395	25
0224-0000	20.00 (508.0)	21.30 (541.0)	50.00 (1270)	C005-0100	7.00 (177.8)	44.4	660	100	580	30
0225-0000	25.00 (635.0)	26.20 (665.5)	60.00 (1524)	C005-0100	7.00 (177.8)	44.4	210	41	355	28
0226-0000	30.00 (762.0)	31.30 (795.0)	70.00 (1778)	C005-0100	7.00 (177.8)	44.4	200	45	410	30

(Specifications at reference frequency)

NON-LINEARITY	$\leq \pm 0.25\%$ FS (Best Fit Straight Line)
REFERENCE FREQUENCY	Models 0215-0000 thru 0222-0000, 7.0 KHz; Models 0223-0000 thru 0226-0000, 3.0 KHz
SENSITIVITY	0.50 V/V $\pm 10\%$ at FULL SCALE
INPUT VOLTAGE	20 VRMS, Max.
NULL VOLTAGE	< 1.0% Excitation Voltage
TEMPERATURE COEFFICIENTS	< $\pm 0.001\%$ FS/ $^{\circ}$ F Zero, < $\pm 0.01\%$ Reading/ $^{\circ}$ F Span
TEMPERATURE RANGE	-67 $^{\circ}$ F to +257 $^{\circ}$ F (-55 $^{\circ}$ C to +125 $^{\circ}$ C) Operating -67 $^{\circ}$ F to +275 $^{\circ}$ F (-55 $^{\circ}$ C to +135 $^{\circ}$ C) Storage
OUTER HOUSING AND BORE LINER	300 Series Stainless Steel
CORE	Chrome Plated Iron/Nickel Alloy

Series 210-220

DC-DC System Operation

Modified Versions

DC-DC OPERATION WITH OPTIONAL OSCILLATOR/DEMODULATOR

To facilitate prototyping, or in instances where a DC in - DC out system is preferred, any of the standard, high temperature or vented Series 210-220 can be used in conjunction with the Series 1000 Oscillator/Demodulator. The DC system provides the same level of performance as a stand-alone ACLVDT. The high level DC output voltage can be directly interfaced with analog circuits

as well as data acquisition cards, PLCs, or A/D converters. Each Oscillator/Demodulator can be customized to provide a zero-offset and nonstandard gain, meeting specific user requirements. Detailed connection information can be found in the Accessories portion of this catalog.

SYSTEM SPECIFICATIONS *(Combined Performance of LVDT and Oscillator/Demodulator)*

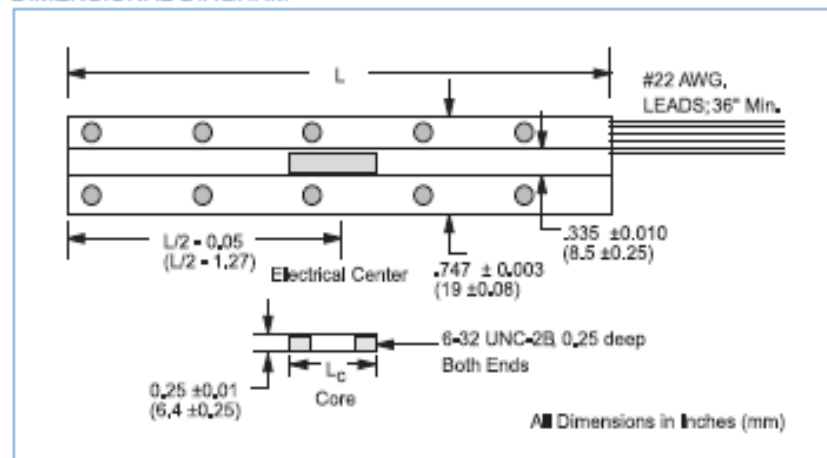
SELECTED OSCILLATOR/DEMODULATOR	Model 1000-0011: Models 0223-0000 thru 0226-0000 Model 1000-0012: Models 0215-0000 thru 0222-0000
NON-LINEARITY	$\leq \pm 0.25\%$ FS (Best Fit Straight Line)
INPUT	± 14.5 to ± 28.0 VDC, ± 100 mA Max., Internal regulation and Input reversal protection provided
OUTPUT	Adjustable to ± 5.0 VDC at end of linear stroke, via SPAN adjustment
FREQUENCY RESPONSE (-3dB)	Systems with 1000-0011: 500 Hz Min.; Systems with 1000-0012: 1000 Hz Min.
OUTPUT RIPPLE	< 0.03 VRMS Max.
TEMPERATURE COEFFICIENTS	< $\pm 0.0035\%$ FS/ $^{\circ}$ F Zero, < $\pm 0.02\%$ Reading/ $^{\circ}$ F Span
TEMPERATURE RANGE	LVDT: -67° F to $+257^{\circ}$ F (-55° C to $+125^{\circ}$ C) Operating LVDT: -67° F to $+275^{\circ}$ F (-55° C to $+135^{\circ}$ C) Storage Osc/Dem: $+32^{\circ}$ F to $+158^{\circ}$ F (0° C to $+70^{\circ}$ C) Operating, -67° F to $+257^{\circ}$ F (-55° C to $+125^{\circ}$ C) Storage

SERIES 210-220 MODIFIED FOR USE IN HIGH PRESSURE ENVIRONMENTS

The high pressure version of the Series 210-220 is suitable for operation in nonconductive and noncorrosive fluids or gases at pressures up to 5,000 P.S.I. The vented housing eliminates

pressure differentials between the environment and the transducer's interior, allowing rapid and extreme pressure changes without damage or degradation in performance.

DIMENSIONAL DIAGRAM



MODEL	STROKE \pm Inches (mm)
0215-0003	0.25 (6.35)
0216-0005	0.50 (12.7)
0217-0005	1.00 (25.4)
0218-0010	2.00 (50.8)
0219-0014	3.00 (76.2)
0220-0011	5.00 (127)
0221-0005	7.50 (191)
0222-0007	10.00 (254)
0223-0005	15.00 (381)
0224-0004	20.00 (508)
0225-0004	25.00 (635)
0226-0003	30.00 (762)

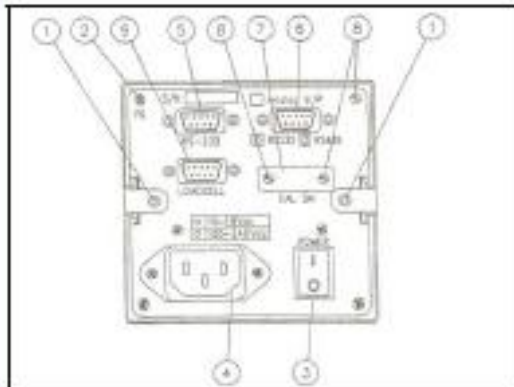
Note: All electrical and physical specifications are the same as the standard Series 210-220 LVDTs.

ANEXO C 5. ACONDICIONADOR DE SEÑAL PARA LA CELDA DE CARGA



HB8216

INDICADOR DE PESO CON SALIDA ANALOGA



CARACTERISTICAS	HB8216
Número de Divisiones	300 ~ 30 000
Sensitividad	0.46 μ V / D
Conversión A/D	128 conversiones / s, 24 bits
Número de Celdas de Carga	Hasta 8 de 350 Ω
Unidades	kg, lb, g, t
Display	6 dígitos, 13.2 mm de altura (H), tipo LED rojo
Teclado	10 teclas, tipo membrana
Tara	Sustractiva, 100 % (Max)
Temperatura de operación	-10 ~ 40 °C
Máxima humedad	85 %, humedad relativa (RH), no condensada
Alimentación indicador	100 ~ 240 VAC, 50 / 60 Hz, con cable
Alimentación celdas de carga	10 VDC \pm 5 %, 240 mA
Calibración (ajuste)	Cero (0.1 ~ 25 mV) / Span (0.46 ~ 100 μ V / D), por teclado
Memorias	NO
Carcasa	Aluminio
Batería	NO
Adaptador	NO
Interfaces	RS232 x 1, Salida 4~20 mA (14 bits), Salida 0 ~10 VDC (14 bits)
Dimensiones indicador	9.6 (W) x 16 (L) x 9.6 (H) cm
Funciones	Doble filtro digital, Comandos por RS232, Transmisión continua de peso por RS232, Calibración en 4 puntos
Opciones	NO

NOTA: Características y especificaciones técnicas y operativas sujetas a cambio sin previo aviso.

ANEXO C 6. ACONDICIONADOR DE SEÑAL PARA EL SENSOR LVDT

Series 1000 Oscillator/Demodulator

The Series 1000 Oscillator/Demodulators provide complete electrical support for AC LVDTs. Working from an unregulated DC input, the modules generate a stable sinusoidal excitation voltage for the transducer. The LVDT's secondary voltages are converted into DC voltage by the module's phase sensitive demodulator. The demodulator has automatic phase synchronization which simplifies installation and setup by eliminating the need to make phase angle adjustments for each transducer. An active, three-pole filter in the final stage reduces output ripple while maximizing frequency response. Other features include zero and span controls, full encapsulation, threaded inserts for mounting, and selflocking terminal strips.



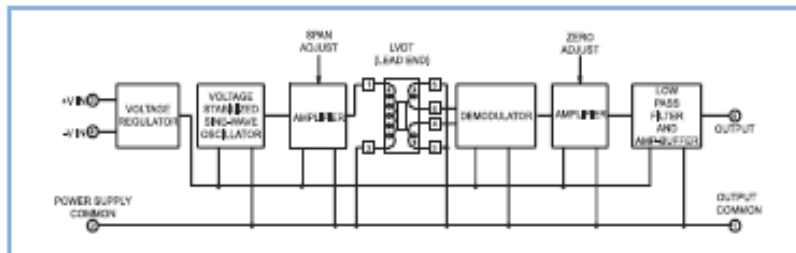
KEY FEATURES

- Works with 5 and 6 wire LVDTs
- Internally Regulated
- DC Voltage or 4-20 mA Output
- High Frequency Response

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

INPUT POWER	Voltage	± 14.5 to ± 28 VDC, Input polarity protected NOTE: DUAL DC OUTPUT POWER SUPPLY REQUIRED
	Current	± 150 mA Max. plus LVDT current
OSCILLATOR OUTPUT TO LVDT	Voltage	4.25 to 5.75 VRMS adjustable via 15 turn span control
	Current	Will drive LVDTs with primary impedance of 100 Ohms or greater. Short circuit and thermally protected
SIGNAL OUTPUT - VOLTAGE	Voltage	DC output is 2 times the RMS output of the LVDT. Output voltage is limited to ± 12 VDC.
MODELS 1000-0011, 1000-0012, 1000-0014	Current	± 3 mA without distortion
	Impedance	Less than 5 Ohms
	Ripple	0.015 VRMS Max.
SIGNAL OUTPUT - CURRENT	Current	4-20 mA output with LVDT whose sensitivity is 0.5 V/V ($\pm 10\%$). Min. Full Scale Output current: 2-22 mA
MODELS 1000-0021, 1000-0022, 1000-0024	Load Impedance	$> 1 \times 10^{11}$ Ohms; Operation into loop impedance between 5 and 400 Ohms.
ACCURACY	Non-linearity	$\pm 0.05\%$ Max. over ± 10 VDC output
	Temp. Coef.	$< \pm 0.00025\%/^{\circ}\text{F}$ Zero, $< \pm 0.01\%$ output $^{\circ}\text{F}$ Span
TEMPERATURE RANGE	Operating	$+32^{\circ}\text{F}$ to $+158^{\circ}\text{F}$ (0°C to $+70^{\circ}\text{C}$)
	Storage	-67°F to $+257^{\circ}\text{F}$ (-55°C to $+125^{\circ}\text{C}$)
ZERO ADJUSTMENT		± 0.40 Min. VDC via 15 turn zero control
TERMINAL CONNECTIONS		Friction terminals with self locking screws, accepts up to #16 AWG wire.

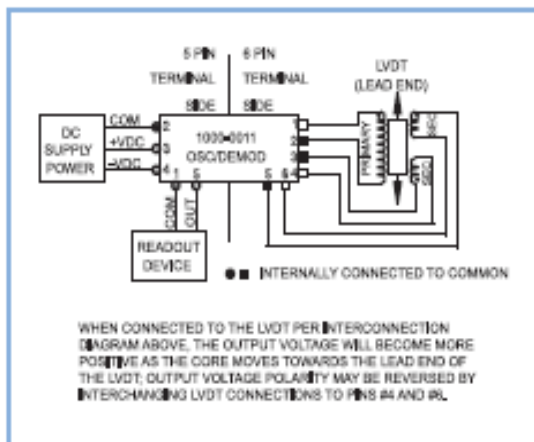
BLOCK DIAGRAM



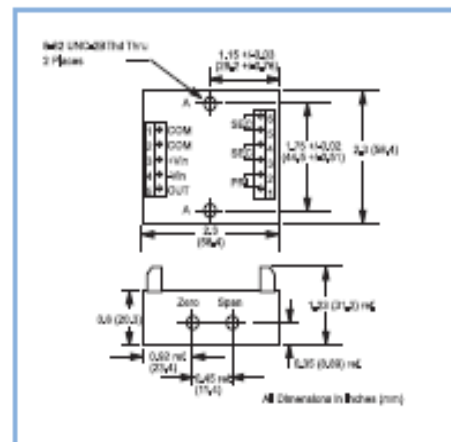
Tel: 800-828-3964 Fax: 860-872-4211
860-872-8351 Web: www.transtekinc.com

SERIES 1000 Oscillator/ Demodulator

INTERCONNECTION DIAGRAM



DIMENSIONAL DIAGRAM



NOTE:

1. 4 wire LVDT connection requires access to the center connection of both secondaries. One wire from each of the secondaries and the primary will be tied together and attached to COMMON. The remaining three leads will be connected as shown in the connection diagram.

VOLTAGE AND 4-20 mA OUTPUT VERSIONS

The equivalent models for voltage and 4-20 mA output are shown in the table below, along with frequency, phase angle and frequency response for each. All of these modules are physically

identical and require the same dual bipolar voltage supply. The output pins 5 and 1 are used for the current output.

VDC MODEL	4-20 mA MODEL	FREQUENCY KHz $\pm 10\%$	LVDT PHASE ANGLE	FREQUENCY RESPONSE, Hz
1000-0011	1000-0021	3	ALL	> 500
1000-0012	1000-0022	7	> 10 Degrees	> 1000
1000-0014	1000-0024	7	< 10 Degrees	> 1000

Note: Current Loop impedance must be between 5 and 400 Ohms for linear operation.

SALES OPTIONS

Option #	Description
X0003:	Provide special zero offset and/or sensitivity
X0005:	Provide special cutoff frequency

TRANS-TEK
INCORPORATED

ANEXO C 7. OPTOACOPLADOR MCT6 (FOTOTRANSISTOR DUAL)



DUAL PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS

MCT6

MCT61

MCT62

DESCRIPTION

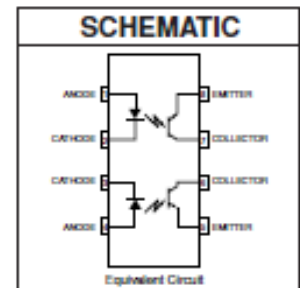
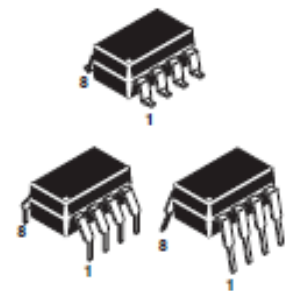
The MCT6X Optocouplers have two channels for density applications. For four channel applications, two-packages fit into a standard 16-pin DIP socket. Each channel is an NPN silicon planar phototransistor optically coupled to a gallium arsenide infrared emitting diode.

FEATURES

- Two isolated channels per package
- Two packages fit into a 16 lead DIP socket
- Choice of three current transfer ratios
- Underwriters Laboratory (U.L.) recognized File E90700

APPLICATIONS

- AC Line/Digital Logic - isolate high voltage transients
- Digital Logic/Digital Logic - Eliminate spurious grounds
- Digital Logic/AC Triac Control - isolate high voltage transients
- Twisted pair line receiver - Eliminate ground loop feedthrough
- Telephone/Telegraph line receiver - isolate high voltage transients
- High Frequency Power Supply Feedback Control - Maintain floating grounds and transients
- Relay contact monitor - isolate floating grounds and transients
- Power supply monitor - Isolate transients



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS			
Rating	Symbol	Value	Unit
EMITTER (Each channel)			
Forward Current - Continuous	I_F	60	mA
Forward Current - Peak (PW = 1 μ s, 300pps)	$I_F(pk)$	3	A
Reverse Voltage	V_R	3.0	V
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25 $^\circ\text{C}$ (Total Input)	P_D	100 1.3	mW mW/ $^\circ\text{C}$
DETECTOR (Each channel)			
Collector Current - Continuous	I_C	30	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25 $^\circ\text{C}$	P_D	150 2.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
TOTAL DEVICE			
Storage Temperature	T_{STG}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	T_{OPR}	-55 to +100	$^\circ\text{C}$
Lead Solder Temperature (wave solder)	T_{SOL}	250 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25 $^\circ\text{C}$	P_D	400 5.33	mW mW/ $^\circ\text{C}$

MCT6

MCT61

MCT62

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless otherwise specified.)

INDIVIDUAL COMPONENT CHARACTERISTICS

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ**	Max	Unit
EMITTER						
Input Forward Voltage	($I_F = 20\text{ mA}$)	V_F		1.2	1.5	V
Reverse Voltage	($I_R = 10\ \mu\text{A}$)	V_R	3.0	25		V
Reverse Current	($V_R = 5\text{ V}$)	I_R		0.001	10	μA
Junction Capacitance	($V_F = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_J		50		pF
DETECTOR						
Collector-Emitter Breakdown Voltage	($I_C = 1.0\text{ mA}$, $I_F = 0$)	BV_{CEO}	30	85		V
Emitter-Collector Breakdown Voltage	($I_E = 100\ \mu\text{A}$, $I_F = 0$)	BV_{ECO}	6	13		V
Collector-Emitter Dark Current	($V_{CE} = 10\text{ V}$, $I_F = 0$)	I_{CEO}		5	100	nA
Capacitance	($V_{CE} = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_{CE}		8		pF

TRANSFER CHARACTERISTICS

AC Characteristic	Test Conditions	Symbol	Min	Typ**	Max	Units
SWITCHING TIMES						
Non-Saturated Turn-on Time	($R_L = 100\ \Omega$, $I_C = 2\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$)	t_{on}		2.4		μs
Non-Saturated Turn-off Time	($R_L = 100\ \Omega$, $I_C = 2\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$)	t_{off}		2.4		μs

TRANSFER CHARACTERISTICS

DC Characteristic	Test Conditions	Symbol	Min	Typ**	Max	Units
Current Transfer Ratio, Collector-Emitter						
MCT6	($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CE} = 10\text{ V}$)	CTR	20			%
MCT61	($I_F = 5\text{ mA}$, $V_{CE} = 5\text{ V}$)		50			
MCT62			100			
Saturation Voltage	($I_F = 16\text{ mA}$, $I_C = 2\text{ mA}$)	$V_{CE(sat)}$		0.15	0.40	V

ISOLATION CHARACTERISTICS

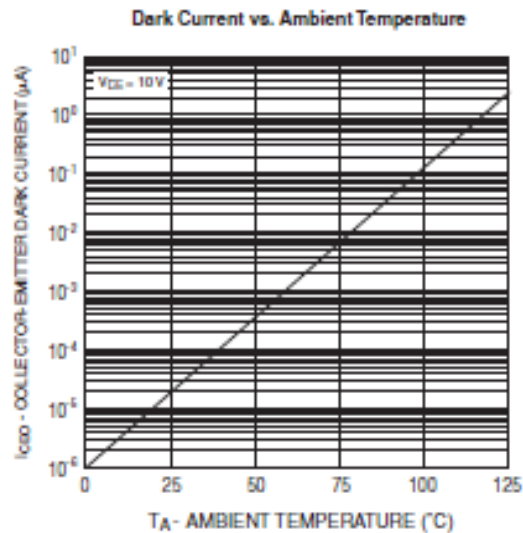
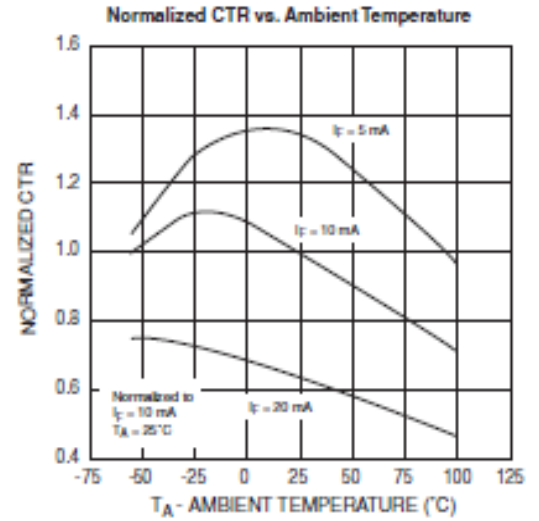
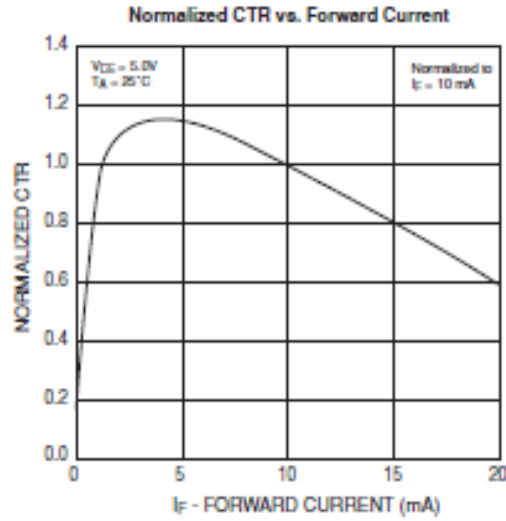
Characteristic	Test Conditions	Symbol	Min	Typ**	Max	Units
Input-Output Isolation Voltage	($I_{LO} \leq 1\ \mu\text{A}$, $t = 1\text{ min.}$)	V_{ISO}	5300			Vac(rms)
Isolation Resistance	($V_{LO} = 500\text{ VDC}$)	R_{ISO}	10^{11}			Ω
Isolation Capacitance	($f = 1\text{ MHz}$)	C_{ISO}		0.5		pf

** All typicals at $T_A = 25^\circ\text{C}$

MCT6

MCT61

MCT62



ANEXO C 8. CONVERTIDOR DC/DC NO REGULADO DCP012415



DCP01B SERIES

SBVSO12B - DECEMBER 2000 - REVISED OCTOBER 2004

Miniature, 1W Isolated UNREGULATED DC/DC CONVERTERS

FEATURES

- Up To 85% Efficiency
- Thermal Protection
- Device-to-Device Synchronization
- Short-Circuit Protection
- EN55022 Class B EMC Performance
- UL1950 Recognized Component
- JEDEC DIP-14 and SOP-14 Packages

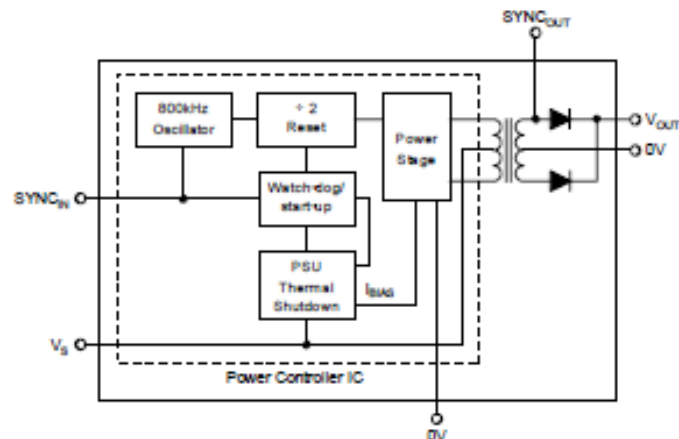
APPLICATIONS

- Point-of-Use Power Conversion
- Ground Loop Elimination
- Data Acquisition
- Industrial Control and Instrumentation
- Test Equipment

DESCRIPTION

The DCP01B series is a family of 1W, unregulated, isolated DC/DC converters. Requiring a minimum of external components and including on-chip device protection, the DCP01B series provides extra features such as output disable and synchronization of switching frequencies.

The use of a highly-integrated package design results in highly reliable products with a power density of 40W/in³ (2.4W/cm³). This combination of features and small sizes makes the DCP01B suitable for a wide range of applications.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet. All trademarks are the property of their respective owners.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \text{nominal}$, $C_{IN} = 2.2\mu\text{F}$, and $C_{OUT} = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise noted.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	DCP01B SERIES			UNITS
		MIN	TYP	MAX	
Output					
Power	100% full load		0.97		W
Ripple	O/P capacitor = $1\mu\text{F}$, 50% load		20		mV _{pp}
Voltage vs Temperature	Room to cold		0.046		%/°C
	Room to hot		0.016		%/°C
Input					
Voltage range on V_S		-10		+10	%
Isolation					
Voltage	1s flash test	1			kVrms
	60s test, UL1950 ⁽¹⁾	1			kVrms
Line Regulation					
Voltage Source (V_S)	Minimum $V_S \leq I_O$ constant \leq typical V_S Typical $V_S \leq I_O$ constant \leq maximum V_S		1	15 ⁽²⁾	% change of V_S
Switching/Synchronization					
Oscillator frequency (f_{osc})	Switching frequency = $f_{osc}/2$		800		kHz
Sync input low				0.4	V
Sync input current	$V_{sync} = +2\text{V}$		75		μA
Disable time			2		μs
Capacitance loading on SYNC _{IN} pin	External			3	pF
Reliability					
Demonstrated	MSL 3-(U) versions $T_A = +55^\circ\text{C}$		-40	+70	°C
Thermal Shutdown					
IC temperature at shutdown			+150		°C
Shutdown current			3		mA
Temperature Range					
Operating			-40	+100	°C

⁽¹⁾ During UL1950 recognition tests only.

⁽²⁾ Line regulation is measured at constant load current. Line regulation = $(V_{OUT} \text{ at } I_{OUT} \text{ fixed})/V_S$. Variation % = $V_S \text{ min to } V_S \text{ typ, } V_S \text{ typ to } V_S \text{ max}$.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS PER DEVICE

 At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \text{nominal}$, $C_{IN} = 2.2\mu\text{F}$, and $C_{OUT} = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise noted.

PRODUCT	INPUT VOLTAGE (V)			OUTPUT VOLTAGE (V)			LOAD REGULATION (%)		NO LOAD CURRENT (mA)	EFFICIENCY (%)	BARRIER CAPACITANCE (pF)
	MIN	TYP	MAX	$V_{NOM} = V_S$ Typical			10% TO 100% LOAD ⁽⁴⁾		0% LOAD	100% LOAD	$C_{ISO} = 760V_{RMS}$
				MIN	TYP	MAX	TYP	MAX	TYP	TYP	
DCP010505B	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	19	31	20	80	3.6
DCP010505DB	4.5	5	5.5	±4.25	±5	±5.75	18	32	22	81	3.8
DCP010512B	4.5	5	5.5	11.4	12	12.6	21	38	29	85	5.1
DCP010512DB	4.5	5	5.5	±11.4	±12	±12.6	19	37	40	82	4.0
DCP010515B	4.5	5	5.5	14.25	15	15.75	26	42	34	82	3.8
DCP010515DB	4.5	5	5.5	±14.25	±15	±15.75	19	41	42	85	4.7
DCP011512DB	13.5	15	16.5	±11.4	±12	±12.6	11	39	19	78	2.5
DCP011515DB	13.5	15	16.5	±14.25	±15	±15.75	12	39	20	80	2.5
DCP012405B	21.6	24	26.4	4.75	5	5.25	13	23	14	77	2.5
DCP012415DB	21.6	24	26.4	±14.25	±15	±15.75	10	35	17	76	3.8

⁽³⁾ 100% load current = $1/WV_S$ typical.

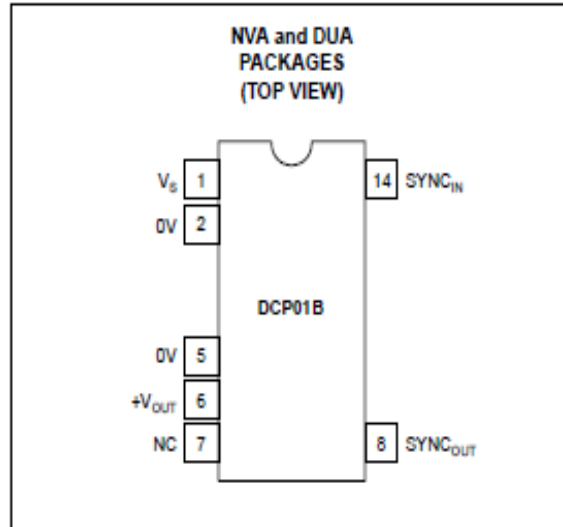
⁽⁴⁾ Load regulation = $(V_{OUT} \text{ at } 10\% \text{ load} - V_{OUT} \text{ at } 100\% \text{ load})/V_{OUT} \text{ at } 75\% \text{ load}$.

DCP01B SERIES



SBVS012B - DECEMBER 2000 - REVISED OCTOBER 2004

PIN ASSIGNMENTS (Single Voltage Version)

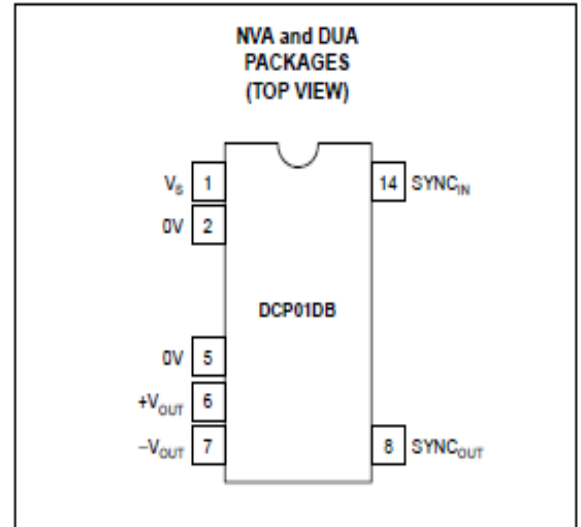


Terminal Functions (Single Voltage)

TERMINAL NAME	NO.	I/O	DESCRIPTION
V_S	1	I	Voltage input
0V	2	I	Input side common
0V	5	O	Output side common
$+V_{OUT}$	6	O	+Voltage out
NC	7		Not connected
$SYNC_{OUT}$	8	O	Unrectified transformer output
$SYNC_{IN}$	14	I	Synchronization pin

NOTE: I = input and O = output.

PIN ASSIGNMENTS (Dual Voltage Version)



Terminal Functions (Dual Voltage)

TERMINAL NAME	NO.	I/O	DESCRIPTION
V_S	1	I	Voltage input
0V	2	I	Input side common
0V	5	O	Output side common
$+V_{OUT}$	6	O	+Voltage out
$-V_{OUT}$	7	O	-Voltage out
$SYNC_{OUT}$	8	O	Unrectified transformer output
$SYNC_{IN}$	14	I	Synchronization pin

NOTE: I = input and O = output.

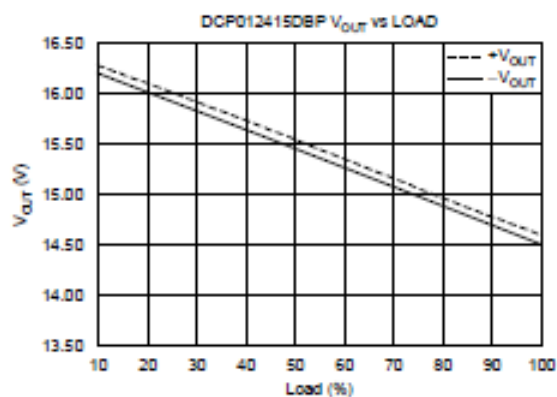
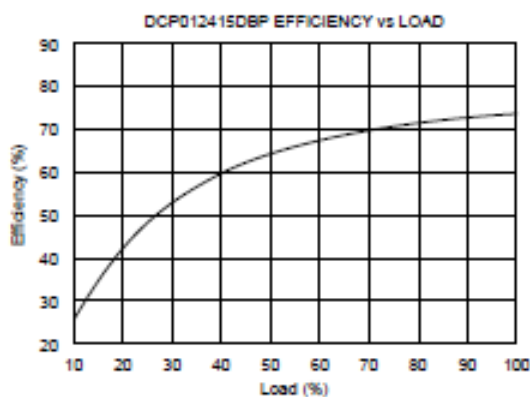
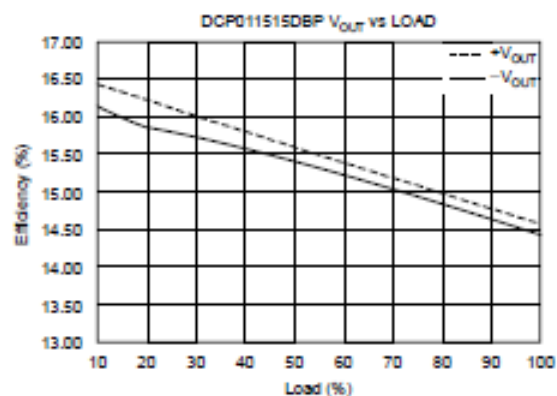
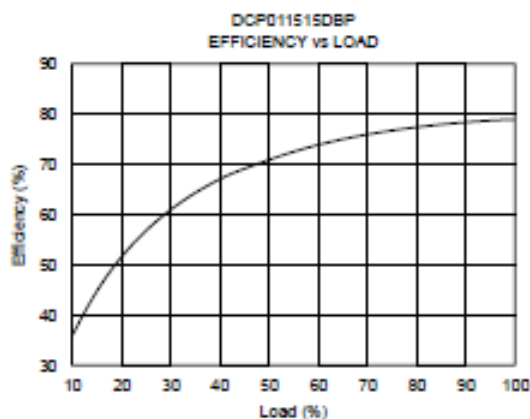
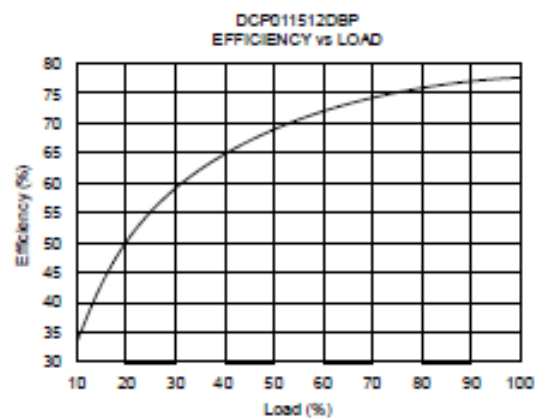
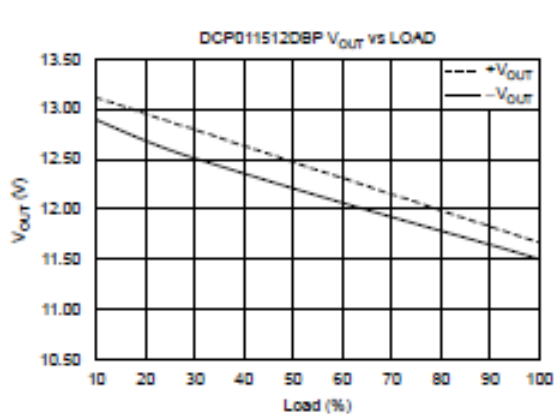
DCP01B SERIES



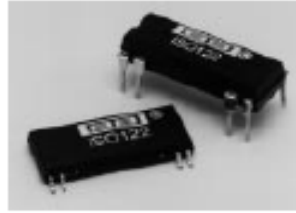
SBV8012B - DECEMBER 2000 - REVISED OCTOBER 2004

TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

At $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.



ANEXO C 9. AMPLIFICADOR DE AISLAMIENTO ISO 122



ISO122

Precision Lowest Cost ISOLATION AMPLIFIER

FEATURES

- 100% TESTED FOR HIGH-VOLTAGE BREAKDOWN
- RATED 1500Vrms
- HIGH IMR: 140dB at 60Hz
- BIPOLAR OPERATION: $V_{OS} = \pm 10V$
- 16-PIN PLASTIC DIP AND 28-LEAD SOIC
- EASE OF USE: Fixed Unity Gain Configuration
- 0.020% max NONLINEARITY
- $\pm 4.5V$ to $\pm 18V$ SUPPLY RANGE

APPLICATIONS

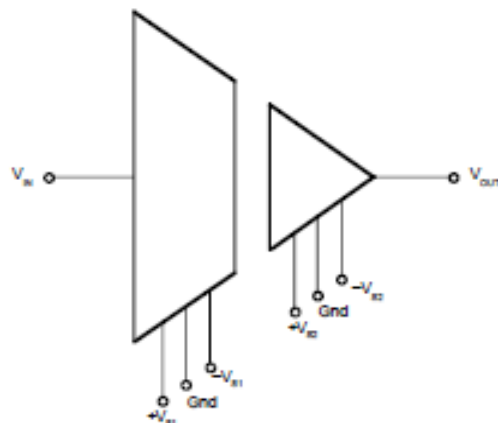
- INDUSTRIAL PROCESS CONTROL:
Transducer Isolator, Isolator for Thermocouples, RTDs, Pressure Bridges, and Flow Meters, 4mA to 20mA Loop Isolation
- GROUND LOOP ELIMINATION
- MOTOR AND SCR CONTROL
- POWER MONITORING
- PC-BASED DATA ACQUISITION
- TEST EQUIPMENT

DESCRIPTION

The ISO122 is a precision isolation amplifier incorporating a novel duty cycle modulation-demodulation technique. The signal is transmitted digitally across a 2pF differential capacitive barrier. With digital modulation the barrier characteristics do not affect signal integrity, resulting in excellent reliability and good high frequency transient immunity across the barrier. Both barrier capacitors are imbedded in the plastic body of the package.

The ISO122 is easy to use. No external components are required for operation. The key specifications are 0.020% max nonlinearity, 50kHz signal bandwidth, and $200\mu V/^\circ C$ V_{OS} drift. A power supply range of $\pm 4.5V$ to $\pm 18V$ and quiescent currents of $\pm 5.0mA$ on V_{S1} and $\pm 5.5mA$ on V_{S2} make these amplifiers ideal for a wide range of applications.

The ISO122 is available in 16-pin plastic DIP and 28-lead plastic surface mount packages.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400 • Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd. • Tucson, AZ 85706
Tel: (520) 746-1111 • Telex: 910-952-1111 • Cable: BBRCORP • Telex: 966-6491 • FAX: (520) 885-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-6132

SPECIFICATIONS

At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{BI} = V_{BO} = \pm 15\text{V}$, and $R_L = 2\text{k}\Omega$ unless otherwise noted.

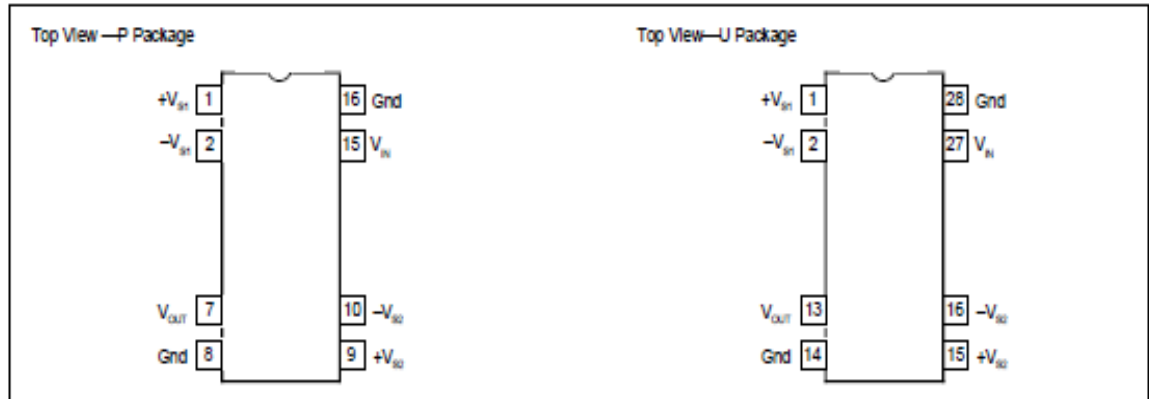
PARAMETER	CONDITIONS	ISO122PIU			ISO122PIJU			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
ISOLATION Voltage Rated Continuous AC 60Hz 100% Test ⁽¹⁾ Isolation Mode Rejection Barrier Impedance Leakage Current at 60Hz	1s, 5pc PD 60Hz $V_{BO} = 240\text{Vrms}$	1500 2400	140 $10^{11} \parallel 2$ 0.18	0.5	*	*	*	VAC VAC dB $\Omega \parallel \mu\text{F}$ μArms
GAIN Nominal Gain Gain Error Gain vs Temperature Nonlinearity ⁽²⁾	$V_O = \pm 10\text{V}$		1 ± 0.05 ± 10 ± 0.016	± 0.50 ± 0.020		*	*	V/V %FSR ppm/ $^\circ\text{C}$ %FSR
INPUT OFFSET VOLTAGE Initial Offset vs Temperature vs Supply Noise			± 20 ± 200 ± 2 4	± 50		*	*	mV $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ mV/V $\mu\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$
INPUT Voltage Range Resistance		± 10	± 12.5 200		*	*		V k Ω
OUTPUT Voltage Range Current Drive Capacitive Load Drive Ripple Voltage ⁽³⁾		± 10 ± 5	± 12.5 ± 15 0.1 20		*	*	*	V mA μF mV/p-p
FREQUENCY RESPONSE Small Signal Bandwidth Slew Rate Settling Time 0.1% 0.01% Overload Recover Time	$V_O = \pm 10\text{V}$		50 2 50 350 150			*	*	kHz V/ μs μs μs μs
POWER SUPPLIES Rated Voltage Voltage Range Quiescent Current: V_{BI} V_{BO}		± 4.5	± 15 ± 5.0 ± 5.5	± 18 ± 7.0 ± 7.0	*	*	*	V V mA mA
TEMPERATURE RANGE Specification Operating Storage θ_{JA} θ_{JC}		-25 -25 -40		+85 +85 +85	*	*	*	$^\circ\text{C}$ $^\circ\text{C}$ $^\circ\text{C}$ $^\circ\text{C}/\text{W}$ $^\circ\text{C}/\text{W}$

* Specification same as ISO122PIU.

NOTES: (1) Tested at 1.6 X rated, fall on 5pc partial discharge. (2) Nonlinearity is the peak deviation of the output voltage from the best-fit straight line. It is expressed as the ratio of deviation to FSR. (3) Ripple frequency is at carrier frequency (500kHz).

The information provided herein is believed to be reliable; however, BURR-BROWN assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. BURR-BROWN assumes no responsibility for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. Prices and specifications are subject to change without notice. No patent rights or licenses to any of the circuits described herein are implied or granted to any third party. BURR-BROWN does not authorize or warrant any BURR-BROWN product for use in life support devices and/or systems.

CONNECTION DIAGRAM



PACKAGE INFORMATION⁽¹⁾

MODEL	PACKAGE	PACKAGE DRAWING NUMBER
ISO122P	16-Pin Plastic DIP	238
ISO122JP	16-Pin Plastic DIP	238
ISO122U	28-Pin Plastic SOIC	217-1
ISO122JU	28-Pin Plastic SOIC	217-1

NOTE: (1) For detailed drawing and dimension table, please see end of data sheet, or Appendix D of Burr-Brown IC Data Book.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

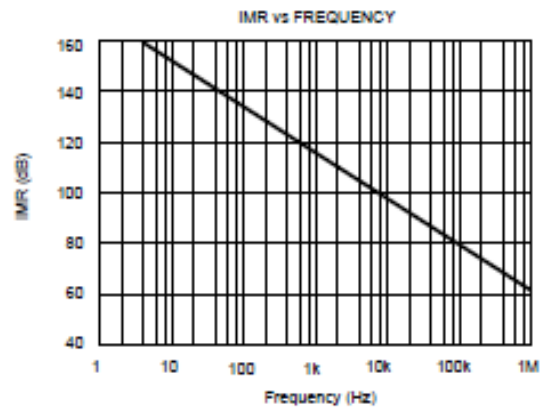
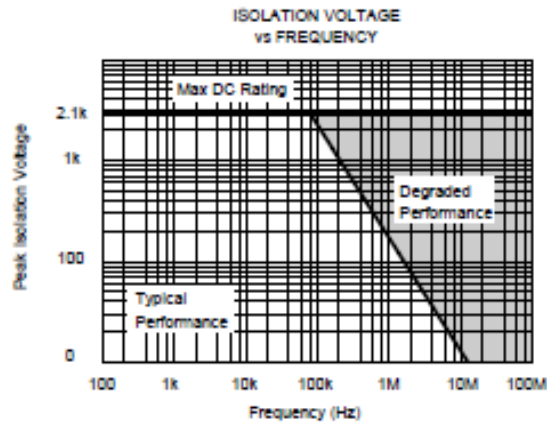
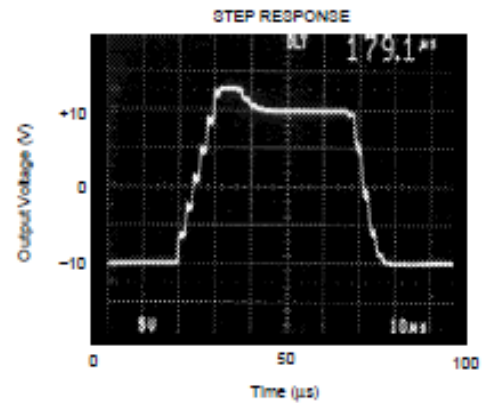
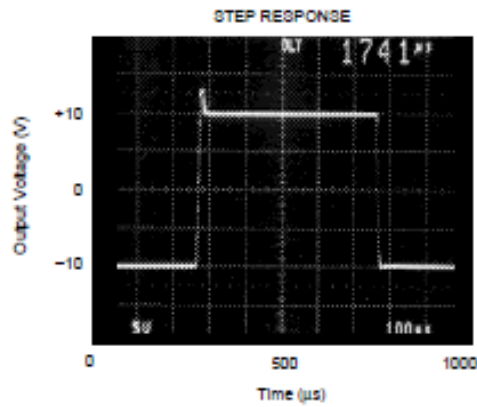
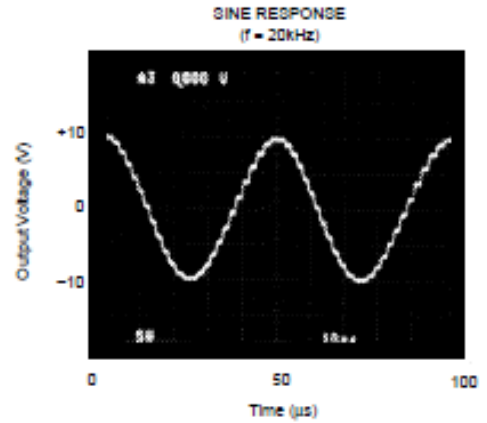
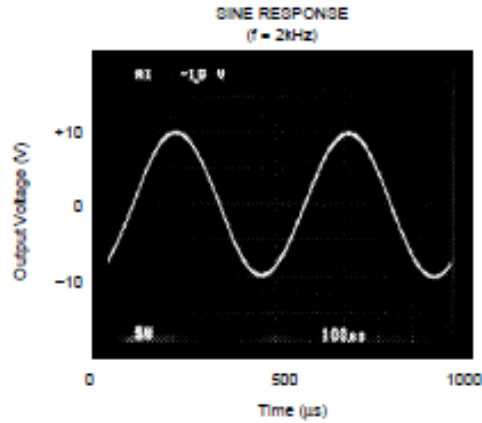
Supply Voltage	±15V
V_{in}	±100V
Continuous Isolation Voltage	1500Vrms
Junction Temperature	+150°C
Storage Temperature	+85°C
Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Output Short to Common	Continuous

ORDERING INFORMATION

MODEL	PACKAGE	NONLINEARITY MAX %FSR
ISO122P	Plastic DIP	±0.020
ISO122JP	Plastic DIP	±0.050
ISO122U	Plastic SOIC	±0.020
ISO122JU	Plastic SOIC	±0.050

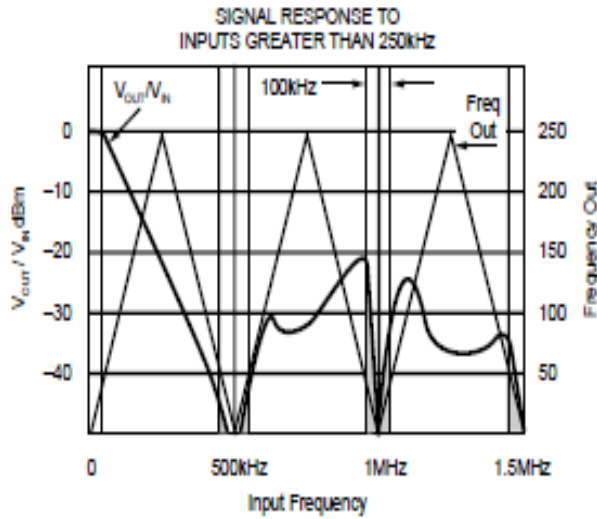
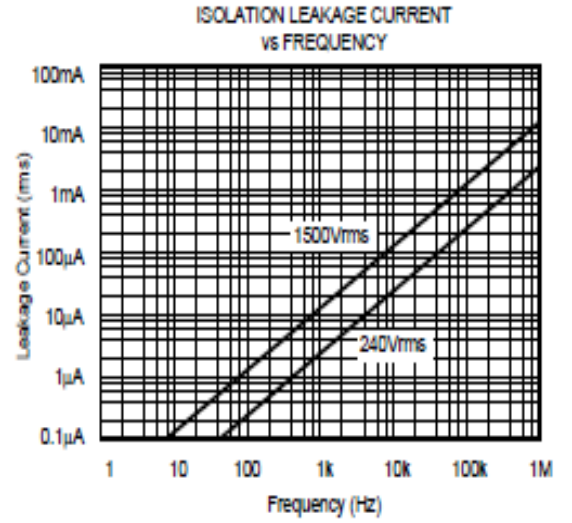
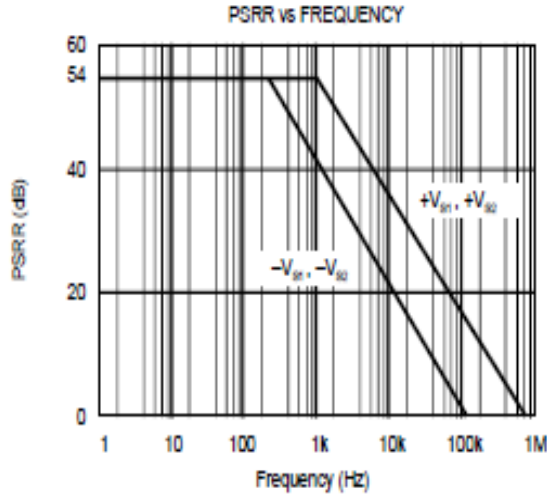
TYPICAL PERFORMANCE CURVES

$T_a = +25^\circ\text{C}$, $V_a = \pm 15\text{V}$ unless otherwise noted.



TYPICAL PERFORMANCE CURVES

$T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$ unless otherwise noted.



(NOTE: Shaded area shows aliasing frequencies that cannot be removed by a low-pass filter at the output.)

ANEXO C 10. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS



Ventas
Colombia
01 8000 513680
orders@ni.com

NI PCI-6232

16 Bits, 250 kS/s, 16 canales de AI, Líneas DIO de 24 V tipo Sourcing, Aislamiento entre Bancos

- Aislamiento continuo entre bancos de 60 VDC, aislamiento entre canal y bus de 1,400 Vrms/1,950 VDC por 5 s
- 2 salidas analógicas, resolución de 16 bits, hasta 500 kS/s
- 6 entradas digitales y 4 salidas digitales tipo sourcing, 24 V
- 2 contadores/temporizadores a 80 MHz de 32 bits de resolución
- La tecnología de calibración NI-MCal proporciona una mayor precisión
- Software controlador NI-DAQmx y software Interactivo NI LabVIEW SignalExpress LE para registro de datos



Información General

La PCI-6232 de National Instruments es una tarjeta aislada de adquisición de datos (DAQ) multifunción de la Serie M. Combina los beneficios de seguridad y rendimiento del aislamiento con tecnologías de temporización, amplificación y calibración de alto rendimiento para ofrecer medidas y control precisos.

El aislamiento brinda:

1. Seguridad contra transitorios
2. Rechazo de ruido
3. Lazos a tierra reducidos
4. Rechazo de voltaje de modo común

La PCI-6232 es ideal para aplicaciones de pruebas, medidas, control y diseño en ambientes con altos voltajes y ruido eléctrico. Usted puede usar la PCI-6232 para leer desde codificadores, medidores de flujo y sensores de proximidad así como válvulas, bombas y relés.

La familia de dispositivos aislados de la Serie M incorpora las avanzadas tecnologías de la Serie M incluyendo el controlador de sistema NI-STC 2, el amplificador de instrumentación programable NI-PGIA 2, y la tecnología de calibración NI-MCal para mejorar el rendimiento y la precisión. Para aprender más sobre las tecnologías de la Serie M, por favor consulte la hoja de datos y especificaciones.

Software Controlador

Los dispositivos de la Serie M funcionan con diversos sistemas operativos usando tres opciones de software incluyendo NI-DAQmx, NI-DAQmx Base y el Hardware de Medida DDK. Busque la información en la sección de Recursos para aprender más y descargar el software controlador. Los dispositivos de la Serie M no son compatibles con el controlador Traditional NI-DAQ (Legado).

Software de Aplicación

Con NI LabVIEW usted puede crear aplicaciones DAQ personalizadas gracias a la facilidad de la programación gráfica de más de 500 funciones de análisis. Los Sistemas de Desarrollo Completo y Profesional de LabVIEW incluyen LabVIEW SignalExpress para registro de datos interactivo. Los dispositivos DAQ de la Serie M son compatibles con las siguientes versiones (o posteriores) de software de aplicación de NI – LabVIEW 7.x, LabWindows™/CVI 7.x, o Measurement Studio 7.x; LabVIEW SignalExpress 1.x; o LabVIEW con el Módulo LabVIEW Real-Time 7.1. Los dispositivos DAQ de la Serie M también son compatibles con Visual Studio .NET, C/C++ y Visual Basic 6.

Especificaciones

Documentos con Especificaciones

- Especificaciones Detalladas
- Hoja de Datos (Inglés)

Resumen de Especificaciones

General	
Formato Físico	PCI
Sistema Operativo / Objetivo	Windows, Real-Time
Tipos de Medida	Digital, Frecuencia, Codificadores de cuadratura, Voltaje
Familia de Productos DAQ	Serie M
Soporte para LabVIEW RT	Si
Tipo de Aislamiento	Aislamiento entre Bancos
Compatibilidad con RoHS	Si
Entrada Analógica	
Número de Canales	16 SE/8 DI
Velocidad de Muestreo	250 kS/s
Resolución	16 bits
Muestreo Simultáneo	No
Rango de Voltaje Máximo	-10..10 V
Precisión del Rango	3.1 mV
Sensibilidad del Rango	97.6 μ V
Rango de Voltaje Mínimo	-0.2..0.2 V
Precisión del Rango	112 μ V
Sensibilidad del Rango	5.2 μ V
Número de Rangos	4
Memoria Interna	4096 muestras
Salida Analógica	
Número de Canales	2

Razón de Actualización	500 kS/s
Resolución	16 bits
Rango de Voltaje Máximo	-10..10 V
Precisión del Rango	3.23 μ V
Rango de Voltaje Mínimo	-10..10 V
Precisión del Rango	3.23 μ V
Capacidad de Corriente (Canal/Total)	5 mA/10 mA
E/S Digital	
Número de Canales	6 DI/4 DO
Temporización	Software
Niveles Lógicos	24 V
Máximo Rango de Entrada	0..30 V
Máximo Rango de Salida	0..30 V
Entrada de Flujo de Corriente	Sinking, Sourcing
Filtros de Entrada Programables	Si
Salida de Flujo de Corriente	Sourcing
Capacidad de Corriente (Canal/Total)	350 mA/400 mA
Temporizador Watchdog	No
¿Soporta Estados de Encendido Programables?	Si
¿Soporta Protocolo de Sincronización para E/S?	No
¿Soporta E/S de Patrones?	No
Contadores/Temporizadores	
Número de Contadores/Temporizadores	2
Resolución	32 bits
Frecuencia Máxima de la Fuente	80 MHz
Entrada Mínima de Ancho de Pulso	12.5 ns
Niveles Lógicos	24 V
Rango Máximo	0..30 V
Estabilidad de Tiempo	50 ppm
Sincronización GPS	No
Generación de Pulso	Si

ANEXO D. NORMAS ASTM

ANEXO D. 1. NORMA ASTM D638 – 08



Designation: D 638 – 08

Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics¹

This standard is issued under the fixed designation D 638; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers the determination of the tensile properties of unreinforced and reinforced plastics in the form of standard dumbbell-shaped test specimens when tested under defined conditions of pretreatment, temperature, humidity, and testing machine speed.

1.2 This test method can be used for testing materials of any thickness up to 14 mm (0.55 in.). However, for testing specimens in the form of thin sheeting, including film less than 1.0 mm (0.04 in.) in thickness, Test Methods D 882 is the preferred test method. Materials with a thickness greater than 14 mm (0.55 in.) must be reduced by machining.

1.3 This test method includes the option of determining Poisson's ratio at room temperature.

NOTE 1—This test method and ISO 527-1 are technically equivalent.

NOTE 2—This test method is not intended to cover precise physical procedures. It is recognized that the constant rate of crosshead movement type of test leaves much to be desired from a theoretical standpoint, that wide differences may exist between rate of crosshead movement and rate of strain between gage marks on the specimen, and that the testing speeds specified disguise important effects characteristic of materials in the plastic state. Further, it is realized that variations in the thicknesses of test specimens, which are permitted by these procedures, produce variations in the surface-volume ratios of such specimens, and that these variations may influence the test results. Hence, where directly comparable results are desired, all samples should be of equal thickness. Special additional tests should be used where more precise physical data are needed.

NOTE 3—This test method may be used for testing phenolic molded resin or laminated materials. However, where these materials are used as electrical insulation, such materials should be tested in accordance with Test Methods D 229 and Test Method D 651.

NOTE 4—For tensile properties of resin-matrix composites reinforced with oriented continuous or discontinuous high modulus >20 -GPa [$>3.0 \times 10^6$ -psi] fibers, tests shall be made in accordance with Test Method D 3039/D 3039M.

1.4 Test data obtained by this test method are relevant and appropriate for use in engineering design.

1.5

1.6 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

- D 229 Test Methods for Rigid Sheet and Plate Materials Used for Electrical Insulation
- D 412 Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers—Tension
- D 618 Practice for Conditioning Plastics for Testing
- D 651 Method of Test for Tensile Strength of Molded Electrical Insulating Material³
- D 882 Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting
- D 883 Terminology Relating to Plastics
- D 1822 Test Method for Tensile-Impact Energy to Break Plastics and Electrical Insulating Materials
- D 3039/D 3039M Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials
- D 4000 Classification System for Specifying Plastic Materials
- D 4066 Classification System for Nylon Injection and Extrusion Materials (PA)
- D 5947 Test Methods for Physical Dimensions of Solid Plastics Specimens
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines
- E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometer Systems
- E 132 Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature
- E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

2.2 *ISO Standard*⁴
ISO 527-1 Determination of Tensile Properties

3. Terminology

3.1 *Definitions*—Definitions of terms applying to this test method appear in Terminology D 883 and Annex A2.

4. Significance and Use

4.1 This test method is designed to produce tensile property data for the control and specification of plastic materials. These data are also useful for qualitative characterization and for research and development. For many materials, there may be a specification that requires the use of this test method, but with some procedural modifications that take precedence when adhering to the specification. Therefore, it is advisable to refer to that material specification before using this test method. Table 1 in Classification D 4000 lists the ASTM materials standards that currently exist.

4.2 Tensile properties may vary with specimen preparation and with speed and environment of testing. Consequently, where precise comparative results are desired, these factors must be carefully controlled.

4.2.1 It is realized that a material cannot be tested without also testing the method of preparation of that material. Hence, when comparative tests of materials per se are desired, the greatest care must be exercised to ensure that all samples are prepared in exactly the same way, unless the test is to include the effects of sample preparation. Similarly, for referee purposes or comparisons within any given series of specimens, care must be taken to secure the maximum degree of uniformity in details of preparation, treatment, and handling.

4.3 Tensile properties may provide useful data for plastics engineering design purposes. However, because of the high degree of sensitivity exhibited by many plastics to rate of straining and environmental conditions, data obtained by this test method cannot be considered valid for applications involving load-time scales or environments widely different from those of this test method. In cases of such dissimilarity, no reliable estimation of the limit of usefulness can be made for most plastics. This sensitivity to rate of straining and environment necessitates testing over a broad load-time scale (including impact and creep) and range of environmental conditions if tensile properties are to suffice for engineering design purposes.

NOTE 5—Since the existence of a true elastic limit in plastics (as in many other organic materials and in many metals) is debatable, the propriety of applying the term “elastic modulus” in its quoted, generally accepted definition to describe the “stiffness” or “rigidity” of a plastic has been seriously questioned. The exact stress-strain characteristics of plastic materials are highly dependent on such factors as rate of application of stress, temperature, previous history of specimen, etc. However, stress-strain curves for plastics, determined as described in this test method, almost always show a linear region at low stresses, and a straight line drawn tangent to this portion of the curve permits calculation of an elastic modulus of the usually defined type. Such a constant is useful if its

arbitrary nature and dependence on time, temperature, and similar factors are realized.

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—A testing machine of the constant-rate-of-crosshead-movement type and comprising essentially the following:

5.1.1 *Fixed Member*—A fixed or essentially stationary member carrying one grip.

5.1.2 *Movable Member*—A movable member carrying a second grip.

5.1.3 *Grips*—Grips for holding the test specimen between the fixed member and the movable member of the testing machine can be either the fixed or self-aligning type.

5.1.3.1 *Fixed grips* are rigidly attached to the fixed and movable members of the testing machine. When this type of grip is used extreme care should be taken to ensure that the test specimen is inserted and clamped so that the long axis of the test specimen coincides with the direction of pull through the center line of the grip assembly.

5.1.3.2 *Self-aligning grips* are attached to the fixed and movable members of the testing machine in such a manner that they will move freely into alignment as soon as any load is applied so that the long axis of the test specimen will coincide with the direction of the applied pull through the center line of the grip assembly. The specimens should be aligned as perfectly as possible with the direction of pull so that no rotary motion that may induce slippage will occur in the grips; there is a limit to the amount of misalignment self-aligning grips will accommodate.

5.1.3.3 The test specimen shall be held in such a way that slippage relative to the grips is prevented insofar as possible. Grip surfaces that are deeply scored or serrated with a pattern similar to those of a coarse single-cut file, serrations about 2.4 mm (0.09 in.) apart and about 1.6 mm (0.06 in.) deep, have been found satisfactory for most thermoplastics. Finer serrations have been found to be more satisfactory for harder plastics, such as the thermosetting materials. The serrations should be kept clean and sharp. Breaking in the grips may occur at times, even when deep serrations or abraded specimen surfaces are used; other techniques must be used in these cases. Other techniques that have been found useful, particularly with smooth-faced grips, are abrading that portion of the surface of the specimen that will be in the grips, and interposing thin pieces of abrasive cloth, abrasive paper, or plastic, or rubber-coated fabric, commonly called hospital sheeting, between the specimen and the grip surface. No. 80 double-sided abrasive paper has been found effective in many cases. An open-mesh fabric, in which the threads are coated with abrasive, has also been effective. Reducing the cross-sectional area of the specimen may also be effective. The use of special types of grips is sometimes necessary to eliminate slippage and breakage in the grips.

5.1.4 *Drive Mechanism*—A drive mechanism for imparting to the movable member a uniform, controlled velocity with respect to the stationary member, with this velocity to be regulated as specified in Section 8.

5.1.5 *Load Indicator*—A suitable load-indicating mechanism capable of showing the total tensile load carried by the

⁴ Available from American National Standards Institute (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

test specimen when held by the grips. This mechanism shall be essentially free of inertia lag at the specified rate of testing and shall indicate the load with an accuracy of $\pm 1\%$ of the indicated value, or better. The accuracy of the testing machine shall be verified in accordance with Practices E 4.

NOTE 6—Experience has shown that many testing machines now in use are incapable of maintaining accuracy for as long as the periods between inspection recommended in Practices E 4. Hence, it is recommended that each machine be studied individually and verified as often as may be found necessary. It frequently will be necessary to perform this function daily.

5.1.6 The fixed member, movable member, drive mechanism, and grips shall be constructed of such materials and in such proportions that the total elastic longitudinal strain of the system constituted by these parts does not exceed 1% of the total longitudinal strain between the two gage marks on the test specimen at any time during the test and at any load up to the rated capacity of the machine.

5.1.7 *Crosshead Extension Indicator*—A suitable extension indicating mechanism capable of showing the amount of change in the separation of the grips, that is, crosshead movement. This mechanism shall be essentially free of inertia lag at the specified rate of testing and shall indicate the crosshead movement with an accuracy of $\pm 10\%$ of the indicated value.

5.2 *Extension Indicator (extensometer)*—A suitable instrument shall be used for determining the distance between two designated points within the gage length of the test specimen as the specimen is stretched. For referee purposes, the extensometer must be set at the full gage length of the specimen, as shown in Fig. 1. It is desirable, but not essential, that this instrument automatically record this distance, or any change in it, as a function of the load on the test specimen or of the elapsed time from the start of the test, or both. If only the latter is obtained, load-time data must also be taken. This instrument shall be essentially free of inertia at the specified speed of testing. Extensometers shall be classified and their calibration periodically verified in accordance with Practice E 83.

5.2.1 *Modulus-of-Elasticity Measurements*—For modulus-of-elasticity measurements, an extensometer with a maximum strain error of 0.0002 mm/mm (in./in.) that automatically and continuously records shall be used. An extensometer classified by Practice E 83 as fulfilling the requirements of a B-2 classification within the range of use for modulus measurements meets this requirement.

5.2.2 *Low-Extension Measurements*—For elongation-at-yield and low-extension measurements (nominally 20% or less), the same above extensometer, attenuated to 20% extension, may be used. In any case, the extensometer system must meet at least Class C (Practice E 83) requirements, which include a fixed strain error of 0.001 strain or $\pm 1.0\%$ of the indicated strain, whichever is greater.

5.2.3 *High-Extension Measurements*—For making measurements at elongations greater than 20%, measuring techniques with error no greater than $\pm 10\%$ of the measured value are acceptable.

5.3 *Micrometers*—Apparatus for measuring the width and thickness of the test specimen shall comply with the requirements of Test Method D 5947.

6. Test Specimens

6.1 Sheet, Plate, and Molded Plastics:

6.1.1 *Rigid and Semirigid Plastics*—The test specimen shall conform to the dimensions shown in Fig. 1. The Type I specimen is the preferred specimen and shall be used where sufficient material having a thickness of 7 mm (0.28 in.) or less is available. The Type II specimen may be used when a material does not break in the narrow section with the preferred Type I specimen. The Type V specimen shall be used where only limited material having a thickness of 4 mm (0.16 in.) or less is available for evaluation, or where a large number of specimens are to be exposed in a limited space (thermal and environmental stability tests, etc.). The Type IV specimen should be used when direct comparisons are required between materials in different rigidity cases (that is, nonrigid and semirigid). The Type III specimen must be used for all materials with a thickness greater than 7 mm (0.28 in.) but not more than 14 mm (0.55 in.).

6.1.2 *Nonrigid Plastics*—The test specimen shall conform to the dimensions shown in Fig. 1. The Type IV specimen shall be used for testing nonrigid plastics with a thickness of 4 mm (0.16 in.) or less. The Type III specimen must be used for all materials with a thickness greater than 7 mm (0.28 in.) but not more than 14 mm (0.55 in.).

6.1.3 *Reinforced Composites*—The test specimen for reinforced composites, including highly orthotropic laminates, shall conform to the dimensions of the Type I specimen shown in Fig. 1.

6.1.4 *Preparation*—Test specimens shall be prepared by machining operations, or die cutting, from materials in sheet, plate, slab, or similar form. Materials thicker than 14 mm (0.55 in.) must be machined to 14 mm (0.55 in.) for use as Type III specimens. Specimens can also be prepared by molding the material to be tested.

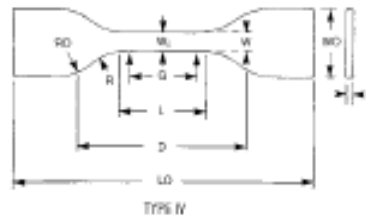
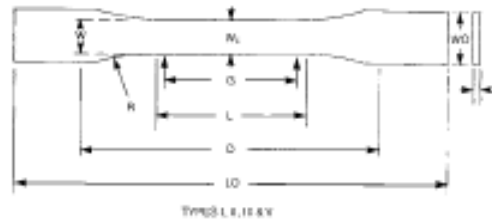
NOTE 7—Test results have shown that for some materials such as glass cloth, SMC, and BMC laminates, other specimen types should be considered to ensure breakage within the gage length of the specimen, as mandated by 7.3.

NOTE 8—When preparing specimens from certain composite laminates such as woven roving, or glass cloth, care must be exercised in cutting the specimens parallel to the reinforcement. The reinforcement will be significantly weakened by cutting on a bias, resulting in lower laminate properties, unless testing of specimens in a direction other than parallel with the reinforcement constitutes a variable being studied.

NOTE 9—Specimens prepared by injection molding may have different tensile properties than specimens prepared by machining or die-cutting because of the orientation induced. This effect may be more pronounced in specimens with narrow sections.

6.2 *Rigid Tubes*—The test specimen for rigid tubes shall be as shown in Fig. 2. The length, L , shall be as shown in the table in Fig. 2. A groove shall be machined around the outside of the specimen at the center of its length so that the wall section after machining shall be 60% of the original nominal wall thickness. This groove shall consist of a straight section 57.2 mm (2.25 in.) in length with a radius of 76 mm (3 in.) at each end joining it to the outside diameter. Steel or brass plugs having

ASTM D 638 - 08



Specimen Dimensions for Thickness, T , mm (in.)^A

Dimensions (see drawings)	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), Incl	4 (0.16) or under		Tolerances
	Type I	Type II	Type III	Type IV ^B	Type V ^{C,D}	
W —Width of narrow section ^{F,F'}	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	± 0.5 (± 0.02) ^{B,C}
L —Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	± 0.5 (± 0.02) ^C
WO —Width overall, min ^C	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	—	+ 6.4 (+ 0.25)
WO —Width overall, min ^C	—	—	—	—	9.53 (0.375)	+ 3.18 (+ 0.125)
LO —Length overall, min ^H	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	no max (no max)
G —Gage length ^I	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	—	7.62 (0.300)	± 0.25 (± 0.010) ^C
G —Gage length ^I	—	—	—	25 (1.00)	—	± 0.13 (± 0.005)
D —Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5)	25.4 (1.0)	± 5 (± 0.2)
R —Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	± 1 (± 0.04) ^C
RO —Outer radius (Type IV)	—	—	—	25 (1.00)	—	± 1 (± 0.04)

^A Thickness, T , shall be 3.2 ± 0.4 mm (0.13 ± 0.02 in.) for all types of molded specimens, and for other Types I and II specimens where possible. If specimens are machined from sheets or plates, thickness, T , may be the thickness of the sheet or plate provided this does not exceed the range stated for the intended specimen type. For sheets of nominal thickness greater than 14 mm (0.55 in.) the specimens shall be machined to 14 ± 0.4 mm (0.55 ± 0.02 in.) in thickness, for use with the Type III specimen. For sheets of nominal thickness between 14 and 51 mm (0.55 and 2 in.) approximately equal amounts shall be machined from each surface. For thicker sheets both surfaces of the specimen shall be machined, and the location of the specimen with reference to the original thickness of the sheet shall be noted. Tolerances on thickness less than 14 mm (0.55 in.) shall be those standard for the grade of material tested.

^B For the Type IV specimen, the internal width of the narrow section of the die shall be 6.00 ± 0.05 mm (0.250 ± 0.002 in.). The dimensions are essentially those of Die C in Test Methods D 412.

^C The Type V specimen shall be machined or die cut to the dimensions shown, or molded in a mold whose cavity has these dimensions. The dimensions shall be:

- $W = 3.18 \pm 0.03$ mm (0.125 ± 0.001 in.),
- $L = 9.53 \pm 0.08$ mm (0.375 ± 0.003 in.),
- $G = 7.62 \pm 0.02$ mm (0.300 ± 0.001 in.), and
- $R = 12.7 \pm 0.08$ mm (0.500 ± 0.003 in.).

The other tolerances are those in the table.

^D Supporting data on the introduction of the L specimen of Test Method D 1822 as the Type V specimen are available from ASTM Headquarters. Request RR-D20-1038.

^E The width at the center W_c shall be $+0.00$ mm, -0.10 mm ($+0.000$ in., -0.004 in.) compared with width W at other parts of the reduced section. Any reduction in W at the center shall be gradual, equally on each side so that no abrupt changes in dimension result.

^F For molded specimens, a draft of not over 0.13 mm (0.005 in.) may be allowed for other Type I or II specimens 3.2 mm (0.13 in.) in thickness, and this should be taken into account when calculating width of the specimen. Thus a typical section of a molded Type I specimen, having the maximum allowable draft, could be as follows:

^G Overall widths greater than the minimum indicated may be desirable for some materials in order to avoid breaking in the grips.

^H Overall lengths greater than the minimum indicated may be desirable either to avoid breaking in the grips or to satisfy special test requirements.

^I Test marks or initial extensometer span.

^J When self-tightening grips are used, for highly extensible polymers, the distance between grips will depend upon the types of grips used and may not be critical if maintained uniform once chosen.

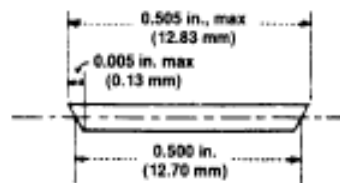
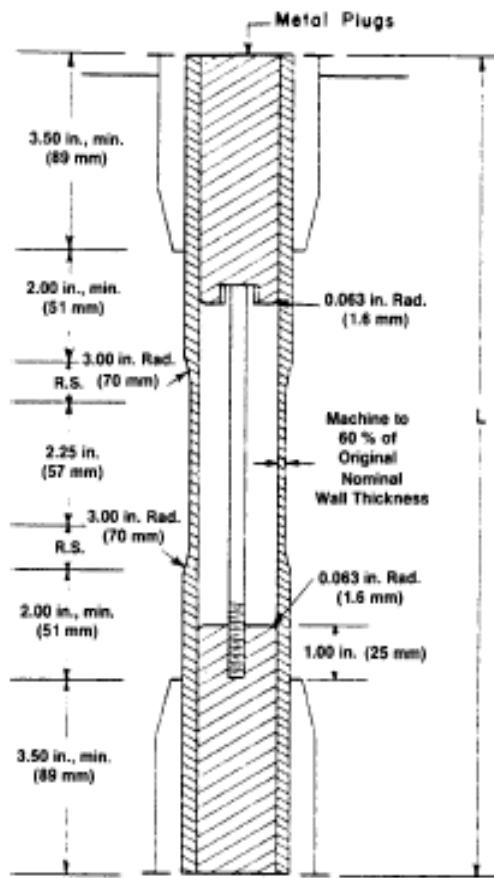


FIG. 1 Tension Test Specimens for Sheet, Plate, and Molded Plastics

diameters such that they will fit snugly inside the tube and having a length equal to the full jaw length plus 25 mm (1 in.) shall be placed in the ends of the specimens to prevent

crushing. They can be located conveniently in the tube by separating and supporting them on a threaded metal rod. Details of plugs and test assembly are shown in Fig. 2.



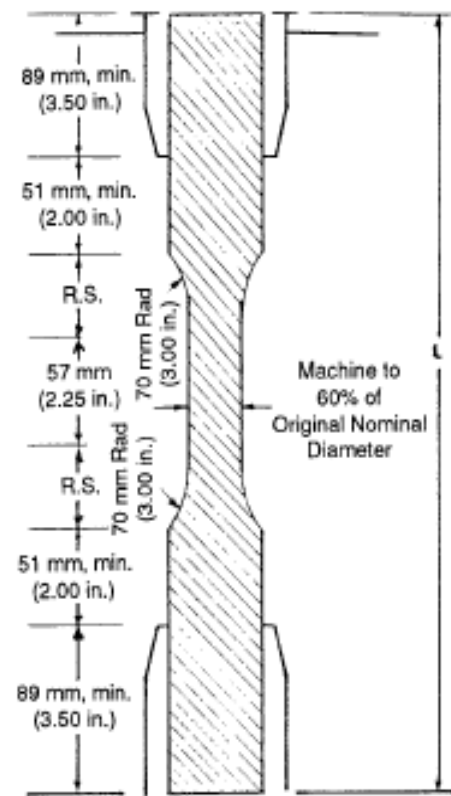
DIMENSIONS OF TUBE SPECIMENS

Nominal Wall Thickness	Length of Radial Sections, 2R.S.	Total Calculated Minimum Length of Specimen	Standard Length, L, of Specimen to Be Used for 89-mm (3.5-in.) Jaws ^a
mm (in.)			
0.79 (1/16)	13.9 (0.547)	350 (13.80)	381 (15)
1.2 (1/8)	17.0 (0.670)	354 (13.92)	381 (15)
1.6 (5/16)	19.6 (0.773)	356 (14.02)	381 (15)
2.4 (3/8)	24.0 (0.946)	361 (14.20)	381 (15)
3.2 (1/2)	27.7 (1.091)	364 (14.34)	381 (15)
4.8 (3/4)	33.9 (1.333)	370 (14.58)	381 (15)
6.4 (5/8)	39.0 (1.536)	376 (14.79)	400 (15.75)
7.9 (5/8)	43.5 (1.714)	380 (14.96)	400 (15.75)
9.5 (3/4)	47.6 (1.873)	384 (15.12)	400 (15.75)
11.1 (7/8)	51.3 (2.019)	388 (15.27)	400 (15.75)
12.7 (1)	54.7 (2.154)	391 (15.40)	419 (16.5)

^a For other jaws greater than 89 mm (3.5 in.), the standard length shall be increased by twice the length of the jaws minus 178 mm (7 in.). The standard length permits a slippage of approximately 6.4 to 12.7 mm (0.25 to 0.50 in.) in each jaw while maintaining the maximum length of the jaw grip.

FIG. 2 Diagram Showing Location of Tube Tension Test Specimens in Testing Machine

6.3 *Rigid Rods*—The test specimen for rigid rods shall be as shown in Fig. 3. The length, L, shall be as shown in the table in Fig. 3. A groove shall be machined around the specimen at the center of its length so that the diameter of the machined portion shall be 60 % of the original nominal diameter. This



DIMENSIONS OF ROD SPECIMENS

Nominal Diameter	Length of Radial Sections, 2R.S.	Total Calculated Minimum Length of Specimen	Standard Length, L, of Specimen to Be Used for 89-mm (3 1/2-in.) Jaws ^a
mm (in.)			
3.2 (1/4)	19.6 (0.773)	356 (14.02)	381 (15)
4.7 (3/8)	24.0 (0.946)	361 (14.20)	381 (15)
6.4 (1/2)	27.7 (1.091)	364 (14.34)	381 (15)
9.5 (3/4)	33.9 (1.333)	370 (14.58)	381 (15)
12.7 (1/2)	39.0 (1.536)	376 (14.79)	400 (15.75)
15.9 (5/8)	43.5 (1.714)	380 (14.96)	400 (15.75)
19.0 (3/4)	47.6 (1.873)	384 (15.12)	400 (15.75)
22.2 (7/8)	51.5 (2.019)	388 (15.27)	400 (15.75)
25.4 (1)	54.7 (2.154)	391 (15.40)	419 (16.5)
31.8 (1 1/4)	60.9 (2.398)	398 (15.65)	419 (16.5)
38.1 (1 1/2)	66.4 (2.615)	403 (15.87)	419 (16.5)
42.5 (1 3/4)	71.4 (2.812)	408 (16.06)	419 (16.5)
50.8 (2)	76.0 (2.993)	412 (16.24)	432 (17)

^a For other jaws greater than 89 mm (3.5 in.), the standard length shall be increased by twice the length of the jaws minus 178 mm (7 in.). The standard length permits a slippage of approximately 6.4 to 12.7 mm (0.25 to 0.50 in.) in each jaw while maintaining the maximum length of the jaw grip.

FIG. 3 Diagram Showing Location of Rod Tension Test Specimen in Testing Machine

groove shall consist of a straight section 57.2 mm (2.25 in.) in length with a radius of 76 mm (3 in.) at each end joining it to the outside diameter.

6.4 All surfaces of the specimen shall be free of visible flaws, scratches, or imperfections. Marks left by coarse machining operations shall be carefully removed with a fine file or

ANEXO D. 2. NORMA ASTM D1037 – 06a



Designation: D 1037 – 06a

Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials¹

This standard is issued under the fixed designation D 1037; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

INTRODUCTION

The test methods presented herein have been developed and are presented to serve two distinct purposes. They are divided into two parts.

Part A. General Test Methods for Evaluating the Basic Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials—Part A is for use in obtaining basic properties suitable for comparison studies with other materials of construction. These refined test methods are applicable for this purpose to all materials covered by Definitions D 1554.

Part B. Acceptance and Specification Test Methods for Hardboard—Part B is for specific use in specifications for procurement and acceptance testing of hardboard. These test methods are generally employed for those purposes in the industry. By confining their intended use as indicated, it has been possible to achieve adequate precision of results combined with economy and speed in testing, which are desirable for specification use.

The choice between a particular test method and its alternative should be made with a full understanding of the intended purpose of each, because values obtained from tests may, in some cases, differ. Of the test methods presented in both parts, some have been in generally accepted use for many years, some are modifications and refinements of previously developed test methods, and some are more recent developments. Where test methods are suitable for more than one of the purposes, they are delineated in Part A, but not repeated in Part B. It is the intent that reference to the appropriate section of the test method shall suffice in specifications developed for the different materials.

1. Scope

1.1 *Part A—General Test Methods for Evaluating the Basic Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.*

These test methods cover the determination of the properties of wood-base fiber and particle panel materials that are produced as mat-formed panels such as particleboard, medium-density fiberboard, hardboard, and oriented strand board.

	Section
Significance and Use	3
Apparatus	4
Test Specimens	5
Moisture Content and Conditioning Requirements	6
Accelerated Aging	7
Size, Physical Properties and Appearance of Panels	8
Static Bonding	9
Tension Parallel to Surface	10
Tension Perpendicular to Surface	11

	Section
Compression Parallel to Surface	12
<i>Fastener Holding Tests:</i>	
Lateral Nail Resistance	13
Nail Withdrawal	14
Nail-Head Pull-Through	15
Direct Screw Withdrawal	16
Hardness	17
Hardness Modulus	18
Shear in the Plane of the Panel	19
Glue-Line Shear (Block Type)	20
Falling Ball Impact	21
Abrasion Resistance by the U.S. Navy Wear Tester	22
<i>Moisture Tests:</i>	
Water Absorption and Thickness Swelling	23
Linear Expansion with Change in Moisture Content	24
Cupping and Twisting	25
Interlaminar Shear	26
Edgewise Shear	27
Compression-Shear	28

1.2 *Part B—Acceptance and Specification Test Methods for Hardboard.* The methods for Part B provide test procedures for measuring the following properties of hardboard:

	Section
Thickness	32

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee D07 on Wood and are the direct responsibility of Subcommittee D07.03 on Panel Products. Current edition approved Oct. 15, 2006. Published November 2006. Originally approved in 1949. Last previous edition approved in 2006 as D 1037 – 06.

Modulus of Rupture	33
Tension Strength Parallel to Surface	34
Tension Strength Perpendicular to Surface	35
Water Absorption and Thickness Swelling	36
Moisture Content and Specific Gravity	37

1.3 There are accepted basic test procedures for various fundamental properties of materials that may be used without modification for evaluating certain properties of wood-based fiber and particle panel materials. These test methods are included elsewhere in the *Annual Book of ASTM Standards*. The pertinent ones are listed in Table 1. A few of the test methods referenced are for construction where the wood-base materials often are used.

1.4 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The SI equivalents are approximate in many cases. 1 in. = 25.4 mm, 1 lbf = 4.45 N.

1.5 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- C 273** Test Method for Shear Properties of Sandwich Core Materials
- D 143** Test Methods for Small Clear Specimens of Timber
- D 905** Test Method for Strength Properties of Adhesive Bonds in Shear by Compression Loading
- D 1554** Terminology Relating to Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials
- D 2395** Test Methods for Specific Gravity of Wood and Wood-Based Materials
- D 2915** Practice for Evaluating Allowable Properties for Grades of Structural Lumber
- D 3043** Test Methods for Structural Panels in Flexure
- D 3501** Test Methods for Wood-Based Structural Panels in Compression
- D 4442** Test Methods for Direct Moisture Content Measurement of Wood and Wood-Base Materials
- E 4** Practices for Force Verification of Testing Machines
- E 691** Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

PART A—GENERAL TEST METHODS FOR EVALUATING THE BASIC PROPERTIES OF WOOD-BASE FIBER AND PARTICLE PANEL MATERIALS

3. Significance and Use

3.1 These test methods cover small-specimen tests for wood-base fiber and particle panel materials that are made to provide:

3.2 Data for comparing the mechanical and physical properties of various materials,

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

TABLE 1 Basic Test Procedures for Evaluating Properties of Wood Base-Fiber and Particle Panel Materials

ASTM Designation	Test Methods for
C 177	Steady-State Heat-Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus ^A
C 209	Cellulosic Fiber Insulating Board ^A
C 236	Steady-State Thermal Performance of Building Assemblies by Means of the Guarded Hot Box ^A
C 384	Impedance and Absorption of Acoustical Materials by the Impedance Tube Method ^A
C 423	Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method ^A
D 140	Dielectric Breakdown Voltage and Dielectric Strength of Solid Electrical Insulating Materials at Commercial Power Frequencies ^D
D 150	A-C Loss Characteristics and Permittivity (Dielectric Constant) of Solid Electrical Insulating Materials ^D
D 257	D-C Resistance or Conductance of Insulating Materials ^D
D 495	High-Voltage, Low-Current, Dry Arc Resistance of Solid Electrical Insulation ^D
D 1666	Conducting Machining Tests of Wood and Wood-Base Materials ^C
D 1761	Mechanical Fasteners in Wood ^C
E 72	Conducting Strength Tests of Panels for Building Construction ^D
E 84	Surface Burning Characteristics of Building Materials ^D
E 90	Laboratory Measurement of Airborne Sound Transmission Loss of Building Partitions ^A
E 96	Water Vapor Transmission of Materials ^A
E 97	Directional Reflectance Factor, 45-deg 0-deg, of Opaque Specimens by Broad-Band Filter Reflectometry ^F
E 119	Fire Tests of Building Construction and Materials ^D
E 136	Behavior of Materials in a Vertical Tube Furnace at 750°C ^D
E 152	Fire Tests of Door Assemblies ^D
E 162	Surface Flammability of Materials Using a Radiant Heat Energy Source ^D
E 661	Performance of Wood and Wood-Based Floor and Roof Sheathing Under Concentrated Static and Impact Loads ^D
E 662	Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials ^D
E 906	Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products ^D

^A *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.06.

^B *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 10.01.

^C *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.10.

^D *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.07.

^E *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 14.02.

3.3 Data for determining the influence on the basic properties of such factors as raw material and processing variables, post-treatments of panels, and environmental influences, and

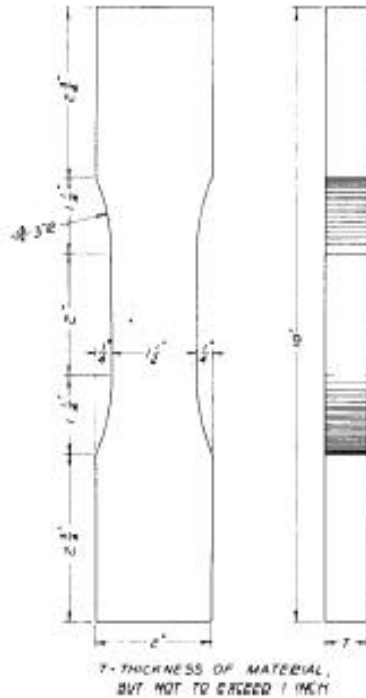
3.4 Data for manufacturing control, product research and development, and specification acceptance.

3.5 Not all the tests outlined in these test methods may be necessary to evaluate any particular panel for any specified use. In each instance, therefore, it will be necessary to determine which tests shall be made.

4. Apparatus

4.1 *Testing Machine*—For strength and fastener holding tests, any standard testing machine (see Note 1) capable of applying and measuring the load with an error not to exceed $\pm 1.0\%$ shall be used as provided in Practices E 4.

Note 1—Some testing machines operated at speeds allowed in these test procedures without proper damping devices or in need of adjustment may yield values in error because of "follow-through" due to mass inertia effects in the weighing system. Care must be exercised in the selection of testing machines so that values obtained from test are not in error more than the amount stipulated.



Metric Equivalents

in.	1/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/4	3	10
mm	6	25.4	32	38	51	70	76	254

FIG. 6 Detail of Specimen for Tension Test Parallel to Surface

10.1.1 The tension test parallel to the surface shall be made to determine the tensile strength in the plane of the panel. When required, the axial stiffness or modulus of elasticity can be determined. To evaluate directional properties, an equal number of specimens shall be tested with their long-axis parallel and perpendicular to the long-axis of the panel. See Note 18.

Note 18—When the materials exceed 1 in. in thickness, crushing at the grips during test is likely to adversely affect the test values obtained. It is recommended that for material greater than 1 inch in thickness, the material be sawn to 1/2 in. (12 mm) thickness. Test values obtained from resawn specimens may be only approximate, because strengths of material near the surface may vary from the remainder.

10.2 Test Specimen

10.2.1 Each test specimen shall be prepared as shown in Fig. 6. The reduced section shall be cut to the size shown with a band saw. The minimum width of each specimen at the reduced section shall be measured to an accuracy of ±0.3%. The corresponding thickness shall be measured to an accuracy of 0.001 in. (0.025 mm).

10.3 Procedure

10.3.1 The specimen shall be loaded using self-aligning, self-tightening grips that distribute the force evenly over the grip surface and do not allow slipping, with gripping surfaces at least 2-in. (50-mm) square, to transmit the load from the testing machine to the specimen. Fig. 7 shows a typical assembly for the tension test of building panels.

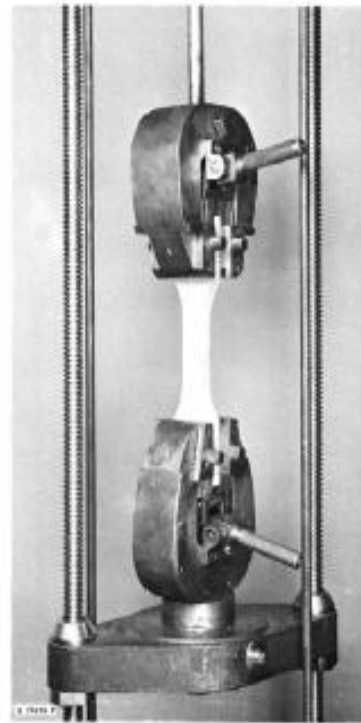


FIG. 7 Assembly for Tension Test Parallel to Surface

10.3.2 For each specimen, the character and location of the failure shall be noted.

10.4 Speed of Testing

10.4.1 The load shall be applied continuously throughout the test at a uniform rate of motion of the movable crosshead of the testing machine of 0.15 in./min (4 mm/min) ±50%. See Note 12.

10.5 Load-Deformation Measurements

10.5.1 When required, obtain load-deformation curves. To measure the deformation, attach an extensometer or other suitable device over the central portion of the specimen. Points of attachment (gage points) shall be within the reduced section of the specimen. Read the deformation to the nearest 0.0001 in. (0.0025 mm). Choose increments of loading so that not less than 12 readings are obtained before proportional limit.

10.6 Calculation and Report

10.6.1 The maximum tensile stress and, when required, modulus of elasticity shall be calculated for each specimen in accordance with the following equations:

$$R_t = \frac{P_{max}}{bd} \tag{6}$$

$$E_t = \frac{l_g \Delta P}{bd \Delta y} \tag{7}$$

where:
 b = width of the reduced cross-section of the specimen measured in dry condition, in. (mm),