



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

ESTUDIO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE FLEXIÓN PURA EN NYLON PARA DETERMINAR EL DIAGRAMA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL EN EL LABORATORIO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.

AUTOR: PABLO FRANCISCO MORALES CHANCUSIG.

TUTOR: ING. MAURICIO CARRILLO.

AMBATO – ECUADOR

2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el Tema: “ESTUDIO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE FLEXIÓN PURA EN NYLON PARA DETERMINAR EL DIAGRAMA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL EN EL LABORATORIO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”, elaborado por el Sr. Pablo Francisco Morales Chancusig, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente Tesis es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Abril 2015

Ing. Mauricio Carrillo

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO

Yo PABLO FRANCISCO MORALES CHANCUSIG con C.I: 050325825-3, tengo a bien indicar que los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “ESTUDIO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE FLEXIÓN PURA EN NYLON PARA DETERMINAR EL DIAGRAMA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL EN EL LABORATORIO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA”, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones, recomendaciones y propuesta; a excepción de las referencias bibliográficas son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor del presente trabajo de grado.

Ambato, Abril del 2015

EL AUTOR

.....
Pablo Francisco Morales Chancusig.

C.I.: 050325825-3

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mi Dios Padre, por día a día darme fuerzas voluntad sabiduría para cumplir mi más anhelada meta: llegar a ser un profesional, gracias por todas las bendiciones por guiarme siempre por el camino correcto, poner en mi vida personas que me ayudaron con su ejemplo, y en los momentos difíciles nunca desmayar al contrario saber que un problema es la oportunidad de aprender y ganar experiencia.

A mis queridos Padres Freddy y Yolita, por haberme dado la vida y con su ejemplo de personas trabajadoras enseñarme a seguir adelante, no importa la adversidad siempre dar lo mejor.

A mi querida abuelita Lolita por ser una segunda madre y siempre ha estado conmigo dándome fuerzas y ganas para seguir luchando por sus cuidados que siempre serán agradecidos con un Dios le pague, gracias Lolita por formarme en el transcurso de mi juventud y siempre preocuparte de mí.

A mis hermanas Alejandra y Fati que con su compañía y palabras de aliento me ayudaron a enfocarme en mi tesis, gracias Ñaña Ale por abrirme el camino hacia el mundo laboral y permitir solventar mi tesis. A mis tíos y tías por ser un ente importante en nuestra familia por sus consejos.

A mi Lorenita por llegar a mi vida y juntos compartir momentos hermosos en la universidad, en el desarrollo de nuestras tesis y en la vida, siempre luchamos juntos por cumplir nuestras metas.

A todos mis amigos entre ellos Francisco, Luis, Franklin, Alex compañeros desde el colegio, gracias por sus palabras de aliento y su ayuda incondicional.

Son para mí la más grande felicidad y doy las gracias por apoyarme, acompañarme, brindarme su amor en el cumplimiento de esta meta, me queda decirles un ¡Dios le pague a todos!

Pablo Morales

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios por brindarme sabiduría y entendimiento, fuerza de voluntad para seguir siempre adelante y cumplir la meta más anhelada.

Mi más sincero agradecimiento al director de mi tesis, al Ing. Mauricio Carillo con su guía, orientación, paciencia y dirección en esta trabajo de tesis hasta su exitosa culminación, ¡gracias Ingeniero de todo corazón!

A mis padres y hermanas siempre estarán en mi corazón y serán partícipes de mi vida. También a toda mi familia que estuvo pendiente de mí.

Un gran agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por haberme formado como una persona útil a la sociedad y realizarme como un profesional.

A mis profesores de toda mi vida estudiantil, quienes me impartieron sus conocimientos que hoy en día son mi más grande herramienta para desenvolverme en el ámbito laboral.

A mis amigos que compartí mi vida estudiantil y vivimos experiencias gratificantes, a las licenciadas de la biblioteca por apoyarme con material didáctico que sirvió en gran manera para la culminación de esta tesis, y también a todas las demás personas que aportaron con su apoyo y ayuda en este proyecto, me queda más que decirles ¡mil gracias!

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

A. PÁGINAS PRELIMINARES	PÁGINA
TÍTULO O PORTADA.....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	XVI
RESUMEN EJECUTIVO	XXII

B. TEXTO

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. TEMA	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1. Contextualización	1
1.2.2. Análisis crítico	3
1.2.3. Prognosis.....	3
1.2.4. Formulación del problema	4
1.2.5. Preguntas directrices	4
1.2.6. Delimitación del problema.....	4
1.2.6.1. De contenido	4
1.2.6.2. Espacial	4
1.2.6.3. Temporal	4
1.3. JUSTIFICACIÓN	5
1.4. OBJETIVOS	6
1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4.2. Objetivos específicos	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	7
2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	7
2.3. RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	8
2.3.1. Banco de pruebas	8

2.3.1.1. Flexión.....	9
2.3.1.2. Vigas.....	9
Cargas y condiciones en los apoyos de una viga	10
2.3.1.3. Modos de falla de vigas.....	10
2.3.1.4. Fórmula de flexión	13
2.3.1.5. Introducción a los polímeros	15
Generalidades	16
Nylon	16
2.3.2. Adquisición de datos.....	17
2.3.2.1. Sistemas de adquisición y procesamiento de datos.....	18
2.3.2.2. Proceso de adquisición de datos.....	18
Sensores	19
Acondicionador de señal.....	19
Transformación.....	20
Amplificación	20
Filtrado.....	20
Excitación	21
Linealización.....	21
2.3.3. Sistemas de medición y control industrial	21
2.3.3.1. Sistemas de Medición.....	21
2.3.3.2. Sistemas de control.....	21
2.3.3.3. Automatización	22
2.3.4. Diagrama esfuerzo – deformación.....	22
2.3.4.1. Elementos de diagrama esfuerzo – deformación.....	23
Ley de Hooke.....	23
Energía de deformación.....	24
2.3.4.2. Esfuerzo y deformación	24
Esfuerzo	24
Deformación	25
2.3.5. Diseño mecánico.....	25
2.4. HIPÓTESIS.....	26
2.5. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	26

2.5.1. Variable Independiente	26
2.5.2. Variable Dependiente.....	26
2.5.3. Término de relación	26

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

CAPÍTULO III.....	27
METODOLOGÍA.....	27
3.1. ENFOQUE.....	27
3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	28
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	28
3.4.1. Población o Universo.....	28
3.4.2. Muestra	28
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	29
3.5.1. Variable independiente	29
3.5.2. Variable dependiente	30
3.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	31
3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	31
3.7.1. Plan de procesamiento de la información	31
3.7.2. Análisis e interpretación de resultados	31

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	32
Norma INEN 2047.....	32
4.1.1. Magnitud de carga que se aplica al espécimen	34
Fuerza de aplicación del accionamiento	35
Esfuerzo de flexión.....	35
Fuerza requerida	36

4.1.1.1. Parámetros de Funcionamiento	37
a) Parámetros de Operación.....	37
b) Parámetros Funcionales.....	37
4.2. INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	37
4.2.1. Selección del modelo de sistema de accionamiento	37
4.2.1.1. Alternativas de sistemas de accionamiento	38
4.2.2. Selección del sistema de accionamiento	42
Modelo A - Accionamiento Neumático.....	51
4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	54

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V	63
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
5.1. CONCLUSIONES	63
5.2. RECOMENDACIONES	64

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO VI.....	66
PROPUESTA.....	66
6.1. DATOS INFORMATIVOS	66
6.1.1. Tema	66
6.1.2. Institución Ejecutora	66
6.1.3. Beneficiarios	66
6.1.4. Ubicación	66
6.1.5. Equipo Técnico Responsable.....	66
6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	67

6.3. JUSTIFICACIÓN	67
6.4. OBJETIVOS	68
6.4.1. Objetivo General.....	68
6.4.2. Objetivos Específicos.....	68
6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	68
6.6. FUNDAMENTACIÓN	69
6.6.1. Fuerza requerida para el accionamiento neumático.....	70
6.6.2. Características del material que conforma el banco de pruebas	70
6.6.3. Costo del banco de pruebas de flexión pura	70
6.6.4. Mantenimiento	70
6.6.5. Sistemas que constituyen el banco de pruebas de flexión pura	71
Sistema neumático	71
Sistema eléctrico.....	71
Sistema de control manual y automático	71
Adquisición de datos	71
6.6.6. Cálculos.....	72
Selección del sistema neumático	72
6.6.7. Sistema eléctrico y control.....	75
Lógica de funcionamiento	75
Descripción de la lógica de funcionamiento.....	76
Circuito de Potencia.....	78
Fuente	79
Solenoides	79
Luz Piloto	79
Pulsador Paro de Emergencia	79
Pulsador	80
Tarjeta de control.....	80
Adquisición de datos	81
Tarjeta de adquisición de datos NI (National Instruments) myDAQ	81
Potenciómetro lineal deslizante	83
Instrumentación virtual.....	84
Instrumentación virtual con LabView	84

Configuración del puerto para adquisición de datos.....	85
Acondicionamiento de señal en LabView	86
Interpretación de ecuaciones sustentadas en norma INEN 2047	86
Visualización del diagrama esfuerzo – deformación.....	87
Control automático activación y desactivación	87
6.6.8. Obtención de curvas gráficas	88
Deformación de flexión.....	88
Esfuerzo de flexión.....	89
6.6.9. Selección del potenciómetro lineal deslizante	90
6.6.10. Medición de la flecha o desplazamiento en función del voltaje.	90
6.6.11. Medición de la fuerza en función del voltaje	92
6.6.12. Calibración del banco de pruebas de flexión	93
Procedimiento.....	93
ENSAYO DE FLEXIÓN N° 1	94
Espesor de espécimen: 4 mm.....	94
Especimen N° 1	95
Especimen N° 2.....	96
Especimen N° 3.....	97
Especimen N° 4.....	98
Especimen N° 5.....	99
ENSAYO DE FLEXIÓN N° 2	102
Espesor de espécimen: 6 mm.....	102
Especimen N° 1	103
Especimen N° 2.....	104
Especimen N° 3.....	105
Especimen N° 4.....	106
Especimen N° 5.....	107
ENSAYO DE FLEXIÓN N° 3	111
Espesor de espécimen: 8 mm.....	111
Especimen N° 1	112
Especimen N° 2.....	113
Especimen N° 3.....	114

Espécimen N° 4.....	115
Espécimen N° 5.....	116
ENSAYO DE FLEXIÓN N° 4	119
Espesor de espécimen: 10 mm.....	119
Espécimen N° 1.....	120
Espécimen N° 2.....	121
Espécimen N° 3.....	122
Espécimen N° 4.....	123
Espécimen N° 5.....	124
6.6.13. Curvas generadas con el banco de pruebas	127
ENSAYO DE FLEXIÓN N° 1	128
Espesor de espécimen: 4 mm.....	128
Espécimen N°1.....	129
Espécimen N°2.....	130
Espécimen N°3.....	131
Espécimen N°4.....	132
Espécimen N°5.....	133
Análisis de resultados	134
ENSAYO DE FLEXIÓN N° 2	134
Espesor de espécimen: 6 mm.....	134
Espécimen N°1.....	135
Espécimen N°2.....	136
Espécimen N°3.....	137
Espécimen N°4.....	138
Espécimen N°5.....	139
Análisis de resultados	140
ENSAYO DE FLEXIÓN N° 3	140
Espesor de espécimen: 8 mm.....	140
Espécimen N°1.....	141
Espécimen N°2.....	142
Espécimen N°3.....	143
Espécimen N°4.....	144

Espécimen N°5.....	145
Análisis de resultados	146
ENSAYO DE FLEXIÓN N° 4	146
Espesor de espécimen: 10 mm.....	146
Espécimen N°1.....	147
Espécimen N°2.....	148
Espécimen N°3.....	149
Espécimen N°4.....	150
Espécimen N°5.....	151
Resultados del Ensayo de Flexión N°4.....	152
Análisis de diagramas resultantes.....	152
Probeta de 4 mm.....	153
Probeta de 6 mm.....	154
Probeta de 8 mm.....	155
Probeta de 10 mm.....	156
Análisis de resultados	157
6.6.15. Pruebas realizadas en el prototipo.....	158
6.6.16. Elaboración de pruebas y resultados	159
6.6.16.1. Prueba del sistema neumático	159
6.6.16.2. Pruebas eléctricas del prototipo.....	159
6.6.16.3. Prueba del control manual.....	159
6.6.16.4. Prueba del control automático.....	160
6.6.16.5. Adquisición de datos	161
6.6.17. Prueba del banco de flexión pura en nylon	161
6.7. METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO	165
6.7.1. Estructura base del banco de pruebas	165
6.7.2. Parante vertical.....	166
6.7.3. Brazo soporte	166
6.7.4. Soporte de la guía.....	167
6.7.5. Soportes laterales	167
6.7.6. Guía de recorrido	168
6.7.7. Parente de la guía.....	168

6.7.8. Soportes de probeta.....	169
6.7.9. Punzón.....	170
6.7.10. Acoplador.....	170
6.7.11. Topes de probeta	171
6.7.12. Sujetador.....	171
6.7.13. Guía del potenciómetro	172
6.7.14. Sistema de accionamiento neumático	173
6.8. ADMINISTRACIÓN.....	173
6.8.1. Costos directos	173
6.8.1.1. Costos de materiales.....	174
6.8.2. Costos indirectos.....	177
6.8.3. Costo total de la inversión.....	178
Financiamiento	178
6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	179
6.9.1. Recomendación de operación para el banco de pruebas.....	179
6.9.2. Conclusiones y recomendaciones	180
6.9.2.1. Conclusiones	180
6.9.2.2. Recomendaciones.....	181
BIBLIOGRAFÍA.....	181

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 2.1. Red de categorías fundamentales.....	8
Figura 2.1.Comportamiento de una viga a flexión.....	9
Figura 2.2.Diagramas fuerza cortante y momento flector.....	10
Figura 2.3. Fractura completa.	11
Figura 2.4. Cedencia de una parte de la viga.	11
Figura 2.5. Desgarramiento local.....	12
Figura 2.6. Arrugamiento o plegamiento del alma.	12
Figura 2.7. Falla de sujetador.....	13
Figura 2.8. Cortante interlaminar.	13
Figura 2.9. Ejemplo de una viga	14
Figura 2.10. Influencia del momento flexionante en un segmento de viga	14
Figura 2.11. Esquema de sistema de adquisición de datos	18
Figura 2.12. Ejemplo de un sensor de campo magnético.....	19
Figura 4.1.Dimensiones probeta de nylon.....	35
Figura 4.2.Accionamiento neumático	38
Figura 4.3.Accionamiento Hidráulico.....	39
Figura 4.4.Accionamiento Mecánico	40
Figura 4.5.Accionamiento Mixto	41
Figura 4.6.Diagrama esfuerzo - deformación a flexión.	56
Figura 6.1. Diagrama de flujo de control	75
Figura 6.2. Circuito de control.	77
Figura 6.3. Diagrama de flujo sistema eléctrico	78
Figura 6.4. Conexiones circuito de potencia.....	78
Figura 6.5. Conexiones tarjeta de control.	80
Figura 6.6. Secuencia de proceso de adquisición de datos.	81
Figura 6.7. Tarjeta de adquisición de datos NI myDAQ.....	81
Figura 6.8. Entradas y salidas de la tarjeta NI myDAQ.....	82
Figura 6.9. Circuito de conexiones de la tarjeta NI myDAQ.....	82
Figura 6.10. Potenciómetro lineal deslizante.	83

Figura 6.11. Secuencia de proceso programación.....	84
Figura 6.12. Función DAQ Assistant.....	85
Figura 6.13. Configuración entrada de voltaje de 0 a 5V.	85
Figura 6.14. Acondicionamiento de señal en LabView.	86
Figura 6.15. Interpretación de ecuaciones sustentadas en norma INEN 2047.....	86
Figura 6.16. Interpretación de ecuaciones sustentadas en norma INEN 2047.....	87
Figura 6.17. Activación y desactivación de la bobina en electroválvula.	88
Figura 6.18. Potenciómetros de 50K Ω , 100K Ω , 200 K Ω	90
Figura 6.19. Medición de carrera del potenciómetro	90
Figura 6.9. Medición de la fuerza en función del voltaje.....	92
Figura 6.20. Máquina Universal Tinius Olsen.....	93
Figura 6.21. Ensayo en probeta de 4mm.....	94
Figura 6.22. Diagrama esfuerzo–deformación del nylon probeta 4mm.....	101
Figura 6.23. Ensayo en probeta de 6mm.....	102
Figura 6.24. Diagrama esfuerzo–deformación del nylon probeta 6mm.....	110
Figura 6.25. Ensayo en probeta de 6mm.....	111
Figura 6.26. Diagrama esfuerzo–deformación del nylon probeta 8mm.....	119
Figura 6.27. Ensayo en probeta de 10mm.....	120
Figura 6.28. Diagrama esfuerzo–deformación del nylon probeta 10mm.....	127
Figura 6.29. Ensayo de flexión pura probeta 4mm.	128
Figura 6.30. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°1.....	129
Figura 6.31. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°2.....	130
Figura 6.32. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°3.....	131
Figura 6.33. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°4.....	132
Figura 6.34. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°5.....	133
Figura 6.35. Ensayo de flexión pura probeta 6mm.	134
Figura 6.36. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°1.....	135
Figura 6.37. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°2.....	136
Figura 6.38. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°3.....	137
Figura 6.39. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°4.....	138
Figura 6.40. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°5.....	139
Figura 6.41. Ensayo de flexión pura probeta 8mm.	140

Figura 6.42.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°1.....	141
Figura 6.43.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°2.....	142
Figura 6.44.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°3.....	143
Figura 6.45.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°4.....	144
Figura 6.46.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°5.....	145
Figura 6.47.Ensayo de flexión pura probeta 10mm.....	146
Figura 6.48.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°1.....	147
Figura 6.49.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°2.....	148
Figura 6.50.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°3.....	149
Figura 6.51.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°4.....	150
Figura 6.52.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°5.....	151
Figura 6.53.Diagramas resultantes probeta 4mm.....	153
Figura 6.54.Diagramas resultantes probeta 6mm.....	154
Figura 6.55.Diagramas resultantes probeta 8mm.....	155
Figura 6.56.Diagramas resultantes probeta 10mm.....	156
Figura 6.57.Diagrama esfuerzo deformación banco de pruebas.....	157
Figura 6.58.Catálogo flexión máxima del nylon.....	157
Figura 6.59. Ventana gráfica.....	160
Figura 6.60. Adquisición de datos.....	161
Figura 6.61. Banco de pruebas de flexión pura en nylon.....	162
Figura 6.62. Colocación de probeta.....	162
Figura 6.63. Probeta flexionada a 1.5 veces el espesor.....	163
Figura 6.64. Gráfica con flecha 1.5 veces el espesor.....	163
Figura 6.65. Flexión máxima en probeta.....	164
Figura 6.66. Diagrama esfuerzo – deformación del nylon.....	164
Figura 6.67.Estructura base.....	166
Figura 6.68.Parante vertical.....	166
Figura 6.69. Brazo soporte.....	167
Figura 6.70. Soporte de la guía.....	167
Figura 6.71. Soportes laterales.....	168
Figura 6.72. Guía de recorrido.....	168
Figura 6.73. Parente de la guía.....	169

Figura 6.74.Soportes de probeta.....	170
Figura 6.75.Punzón.	170
Figura 6.76.Acoplador.	171
Figura 6.77.Topes de probeta.....	171
Figura 6.78.Sujetador.....	172
Figura 6.79.Guía del potenciómetro.....	172
Figura 6.80. Comportamiento de una viga a flexión.....	208
Figura 6.81.Ensayo de flexión pura probeta 4mm.	211
Figura 6.82.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°1.....	212
Figura 6.83.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°2.....	212
Figura 6.84.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°3.....	213
Figura 6.85.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°4.....	213

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 4.1. Ítems de la norma.....	33
Tabla 4.2. Valores asignados para la tabulación de ponderaciones.	42
Tabla 4.3. Evaluación del peso específico de cada criterio.....	44
Tabla 4.4. Accionamiento neumático costo estimado.....	45
Tabla 4.5.Costo estimado del sistema de accionamiento neumático.	45
Tabla 4.6. Accionamiento hidráulico costo estimado	46
Tabla 4.7.Costo estimado del sistema de accionamiento hidráulico.....	47
Tabla 4.8. Accionamiento mecánico costo estimado.....	48
Tabla 4.9.Evaluación del peso específico del criterio costo	48
Tabla 4.10. Evaluación del peso específico del criterio potencia	49
Tabla 4.11. Evaluación del peso específico del criterio velocidad de operación..	50
Tabla 4.12. Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento.....	52
Tabla 4.13. Evaluación del peso específico del criterio estabilidad	53
Tabla 4.14.Resultado de la ponderación	54
Tabla 4.15. Verificación de la hipótesis del primer ensayo.	58
Tabla 4.16. Verificación de la hipótesis del segundo ensayo.	59
Tabla 4.17. Verificación de la hipótesis del tercer ensayo.....	60

Tabla 4.18. Verificación de la hipótesis del cuarto ensayo	61
Tabla 6.1. Características del potenciómetro lineal deslizante.	83
Tabla 6.2. Desplazamiento en función del voltaje.	91
Tabla 6.3. Características de probeta.	94
Tabla 6.4. Desplazamiento y carga espécimen N° 1 probeta 4mm.	95
Tabla 6.5. Desplazamiento y carga espécimen N° 2 probeta 4mm.	96
Tabla 6.6. Desplazamiento y carga espécimen N° 3 probeta 4mm.	97
Tabla 6.7. Desplazamiento y carga espécimen N° 4 probeta 4mm.	98
Tabla 6.7. Desplazamiento y carga espécimen N° 5 probeta 4mm.	99
Tabla 6.8. Promedio de cargas para el ensayo N° 1.	100
Tabla 6.9. Constantes de cada ecuación.	100
Tabla 6.10. Valores deformación vs esfuerzo	101
Tabla 6.11. Características de probeta.	102
Tabla 6.12. Desplazamiento y carga espécimen N° 1 probeta 6mm.	103
Tabla 6.13. Desplazamiento y carga espécimen N° 2 probeta 6mm.	104
Tabla 6.14. Desplazamiento y carga espécimen N° 3 probeta 6mm.	105
Tabla 6.15. Desplazamiento y carga espécimen N° 4 probeta 6mm.	106
Tabla 6.16. Desplazamiento y carga espécimen N° 5 probeta 6mm.	107
Tabla 6.17. Promedio de cargas para el ensayo N° 2.	108
Tabla 6.18. Constantes de cada ecuación.	109
Tabla 6.19. Valores deformación vs esfuerzo.	109
Tabla 6.20. Características de probeta 8mm.	111
Tabla 6.21. Desplazamiento y carga espécimen N° 1 probeta 8mm.	112
Tabla 6.22. Desplazamiento y carga espécimen N° 2 probeta 8mm.	113
Tabla 6.23. Desplazamiento y carga espécimen N° 3 probeta 8mm.	114
Tabla 6.24. Desplazamiento y carga espécimen N° 4 probeta 8mm.	115
Tabla 6.25. Desplazamiento y carga espécimen N° 5 probeta 8mm.	116
Tabla 6.26. Promedio de cargas para el ensayo N° 3.	117
Tabla 6.27. Constantes de cada ecuación.	118
Tabla 6.28. Valores deformación vs esfuerzo.	118
Tabla 6.29. Características de probeta 10mm.	119
Tabla 6.30. Desplazamiento y carga espécimen N° 1 probeta 10mm.	120

Tabla 6.31. Desplazamiento y carga espécimen N° 2 probeta 10mm.....	121
Tabla 6.32. Desplazamiento y carga espécimen N° 3 probeta 10mm.....	122
Tabla 6.33. Desplazamiento y carga espécimen N° 4 probeta 10mm.....	123
Tabla 6.34. Desplazamiento y carga espécimen N° 5 probeta 10mm.....	124
Tabla 6.35.Promedio de cargas para el ensayo N° 4.	125
Tabla 6.36.Constantes de cada ecuación.....	126
Tabla 6.37.Valores esfuerzo vs deformación.....	126
Tabla 6.38.Características de probeta 4mm.....	128
Tabla 6.39.Características de probeta 6mm.....	134
Tabla 6.40.Características de probeta 8mm.....	140
Tabla 6.41. Características de probeta 10mm.....	146
Tabla 6.43. Elementos del sistema neumático	173
Tabla 6.44. Materiales Mecánicos.....	174
Tabla 6.45. Materiales Neumáticos.....	175
Tabla 6.46. Materiales Eléctricos.....	176
Tabla 6.47. Costo por mano de obra.....	177
Tabla 6.48.Costos maquinaria y herramienta.....	177
Tabla 6.49. Costos Varios.....	177
Tabla 6.50.Costo Total.....	178

C. ANEXOS

ANEXO A: ELEMENTOS MECÁNICOS	184
ANEXO B: SISTEMA NEUMÁTICO	187
ANEXO C: SISTEMA CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS	191
ANEXO D: PROPIEDADES MECÁNICAS DE PROBETAS	196
ANEXO E: PROFORMAS DE EQUIPOS.....	198
ANEXO F: FOTOS.....	200
ANEXO G: INTERFAZ DE CONTROL	203
ANEXO E: PLANOS.....	206
ANEXO H: GUÍA PRÁCTICA DE LABORATORIO	207
ANEXO I: NORMA UTILIZADA.....	216

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de Investigación: “Estudio de un banco de pruebas de flexión pura en nylon para determinar el diagrama esfuerzo deformación del material en el laboratorio de sistemas de medición y control industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.”, ha sido realizado por la importancia que tiene el implementar un banco de pruebas de flexión pura en nylon que establezca el diagrama esfuerzo deformación del material y a su vez dotar con elementos prácticos el Laboratorio de Automatización.

Se inicia recopilando información necesaria acerca del comportamiento de una viga sometida a flexión, se analiza la importancia de los polímeros en la industria, a continuación se indaga la norma que rige y determina las pruebas de flexión en polímeros, en este caso el nylon; posteriormente se investiga el funcionamiento de un banco de pruebas de flexión para determinar los componentes que está constituido, estableciendo así los elementos acordes para el banco de pruebas de flexión. Se determina que el equipo trabaja mediante accionamientos entre ellos: el neumático, hidráulico y mecánico; para establecer cuál de ellos es el más acorde al banco de pruebas en estudio, se realiza la ponderación respectiva de cada uno, llegando a ser el más factible el accionamiento neumático.

Una vez que se ha identificado el mejor accionamiento, se inicia el diseño para determinar medidas y materiales, así también el control del equipo el cual consta de relés, paro de emergencia, botoneras y selector de funciones, ubicados en el exterior para su operación; una vez construido se empieza con la adquisición de datos mediante la colocación de una resistencia variable o potenciómetro lineal deslizante, que varía el voltaje para ser transmitido a un sistema analógico / digital y codificar los datos que serán llevados a la interfaz del programa, para apreciar en la ventana gráfica la curva de deformación del material en el diagrama esfuerzo-deformación, una vez que se ha registrado se realiza una guía de práctica para que los estudiantes tenga un respaldo en el desarrollo de sus prácticas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. TEMA

“ESTUDIO DE UN BANCO DE PRUEBAS DE FLEXIÓN PURA EN NYLON PARA DETERMINAR EL DIAGRAMA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL MATERIAL EN EL LABORATORIO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA.”

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Contextualización

A nivel mundial la Ingeniería ha estado en constante avance, uno de ellos ha sido la utilización de nuevos materiales para elementos de máquinas, aquellos materiales han contribuido en su fabricación permitiendo ser livianas y más veloces, todo lo mencionado se ha logrado con la utilización de materiales polímeros aplicados a la ingeniería, los polímeros poseen excelentes propiedades son mucho más fáciles de maquinar y por ello se los emplean en partes de máquinas. Estos materiales han logrado un gran desarrollo en países que cuentan con equipos de experimentación, por distintos motivos, uno de ellos y de mayor importancia es hacer un control de calidad del material que va a ser empleado en elementos de máquinas, para realizar los controles mencionados se debe realizar distintas pruebas asegurando su utilización, todo aquello se puede controlar con los respectivos ensayos del material respaldados en la metodología y especificaciones de normas internacionales, aquello se experimenta en equipos donde se puedan realizar el ensayo del material, a nivel internacional disponen de estos equipos los cuales ayudan a seguir incursionando en nuevas áreas de la ingeniería, se destaca dichos equipos son de alto costo.

A nivel nacional se está incursionando en el mercado con este tipo de materiales, pero todavía existe la incertidumbre de emplearlos, por la escasa información de sus propiedades, para tener una certeza de su uso se debe realizar una debida experimentación, por tal motivo la necesidad de contar en el medio con equipos de ensayo, los pocos existentes se limitan hacer otro tipo de ensayos descartando el más importante a realizar en los polímeros, el cual es el ensayo de flexión. Los principales ensayos que se realizan en el material son: de tracción, compresión, fatiga, y torsión; cabe destacar cuando el material se encuentra en condiciones reales de trabajo, hay muchos otros más esfuerzos al que el material va a estar sometido, uno de ellos que se puede destacar es el de flexión, esfuerzo de alta importancia que se debe analizar antes de emplear el material; las entidades educativas del país realizan pruebas en máquinas universales importadas y a más de eso solo se limitan a otro tipo de ensayos menos al de flexión.

La provincia de Tungurahua, específicamente la ciudad de Ambato, es un sector industrializado donde existe gran demanda de adquisición de materiales plásticos, denominados polímeros, mismos que deberían pasar por un respectivo ensayo antes de ser empleados en la práctica, pero la gran interrogante sería donde se pueden realizar aquellas pruebas, y la respuesta es muy espontánea, las entidades educativas; destacadas por ser generadoras de conocimiento son de gran confianza, una de ellas la Universidad Técnica de Ambato, que cuenta con la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

La facultad dispone de laboratorios que cada vez se van dotando de equipos para ofrecer tanto al público particular como a los estudiantes, herramientas para el beneficio de ambas partes, es por ello la necesidad de implementar en la carrera de Ingeniería Mecánica, un banco de pruebas de flexión para realizar aquellos ensayos, específicamente en materiales polímeros como el nylon, equipo que se destaca por su importancia para el correcto desenvolvimiento de los estudiantes de la carrera, proporcionando una valiosa herramienta para observar y determinar el comportamiento del material hasta que determinado esfuerzo puede recibir y de esta manera relacionar y comparar resultados de lo que se estudia con lo que obtiene en la realidad mediante la práctica.

1.2.2. Análisis crítico

En la actualidad el fenómeno de la flexión se puede analizar a través de la interpretación de fórmulas pero ello no es suficiente para demostrar cómo reaccionarán los elementos sometidos a flexión, es necesario experimentar en equipos diseñados para tal fin y sustentados con normas tanto nacionales e internacionales su interpretación, el mencionado banco de pruebas que se va a estudiar se propondrá para la carrera de Ingeniería Mecánica, se evaluará los elementos del equipo pero principalmente el sistema de accionamiento, el cual simulará la carga en el espécimen, de aquel elemento se analizará la factibilidad de implementar un accionamiento neumático o hidráulico, también un ámbito muy importante será la controlabilidad del equipo mediante los principios del control, todo ello a fin de que el banco proporcione la adquisición de datos para interpretarlo en un diagrama esfuerzo deformación, que se lo irá obteniendo con la aplicación de carga y se podrá ir observando cuanto avanza la flecha, causado por la flexión del mismo y así interpretar y sacar la curva característica del material, en este caso el nylon, material muy utilizado en el campo de la ingeniería; en la adquisición de datos se obtendrá los siguientes ítems: esfuerzo de flexión, su media aritmética; cuando las probetas no se rompen; el esfuerzo de flexión y la flecha en la carga máxima, su media aritmética; eventualmente la curva carga – flecha con el valor de la media aritmética del módulo aparente de elasticidad E_f .

1.2.3. Prognosis

Si el estudio previo a la implementación de un banco de pruebas de flexión pura de polímeros tipo nylon para determinar el diagrama esfuerzo deformación del material no se realizara, no habrá una total comprensión de la teoría adquirida en el aula de clases así como en los laboratorios no se realizarán las prácticas necesarias no se podrá adquirir experiencia y tener una base tecnológica acorde con la teoría para actuar frente al campo de la ingeniería mecánica, desarrollarse y poder competir en las diversas situaciones profesionales que se presenten.

1.2.4. Formulación del problema

¿Qué tipo de banco de pruebas de flexión pura es aplicable en el Laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial?

1.2.5. Preguntas directrices

- ¿Existe algún banco de pruebas de flexión pura utilizado para fines académicos?
- ¿Qué parámetros se pueden adquirir en un Banco de Pruebas de Flexión?
- ¿Qué elementos deberá contener un Banco de pruebas de Flexión Pura?
- ¿Cuál será la alternativa de solución aplicable a las necesidades de la Carrera de Ingeniería Mecánica?

1.2.6. Delimitación del problema

1.2.6.1. De contenido

La presente investigación estará comprendida en el Área de Básicos Profesionalizantes y Diseño Mecánico.

1.2.6.2. Espacial

Esta investigación se llevará a cabo en el laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.2.6.3. Temporal

El presente estudio se lo realizará en un periodo que comprende los meses de Octubre 2014 – Abril 2015.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El porqué de esta investigación es primordial, es debido a que actualmente se está sustituyendo los materiales metálicos por polímeros y es necesario determinar sus características, por ello se requiere de un equipo que provea información del material para experimentarlo y así sacar conclusiones sobre utilizarlo en condiciones reales, además sustentar lo aprendido en clases con lo práctico.

La presente investigación es de gran interés, primero porque no se cuenta con equipos necesarios para el análisis de flexión de polímeros, no se cuenta con el diagrama esfuerzo - deformación de los distintos polímeros que existen, así también es necesario que los materiales se sometan a pruebas de flexión para tener un sustento claro de cómo va a comportarse en condiciones reales.

Es factible porque se dispone con todos los recursos necesarios para empezar la investigación, gracias a la ayuda de la biblioteca se cuenta con excelentes fuentes de información, también gracias a la ayuda de normas internacionales como la ASTM - D790 se puede encaminar el proyecto con objetivos claros según lo dispone la norma, también se cuenta con el apoyo de las normas técnicas INEN, y una de ellas a emplear será la norma INEN NTE 2047 “Plásticos. Determinación de la Resistencia a la Flexión de los Materiales Plásticos Rígido”, que propicia también excelente guía de la elaboración del proyecto a realizar.

El impacto que se generará en los laboratorios será de gran ayuda tanto para estudiantes como para docentes, se podrá analizar polímeros y realizar ensayos de flexión de los mismos, cuando se implemente en condiciones reales, se tendrá la certeza de que tipo de material se utilizará, otra cosa importante que se logrará con ello será la determinación del diagrama esfuerzo - deformación para el polímero en estudio. Al contar la Facultad con un Banco de Pruebas de Flexión Pura se facilitará a los estudiantes la comprensión ya que permitirá realizar una comparación entre lo teórico con lo práctico, con lo cual se obtendrá una mejor preparación académica.

Los beneficiarios primarios serán los estudiantes como los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato gracias a este banco de pruebas que se estudiará, también los beneficiarios secundarios será la comunidad en general especialmente el sector metalmecánico, ya que se ha podido comprobar que en la actualidad en las carrocerías se está implementando otro tipo de materiales, uno de ellos los polímeros que por sus características y peso liviano solo se analizan esfuerzos de tracción y compresión y se ha dejado de un lado el ensayo de flexión que se debería realizar para evaluar el comportamiento del material.

Lo novedoso serán los dispositivos que se utilizarán para el análisis y visualización del espécimen a ensayar, también se podrá determinar el diagrama esfuerzo – deformación del material para así tener un sustento de las características del polímero al estar sometido a flexión, también se emplearán elementos que ayuden a controlar los dispositivos mediante el control industrial.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Estudiar un banco de pruebas de flexión pura en nylon para una posterior implementación en el laboratorio de Sistemas de Medición y Control.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar que parámetros se puede adquirir en un Banco de Pruebas de Flexión.
- Investigar los elementos que debe contener un Banco de pruebas de Flexión Pura.
- Proponer una alternativa de solución aplicable a las necesidades de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

Para el desarrollo de esta investigación se requiere del paradigma crítico propositivo puesto que el estudio parte de un problema real, el cual se encuentra al no disponer de un Banco de Pruebas de Flexión Pura, con la finalidad de buscar nuevas tecnologías que ayudarán a dar solución al problema a través del análisis del mismo. La investigación recogerá datos de varias fuentes como: tesis, textos, artículos, publicaciones en internet y otros documentos que ayuden al desarrollo de esta investigación.

2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Todos los materiales y trabajos a ser ejecutados se ajustarán a las normas que se detallan a continuación. Estas normas regirán las presentes especificaciones técnicas aún cuando no estuvieren directamente expresadas.

A continuación se detalla una lista de las normas que se deberán tener en cuenta en la ejecución del proyecto:

- ASTM D 790 – 03 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials.
- NTE INEN 2 047 Plásticos. Determinación de la resistencia a la Flexión de los materiales plásticos rígidos.

2.3. RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

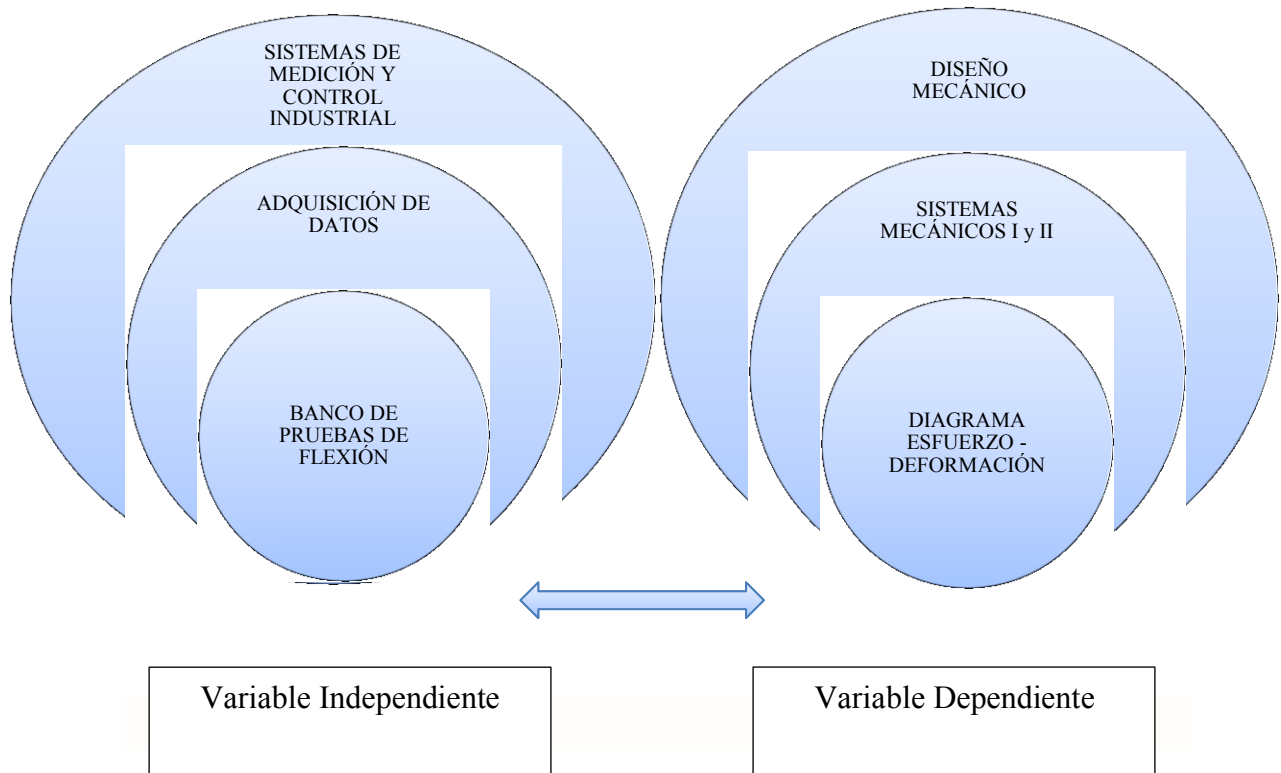


Figura 2.1. Red de categorías fundamentales.

Fuente: Pablo Morales

2.3.1. Banco de pruebas

Tropea (2011), manifiesta que: “Cuando se habla de bancos de pruebas (en inglés testbench) se refiere al conjunto de elementos utilizados para probar un diseño”.

El concepto se basa en la analogía con un banco de pruebas físico, utilizado para verificar el funcionamiento de un dispositivo.

En un banco de pruebas físico se colocará lo que se desea probar, usualmente denominado Dispositivo Bajo Prueba (Device Under Test o simplemente DUT). En dicho banco de pruebas se tendrá instrumentos para generar señales de entrada, también llamadas estímulos (stimulus) y por otro lado se tendrá equipamiento para verificar las salidas del dispositivo.

2.3.1.1. Flexión

Medina (2012), manifiesta que: “En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión. Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas. El esfuerzo de flexión puro o simple se obtiene cuando se aplican sobre un cuerpo pares de fuerza perpendiculares a su eje longitudinal, de modo que provoquen el giro de las secciones transversales con respecto a los inmediatos.”

El rasgo más destacado es que un objeto sometido a flexión presenta una superficie de puntos llamada fibra neutra tal que la distancia a lo largo de cualquier curva contenida en ella no varía con respecto al valor antes de la deformación. El esfuerzo que provoca la flexión se denomina momento flector.

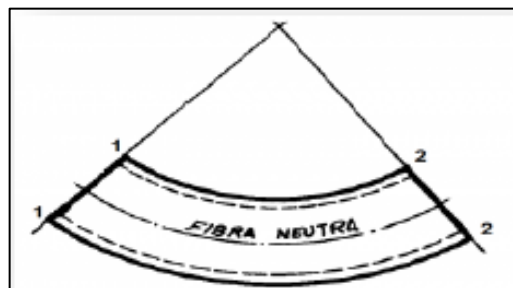


Figura 2.1. Comportamiento de una viga a flexión

Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8^{va} Edición, México

2.3.1.2. Vigas

Simbaña, & Moreta (2012), en su tesis explica que: Se denomina viga a un elemento constructivo lineal que trabaja principalmente a Flexión.

En las vigas la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.

Cargas y condiciones en los apoyos de una viga

Diagramas de cortante y momento: Debido a las cargas aplicadas (P), la barra desarrolla una fuerza cortante (V) y un momento flexionante (M) internos que, en general, varían de punto a punto a lo largo del eje de la barra. Se determina la fuerza cortante máxima y el momento flexionante máximo expresando V y M como funciones de la posición L a lo largo del eje de la barra. Esas funciones se trazan y representan por medio de diagramas llamados diagramas de cortante y momento. Los valores máximos de V y M pueden obtenerse de esas gráficas.

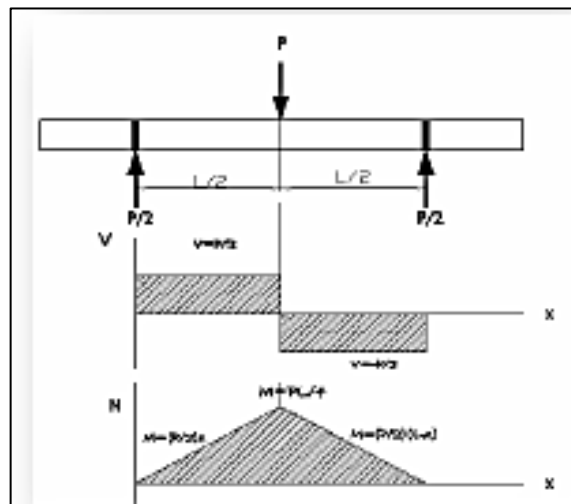


Figura 2.2. Diagramas fuerza cortante y momento flector

Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8ª Edición, México.

2.3.1.3. Modos de falla de vigas

Según Mott (2009) los modos de fallas que las vigas pueden presentar son las siguientes:

- Fractura completa.** El material deberá ser algo frágil y la sección transversal deberá ser suficientemente pequeña para que se rompa con cargas de bajas a moderadas.

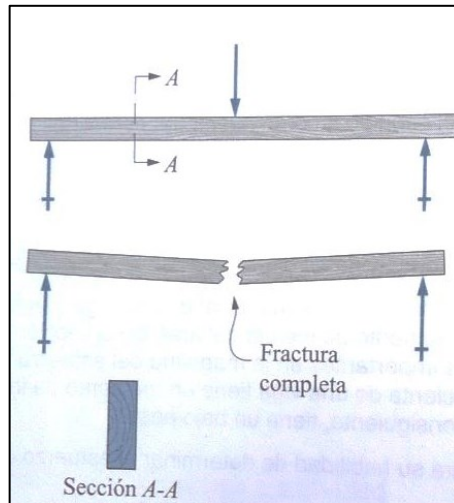


Figura 2.3. Fractura completa.

Fuente: MOTT R. (2009), Resistencia de Materiales, 5ta Edición, México

- b) Cedencia de una parte de la viga.** El material deberá ser dúctil de modo que se deforme antes de que se rompa.

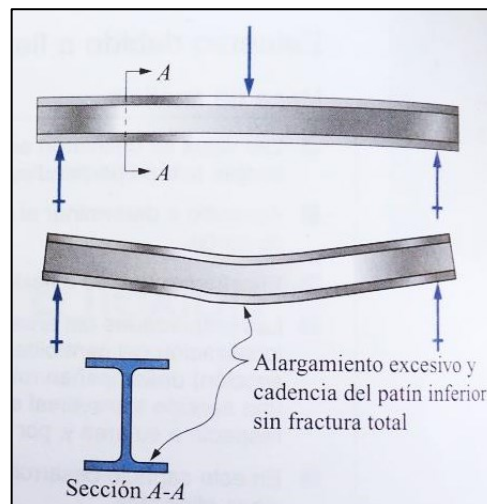


Figura 2.4. Cedencia de una parte de la viga.

Fuente: MOTT R. (2009), Resistencia de Materiales, 5^{ta} Edición, México

- c) Desgarramiento local.** Este tipo de falla ocurre cuando los patines delgados extendidos de una viga se someten a un esfuerzo de compresión como el producido por una carga dirigida hacia abajo sobre la cara superior de una viga simplemente apoyada o sobre la cara inferior de una viga en voladizo.

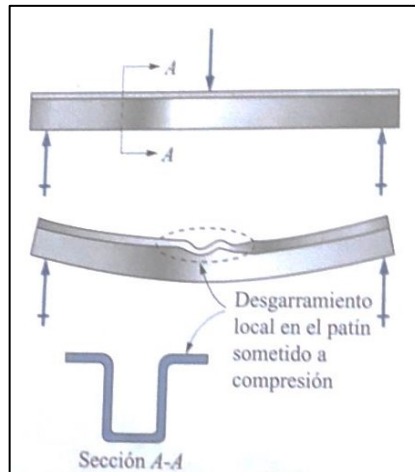


Figura 2.5. Desgarramiento local.

Fuente: MOTT R. (2009), Resistencia de Materiales, 5^{ta} Edición, México

- d) Arrugamiento o plegamiento del alma.** Un perfil I o una viga de caja o cerrada relativamente alta con almas o costados verticales delgados puede fallar por plegamiento.

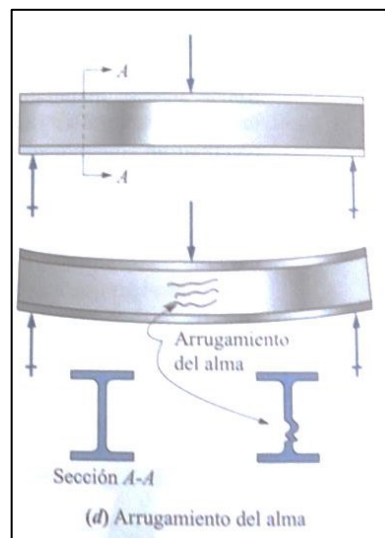


Figura 2.6. Arrugamiento o plegamiento del alma.

Fuente: MOTT R. (2009), Resistencia de Materiales, 5^{ta} Edición, México

- e) Falla de sujetador.** Las vigas compuestas hechas de dos o más partes pueden fallar por corte de los sujetadores tales como remaches, tornillos, pernos, clavijas o clavos, o por excederse la resistencia al cortante de adhesivos, juntas soldadas o soldaduras.



Figura 2.7. Falla de sujetador.

Fuente: MOTT R. (2009), Resistencia de Materiales, 5ta Edición, México

- f) **Cortante interlaminar.** Un modo de falla importante de estos materiales es la separación de las capas cuando se someten a carga tal como flexionado un panel o una viga.

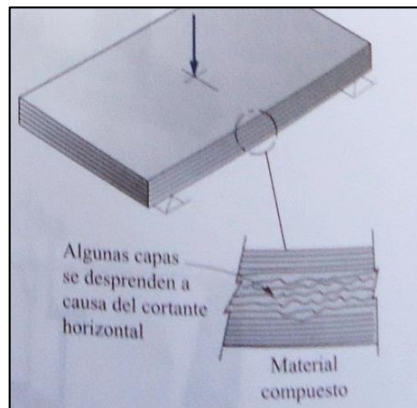


Figura 2.8. Cortante interlaminar.

Fuente: MOTT R. (2009), Resistencia de Materiales, 5ta Edición, México

2.3.1.4. Fórmula de flexión

Mott (2009) manifiestan que: En una viga sometida a un momento flexionante del tipo mostrado en la figura, el material sobre el eje centroidal estará a compresión con el esfuerzo de compresión máximo en la cara superior.

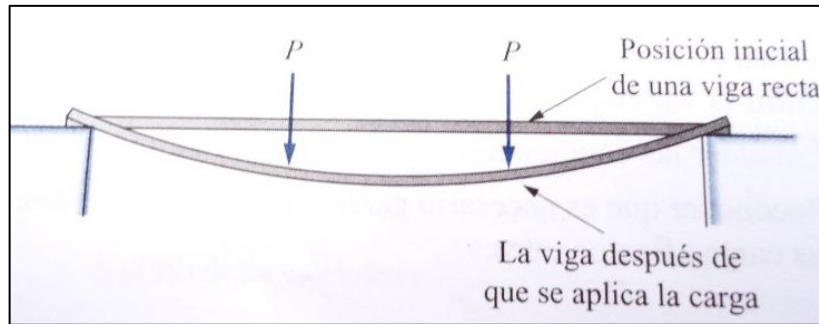


Figura 2.9. Ejemplo de una viga

Fuente: MOTT R. (2009), Resistencia de Materiales, 5ta Edición, México

El material bajo el eje centroidal estará a tensión con el esfuerzo de tensión máximo en la cara inferior.

A lo largo del eje centroidal, la deformación y el esfuerzo debido a la flexión son cero. Éste se llama eje neutro.

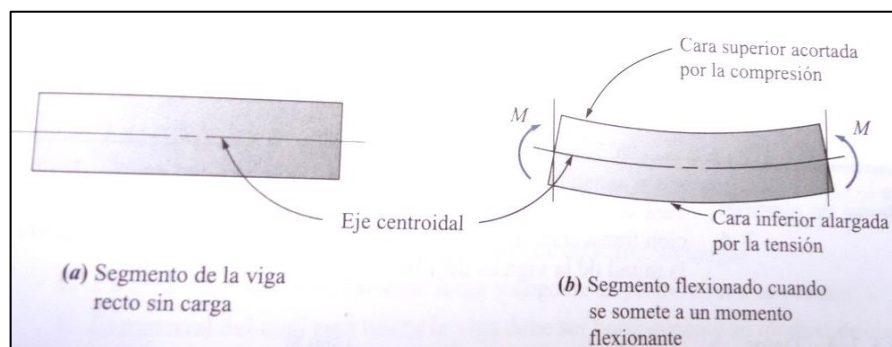


Figura 2.10. Influencia del momento flexionante en un segmento de viga

Fuente: MOTT R. (2009), Resistencia de Materiales, 5ta Edición, México

A continuación se enuncia la fórmula de flexión, la cual puede ser utilizada para calcular el esfuerzo máximo causado por flexión.

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ecuación (2-1)}$$

Dónde:

σ_{max} = esfuerzo máximo en las fibras más externas de la viga

M = momento flexionante en la sección de interés

C = distancia del eje centroidal de la viga a las fibras más externas

I = momento de inercia de la sección transversal con respecto a su eje centroidal

Curva elástica

La curva elástica ó elástica, es la deformada por flexión del eje longitudinal de una viga recta, la cual se debe a la aplicación de cargas transversales en el plano x y sobre la viga.

2.3.1.5. Introducción a los polímeros

Los polímeros, que abarcan materiales tan diversos como los plásticos, el hule o caucho y los adhesivos, son moléculas orgánicas gigantes en cadena, con pesos moleculares desde 10,000 hasta más de 1,000,000 g/mol. La polimerización es el proceso mediante el cual moléculas más pequeñas se unen para crear estas moléculas gigantes. Los polímeros se utilizan en un número sorprendente de aplicaciones, incluyendo juguetes, aparatos domésticos, elementos estructurales y decorativos, recubrimientos, pinturas, adhesivos, llantas de automóvil, espumas y empaques. Los polímeros son a menudo utilizados como fibra y como matriz en compuestos (Méndez, 2010).

Los polímeros comerciales o estándar son materiales ligeros resistentes a la corrosión, de baja resistencia y rigidez y no son adecuados para uso a altas temperaturas. Sin embargo, son relativamente económicos y fácilmente conformables en una diversidad de formas, desde bolsas de plástico o engranes metálicos y tinas de baño. Los polímeros ingenieriles están diseñados para dar una mejor resistencia o mejor rendimiento a temperaturas elevadas. Estos últimos se producen en cantidades relativamente pequeñas y son costosos. Algunos de los polímeros ingenieriles pueden funcionar a temperaturas tan altas como 350°C; otros, usualmente en forma de fibra, tienen resistencias superiores a las del acero. Los polímeros también son resistentes a la corrosión y al ataque de químicos (Shackelford, 2005).

Generalidades

Características Generales

Se conforman fácilmente por moldeo. Para que sean reutilizables y con un nivel aceptable de calidad, hay que añadir “aditivos” auxiliares para la mejora de las propiedades.

- Baja resistencia a la tracción
- Uso limitado en función de la temperatura (300°C, 530°C)
- Gran coeficiente de dilatación térmica
- Plásticos: Gran capacidad de deformación plástica.

Nylon

El Nylon es un polímero que pertenece al grupo de las poliamidas (designado con las siglas PA). Tiene algunas denominaciones comerciales tales como: Nylon-6, Poliamida-6, Nylatron-6, Akulon-6, Ultramid-B, Durethan-B, Tecamid-6, Ertalon-6 SA, Amidan-6. Los números generalmente añadidos al nylon se refieren al número de “unidades de CH” entre los extremos reactivos y el monómero. Debido a las características de los grupos amida en la cadena principal, es uno de los polímeros más comúnmente utilizados como una fibra.

Entre las propiedades más importantes se tiene que el Nylon es altamente deslizante, resistente a los químicos y tiene muy buena resistencia al desgaste, aún trabajando en seco, por lo que tiene poco envejecimiento si es utilizado como cojinete. Además, como se trata de un polímero termoplástico, es fácil de darle forma mediante su fundido (Smith, 2006).

Las dos formas en que puede presentarse son la rígida y la fibra: en su presentación rígida se utiliza para fabricar piezas de transmisión de movimientos tales como ruedas de todo tipo, tornillos, piezas de maquinaria, piezas de electrodomésticos, herramientas y utensilios caseros, etc. En su presentación como fibra, debido a su capacidad para formar hilos, se utiliza en la industria

textil y en la cordelería para fabricar medias, cuerdas, tejidos y otros elementos flexibles. En su polímero se encuentran unidades repetidas de enlaces de amidas entre ellos, su monómero se muestra a continuación, el cual reacciona para formar largas cadenas de polímeros (Méndez, 2010).

Las poliamidas presentan unas propiedades físicas próximas a las de los metales como la resistencia a la tracción entre 400-600 Kg/cm². Tienen un coeficiente de rozamiento muy bajo no necesitando lubricantes las piezas que son sometidas a fricción, buena resistencia química, fácil moldeo y resistencia a temperaturas de trabajo de hasta 1200° C (Shackelford, 2005).

De manera general, las características del Nylon, son:

- Dureza.
- Capacidad de amortiguación de golpes, ruido, vibraciones.
- Resistencia al desgaste y calor.
- Resistencia a la abrasión.
- Inercia química casi total.
- Antiadherente.
- Inflamable.
- Excelente dieléctrico.
- Alta fuerza sensible.
- Excelente abrasión.

2.3.2. Adquisición de datos

La adquisición de datos es una necesidad habitual en la mayoría de las actividades industriales, su propósito es medir un fenómeno físico como presión, temperatura, voltaje, corriente, etc.

Se entenderá por tal el proceso de acondicionamiento y selección de la señal a adquirir, que puede ser suministrada por un sensor, la toma de muestras de esta señal, la conversión analógico/digital de dicha señal, realizada a frecuencia adecuada y la transferencia de esta información digital a un sistema que pueda

procesarla (computador). La adquisición de datos basada en PC utiliza una combinación de hardware modular, software de aplicación y una PC para realizar medidas, cada sistema comparte una meta en común de adquirir, analizar y presentar información (Calderón, & Sánchez, 2005).

Un sistema de adquisición de datos es un equipo que permite tomar señales físicas del entorno y convertirlas en datos que posteriormente se puedan procesar y presentar. A veces el sistema de adquisición es parte de un sistema de control y por tanto la información recibida se procesa para obtener una serie de señales de control.

2.3.2.1. Sistemas de adquisición y procesamiento de datos

2.3.2.2. Proceso de adquisición de datos

Según Bolton (2006), como paso previo antes de realizar un tratamiento digital de la información está el proceso de adquisición de los datos, en definitiva, en este proceso se realiza una medición, a través de un computador de una magnitud física. El proceso a seguir con las señales desde la adquisición de estas, por medio del sensor adecuado, hasta la digitalización consta de tres etapas: manejo,

- Conversión de la magnitud a una señal eléctrica.
- Adaptación de la señal eléctrica para su lectura digital.
- Sistema hardware de adquisición de datos, generalmente a través de un computador.

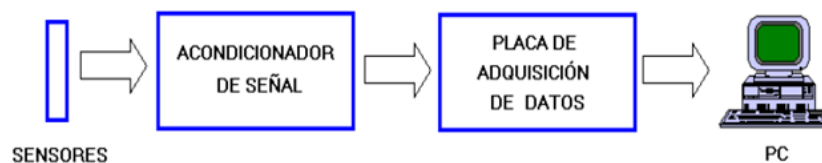


Figura 2.11. Esquema de sistema de adquisición de datos

Fuente: WHITE G. (2010), Introducción Al Análisis De Vibraciones, 2da Edición, USA

Sensores

Una parte fundamental en todo sistema de adquisición de datos es el elemento encargado de percibir la magnitud a medir, los sensores son dispositivos capaces de convertir una magnitud física, como puede ser la temperatura, la presión, etc., en una diferencia de potencial o una variación de intensidad. Es decir, realizan una conversión de energías y suministran información sobre el estado y tamaño de la magnitud. Los sensores informan de su entorno y además esa información es cuantificable, es decir, medible por algún instrumento (Bolton, 2006).

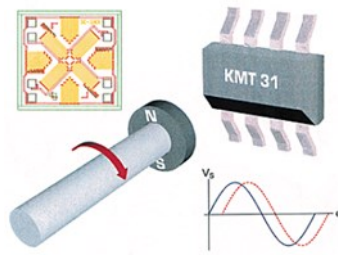


Figura 2.12. Ejemplo de un sensor de campo magnético

Fuente: <http://www.dte.uvigo.es>

En la actualidad, la mayor parte de los sensores:

- Generan una salida en tensión o corriente, o bien,
- Modifican una propiedad que puede ser evaluada de forma eléctrica.

De esta manera, y con el debido acondicionamiento, la señal de salida puede ser tratada por un equipo automático de adquisición de datos. Las señales del mundo real son, en general, analógicas y varían de manera continua en el tiempo, para que un computador sea capaz de procesarla se debe convertir a datos digitales.

Acondicionador de señal

- Transformación.
- Amplificación.
- Conversión por medio de optoacopladores.

- Filtrado.
- Excitación.
- Linealización.

Transformación

Los sensores pueden proporcionar una diferencia de potencial, o una variable de intensidad. Normalmente las tarjetas de adquisición de datos admiten diferencias de potencial, por lo que si el sensor proporciona una variación de intensidad, esta debe ser convertida en una diferencia de potencial proporcional.

Amplificación

La señal proporcionada por los sensores suele ser de un valor muy pequeño, por lo que debe ser amplificada con el fin de que pueda ser detectada correctamente por la tarjeta de adquisición de datos. La amplificación debe ser tal, que las variaciones de la señal recorran todo el margen de la tarjeta de adquisición de datos. La amplificación de las señales, en su origen, reduce el ruido que les puede afectar en su transmisión hasta el computador.

Conversión por medio de optoacopladores

Consiste en la conversión de una señal eléctrica en una señal óptica, de luz. El principal objetivo de esta conversión consiste en aislar los sistemas eléctricos de los sensores de los sistemas eléctricos de la tarjeta de adquisición para que de esta forma, se evite usar masas comunes, que en algunos casos producen problemas de derivación de corrientes. Conviene que los sensores de calidad realicen esta conversión por medio de optoacopladores.

Filtrado

Con el filtrado se pretende eliminar ruidos de alta frecuencia que pueden hacer perder exactitud al sistema de adquisición de datos. Lo ideal es transportar la señal del sensor lo más limpia posible a la tarjeta de adquisición.

Excitación

Hay muchos sensores que necesitan de una excitación, bien en corriente o bien en tensión para producir la variación proporcional a la magnitud a medir.

Linealización

No todos los sensores tienen una variación lineal con respecto a las variaciones de la magnitud que se miden, a veces es necesario realizar cálculos para convertir la respuesta del sensor en lineal.

2.3.3. Sistemas de medición y control industrial

2.3.3.1. Sistemas de Medición

Según Bolton (2002), en general puede decirse que los sistemas de medición están formados por tres elementos:

1. Un sensor, el cual responde a la cantidad que se mide, dando como salida una señal relacionada con dicha cantidad.
2. Un acondicionador de señal, el cual toma la señal del sensor y la manipula para convertirla a una forma adecuada para su presentación visual o como el caso de un sistema de control, para que ejerza una acción de control.
3. Un sistema de presentación visual (pantalla o display), es donde se despliega la salida producida por el acondicionador de señal.

2.3.3.2. Sistemas de control

Según Bolzern, Scattolini y Schiavoni (2009): La determinación de la evolución de la variable de control es calculada por un controlador o regulador. El conjunto constituido por el proceso y el regulador se denomina sistema de control.

2.3.3.3. Automatización

Escalona (2007) manifiesta que: La automatización Industrial es un sistema de manufactura flexible; es de vital importancia que los dispositivos que actúan como elementos integradores del mismo, ofrezcan un nivel de seguridad que permita garantizar el desarrollo del proceso en ejecución.

Según Daneri (2008): Los objetivos de un sistema de Automatización son mejorar la eficiencia del proceso incrementando la velocidad de ejecución de las tareas, la calidad y la precisión, disminuyendo además los riesgos que se podrían tener si las mismas fuesen manuales.

2.3.4. Diagrama esfuerzo – deformación

Gráfico del esfuerzo como una función de la deformación. Puede construirse a partir de los datos obtenidos en cualquier ensayo mecánico en el que se aplica carga a un material, y las mediciones continuas de esfuerzo y de formación se realizan simultáneamente. Se construye para ensayos de compresión, tensión y torsión.

El diseño de elementos estructurales implica determinar la resistencia y rigidez del material estructural, estas propiedades se pueden relacionar si se evalúa una barra sometida a una fuerza axial para la cual se registra simultáneamente la fuerza aplicada y el alargamiento producido. Estos valores permiten determinar el esfuerzo y la deformación que al graficar originan el denominado diagrama de esfuerzo y deformación.

Los diagramas son similares si se trata del mismo material y de manera general permite agrupar los materiales dentro de dos categorías con propiedades afines que se denominan materiales dúctiles y materiales frágiles. Los diagramas de materiales dúctiles se caracterizan por ser capaces de resistir grandes deformaciones antes de la rotura, mientras que los frágiles presentan un alargamiento bajo cuando llegan al punto de rotura.

2.3.4.1. Elementos de diagrama esfuerzo – deformación

En un diagrama se observa un tramo de la recta inicial hasta un punto denominado límite de proporcionalidad. Este límite tiene gran importancia para la teoría de los sólidos elásticos, ya que se basa en el citado límite. Dicho límite es el superior para un esfuerzo admisible.

- Límite de proporcionalidad: hasta este punto la relación entre el esfuerzo y la deformación es lineal.
- Límite de elasticidad: más allá de este límite el material no recupera su forma original al ser descargado, quedando con una deformación permanente.
- Punto de cedencia: aparece en el diagrama un considerable alargamiento o cedencia sin el correspondiente aumento de carga. Este fenómeno no se observa en los materiales frágiles.
- Esfuerzo último: máxima ordenada del diagrama esfuerzo – deformación.
- Punto de ruptura: cuanto el material falla.

Según Beer y Johnston (1993), Popov (1996), Singer y Pytel (1982), dado que el límite de proporcionalidad, elasticidad y punto de cedencia están tan cerca se considera para la mayoría de los casos como el mismo punto. De manera que el material al llegar a la cedencia deja de tener un comportamiento elástico y la relación lineal entre el esfuerzo y la deformación deja de existir.

Ley de Hooke

En el diagrama esfuerzo – deformación, la línea recta indica que la deformación es directamente proporcional al esfuerzo en el tramo elástico, este principio conocido como la ley de Hooke. Así mismo, la proporción representada por la pendiente de la recta, es constante para cada material y se llama módulo de elasticidad (E), valor que representa la rigidez de un material.

Energía de deformación

La deformación es un proceso termodinámico en el que la energía interna del cuerpo acumula energía potencial elástica. A partir de unos ciertos valores de la deformación se pueden producir transformaciones del material y parte de la energía se disipa en forma de plastificado, endurecimiento, fractura o fatiga del material.

2.3.4.2. Esfuerzo y deformación

Según Salvadori y Heller (1998) y Timoshenko (2011): El diseño de cualquier elemento o de un sistema estructural implica responder dos preguntas: ¿El elemento es resistente a las cargas aplicadas? y ¿Tendrá la suficiente rigidez para que las deformaciones no sean excesivas e inadmisibles?, las respuestas a estas preguntas implican el análisis de la resistencia y rigidez de una estructura, aspectos que forman parte de sus requisitos. Estos análisis comienzan por la introducción de nuevos conceptos que son el esfuerzo y la deformación, aspectos que serán definidos a continuación.

Esfuerzo

Las fuerzas internas de un elemento están ubicadas dentro del material por lo que se distribuyen en toda el área; justamente se denomina esfuerzo a la fuerza por unidad de área, la cual se denota con la letra griega sigma (σ) y es un parámetro que permite comparar la resistencia de dos materiales, ya que establece una base común de referencia.

$$\sigma = \frac{P}{A} \qquad \text{Ecuación (2-2)}$$

Dónde:

P = Fuerza axial;

A= Área de la sección transversal.

Cabe destacar que la fuerza empleada en la ecuación debe ser perpendicular al área analizada y aplicada en el centroide del área para así tener un valor de σ constante que se distribuye uniformemente en el área aplicada. La ecuación mencionada no es válida para los otros tipos de fuerzas internas; existe otro tipo de ecuación que determine el esfuerzo para las otras fuerzas, ya que los esfuerzos se distribuyen de otra forma.

Deformación

La resistencia del material no es el único parámetro que debe utilizarse al diseñar o analizar una estructura; controlar las deformaciones para que la estructura cumpla con el propósito para el cual se diseñó tiene la misma o mayor importancia. El análisis de las deformaciones se relaciona con los cambios en la forma de la estructura que generan las cargas aplicadas.

Una barra sometida a una fuerza axial de tracción aumentará su longitud inicial; se puede observar que bajo la misma carga pero con una longitud mayor este aumento o alargamiento se incrementará también. Por ello definir la deformación (ϵ) como el cociente entre el alargamiento δ y la longitud inicial L , indica que sobre la barra la deformación es la misma porque si aumenta L también aumentaría δ .

2.3.5. Diseño mecánico

En ingeniería el diseño mecánico es resultado de investigaciones sobre el límite de fluencia de los materiales, valor de esfuerzo aplicado en el que el material comienza a deformarse permanentemente, adquiriendo propiedades diferentes a las que tenía antes de someterlo a una fuerza.

Tener un diseño adecuado, se debe llegar a un cociente límite de fluencia/fuerza aplicada (en la manera más sencilla de presentarlo) mayor a la unidad. El proceso de diseño inicia con la identificación de la necesidad, para luego plantear el problema concreto, también se realiza de manera iterativa el análisis y síntesis hasta concluir con el diseño final.

2.4. HIPÓTESIS

Un banco de pruebas de flexión pura en nylon aplicable al laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial permitirá realizar prácticas de determinación del diagrama esfuerzo - deformación del material.

2.5. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.5.1. Variable Independiente

Banco de pruebas de flexión pura.

2.5.2. Variable Dependiente

Diagrama esfuerzo- deformación

2.5.3. Término de relación

Permitirá realizar

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE

En el estudio predominarán los datos cuantitativos por la utilización de variables cuantitativas, precisamente porque se manejarán datos numéricos con fraccionamientos, los cuales también serán explicativos, porque se realizará ensayos de flexión en el polímero para determinar el diagrama esfuerzo - deformación del material.

La información para la realización del estudio proviene principalmente de fuentes como libros, tesis, documentales, internet, etc. y lo demás será completado con ayuda de especialistas en el tema quienes servirán de apoyo para la realización del trabajo.

3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizará según las siguientes modalidades:

- **Bibliográfica.**-La información que se recolectara para realizar esta investigación será de fuentes primarias tales como: libros, tesis, documentales e internet y fuentes secundarias como: resúmenes y listados de referencias vigentes.
- **De Campo.**- La presente investigación se realizará en el laboratorio de Medición y Control de la Carrera de Ingeniería Mecánica, lugar donde se efectuarán las pruebas de funcionamiento lo cual permitirá analizar los resultados de la investigación y una recolección de datos.
- **Experimental.**- Se utilizará la manipulación y las pruebas controladas para entender los procesos causales. También se basará en la manipulación de la variable independiente para determinar su efecto sobre la variable dependiente.

3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para la investigación se utilizará los siguientes tipos:

- **Correlación**

Mediante la propuesta se relacionarán las variables tanto independiente como dependiente durante la investigación.

- **Explicativo**

Con los datos obtenidos se podrán analizar, interpretar los resultados para solucionar el problema.

- **Descriptivo**

Se describirá los argumentos necesarios para el estudio de un banco de pruebas de flexión pura de polímeros tipo nylon para determinar el diagrama esfuerzo deformación del material en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Población o Universo

La población está conformada solo por datos de medición, aquellos parámetros son la fuerza y desplazamiento de las distintas probetas a ensayar.

3.4.2. Muestra

La muestra es la cantidad de probetas que demanda la norma y se especifica cinco probetas por cada ensayo.

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.5.1. Variable independiente

Banco de pruebas de flexión pura.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Un banco de pruebas es una plataforma para experimentación de materiales, aquellos equipos constan de instrumentos de control que ayudan a obtener datos más reales y comprobar teorías científicas mediante la realización de ensayos.	Banco de pruebas	¿Cuál es el sistema de accionamiento aplicable al banco de pruebas?	-Neumático -Hidráulico -Mecánico	- Investigación bibliográfica -Tabla de ponderación
	Tipo de control	¿Qué tipo de control debe tener la fuerza de aplicación en el sistema?	-Manual - Semiautomático -Automático	- Investigación bibliográfica -Tabla de ponderación
	Ensayo	¿Cuál norma se debe aplicar para la realización del ensayo?	- ASTM D 790 - 03 - NTE INEN 2 047	- Investigación bibliográfica

Elaborado por: Pablo Morales

3.5.2. Variable dependiente

Diagrama esfuerzo – deformación

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Gráfico del esfuerzo como una función de la deformación, puede construirse a partir de los datos obtenidos en cualquier ensayo mecánico en el que se aplica carga a un material, y las mediciones continuas de esfuerzo y deformación se realizan simultáneamente.	Carga aplicada	¿Cuál es la magnitud de carga que se aplica al espécimen?	< 100 N	-Investigación bibliográfica -Hoja de toma de datos -Ensayos de laboratorios
			= 100 N	
	Deformación	¿Qué tipo de deformación presenta el polímero?	> 100 N	-
Deformación plástica			-Investigación bibliográfica -Ensayos de laboratorio	
			-	-Investigación bibliográfica -Ensayos de laboratorio
			Deformación elástica	

Elaborado por: Pablo Morales.

3.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En la presente investigación se utilizó las siguientes técnicas con sus respectivos instrumentos: Observación directa, indirecta, participante, bibliográfica, de campo y de laboratorio utilizando como instrumentos los cuadernos de notas, escalas estimativas.

3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.7.1. Plan de procesamiento de la información

- Revisión crítica de la información recogida.
- Tabulación de cuadros según las variables de la hipótesis: Cuadro de una variable, cuadro con cruce de variables, etc.
- Porcentual: Obtener relación porcentual con respecto al total.
- Con el porcentaje y los resultados numéricos se estructura el cuadro de resultados que sirve de base para la representación gráfica.
- Gráfica: representar los resultados mediante gráficos estadísticos.
- Estudio estadístico de datos para la presentación de resultados.
- Analizar e interpretar los resultados relacionándoles con los objetivos y la hipótesis.

3.7.2. Análisis e interpretación de resultados

Luego de la obtención de gráficos, en la parte inferior de cada uno estos es común encontrar unas pocas líneas con el análisis e interpretación del mismo en función de los objetivos y la hipótesis o de la propuesta.

- Análisis de los resultados estadísticos destacando la tendencia de acuerdo a los objetivos y la hipótesis.
- Interpretación de resultados con el apoyo del marco teórico.
- Comprobación de hipótesis.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Realizar una estricta investigación de los componentes del banco de pruebas conlleva un análisis detallado de cada sistema, por lo cual se inicia con el sistema de accionamiento, encargado de aplicar la carga al espécimen para realizar el ensayo de flexión del nylon, los diferentes parámetros que debe cumplir el sistema actuador se establece en catálogos y las características de operación se determinan mediante la investigación bibliográfica.

De acuerdo a la investigación en conjunto con la observación como técnica para recoger la información necesaria, los equipos son evaluados en libros y catálogos en donde se muestran algunas alternativas de selección.

En la búsqueda de la información se destaca la norma técnica la cual consta de contenido relevante y datos aplicables en la investigación, denominado documento se analiza y continúa con la determinación de la fuerza requerida del sistema de accionamiento utilizando métodos detallados en la presente norma.

Norma INEN 2047

Se procede a evaluar la información procedente de la norma técnica para que la investigación este encaminada correctamente, denominado documento que prevalece para el presente estudio es:

- NTE INEN 2 047 “Plásticos. Determinación de la resistencia a la flexión de los materiales plásticos rígidos.”

Contiene información relevante por lo cual se realiza un análisis del documento con el fin de tener un criterio correcto al momento de realizar la investigación.

Tabla 4.1. Ítems de la norma

Título	Plásticos. Determinación de la resistencia a la flexión de los materiales plásticos rígidos.	
Objeto	Establece un método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión de los materiales plásticos rígidos.	
Alcance	Probetas apoyadas en sus extremos cargadas en la mitad de su longitud.	
Definiciones	Establece cada variable con su definición y la manera de emplearla.	
Equipo	Explica constitutiva del equipo así como las medidas de los apoyos.	
Preparación de las probetas.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se preparan probetas de sección rectangular. ➤ Las medidas serán: <ul style="list-style-type: none"> • longitud mínima = 80 mm • anchura = 10 mm • espesor: = 4 mm 	
Número de probetas	Para la realización del ensayo deben emplearse como 5 probetas.	
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ajustar la distancia entre apoyos L a un valor comprendido en 16 veces el espesor de la probeta. ○ Se carga la probeta en la mitad de la distancia entre apoyos ○ Accionar el útil de carga ○ Cuando las probetas no se rompen antes o en la flecha convencional, anotar la carga en la flecha convencional. ○ Cuando las probetas se rompen antes o en el momento de alcanzar la flecha convencional, anotar la carga y la flecha de rotura. 	
Cálculos	$\sigma_f = \frac{3F \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2}$	$\varepsilon_f = \frac{6 \cdot s \cdot h}{L^2}$
Informe de resultados	Explica orden de resultados y forma de presentación de cada uno de los parámetros encontrados	

Fuente: Pablo Morales

Mediante la evaluación de cada ítem antes mencionado, se destacó contenido importante para la investigación; por tanto la norma INEN 2047 es el documento que guiará la elaboración del estudio, cabe mencionar que el documento se encuentra al alcance de todas las personas, se la utiliza para la realización de proyectos e investigaciones, muy reconocida en nuestro país y contiene excelente información para el desarrollo del presente estudio.

Mientras tanto la norma ASTM es un documento a nivel internacional en el cual se desarrollan acuerdos sobre normas técnicas de materiales, productos, servicios y sistemas, sin embargo se descarta su utilización debido a que se cuenta con la norma INEN 2047 para el desarrollo del presente estudio.

4.1.1. Magnitud de carga que se aplica al espécimen

Para determinar la magnitud de carga que trabajará el banco de pruebas de flexión pura en nylon, se realiza el análisis de la probeta que va a estar sometida a flexión; primero se investiga las propiedades mecánicas ya establecidas del material en fuentes como catálogos y conjuntamente con el empleo de la respectiva norma se selecciona las ecuaciones contenidas en el documento.

Mediante la utilización de fórmulas que proporciona directamente la norma técnica se establece la fuerza requerida, aquella magnitud determinada es la que debe generar el útil de carga del sistema de accionamiento.

A continuación se procede a calcular la fuerza requerida para flexionar el nylon con las siguientes ecuaciones, todas aquellas son proporcionadas por la Norma INEN 2047. En primer lugar, se determina el esfuerzo de flexión del nylon mediante la especificación del material en el catálogo, este valor se reemplaza en la ecuación con las otras características de la probeta.

El esfuerzo de flexión (σ_f) se determina del ANEXO D1, donde constan las propiedades mecánicas del nylon que comercialmente lo expenden a nivel

Nacional, el material se lo adquiere de distribuidores locales quienes facilitan los catálogos.

Fuerza de aplicación del accionamiento

Para determinar la fuerza primero se obtiene las medidas especificadas de la probeta proporcionada por la norma INEN 2047:

Probeta

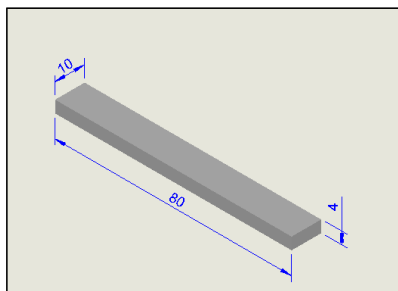


Figura 4.1. Dimensiones probeta de nylon

Fuente: Pablo Morales

Longitud mínima: $l = 80 \text{ mm}$

Anchura: $b = 10 \text{ mm}$

Espesor: $e = 4 \text{ mm}$

El σ_f se obtiene del ANEXO D1, se determina las propiedades mecánicas del nylon que existe comercialmente a nivel Nacional.

$\sigma_f = 60 \text{ MPa}$

La longitud L que es la distancia entre apoyos y su medida es 16 veces el espesor, por lo tanto:

Esfuerzo de flexión

$$\sigma_f = \frac{3F \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

Ecuación (4-1)

Dónde:

σ_f : es el parámetro de esfuerzo de flexión en cuestión.

F: es la fuerza aplicada, en newtons.

L: es la distancia entre apoyos, en milímetros.

b : es la anchura de la muestra, en milímetros.

h: es el espesor de la muestra, en milímetros.

Fuerza requerida

Longitud entre apoyos: $L = 64\text{mm}$

$$F = \frac{2 \cdot \sigma_f \cdot b \cdot h^2}{3 \cdot L}$$

$$F = \frac{2 \times (60 \times 10^6 \text{N/m}^2) \times (0,015 \text{m}) \times (4 \times 10^{-3} \text{m})^2}{3 \times (0,096 \text{m})}$$

$$\mathbf{F = 100N}$$

Aquella es la fuerza requerida para el accionamiento y que la probeta a ensayar vaya a flexionar sin ninguna dificultad.

Análisis del sistema de accionamiento

Para tener una perspectiva de las condiciones del sistema de accionamiento del banco de pruebas, se realiza un análisis de la información obtenida mediante la investigación bibliográfica, aquello permite encontrar tres alternativas de sistemas de accionamiento, las cuales se analizarán de acuerdo a las siguientes características.

- Costo
- Potencia
- Velocidad de operación

- Mantenimiento
- Estabilidad

4.1.1.1. Parámetros de Funcionamiento

El sistema de accionamiento que se investiga debe cumplir los siguientes parámetros de funcionamiento: la aplicación de la fuerza será proporcionada a una velocidad moderada, es decir, que su accionamiento no sea inmediato, por el contrario vaya aplicándose paulatinamente, también debe transmitir una magnitud de fuerza que sea capaz de flexionar la probeta en ensayo, todo lo mencionado anteriormente deberá ajustarse a los parámetros de operación y funcionales.

a) Parámetros de Operación

Este parámetro parte de las especificaciones y de los requerimientos necesarios por parte del banco de pruebas de flexión en nylon aplicable al laboratorio de sistemas de medición y control industrial. El sistema de accionamiento debe manejarse bajo los siguientes parámetros:

- Tener una capacidad de aplicación de fuerza de 0 a 1KN.
- Velocidad de avance de operación moderada y constante.

b) Parámetros Funcionales

El sistema de accionamiento debe cumplir con requerimientos establecidos para lograr un correcto funcionamiento del banco de pruebas de flexión como: una velocidad moderada constante, comprensible en su manejo y mantenimiento.

4.2. INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

4.2.1. Selección del modelo de sistema de accionamiento

4.2.1.1. Alternativas de sistemas de accionamiento

En este primer análisis se plantea los principales sistemas de accionamiento, los cuales son propuestos realizando una exhaustiva investigación bibliográfica para determinar el más eficiente en el banco de pruebas y que cumpla con las características anteriormente mencionadas. A continuación se presenta un detalle:

A. Accionamiento neumático



Figura 4.2.Accionamiento neumático

Fuente: SeguraLlunell S.A. (www.segurallunell.es)

Ventajas

- Fácil almacenaje de energía.
- Transmisión de energía hasta 1000 m.
- Velocidad de operación 1,5 m/s (estándar).
- Fuerzas limitadas por presión neumática y el ϕ del cilindro, $F = 30\text{kN}$ a 6 bar.
- En caso de fugas solo pérdida de energía.
- De fácil manejo, puede ser controlado por una sola persona.

Desventajas

- Estabilidad bajo el aire es compresible.
- Movimiento giratorio simple, ineficiente a altas velocidades.
- Ruidoso cuando se lo evacua libre de silenciadores
- Difícil controlar la velocidad y la precisión del sistema

B. Accionamiento hidráulico

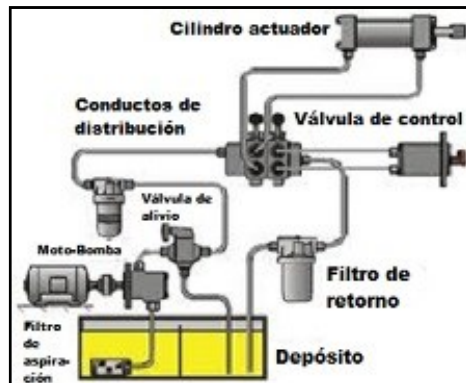


Figura 4.3. Accionamiento Hidráulico

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn212.html>

Ventajas

- Puede generar grandes fuerzas hasta 3000 KN
- Velocidad de operación $V = 0,5$ m/s.
- Estabilidad alta ya que el aceite es casi incompresible.
- Transmisión de energía hasta 1000 m.
- Las fuerzas pueden regularse de manera continua
- El aceite se adapta a las tuberías y transmite fuerza como si fuera una barra de acero.
- Hay pocas piezas en movimiento como por ejemplo: bombas, motores y cilindros.

Desventajas

- Riesgo de incendio en caso de fugas
- Contaminación por efecto de fugas.
- Montaje y mantenimiento requiere de personal calificado.
- Causan derrames de aceite.
- Las bombas, motores, válvulas proporcionales y cilindros son de alto costo.
- Aceite contaminado provoca fallo en el funcionamiento adecuado del sistema.

C. Accionamiento mecánico



Figura 4.4.Accionamiento Mecánico

Fuente: COMATRANS' (Comercial de Maquinaria y Transmisión), España.
Disponible en: <http://www.pnzcomatrans.com/transmision/actuadores-mecanicos/>

Ventajas

- ✓ Alta fiabilidad
- ✓ Simplicidad de utilización
- ✓ Mínima manutenzione
- ✓ Seguridad y precisión de posicionamiento
- ✓ Sincronismo de movimiento
- ✓ Permite transmitir un movimiento giratorio entre dos ejes, pudiendo modificar las características de velocidad y sentido de giro

Desventajas

- ✓ Coste de la construcción de los elementos
- ✓ Grandes esfuerzos de contacto
- ✓ Necesaria lubricación y engrase adecuado para evitar el desgaste prematuro de los dientes de engrane.

D. Accionamiento mixto



Figura 4.5.Accionamiento Mixto

Fuente:<http://www.airwork.it/cilindro-oleoneumatico/>

Ventajas

- Fácil regulación de la velocidad.
- Control de la posición, gracias a la incompresibilidad del fluido utilizado.
- Rango de fuerza y de presión limitada.
- Protección del sistema, gracias a la posibilidad de utilizar válvulas de seguridad.
- Posibilidad de arranque y detención en carga.

Desventajas

- Es un sistema más lento.
- Altamente costoso.
- Mayor complejidad en su funcionamiento.
- Sólo puede transmitir energía, no almacenarla.
- Alto niveles sonoros

Se realiza el análisis de un sistema mixto para poder tener una referencia de este tipo de accionamiento y mediante la información obtenida con la investigación bibliográfica destaca ser un accionamiento excesivamente costoso en el mercado y además este tipo de equipo se debe importar por tal motivo se descarta la ponderación del mismo.

4.2.2. Selección del sistema de accionamiento

Existe un método de ponderación para realizar correctamente la selección del sistema de accionamiento acorde al análisis de parámetros importantes del sistema.

Según Riba para seleccionar el modelo adecuado hemos tomado el método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados.

Método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados

Este método ayuda a encontrar una posible solución en base a tablas, que sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

Los criterios seleccionados se confrontan entre ellos, para realizar las tablas se asignan la siguiente escala de valores.

Tabla 4.2. Valores asignados para la tabulación de ponderaciones.

Nivel	Detalle
1	Si el criterio de las filas es superior que el de las columnas.
0,5	Si el criterio de las filas es equivalente al de las columnas
0	Si el criterio de las filas es inferior que el de las columnas

Fuente: RIBA R. CARLES (2002), Diseño Concurrente.

Luego, para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio.

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.

Características

Para la evaluación se pondera de acuerdo a las características más representativas que engloba los tres accionamientos, entre ellos tenemos los siguientes:

- ❖ **Costo:** Por la razón que el banco de pruebas de flexión a diseñarse debe contener elementos constitutivos, entre ellos, el sistema de accionamiento que sea de un costo moderado e inferiores al costo de adquisición de un banco de pruebas por importación.
- ❖ **Potencia:** La fuerza de aplicación del sistema de accionamiento debe ser capaz de flexionar la probeta de ensayo.
- ❖ **Velocidad de operación:** La velocidad de operación debe ser tal que logre desplazar el útil de carga de una manera constante en la probeta y a su vez se realice de forma moderada.
- ❖ **Mantenimiento:** El sistema de accionamiento a seleccionar debe estar constituido por elementos que sea de un mantenimiento fácil y no muy complejo para que no sea necesario traer a personal especializado sino por el contrario que lo realicen personas a cargo de la supervisión de los equipos.
- ❖ **Estabilidad:** La estabilidad es una característica importante para los sistemas de accionamiento porque se trata del comportamiento de la transmisión de energía en el sistema, puede ser: baja, media o alta, para el banco de pruebas se necesita una estabilidad media o alta porque el espécimen a flexionar presenta una resistencia a la flexión menor que en los metales por ser un polímero.

Tabla 4.3. Evaluación del peso específico de cada criterio

Costo > Potencia = Velocidad de operación > Mantenimiento = Estabilidad							
	Costo	Potencia	Velocidad de operación	Mantenimiento	Estabilidad	$\Sigma + 1$	Ponderado
Costo		1	1	1	1	5	0,33
Potencia	0		0,5	1	1	3,5	0,23
Velocidad de operación	0	0,5		1	1	3,5	0,23
Mantenimiento	0	0	0		0,5	1,5	0,1
Estabilidad	0	0	0	0,5		1,5	0,1
SUMA TOTAL						15	1,00

Fuente: Pablo Morales

Costo

El parámetro más influyente en el análisis es el costo y dependerá de los equipos y elementos que constituyen cada sistema de accionamiento.

Modelo A- Accionamiento Neumático

A continuación se detalla los equipos y elementos que forman parte del sistema de accionamiento neumático enfocado para el banco de pruebas de flexión.

- Unidad de mantenimiento o acondicionador de aire, FIL/REG-LUB 40 micro 100 CFM ¼.
- Válvula de distribución 5/2, VAL SOLE VEC 110VA.
- Reguladores de caudal, UNID 8 X ¼ MPT
- Cilindro doble efecto neumático, CIL ISO 50 mm x 75 mm SM.
- Sensor inductivo para cilindro DC/AC 4-2
- Acoples recto, 8 mm x ¼ MPT.
- Silenciador plano 1/8 PT.

- Manguera de presión, 80D X 5ID BLUE.

Tabla 4.4. Accionamiento neumático costo estimado

Elemento	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad(u)	Total (\$)
Unidad de mantenimiento	Compra	60	1	60
Válvula de distribución 5/2	Compra	55	1	55
Reguladores de caudal	Compra	10	2	20
Cilindro doble efecto	Compra	100	1	100
Sensor inductivo	Compra	20	1	20
Acoples recto	Compra	5	3	15
Silenciador plano	Compra	5	2	10
Manguera de presión	Compra	10	6 x 1m.	10
			Sumatoria total	290

Fuente: Pablo Morales

Total: Para obtener el precio estimado, sumamos los totales de todas las partes de la máquina.

Tabla 4.5. Costo estimado del sistema de accionamiento neumático.

Sistema	Valor \$
Accionamiento Neumático	290
Total	290

Fuente: Pablo Morales

Modelo B - Accionamiento Hidráulico

A continuación se detalla los equipos y elementos que forman parte del sistema de accionamiento hidráulico enfocado para el banco de pruebas de flexión.

- Depósito de aceite volumen 2 galones
- Filtro de retorno con base 110 lt/min
- Tapa de tanque con filtro largo
- Bomba hidráulica de engranaje 250 bar
- Motor eléctrico de 1 HP
- Válvula 4/3 – ½” centro cerrado con resorte centrado
- Válvula de alivio ¼ 10 – 70 bar Pmax 250 bar
- Válvula reguladora de caudal unidireccional Pmax 350 bar
- Cilindro hidráulico diámetro 50 mm x 100 mm carrera

Tabla 4.6. Accionamiento hidráulico costo estimado

Elemento	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad(u)	Total (\$)
Depósito de aceite	Construcción	350	1	350
Filtro de retorno	Compra	180	1	180
Tapa de tanque con filtro largo	Compra	70	1	70
Bomba hidráulica de engranaje	Compra	400	1	400
Motor eléctrico de 1 HP	Compra	180	1	180
Válvula 4/3 centro cerrado	Compra	370	1	370

Válvula de alivio ¼ 10 – 70 bar	Compra	160	1	160
Válvula reguladora caudal	Compra	70	2	140
Cilindro hidráulico	Compra	530	1	530
			Sumatoria total	2380

Elaborado por: Pablo Morales

Total: Para obtener el precio estimado, sumamos los totales de todas las partes que constituyen el sistema.

Tabla 4.7.Costo estimado del sistema de accionamiento hidráulico

Sistema	Valor \$
Accionamiento Hidráulico	2.380,00
Total	2.380,00

Elaborado por: Pablo Morales.

Modelo C - Accionamiento Mecánico

A continuación se detalla los equipos y elementos que forman parte del sistema de accionamiento mecánico enfocado para el banco de pruebas de flexión.

- ✓ Eje, tornillo de potencia SAE 1018
- ✓ Ejes laterales SAE 1018
- ✓ Moto reductor
- ✓ Lubricante para tornillos de Potencia
- ✓ Engranajes rectos
- ✓ Engranajes helicoidales
- ✓ Chumaceras
- ✓ Estructura

Tabla 4.8. Accionamiento mecánico costo estimado

Elemento	Elaboración	Costo (\$)	Cantidad(u)	Total (\$)
Eje, tornillo de potencia SAE 1018	Maquinado	90	1	90
Ejes laterales SAE 1018	Maquinado	40	4	160
Moto reductor 1 HP, 1750 rpm	Compra	230	1	230
Engranajes rectos	Maquinado	120	2	280
Engranajes helicoidales	Compra	50	2	100
Chumaceras	Compra	10	2	20
Lubricante tornillos de potencia	Compra	60	1	60
Estructura	Maquinado	460	1	400
			Sumatoria total	1340

Elaborado por: Pablo Morales.

Tabla 4.9. Evaluación del peso específico del criterio costo

Mod. A > Mod. C > Mod. B					
	Mod. A	Mod. B	Mod. C	$\Sigma + 1$	Ponderado
Mod. A		1	1	3	0,5
Mod. B	0		0	1	0,17
Mod. C	0	1		2	0,33
				Sumatoria total	6
					1

Elaborado por: Pablo Morales

Potencia

La fuerza de aplicación del sistema de accionamiento debe ser capaz de flexionar la probeta de ensayo.

Modelo A - Accionamiento Neumático

Este tipo de accionamiento es más sencillo, rápido, limpio y de menor costo, y su fuerza se limita a unos 30 KN o [3000kp]. Generalmente la fuerza del cilindro se calcula para una presión de aire de unos 6 bar, que es la que normalmente garantiza la red de distribución. Eso no significa que puedan ser consideradas otras presiones por encima o por debajo de la mencionada. En todos los casos y dada la facilidad con que se regula la presión, es conveniente sobredimensionar un mínimo porcentaje el cilindro por si, accidentalmente, en un momento determinado, la red proporciona una presión inferior a la estimada en principio.

Modelo B - Accionamiento Hidráulico

Este modelo de accionamiento hidráulico proporciona pares y fuerzas elevados, se encuentra en un rango que pueden generar hasta 3000 KN. Los fluidos hidráulicos son virtualmente incomprensibles y gracias a las altas presiones con que trabajan [35 a 350 bar] permite un control de caudal lo suficientemente preciso.

Modelo C - Accionamiento Mecánico

El accionamiento mecánico genera fuerzas elevadas siendo entre los elementos de máquinas mayor utilizados para el levantamiento de pesos debido a la elevada ventaja mecánica que con ellos se consigue, también su utilización abarca en la aplicación de fuerzas de gran magnitud un ejemplo práctico las prensas.

Tabla 4.10. Evaluación del peso específico del criterio potencia

Mod. A > Mod. C > Mod. B					
	Mod. A	Mod. B	Mod. C	$\Sigma + 1$	Ponderado
Mod. A		0,5	0,5	2	0,34
Mod. B	0,5		0,5	2	0,33
Mod. C	0,5	0,5		2	0,33
			Sumatoria total	6	1

Elaborado por: Pablo Morales.

Velocidad de Operación

Modelo A - Accionamiento Neumático

La velocidad media del émbolo en los cilindros estándar se establece entre 0,1 y 1,5 m/s. El amortiguamiento del cilindro es necesario para reducir la velocidad del pistón al final de su carrera y evitar así el golpe del pistón contra el cilindro con la vibración resultante en la estructura y las tensiones mecánicas originadas. El ideal es que la velocidad del pistón al final de su carrera sea cero. (Serrano, 2008).

Modelo B - Accionamiento Hidráulico

La velocidad media del émbolo en los cilindros hidráulicos estándar se establece en 0,5 m/s. Para obtener velocidades distintas se lo realiza variando el fluido hidráulico; para lo cual la variación de velocidad se soluciona con elementos de regulación de caudal o con el empleo de bombas y/o motores de caudal variable.

Modelo C - Accionamiento Mecánico

En este tipo de modelo la velocidad lineal de operación se puede variar, gracias a las transmisiones de engranes se reduce de una velocidad alta a baja y también modificando la configuración del tren de engranajes se trabaja a rpm de salida notablemente bajas.

Tabla 4.11. Evaluación del peso específico del criterio velocidad de operación

Mod. A > Mod. C > Mod. B					
	Mod. A	Mod. B	Mod. C	$\Sigma + 1$	Ponderado
Mod. A		0,5	0,5	2	0,34
Mod. B	0,5		0,5	2	0,33
Mod. C	0,5	0,5		2	0,33
			Sumatoria total	6	1

Elaborado por: Pablo Morales.

Mantenimiento

El sistema de accionamiento a seleccionar debe estar constituido por elementos que sea de un mantenimiento fácil y no muy complejo para evitar traer a personal especializado sino por el contrario que lo realicen personas a cargo de la supervisión de los equipos

Modelo A - Accionamiento Neumático

En los laboratorios de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato existen áreas como el laboratorio de neumática, que consta de equipos ya instalados en el mismo, aquellos equipos son los encargados de suministrar la energía neumática en todo el laboratorio, entre ellos se dispone de:

- Compresor de 2 Hp, presión máxima: 8bar, monofásico.
- Compresor de 5 Hp, trifásico.

Aquellos equipos suministran el aire neumático por medio de conductos distribuidos en el laboratorio, el chequeo oportuno de los mismo depende de los ayudantes de laboratorio que llevan fichas técnicas de los cronogramas de actividades a realizar, por tal el mantenimiento de este sistema se establecería solo en el accionamiento neumático y vendría ya descrito por el autor de este proyecto.

Modelo B - Accionamiento Hidráulico

El laboratorio antes mencionado, no consta con un sistema de generación de energía hidráulica por tal conllevaría a la adquisición del sistema hidráulico enfocado solamente como parte del accionamiento hidráulico y su mantenimiento también es de mayor dificultad al poseer elementos que trabajan a altas presiones, todo aquello mencionado se debe organizar en hojas de mantenimiento cronológico, desarrolladas por el autor de este proyecto.

Modelo C - Accionamiento Mecánico

En este tipo de accionamientos principalmente se realiza un mantenimiento preventivo, como es el cambio de lubricantes o engrasado del tren de engranajes de manera periódica, y se establece de acuerdo a su funcionamiento, se lo lleva en relación a las horas de trabajo, o en tiempo cronológico, semanal, mensualmente o anualmente.

Tabla 4.12. Evaluación del peso específico del criterio mantenimiento.

Mod. A > Mod. C > Mod. B						
	Mod. A	Mod. B	Mod. C	$\Sigma + 1$	Ponderado	
Mod. A		1	1	3	0,5	
Mod. B	0		0	1	0,17	
Mod. C	0	1		2	0,33	
				Sumatoria total	6	1

Elaborado por: Pablo Morales.

Estabilidad

La estabilidad es una característica importante para los sistemas de accionamiento, porque se trata del comportamiento de la transmisión de energía en el sistema, puede ser: baja, media o alta, para el banco de pruebas se necesita una estabilidad media o alta porque el espécimen a flexionar presenta una resistencia a la flexión menor que en los metales por ser un polímero.

Modelo A - Accionamiento Neumático

En el accionamiento neumático cuando se opera a largas distancias las señales de mando neumático se retrasan y debilitan sus efectos, debido a la pérdida de carga; por tal no son rápidas y seguras y todo aquello presenta una estabilidad baja debido que el aire es compresible.

Por el contrario la estabilidad en un accionamiento electro-neumático, cuando se trata de largas distancias es más óptima y su precisión es más exacta porque lo regula circuitos electrónicos, por esto se prefiere combinar las ventajas del mando eléctrico con la simplicidad y eficacia de la neumática, lo que conlleva a las aplicaciones electro-neumáticas.

Modelo B - Accionamiento Hidráulico

En este modelo la estabilidad es alta ya que el aceite es casi incompresible; además el nivel de presión es más alto que en el neumático. Un accionamiento electrohidráulico incorpora al fluido las grandes ventajas de los controles ofrecidos por la electrónica, obteniendo así movimientos rápidos, suaves y precisos, es por ello que la estabilidad en este tipo de equipos es alta porque a más de grandes transmisiones de fuerza, tiene la posibilidad de realizar desplazamientos precisos por ser controlados electrónicamente.

Modelo C - Accionamiento Mecánico

Este tipo de accionamiento dispone de un estabilidad alta no necesita de fluidos para transmitir la energía, a su vez los reemplaza por elementos de máquinas como los engranes, generando mayor precisión y fuerza.

Tabla 4.13. Evaluación del peso específico del criterio estabilidad

Mod. C > Mod. B > Mod. A					
	Mod. A	Mod. B	Mod. C	$\Sigma + 1$	Ponderado
Mod. A		0,5	0	1,5	0,25
Mod. B	0,5		0,5	2	0,33
Mod. C	1	0,5		2,5	0,42
Sumatoria total				6	1

Elaborado por: Pablo Morales

Con los valores que se obtuvo en las tablas anteriores se realiza el análisis para encontrar el sistema acorde a la necesidad del banco de pruebas.

Tabla 4.14.Resultado de la ponderación

Alternativas	Costo	Potencia	Velocidad de operación	Mantenimiento	Estabilidad	Σ	Prioridad
Mod. A	0,17	0,08	0,08	0,05	0,03	0,41	1
Mod. B	0,06	0,07	0,07	0,02	0,03	0,25	3
Mod. C	0,11	0,08	0,08	0,03	0,04	0,34	2

Elaborado por: Pablo Morales.

Aplicando el método ordinal corregido de criterios ponderados, se obtiene que la solución más viable para el sistema de accionamiento que constituirá el banco de pruebas es la alternativa A, por tener el valor más alto.

El sistema más influyente resultó ser el accionamiento neumático, debido a que presenta características destacadas a los otros, siendo estas: el costo, el cual es accesible para su realización; la potencia, que suministra este accionamiento supera el límite de seguridad del nylon, el cual lo flexiona sin inconveniente; la velocidad de operación es fácilmente regulable debido a que cuenta con elementos que sirven para tal fin; otra característica importante es su fácil mantenimiento ya que no se necesita de personal especializado y tiene una estabilidad promedio entre los distintos tipos de accionamiento

4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Mediante el análisis de resultados se establece los elementos que deben constituir el banco de pruebas de flexión pura en nylon y con la interpretación de los datos se define el mejor sistema constituyente, cumpliendo así los parámetros de operación requeridos del prototipo, a continuación se detallan los siguientes elementos.

Un sistema de accionamiento neumático el cual será el encargado de aplicar la fuerza al espécimen de ensayo, además el sistema dispondrá de un cilindro neumático de diámetro 50mm y carrera 75mm; este actuador será el útil de carga que se desplaza en forma vertical hacia arriba y abajo, otro parámetro importante será su velocidad la cual será manipulada mediante reguladores de velocidad uno a la entrada y otro a la salida del cilindro, además de ello un regulador de caudal y la electroválvula 5/3 que permita la distribución del aire para obtener las condiciones requeridas del ensayo como velocidad moderada y constante.

El sistema de accionamiento es capaz de flexionar la probeta de ensayo porque dispondrá de un útil de carga diseñado para que ejerza una fuerza de aplicación superior al límite de seguridad del nylon que estará sometido a prueba. Las condiciones de apoyo donde reposa la probeta serán diseñadas de acuerdo a la norma en uso, con apoyos que se desplacen en una guía y disponga de una sujeción con tornillos, las dimensiones de los apoyos específicamente los radios que se encuentran en contacto con la probeta serán medidas únicas impuestas en la norma INEN 2047.

El control del prototipo se lo realizará mediante botoneras para el útil de carga, también estará provisto de un paro de emergencia, la regulación de la velocidad del cilindro se efectuará mediante dos reguladores de velocidad.

Para la adquisición de datos el banco de pruebas estará previsto por una resistencia variable o potenciómetro lineal deslizante de 50 kilo-ohmios, aquel elemento variará el voltaje de entrada mínimo y máximo para ser codificado en la de señal analógico a digital, con el fin de ser llevado a la interfaz del programa y obtener la curva de deformación del nylon en el diagrama esfuerzo deformación que se visualizará en la ventana gráfica de la PC.

El material va a presentar un comportamiento característico cuando es sometido al esfuerzo de flexión, denominado fenómeno se visualiza mediante la interpretación

gráfica del material, representado en curvas de deformación, las curvas de referencia que se obtendrán se puede observar en la siguiente figura 4.7.

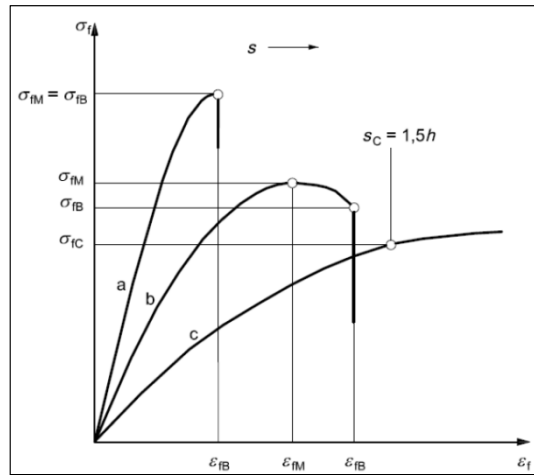


Figura 4.6.Diagrama esfuerzo - deformación a flexión.

Fuente: Norma INEN 2047.

La verificación de la hipótesis se basa en la selección que se realizó mediante ponderaciones y con el análisis e interpretación de resultados, se estableció el modelo A o Accionamiento neumático, debido a que se ajusta a los parámetros requeridos para el banco de pruebas de flexión pura en nylon.

La fusión de todos los elementos indicados anteriormente logra un correcto funcionamiento del banco de pruebas de flexión pura en nylon, lo cual permitió realizar prácticas de determinación del diagrama esfuerzo deformación del material.

HIPÓTESIS Ho: Un banco de pruebas de flexión pura en nylon aplicable al laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial no permitirá realizar prácticas de determinación del diagrama esfuerzo - deformación del material.

HIPÓTESIS Ha: Un banco de pruebas de flexión pura en nylon aplicable al laboratorio de Sistemas de Medición y Control Industrial permitirá realizar prácticas de determinación del diagrama esfuerzo - deformación del material.

Verificación

La hipótesis se verificará realizando la Prueba “t” de Student para observaciones pareadas en el grupo de datos del parámetro de esfuerzo de flexión máximo, obtenidos en el banco de pruebas y en la maquina universal para los cuatro espesores de probeta.

Para la comprobación de la hipótesis se realizará un ensayo bilateral, hacia las dos colas, con un nivel de significación $\alpha = 5\%$ obteniendo el siguiente “t” tabulado:

$$PROBABILIDAD (P) = \frac{\alpha}{100} = \frac{5}{100} = 0.05$$

Como se analiza para las dos colas la probabilidad dividimos para 2 teniendo

$$P = \frac{0.05}{2} = 0.025$$

Los grados de libertad son

$$gl = n - 1 = 5 - 1 = 4$$

Con P y gl vamos a la tabla de “t” (ver anexo C) y tenemos

$$"t" \text{ tab}_{(4gl;0.025)} = 2.776$$

Como se analiza a las dos colas

$$t_t = \pm 2.776$$

Regla de decisión: Se acepta la H_a , es decir el banco de pruebas determina el diagrama esfuerzo deformación, si el valor de t a calcularse se encuentra dentro del intervalo de $- 2.776$ a 2.776 , caso contrario si el valor se encuentra fuera del intervalo se acepta la H_o , es decir el banco de pruebas no determina el diagrama esfuerzo deformación.

4.3.1. Verificación de la hipótesis del primer ensayo con espesor de probeta 4mm realizado en la máquina universal y el banco de pruebas.

En la tabla 4.15. se observa los resultados del primer ensayo de flexión realizado en la probeta de espesor 4mm, así también la diferencia entre el esfuerzo de flexión resultante obtenido por la máquina universal y el banco de pruebas de flexión pura.

Tabla 4.15. Verificación de la hipótesis del primer ensayo con espesor de probeta 4mm realizado en la máquina universal y el banco de pruebas.

Espécimen N°	Probeta h= 4mm σ_f = [MPa]		D = $\sigma_{f1} - \sigma_{f2}$	D ²
	Maq. Universal	Banco de pruebas		
	σ_{f1} [MPa]	σ_{f2} [MPa]		
1	60.16	60.01	0.15	0.02
2	59.94	59.71	0.23	0.05
3	59.88	60.49	-0.61	0.37
4	60.15	60.01	0.14	0.02
5	59.82	60.49	-0.67	0.45
SUMA	299.95	300.71	-0.76	0.91
PROMEDIO	59.99	60.14	-0.152	

Fuente: Pablo Morales.

Cálculo de la varianza de las diferencias

$$S^2d = \frac{(\Sigma D^2) - \frac{(\Sigma D)^2}{n}}{n(n-1)} = \frac{(0.91) - \frac{(-0.76)^2}{5}}{5(5-1)} = 0.0513$$

$$Sd = \sqrt{S^2d} = 0,2345$$

$$t = \frac{\bar{D}}{Sd} = \frac{-0.152}{0.2345} = -0.648$$

$$t = -0.648 > t_t = -2,776$$

Se encuentra dentro del intervalo, por lo tanto se acepta la H_a , es decir el banco de pruebas permite determinar el diagrama esfuerzo deformación del material.

4.3.2. Verificación de la hipótesis del segundo ensayo con espesor de probeta 6mm realizado en la máquina universal y el banco de pruebas.

En la tabla 4.16. se observa los resultados del segundo ensayo de flexión realizado en la probeta de espesor 6mm, así también la diferencia entre el esfuerzo de flexión resultante obtenido por la máquina universal y el banco de pruebas de flexión pura.

Tabla 4.16. Verificación de la hipótesis del segundo ensayo con espesor de probeta 6mm realizado en la máquina universal y el banco de pruebas.

Espécimen N°	Probeta h= 6mm $\sigma_f =$ [MPa]		D = $\sigma_{f1} - \sigma_{f2}$	D ²
	Maq. universal	Banco de pruebas		
	σ_{f1} [MPa]	σ_{f2} [MPa]		
1	30.14	30.01	0.13	0.02
2	30.03	29.90	0.13	0.02
3	29.99	29.98	0.01	0.00
4	30.13	30.07	0.06	0.00
5	29.97	29.90	0.07	0.00
SUMA	150.26	149.86	0.4	0.04
PROMEDIO	30.05	29.97	0.08	

Fuente: Pablo Morales.

Cálculo de la varianza de las diferencias

$$S^2d = \frac{(\sum D^2) - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)} = \frac{(0.04) - \frac{(0.08)^2}{5}}{5(5-1)} = 1.936 \times 10^{-3}$$

$$Sd = \sqrt{S^2d} = 0.044$$

$$t = \frac{\bar{D}}{Sd} = \frac{0.08}{0.044} = 1.818$$

$$t = 1.818 < t_t = 2,776$$

Se encuentra dentro del intervalo, por lo tanto se acepta la H_a , es decir el banco de pruebas permite determinar el diagrama esfuerzo deformación del material.

4.3.3. Verificación de la hipótesis del tercer ensayo con espesor de probeta 8mm realizado en la máquina universal y el banco de pruebas.

En la tabla 4.17. se observa los resultados del tercer ensayo de flexión realizado en la probeta de espesor 8mm, así también la diferencia entre el esfuerzo de flexión resultante obtenido por la máquina universal y el banco de pruebas de flexión pura.

Tabla 4.17. Verificación de la hipótesis del tercer ensayo con espesor de probeta 8mm realizado en la máquina universal y el banco de pruebas.

Espécimen N°	Probeta h= 8mm σ_f = [MPa]		D = $\sigma_{f1} - \sigma_{f2}$	D ²
	Maq. Universal	Banco de pruebas		
	σ_{f1} [MPa]	σ_{f2} [MPa]		
1	22.71	22.77	-0.06	0.00
2	22.62	22.77	-0.15	0.02
3	22.59	22.69	-0.10	0.01
4	22.70	22.78	-0.08	0.01
5	22.58	22.69	-0.11	0.01
SUMA	113.20	113.70	-0.50	0.05
PROMEDIO	22.64	22.74	-0.10	

Fuente: Pablo Morales.

Cálculo de la varianza de las diferencias

$$S^2d = \frac{(\sum D^2) - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)} = \frac{(0.05) - \frac{(-0.10)^2}{5}}{5(5-1)} = 2.4 \times 10^{-3}$$

$$Sd = \sqrt{S^2d} = 0,049$$

$$t = \frac{\bar{D}}{Sd} = \frac{-0.10}{0.049} = -2,041$$

$$t = -0.648 > t_t = -2,041$$

Se encuentra dentro del intervalo, por lo tanto se acepta la H_a , es decir el banco de pruebas permite determinar el diagrama esfuerzo deformación del material.

4.3.4. Verificación de la hipótesis del cuarto ensayo con espesor de probeta 10mm realizado en la máquina universal y el banco de pruebas.

En la tabla 4.18. se observa los resultados del cuarto ensayo de flexión realizado en la probeta de espesor 10mm, así también la diferencia entre el esfuerzo de flexión resultante obtenido por la máquina universal y el banco de pruebas de flexión pura.

Tabla 4.18. Verificación de la hipótesis del cuarto ensayo con espesor de probeta 10mm realizado en la máquina universal y el banco de pruebas.

Espécimen N°	Probeta h= 10mm σ_f = [MPa]		D = $\sigma_{f1} - \sigma_{f2}$	D ²
	Maq. Universal	Banco de pruebas		
1	σ_{f1} [MPa] 18.67	σ_{f2} [MPa] 18.66	0.01	0.00
2	18.60	18.67	-0.07	0.00
3	18.58	18.67	-0.09	0.01

4	18.66	18.69	-0.03	0.00
5	18.56	18.68	-0.12	0.01
SUMA	93.07	93.37	-0.3	0.09
PROMEDIO	18.61	18.67	-0.06	

Fuente: Pablo Morales.

Cálculo de la varianza de las diferencias

$$S^2d = \frac{(\sum D^2) - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n(n-1)} = \frac{(0.09) - \frac{(-0.06)^2}{5}}{5(5-1)} = 4.536 \times 10^{-3}$$

$$Sd = \sqrt{S^2d} = 0,067$$

$$t = \frac{\bar{D}}{Sd} = \frac{-0.06}{0.067} = -0.891$$

$$t = -0.891 > t_t = -2,776$$

Se encuentra dentro del intervalo, por lo tanto se acepta la Ha, es decir el banco de pruebas permite determinar el diagrama esfuerzo deformación del material.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Mediante el análisis que se realizó en el capítulo 4, se destacó que el sistema que mejor desempeño tiene para el banco de pruebas, es un sistema de accionamiento neumático por las ventajas que tiene el mismo, por su costo accesible, menor mantenimiento y velocidad de operación regulable.
- El sistema de accionamiento neumático cumple con las características requeridas para un banco de pruebas de flexión, está constituido del cilindro neumático, dos reguladores de velocidad y uno de caudal, electroválvula 5/3 doble solenoide de 24 V y finalmente la unidad de mantenimiento; cabe señalar la velocidad del pistón neumático se controla con reguladores de velocidad, además variando la entrada de presión de aire se puede incrementar el valor de la fuerza de aplicación desde 0 hasta 1 Kilo-Newton, magnitud capaz de flexionar la probeta del nylon.
- El prototipo banco de pruebas de flexión pura en nylon, está compuesto del sistema de accionamiento neumático, un sistema de control y primordialmente el más importante la adquisición de datos, debido a que la fusión de estos tres sistemas permiten un correcto funcionamiento del prototipo.
- El tipo de control que posee el banco de pruebas es del tipo semiautomático, está constituido por la interfaz gráfica la cual controla el usuario manualmente para pulsar botoneras que envían señales desde el computador hacia el tablero de control, para energizar la tarjeta DAQ con el circuito de control y enclavar dos relés de 24 V, que activan solenoides de la electroválvula para iniciar el avance y regreso del pistón neumático.

- Los principales parámetros que se determina en el banco de pruebas son: la flecha en milímetros y la fuerza de aplicación expresada en Newton, a partir de estas dos variables se determina el diagrama esfuerzo deformación del nylon.
- La adquisición de datos se conforma mediante el potenciómetro lineal deslizante, el cual trabaja como sensor que envía las señales de voltaje al otro elemento que es la tarjeta de adquisición de datos, objeto que filtra las señales de voltaje para obtener 5V de salida.
- Una vez que se realizó los ensayos respectivos en distintos espesores de probetas, se encontró que la magnitud de carga que se aplica al espécimen empieza en 0 y varía a rangos mayores de 100 Newton.
- Concretado los ensayos, el nylon presentó una deformación característica que se pudo observar en la probeta, debido a que el material no regresó a su forma original después de retirada la carga aplicada; este tipo de fenómeno corresponde a una deformación plástica y es la particularidad que presentó el nylon.
- La norma que guiará este estudio es la Norma INEN 2047, por ser un documento público, de interpretación clara, regularizado por una institución nacional como el INEN y accesible a la comunidad.

5.2. RECOMENDACIONES

- Los sistemas de accionamiento que se analizan debe ser aquellos que se encuentran en el país para evitar importación y esto conlleve a mayor costo y demora de los equipos.

- Al momento de seleccionar el sistema de accionamiento, se debe tener en cuenta la velocidad de desplazamiento lineal del mecanismo, para que pueda producir la flexión en la probeta constante moderada.
- Es importante realizar un análisis económico para poder adquirir los equipos y facilitar la construcción del banco de pruebas de flexión pura en nylon.
- Al trabajar con la tarjeta de adquisición de datos, se debe tomar en cuenta las características y el voltaje de funcionamiento para evitar daños en el equipo.
- Realizar pruebas de salida de voltaje con el potenciómetro lineal deslizante para seleccionar el de mejor estabilidad y obtener datos acertados.
- El material o probeta que se va emplear para el análisis debe existir a nivel nacional, para no obtener datos distorsionados de la fuerza requerida para el sistema de accionamiento.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS

6.1.1. Tema

Implementación de un banco de pruebas de flexión pura en nylon para determinar el diagrama esfuerzo deformación del material en el laboratorio de sistemas de medición y control industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

6.1.2. Institución Ejecutora

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

6.1.3. Beneficiarios

Laboratorio de sistemas de medición y control industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera Ingeniería Mecánica.

6.1.4. Ubicación

Ambato, Provincia de Tungurahua.

6.1.5. Equipo Técnico Responsable

Pablo Francisco Morales Chancusig, egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El presente estudio se establece por la necesidad de implementar en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica un banco de pruebas de flexión pura en nylon, mismo que será empleado para realizar prácticas futuras, todos los antecedentes del prototipo se basaron en una investigación previa que fue desarrollada en el transcurso de este proyecto.

Se procedió a recoger información bibliográfica de distintas fuentes, como también visitas de campo que sirvieron como guía para el desarrollo de la investigación, determinando parámetros necesarios que debe cumplir el prototipo a implementar.

Para el respectivo análisis se procedió a realizar un ponderado del sistema más influyente del banco de pruebas que es el sistema de accionamiento, el cual rige la aplicación de la fuerza y la velocidad de operación que debe tener el banco de pruebas, para realizar aquello se tomó en cuenta las características más importantes que predominan el sistema de accionamiento y se enfatizó en: costo, potencia, velocidad de operación, mantenimiento y estabilidad.

6.3. JUSTIFICACIÓN

Existen elementos de máquinas que a nivel industrial se aplican en partes fijas o móviles, estos componentes se han innovado utilizando hoy en día polímeros como el nylon, aquellos elementos presentan excelentes características pero al estar en funcionamiento el material se encuentra sometido a esfuerzos, uno de ellos el esfuerzo a flexión, que debe ser interpretado para conocer su magnitud.

Es por ello que al implementar un banco de pruebas de flexión en los laboratorios de sistemas de medición y control industrial, se está colaborando con el área académica para realizar futuras prácticas a nivel de estudiantes, lo cual ayuda a reforzar los conocimientos adquiridos en clases.

Al realizar las respectivas ponderaciones y obtener los mejores resultados del sistema de accionamiento neumático, se justifica que este tipo de accionamiento será el sistema que accionará el banco de pruebas de flexión pura, vinculado con un sistema acorde de adquisición de datos incorporado por una tarjeta DAQ, que permitirá visualizar el diagrama esfuerzo deformación del material.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. Objetivo General

Implementar un banco de pruebas de flexión pura en nylon para determinar el diagrama esfuerzo deformación del material en el laboratorio de sistemas de medición y control industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

6.4.2. Objetivos Específicos

- ❖ Seleccionar el cilindro neumático y electroválvula que cumplan los requerimientos de funcionamiento del banco de pruebas de flexión.
- ❖ Construir e implementar el banco de pruebas de flexión pura en nylon en el laboratorio de control industrial.
- ❖ Implementar el potenciómetro lineal deslizante para la adquisición de datos del banco de pruebas de flexión.
- ❖ Elaborar una guía práctica para realizar el ensayo de determinación del diagrama esfuerzo deformación del nylon.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El banco de pruebas de flexión pura en nylon es factible debido que para su diseño y construcción se cuenta con conocimientos adquiridos en el transcurso de

la formación académica que son utilizados como herramientas para el diseño y construcción del equipo.

Los materiales y elementos que constituirán el banco de pruebas de flexión pura son de fácil adquisición en los diferentes distribuidores de acero a nivel nacional. En lo que se refiere al dimensionamiento del prototipo, se considera medidas acordes al equipo para que sea de fácil acoplamiento en el laboratorio de control de la carrera de Ingeniería Mecánica.

Para el control y adquisición de datos se utilizará las instalaciones del laboratorio de sistemas de medición y control industrial, gracias a la accesibilidad de equipos y herramientas que la facultad presta para realizar las pruebas pertinentes.

Lo anteriormente mencionado es factible a fin de obtener la materialización del banco de pruebas de flexión pura en nylon, para realizar prácticas de determinación del diagrama esfuerzo deformación del material.

6.6. FUNDAMENTACIÓN

La actual propuesta es el resultado del análisis de la información compilada en el proceso del capítulo II y IV, acatándose a los parámetros de diseño para la construcción y puesta en funcionamiento del banco de pruebas de flexión pura en nylon.

Dimensiones del banco de pruebas de flexión pura en nylon

Para su dimensionamiento se tomó en cuenta que el banco de pruebas sea un instrumento didáctico, por tal que sea de un fácil transporte y su ubicación sea accesible en cualquier lugar, el dimensionamiento de todo el prototipo surgieron a partir del soporte y elemento de carga que sustenta la norma INEN 2047 y finalmente las medidas resultantes fueron las siguientes:

Altura del prototipo 650 mm.

Ancho del prototipo 380mm.

Largo del prototipo seleccionado 420mm.

6.6.1. Fuerza requerida para el accionamiento neumático

La fuerza requerida debe ser capaz de vencer la resistencia del material a la flexión, esta variable se selecciona de acuerdo a los parámetros analizados en el capítulo IV, de allí se obtiene el inicio para establecer todos elementos que conforman el equipo.

6.6.2. Características del material que conforma el banco de pruebas

El material que conforma el prototipo es de un acero comercial resistente a esfuerzos, que debe cumplir con las características mecánicas necesarias para un buen funcionamiento.

6.6.3. Costo del banco de pruebas de flexión pura

El costo del banco pruebas es un ítem importante en la construcción del prototipo, depende de los elementos que serán empleados y formaran parte de todo el equipo, en el capítulo IV se ponderó el más eficiente y accesible en costo.

6.6.4. Mantenimiento

El mantenimiento es uno de los puntos que se debe tomar en cuenta en el ámbito financiero, debe ser rápido y ocasional para evitar que el prototipo quede inutilizado y no se pueda realizar ensayos.

6.6.5. Sistemas que constituyen el banco de pruebas de flexión pura

El banco de pruebas de flexión pura está constituido de varios sistemas y cada uno de ellos trabaja en forma conjunta para cumplir determinada función.

Sistema neumático

Este sistema está compuesto por la unidad de mantenimiento, electroválvula, regulador de caudal, reguladores de velocidad, y cilindro neumático capaz de flexionar el nylon para producir el fenómeno de la flexión.

Sistema eléctrico

Se encarga de accionar cada uno de los sistemas, controlando el correcto trabajo de cada uno de sus elementos principales, lo constituye: la fuente, luces piloto, pulsadores, paro de emergencia, relés, selector de funciones.

Sistema de control manual y automático

Se encarga de cumplir la ejecución de órdenes que el usuario envía desde la computadora o de forma manual mediante el accionar de elementos físicos para hacer accionar el cilindro neumático y efectuar su ascenso y descenso.

Adquisición de datos

Está conformado por la tarjeta de adquisición de datos y el potenciómetro lineal deslizante, los cuales son los encargados de interpretar el fenómeno de la flexión, mediante la variación de voltaje que se produce en el potenciómetro al descender su palanca y este efecto interpretar en el programa para finalmente obtener el diagrama esfuerzo deformación del material.

6.6.6. Cálculos

Selección del sistema neumático

La fuerza de avance del pistón neumático depende de la presión del aire, también del diámetro del cilindro. La fuerza teórica del pistón neumático se calcula empleando la siguiente ecuación:

$$F_{teórica} = A \cdot P \quad \text{Ecuación (6-1)}$$

En la práctica se debe conocer la fuerza real. Para calcularla hay que tener en cuenta los rozamientos. En situaciones de servicio ($P= 300$ a 800 kPa) se supone que las fuerzas de rozamiento representan un 3 a 20 % de la fuerza calculada.

Datos:

$$D= 50 \text{ mm}$$

$$d=40\text{mm}$$

$$P= 3 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 300 \text{ kPa}$$

Superficie del émbolo

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi (5\text{cm})^2}{4}$$

$$A = 19,634\text{cm}^2$$

Superficie anular del émbolo

$$A' = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}$$

$$A' = \frac{\pi (5cm)^2 - (4cm)^2}{4}$$

$$A' = 15,64cm^2$$

Fuerza teórica de empuje en el avance

$$F_{teorica} = A.P$$

$$F_{teorica} = (1,9634 \times 10^{-3} m^2)(3 \times 10^5 N/m^2)$$

$$F_{teorica} = 250,02N$$

Resistencia de rozamiento

$$FR = (250,02N) * 10\%$$

$$FR = 25,02N$$

Fuerza real de empuje del émbolo en el avance

$$Fn = A.P - FR$$

$$Fn = (1,9634 \times 10^{-3} m^2)(3 \times 10^5 N/m^2) - 25,02N$$

$$Fn = 225N$$

Fuerza de tracción del émbolo en el retorno

$$Fn = A'.P$$

$$Fn = (15,64 \times 10^{-3} m^2)(3 \times 10^5 N/m^2)$$

$$Fn = 215,20 N$$

Resistencia de rozamiento

$$FR = (215,20 N) * 10\%$$

$$FR = 21,20 N$$

Fuerza real de tracción del émbolo en el retorno

$$Fn = A' \cdot P - FR$$

$$Fn = (1,564 \times 10^{-3} m^2) \left(\frac{3 \times 10^5 N}{m^2} \right) - 21,20 N$$

$$Fn = 194,00 N$$

Dónde:

$F_{teórica}$: Fuerza teórica del émbolo [N]

A: Superficie útil del émbolo [cm²]

A': Superficie útil del anillo del émbolo [cm²]

P: Presión de trabajo [kPa]

F_n : Fuerza efectiva o real del émbolo [N]

FR: Fuerza de rozamiento [N]; Asumido al 10%

6.6.7. Sistema eléctrico y control

Lógica de funcionamiento

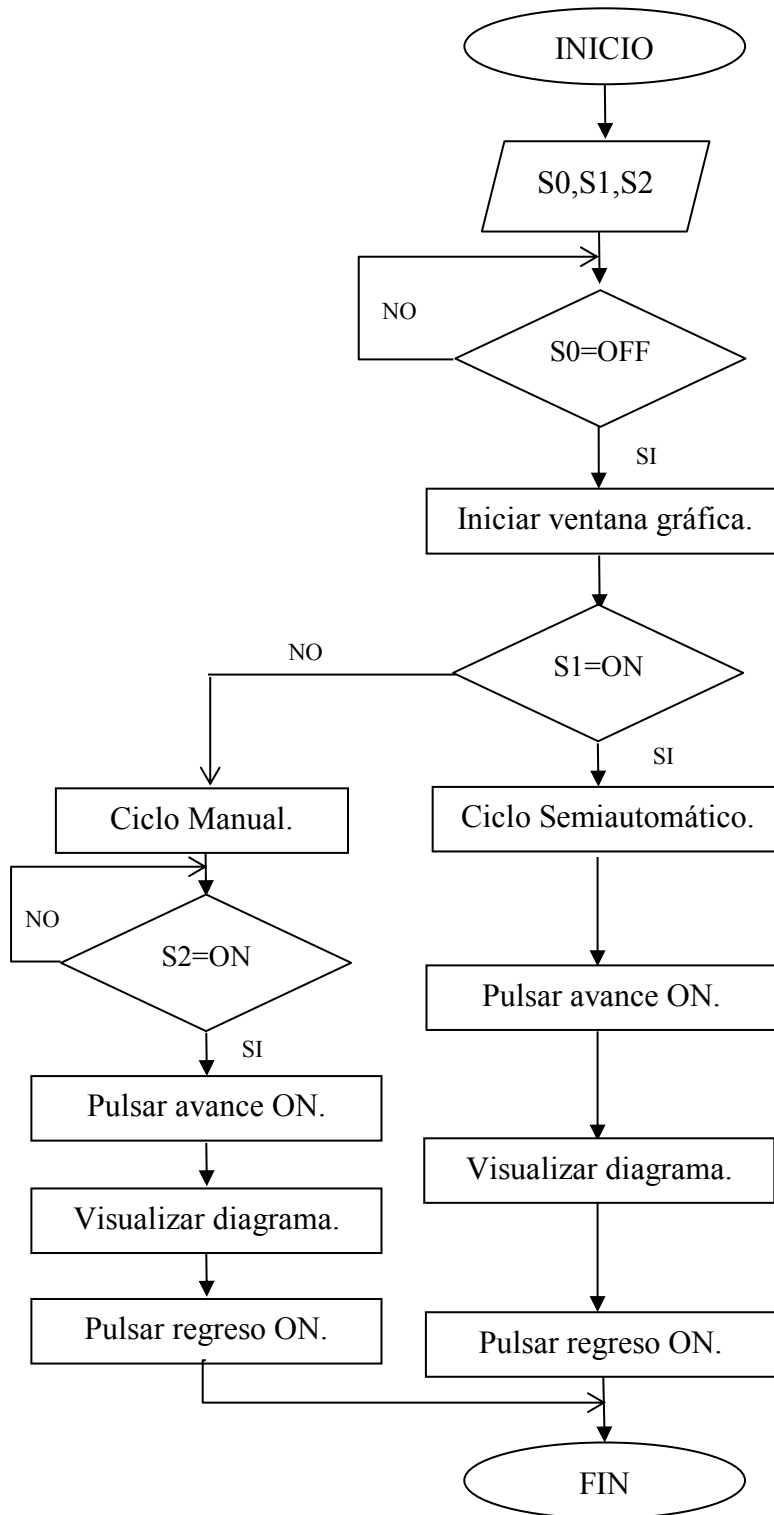


Figura 6.1. Diagrama de flujo de control

Elaborado por: Pablo Morales

Descripción de la lógica de funcionamiento

El banco de pruebas de flexión pura tiene la siguiente lógica de funcionamiento, primero se debe revisar todas las conexiones eléctricas, paso seguido se debe enlazar las restantes como la fuente al tomacorriente de 110V y el cable de la tarjeta DAQ a la PC, de allí girar la perilla del selector al lado izquierdo en posición automático, y así se energiza el circuito de control, electroválvula y potenciómetro lineal.

Para iniciar el ensayo se coloca la probeta con sus dimensiones respectivas en los soportes, se inicia la ventana gráfica del programa y se pulsa el botón de avance, aquella acción envía el pulso eléctrico a los relés que activan al solenoide de la electroválvula de 24V, esto permite el paso del fluido y activa al cilindro neumático para iniciar su avance.

Una vez el pistón neumático vaya descendiendo y flexionado la probeta hasta llegar a su máxima flexión, el punzón de carga se desactiva automáticamente para detener el avance, se vuelve a pulsar el botón de avance para cambiar modo OFF y desenclavar el solenoide de la electroválvula. Finalmente se pulsa el botón de regreso el cual envía la señal al otro solenoide de la electroválvula, para activarla y permitir el retroceso de pistón hasta su posición inicial.

A continuación se indica en la siguiente figura 6.2. el diagrama de control con su respectiva simbología.

Simbología del Circuito de Control

S1: Pulsador empuje (accionamiento del pistón neumático).

S2: Pulsador ascenso (accionamiento del pistón neumático).

K1: Relés N°1.

K2: Relés N°2.

Y1: Solenoide N°1 de electroválvula.

Y2: Solenoide N°2 de electroválvula.

Circuito neumático y control

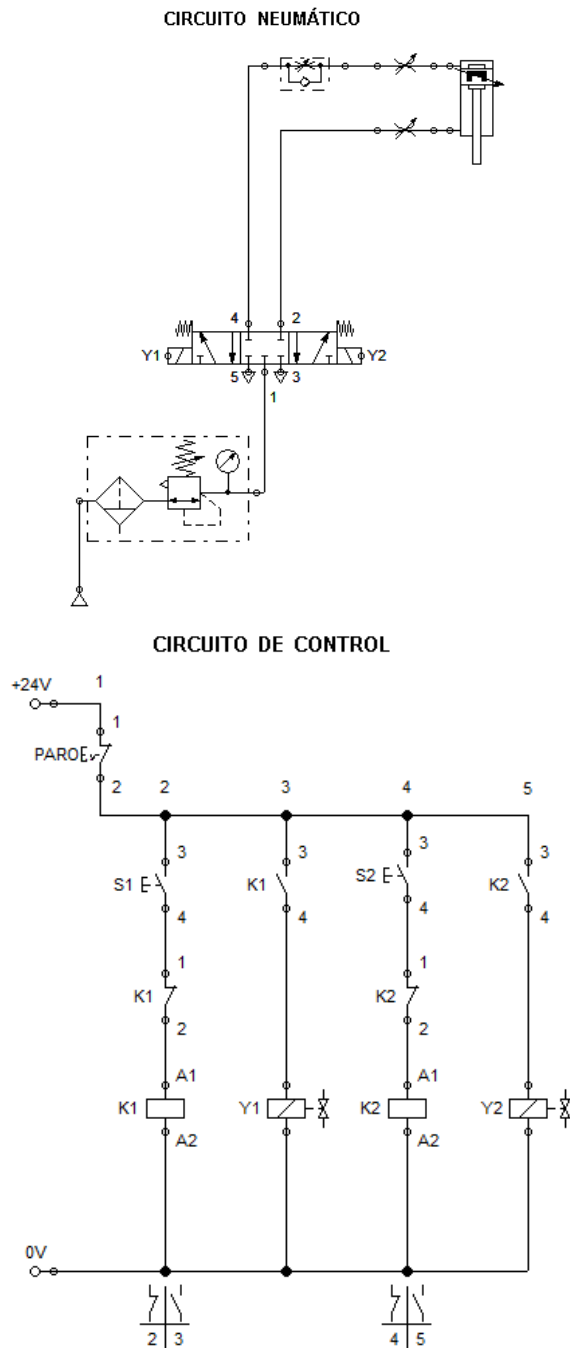


Figura 6.2. Circuito de control.

Elaborado por: El Autor.

Para determinar los componentes que forman parte del sistema eléctrico se debe tomar en cuenta los procesos que se va realizar.

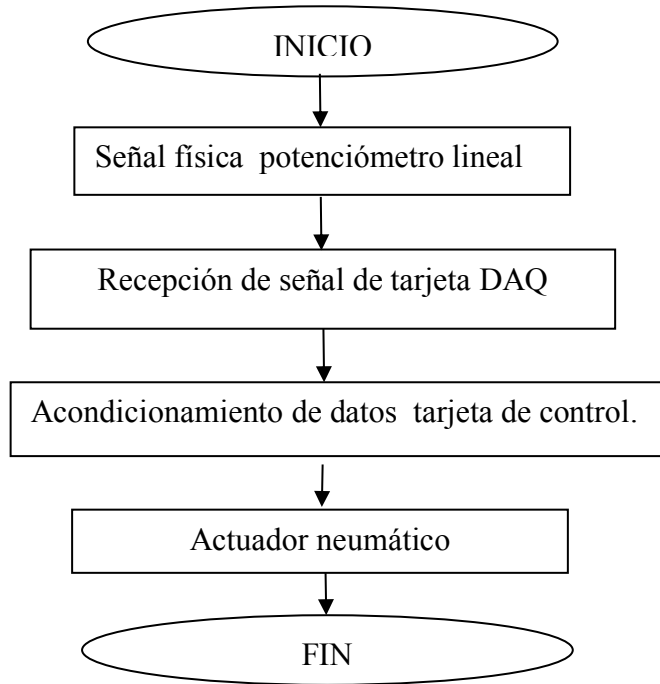


Figura 6.3. Diagrama de flujo sistema eléctrico

Fuente: Pablo Morales.

Circuito de Potencia

Para seleccionar los elementos del circuito de potencia se debe revisar el diagrama del mismo y delimitar el tipo de corriente que se va a utilizar. La corriente será entrada de 110 V en la fuente y salida de 24 V para el accionamiento de relés y electroválvulas.

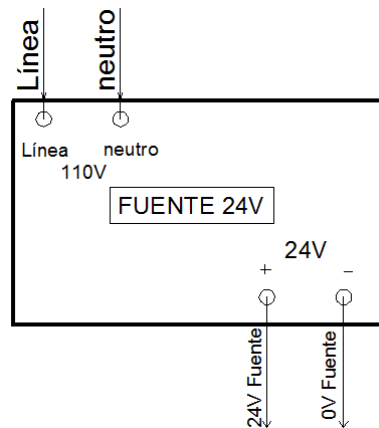


Figura 6.4. Conexiones circuito de potencia

Fuente: Pablo Morales.

Fuente

La fuente a utilizar cumple con las siguientes características de funcionamiento

Dónde:

Ve: Voltaje entrada	(110 V)
I: Corriente	(1.00 A)
F: Frecuencia	(60 Hz)
V: Voltaje salida	(24 V DC)

Solenoid

El solenoide de la electroválvula seleccionada tiene la siguiente característica

Donde:

Ve: Voltaje entrada	(24 V)
I: Corriente	(0.08 A)
F: Frecuencia	(60 Hz)

Luz Piloto

Es un indicador el cual muestra las condiciones de funcionamiento del sistema.

Ve: Voltaje entrada	(24 V)
A : Amperaje de trabajo (< 20 m A)	(< 20 m A)

Pulsador Paro de Emergencia

Para la selección del paro de emergencia se toma en cuenta el funcionamiento del mismo, así como la corriente que va pasar por él.

V: Voltaje (24 V)
 C : Contacto normalmente cerrado (NC)

Pulsador

Los pulsadores P1 y P2 tienen las siguientes características.

Dónde:

Ve: Voltaje de funcionamiento (24 VDC)
 C : Contacto normalmente abierto (NA)
 F: Frecuencia (60 Hz)

Tarjeta de control

La tarjeta de control es un elemento que se utiliza para el acondicionamiento de la señal de voltaje y también para poder activar el circuito neumático, a continuación se muestra en la figura 6.5. el circuito de conexiones de la tarjeta de control con sus entradas y salidas respectivamente.

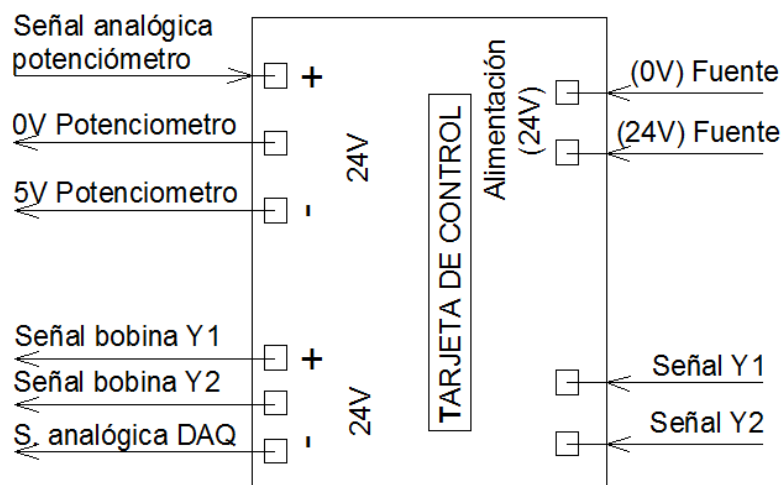


Figura 6.5. Conexiones tarjeta de control.

Fuente: Pablo Morales.

Adquisición de datos

La adquisición de datos consiste tomar de muestras de la señal del potenciómetro lineal deslizante para generar datos, el proceso consistió en tomar las señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una PC. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es la tarjeta de adquisición de datos DAQ. A continuación se muestra el proceso que sigue el sistema de adquisición de datos del banco de pruebas de flexión.

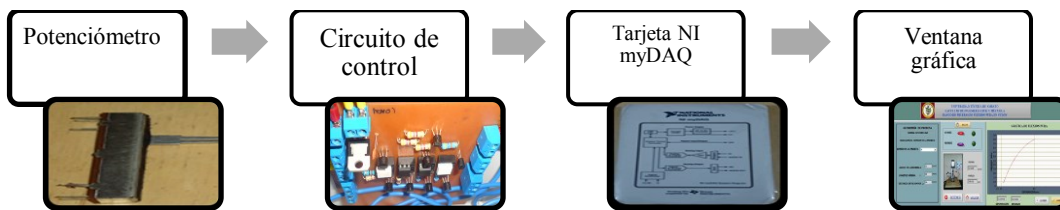


Figura 6.6. Secuencia de proceso de adquisición de datos.

Fuente: Pablo Morales.

Tarjeta de adquisición de datos NI (National Instruments) myDAQ

La tarjeta de adquisición de datos que se utilizó para el presente proyecto es la NI myDAQ (ANEXO C) de National instruments, con las siguientes características:

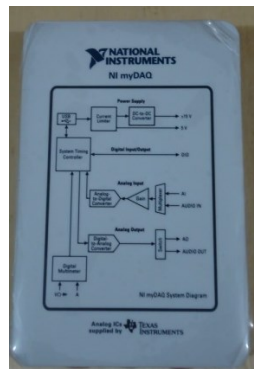


Figura 6.7. Tarjeta de adquisición de datos NI myDAQ.

Fuente: Pablo Morales.

- ✓ 20 (Inputs/ Outputs)
- ✓ Tensión de alimentación 5 VDC
- ✓ Rango de voltaje de operación de 15 VDC
- ✓ Entradas y salidas digitales (DIO),
- ✓ Entradas análogas (AI),
- ✓ Salidas análogas (AO).

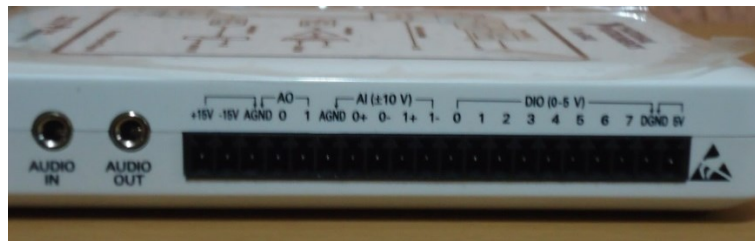


Figura 6.8. Entradas y salidas de la tarjeta NI myDAQ.

Fuente: Pablo Morales.

Luego de identificar las características de la tarjeta de adquisición de datos NI myDAQ utilizada; en la figura 6.4. se muestra el circuito de conexiones de la tarjeta DAQ.

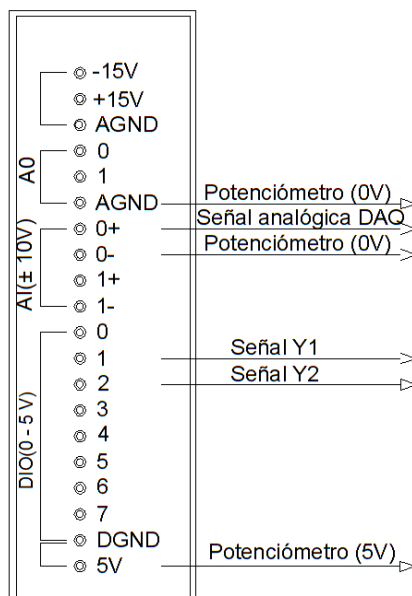


Figura 6.9. Circuito de conexiones de la tarjeta NI myDAQ.

Fuente: Pablo Morales.

Potenciómetro lineal deslizable

El Potenciómetro lineal deslizable sirve para medir la variación de voltaje que se produce al momento de mover su palanca, a continuación se indica las características del potenciómetro lineal.



Figura 6.10. Potenciómetro lineal deslizable.

Fuente: Pablo Morales.

Tabla 6.1. Características del potenciómetro lineal deslizable.

Altura	75 mm
Diámetro de Orificio de Montaje	1.5mm
Estilo de Terminación	Pin
Carrera	45 mm
Máxima Temperatura de Funcionamiento	+70°C
Mínima Temperatura de Funcionamiento	-25°C
Potencia Nominal	0.2W
Resistencia Máxima	50kΩ
Tipo de Montaje	Orificio Pasante
Tipo de Potenciómetro	Lineal
Tolerancia	±20%
Masa	4,1 gramos

Elaborado por: Pablo Morales.

Para la instrumentación virtual se debe seguir el siguiente proceso que permitirá obtener el diagrama esfuerzo deformación del nylon.

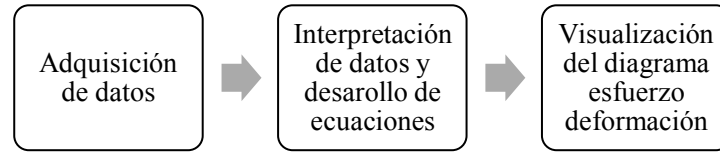


Figura 6.11. Secuencia de proceso programación

Elaborado por: Pablo Morales.

Instrumentación virtual

Las señales de voltaje que se generan en el descenso del potenciómetro lineal, son del tipo analógico con una variación de 0 a 5V, aquellas señales son convertidas a digitales con la utilización de la tarjeta de adquisición de datos NI myDAQ, toda esta información es recopilada y transmitida al computador por el puerto USB y se establece la comunicación entre el potenciómetro, la tarjeta DAQ y la PC con empleo del programa LabView.

Instrumentación virtual con LabView

Dentro del programa se maneja la comunicación entre el sensor o potenciómetro lineal y la PC por medio del puerto USB, empleando la tarjeta de adquisición de datos NI myDAQ como conversor de datos analógicos a digitales.

La programación en LabView se ha desarrollado para escribir y leer datos, así también para su procesamiento y el uso de la información destinado para la determinación del diagrama esfuerzo deformación.

Como primer parámetro a establecer es la utilización de la tarjeta de adquisición configurando el puerto de adquisición de datos de LabView, como se indica a continuación.

Configuración del puerto para adquisición de datos.

Para poder leer los datos de la NI myDAQ se debe configurar la función DAQ Assistant, en la cual se declara los puertos correspondientes como entradas/salidas puertos analógicos, en este caso se necesita configurar un puerto de entrada analógica.

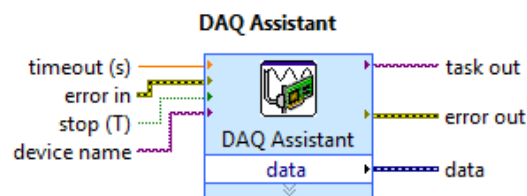


Figura 6.12. Función DAQ Assistant.

Fuente: LabView 8.5. **Autor.** Pablo Morales.

A continuación se configura los parámetros de entrada o salida del puerto, para el caso de la adquisición generada por el potenciómetro lineal deslizante, se declara en la NI myDAQ un puerto de entrada de voltaje en un rango 0 a 5V como se visualiza en la figura 6.13. siguiente.

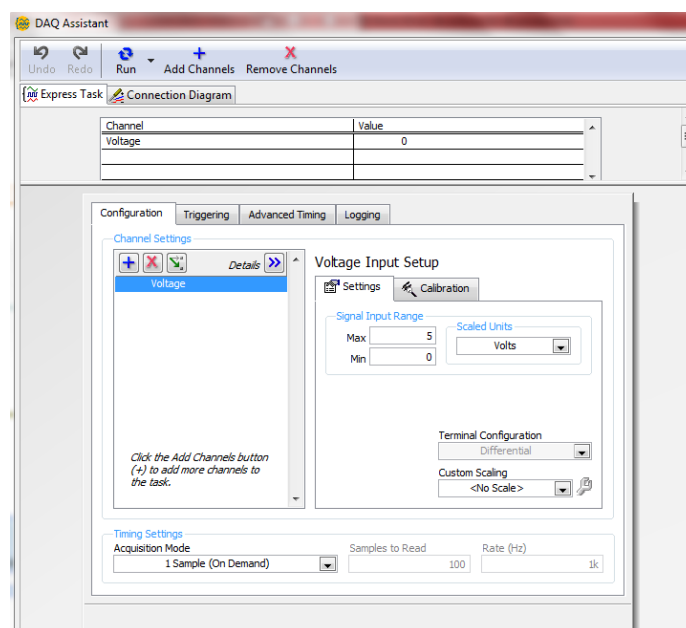


Figura 6.13. Configuración entrada de voltaje de 0 a 5V.

Fuente: LabView 8.5. **Autor.** Pablo Morales.

Acondicionamiento de señal en LabView

En la siguiente figura 6.14 muestra el proceso realizado para obtener el valor de la fuerza y la flecha a partir del bloque de adquisición, como posterior un bloque para obtener la señal y eliminar ruidos, seguido de los bloques que permiten editar formulas de la NI myDAQ.

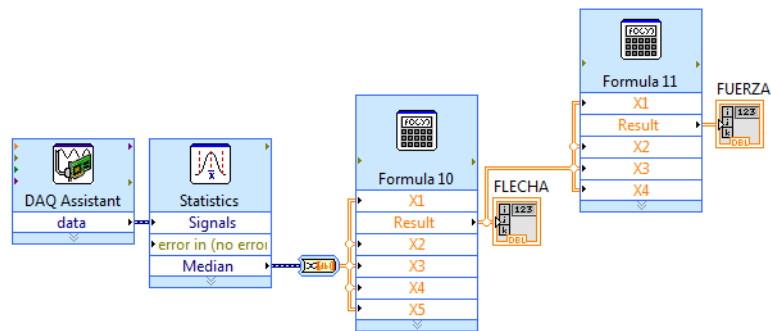


Figura 6.14. Acondicionamiento de señal en LabView.

Fuente: LabView 8.5. Autor. Pablo Morales.

Interpretación de ecuaciones sustentadas en norma INEN 2047

Según la norma INEN 2047 establece las ecuaciones para determinar la deformación y esfuerzo de la probeta en ensayo, a continuación se transcribe en LabView estas ecuaciones las cuales se presentan en la siguiente figura 6.15.

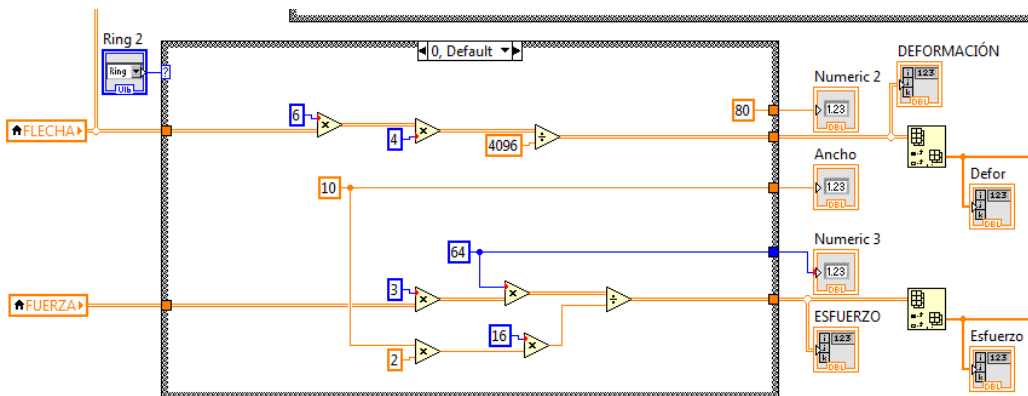


Figura 6.15. Interpretación de ecuaciones sustentadas en norma INEN 2047.

Fuente: LabView 8.5. Autor. Pablo Morales.

Visualización del diagrama esfuerzo – deformación

Previo a la adquisición de las ecuaciones se utiliza el bloque de funciones build XY Graph y sus complementos, para generar la gráfica y posteriormente visualizar el diagrama esfuerzo – deformación del material.

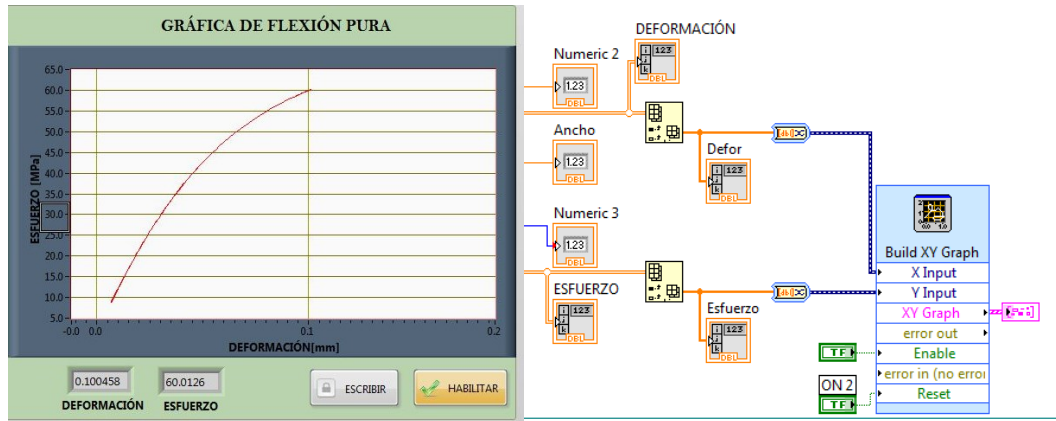
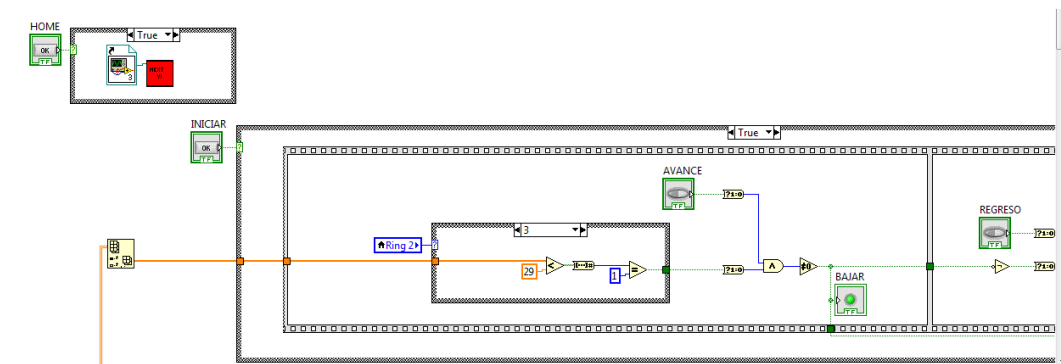


Figura 6.16. Interpretación de ecuaciones sustentadas en norma INEN 2047.

Fuente: LabView 8.5. Autor: Pablo Morales.

Control automático activación y desactivación de la bobina en electroválvula

A través de la NI myDAQ se tiene el control total de las entradas y salidas por lo que el proceso de activación de la electroválvula se lo realiza a través de la myDAQ que envía señales para su efecto.



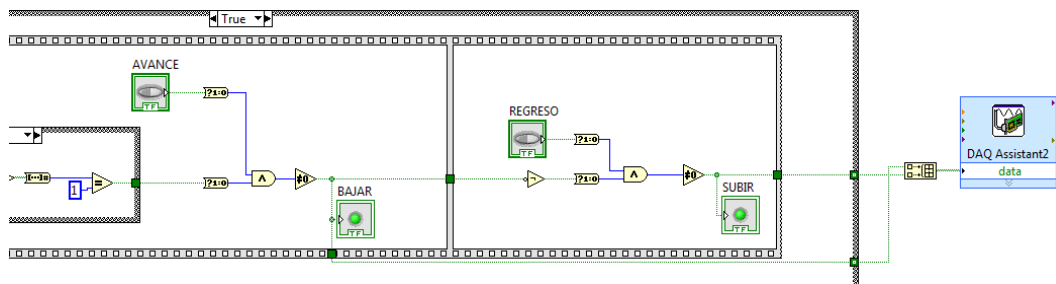


Figura 6.17. Activación y desactivación de la bobina en electroválvula.

Fuente: LabView 8.5. **Autor.** Pablo Morales.

6.6.8. Obtención de curvas gráficas

En primer lugar se procede a analizar las características del instrumento que se empleará como un sensor, se parte de la obtención del diagrama esfuerzo deformación, aquella gráfica se genera a partir de los parámetros siguientes, el desplazamiento o flecha en el eje X para la deformación y la fuerza en el eje Y para el esfuerzo de flexión, las curvas gráficas se determinan interpretando las ecuaciones que están sustentadas por la norma INEN 2047 y son las siguientes.

Deformación de flexión

Es un parámetro importante en la obtención del diagrama esfuerzo deformación, resulta por la variación de la flecha desde su longitud inicial hasta su final, para determinarlo se utiliza la ecuación que proporciona la norma INEN 2047.

$$\epsilon_f = \frac{6 \cdot s \cdot h}{L^2} \quad \text{Ecuación (6-2)}$$

En donde:

ϵ_f : es el parámetro de deformación de flexión en cuestión, expresado como una relación adimensional o como un porcentaje.

s: es la flecha, en milímetros;

h: es el espesor, de la muestra, en milímetros

L: es la distancia entre apoyos, en milímetros.

Como se puede distinguir en esta ecuación la variable que determinará la obtención de la gráfica es la flecha, las otras dos constantes ya se encuentran definidas en la norma INEN 2047.

Esfuerzo de flexión

Es otro parámetro importante en la obtención del diagrama esfuerzo deformación, resulta de la variación de la fuerza al momento de ir flexionando la probeta, para determinarlo se utiliza la ecuación que proporciona la norma INEN 2047.

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot F \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} \qquad \text{Ecuación (6-3)}$$

En donde:

σ_f : es el parámetro de esfuerzo de flexión en cuestión.

F: es la fuerza aplicada, en newtons.

L: es la distancia entre apoyos, en milímetros.

b : es la anchura de la muestra, en milímetros.

h: es el espesor de la muestra, en milímetros.

Como se puede distinguir en esta ecuación la variable que determinará la obtención de la gráfica es la flecha, las otras dos constantes ya se encuentran definidas en la norma INEN 2047.

Una vez identificados los parámetros que se necesita para obtener el diagrama esfuerzo deformación, se procede a realizar las pruebas del instrumento de medición.

6.6.9. Selección del potenciómetro lineal deslizante

Para seleccionar el potenciómetro lineal deslizante se realiza una investigación de campo en los principales distribuidores de equipos electrónicos que existen, se adquiere tres principales potenciómetros con los siguientes valores, 50 K Ω , 100 K Ω , 200 K Ω , aquellos instrumentos se encuentran a nivel nacional; para determinar cuál se ajusta en el equipo se realizó la prueba oportuna de cada uno de ellos, posteriormente analizado los tres se determina que el potenciómetro que se ajusta para obtener una mejor estabilidad en la adquisición de datos es el de valor 50 K Ω ,

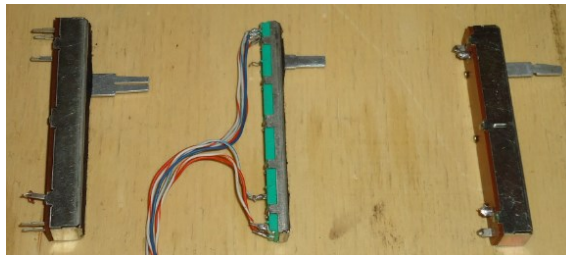


Figura 6.18. Potenciómetros de 50K Ω , 100K Ω , 200 K Ω .

Fuente: Pablo Morales.

6.6.10. Medición de la flecha o desplazamiento en función del voltaje.

Para determinar la escala de medición del desplazamiento en función del voltaje se realizó el siguiente procedimiento, se coloca en el potenciómetro lineal una escala de medición en milímetros, para ir registrando por cada milímetro cuanto voltaje suministra, conforme va descendiendo.



Figura 6.19. Medición de carrera del potenciómetro

Fuente: Pablo Morales.

Se mide la carrera total de la palanca del potenciómetro lineal deslizante que es de 45mm, desde su punto inicial hasta su punto final, de allí se procede hacer las mediciones del desplazamiento en función del voltaje. Se realizaron 4 pruebas para sustentar datos constantes del potenciómetro lineal como muestra la siguiente tabla.

Tabla 6.2. Desplazamiento en función del voltaje.

PRUEBAS REALIZADAS DESPLAZAMIENTO EN FUNCIÓN DEL VOLTAJE				
Flecha	Prueba N° 1	Prueba N° 2	Prueba N° 3	Prueba N° 4
0	0.0010	0.0011	0.0010	0.0013
1	0.0137	0.0135	0.0137	0.0138
2	0.0118	0.0116	0.0118	0.0119
3	0.0793	0.0795	0.0793	0.0794
4	0.0470	0.0472	0.0470	0.0474
5	0.0880	0.0881	0.0880	0.0883
6	0.1199	0.1198	0.1199	0.1196
7	0.1652	0.1655	0.1652	0.1657
8	0.1980	0.1983	0.1980	0.1984
9	0.2400	0.2402	0.2400	0.2403
10	0.2700	0.2704	0.2700	0.2702
11	0.3100	0.3102	0.3100	0.3103
12	0.4100	0.4103	0.4100	0.4101
13	0.5900	0.5903	0.5900	0.5904
14	0.8100	0.8101	0.8100	0.8104
15	0.9990	0.9992	0.9990	0.9995
16	1.2100	1.2104	1.2100	1.2101
17	1.4400	1.4401	1.4400	1.4404
18	1.6500	1.6504	1.6500	1.6505
19	1.8800	1.8803	1.8800	1.8802
20	1.9900	1.9901	1.9900	1.9903
21	2.1938	2.1936	2.1938	2.1937
22	2.4000	2.4003	2.4000	2.4005
23	2.6200	2.6202	2.6200	2.6204
24	2.8400	2.8404	2.8400	2.8402
25	3.0400	3.0405	3.0400	3.0407
26	3.2586	3.2587	3.2586	3.2589
27	3.4279	3.4277	3.4279	3.4278
28	3.6733	3.6731	3.6733	3.6734
29	3.9300	3.9301	3.9300	3.9303
30	4.0715	4.0717	4.0715	4.0716
31	4.3200	4.3203	4.3200	4.3201
32	4.5649	4.5646	4.5649	4.5647
33	4.7090	4.7093	4.7090	4.7094
34	4.7100	4.7101	4.7100	4.7103

35	4.7600	4.7604	4.7600	4.7602
36	4.8100	4.8102	4.8100	4.8103
37	4.8600	4.8601	4.8600	4.8604
38	4.9100	4.9104	4.9100	4.9101
39	4.9500	4.9503	4.9500	4.9502
40	4.9800	4.9802	4.9800	4.9804
41	5.0000	5.0004	5.0000	5.0001
42	5.0500	5.0501	5.0500	5.0503
43	5.0600	5.0603	5.0600	5.0604
44	5.0700	5.0704	5.0700	5.0701
45	5.0800	5.0802	5.0800	5.0804

Elaborado por: Pablo Morales.

Como se puede apreciar en la tabla anterior los datos generados al descender el potenciómetro fueron constantes en cada valor, en consecuencia es la escala de medición del milímetro en función de voltaje cuando desciende el potenciómetro lineal.

6.6.11. Medición de la fuerza en función del voltaje

Para la medición de la fuerza en función del voltaje se utilizó el siguiente procedimiento, se empleó un dinamómetro que fue acoplado a una parte fija del banco de pruebas y la otra se colocó en la parte inferior del punzón, conforme el pistón desciende el dinamómetro va marcando el valor de fuerza, se realiza varias pruebas con las probetas, al final se registra los valores para llegar a una relación desplazamiento y fuerza en función del voltaje.



Figura 6.9. Medición de la fuerza en función del voltaje.

Fuente: Pablo Morales.

Una vez realizado y encontrado los parámetros requeridos como la fuerza y desplazamiento en función del voltaje, se procede a calibrar el equipo en función de una máquina existente que realice ensayos de flexión, para establecer valores y poner a punto el banco de pruebas de flexión pura en nylon.

6.6.12. Calibración del banco de pruebas de flexión

Para realizar la respectiva calibración del banco de pruebas de flexión pura, se utiliza un equipo que ejecute similar ensayo y empleando las mismas características para las probetas sustentadas en la norma INEN 2047; en este caso se emplea la Máquina Universal Tinius Olsen propiedad de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, la variación que se utilizó para realizar el ensayo fue emplear las guías y punzón de carga del prototipo que son acoplados en la máquina universal.



Figura 6.20. Máquina Universal Tinius Olsen.

Fuente: Pablo Morales.

Procedimiento

Se procede acoplar la guía y el punzón de carga a la máquina universal, se coloca la probeta en los soportes de la guía, se acciona la máquina universal para iniciar el ensayo, el número de probetas que se empleará son 20 en total, dispuestas de la

siguiente manera, la probeta normal de 4 mm y otras de [6, 8, 10] mm de espesor, en total cinco muestra por cada espesor.

Los datos que se registran de la máquina universal son las cargas y su desplazamiento. A continuación se presenta las tablas generadas en los 4 ensayos para cada espesor y con 5 muestras respectivamente por espesor.

ENSAYO DE FLEXIÓN N° 1

Espesor de espécimen: 4 mm

Tabla 6.3. Características de probeta.

Característica	Medida
Espesor:	4 mm.
Ancho:	10 mm.
Longitud mínima:	80 mm.
Distancia entre apoyos:	64 mm.
Número de especímenes:	5 muestras

Elaborado por: Pablo Morales

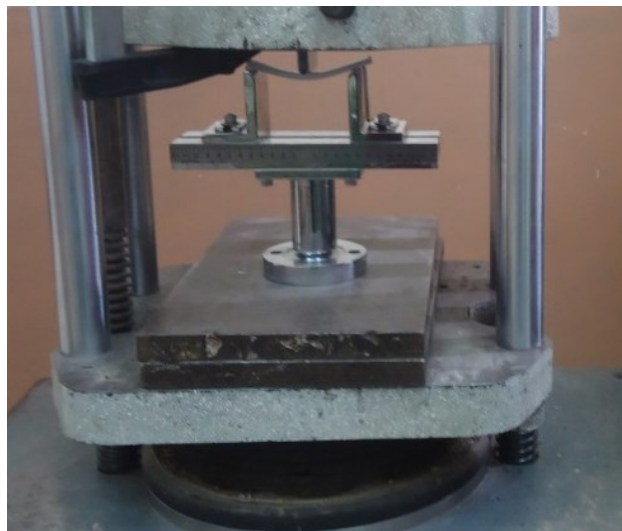



Figura 6.21. Ensayo en probeta de 4mm.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N° 1


Tabla 6.4. Desplazamiento y carga espécimen N° 1 probeta 4mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
Dimensiones de la probeta: 80 x 10 x 4 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047	Espécimen: N° 1
DATOS Y RESULTADOS - ENSAYO N° 1		
Desplazamiento[mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00
1	1.32	12.99
2	2.37	23.26
3	3.33	32.67
4	4.21	41.26
5	5.01	49.10
6	5.73	56.22
7	6.39	62.68
8	6.99	68.53
9	7.53	73.81
10	8.01	78.56
11	8.45	82.82
12	8.83	86.64
13	9.18	90.04
14	9.49	93.08
15	9.77	95.77
16	10.01	98.16
17	10.22	100.27

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 2


Tabla 6.5. Desplazamiento y carga espécimen N° 2 probeta 4mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
Dimensiones de la probeta: 80 x 10 x 4 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047	Espécimen: N° 2
DATOS Y RESULTADOS - ENSAYO N° 1		
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00
1	1.32	12.94
2	2.36	23.17
3	3.32	32.54
4	4.19	41.11
5	4.99	48.91
6	5.71	56.01
7	6.37	62.45
8	6.96	68.28
9	7.50	73.54
10	7.98	78.27
11	8.41	82.52
12	8.80	86.32
13	9.15	89.71
14	9.46	92.73
15	9.73	95.42
16	9.97	97.80
17	10.19	99.90

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 3


Tabla 6.6. Desplazamiento y carga espécimen N° 3 probeta 4mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
Dimensiones de la probeta: 80 x 10 x 4 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047	Espécimen: N° 3
DATOS Y RESULTADOS - ENSAYO N° 1		
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00
1	1.32	12.93
2	2.36	23.15
3	3.32	32.51
4	4.19	41.07
5	4.98	48.87
6	5.71	55.96
7	6.36	62.39
8	6.96	68.21
9	7.49	73.46
10	7.97	78.19
11	8.41	82.43
12	8.79	86.23
13	9.14	89.62
14	9.45	92.64
15	9.72	95.32
16	9.96	97.70
17	10.18	99.80

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 4


Tabla 6.7. Desplazamiento y carga espécimen N° 4 probeta 4mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
Dimensiones de la probeta: 80 x 10 x 4 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047	Espécimen: N° 4
DATOS Y RESULTADOS - ENSAYO N° 1		
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00
1	1.32	12.99
2	2.37	23.25
3	3.33	32.66
4	4.21	41.25
5	5.01	49.09
6	5.73	56.21
7	6.39	62.67
8	6.99	68.52
9	7.53	73.80
10	8.01	78.54
11	8.44	82.80
12	8.83	86.62
13	9.18	90.02
14	9.49	93.06
15	9.76	95.75
16	10.01	98.14
17	10.22	100.25

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 5

Tabla 6.7. Desplazamiento y carga espécimen N° 5 probeta 4mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
Dimensiones de la probeta: 80 x 10 x 4 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047	Espécimen: N° 5
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 1		
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00
1	1.32	12.91
2	2.36	23.13
3	3.31	32.48
4	4.18	41.03
5	4.98	48.82
6	5.70	55.90
7	6.36	62.33
8	6.95	68.14
9	7.48	73.39
10	7.97	78.11
11	8.40	82.35
12	8.78	86.14
13	9.13	89.53
14	9.44	92.55
15	9.71	95.22
16	9.95	97.60
17	10.17	99.70

Elaborado por: Pablo Morales

Se obtiene para cada muestra el valor de carga en función de su desplazamiento, se realiza la siguiente tabla 6.8, en la cual detalla las cinco muestras con sus respectivas cargas para obtener el promedio total.

Tabla 6.8. Promedio de cargas para el ensayo N° 1.

PROMEDIO DE CARGAS PARA EL ENSAYO N° 1						
Desplazamiento [mm]	Espécimen 1 Carga [N]	Espécimen 2 Carga [N]	Espécimen 3 Carga [N]	Espécimen 4 Carga [N]	Espécimen 5 Carga [N]	Promedio Carga [N]
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	12.99	12.94	12.93	12.99	12.91	12.95
2	23.26	23.17	23.15	23.25	23.13	23.19
3	32.67	32.54	32.51	32.66	32.48	32.57
4	41.26	41.11	41.07	41.25	41.03	41.14
5	49.10	48.91	48.87	49.09	48.82	48.96
6	56.22	56.01	55.96	56.21	55.90	56.06
7	62.68	62.45	62.39	62.67	62.33	62.51
8	68.53	68.28	68.21	68.52	68.14	68.34
9	73.81	73.54	73.46	73.80	73.39	73.60
10	78.56	78.27	78.19	78.54	78.11	78.33
11	82.82	82.52	82.43	82.80	82.35	82.58
12	86.64	86.32	86.23	86.62	86.14	86.39
13	90.04	89.71	89.62	90.02	89.53	89.79
14	93.08	92.73	92.64	93.06	92.55	92.81
15	95.77	95.42	95.32	95.75	95.22	95.50
16	98.16	97.80	97.70	98.14	97.60	97.88
17	100.27	99.90	99.80	100.25	99.70	99.99

Elaborado por: Pablo Morales

En las ecuaciones ubicadas en la tabla 6.9 se reemplaza los valores dispuestos en la norma INEN 2047, Como la longitud entre soportes (L), el ancho de probeta (b), espesor de probeta (h); y las dos variables determinadas en el ensayo que son el desplazamiento y la fuerza (carga), para generar la siguiente tabla en la cual encontramos la deformación para el eje X y el esfuerzo para el eje Y.

Tabla 6.9. Constantes de cada ecuación.

PROBETA DE ESPESOR h = 4 mm, Datos constantes para la probeta			
Esfuerzo		Deformación	
F =	Variable	s =	Variable
L =	64 mm	h =	4 mm
b =	10 mm	L =	64 mm
h =	4 mm		
$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2}$		$\epsilon_f = \frac{6sh}{L^2}$	

Elaborado por: Pablo Morales

Tabla 6.10. Valores deformación vs esfuerzo

Deformación		Esfuerzo
[mm]	[%]	[MPa]
0	0.000	0.00
1	0.006	7.77
2	0.012	13.92
3	0.018	19.54
4	0.023	24.69
5	0.029	29.37
6	0.035	33.64
7	0.041	37.50
8	0.047	41.00
9	0.053	44.16
10	0.059	47.00
11	0.064	49.55
12	0.070	51.83
13	0.076	53.87
14	0.082	55.69
15	0.088	57.30
16	0.094	58.73
17	0.100	60.01

Elaborado por: Pablo Morales

Encontrados estos dos parámetros se realiza el diagrama esfuerzo deformación para obtener la gráfica final del ensayo, se puede observar que el esfuerzo de flexión máximo del nylon está en 60 MPa., con una deformación del 0.1%.

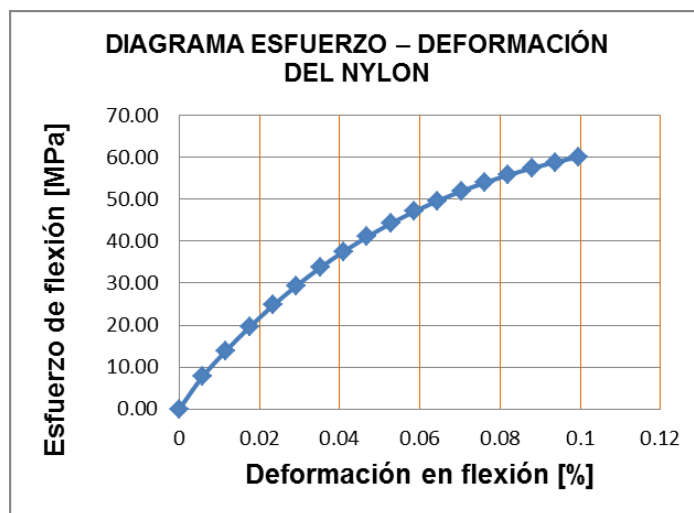


Figura 6.22. Diagrama esfuerzo–deformación del nylon probeta 4mm.

Fuente: Pablo Morales

ENSAYO DE FLEXIÓN N° 2

Espesor de espécimen: 6 mm

Tabla 6.11. Características de probeta.

Característica	Medida
Espesor:	6mm.
Ancho:	15mm.
Longitud mínima:	120mm.
Distancia entre apoyos:	96 mm.
Número de especímenes:	5 muestras

Elaborado por: Pablo Morales




Figura 6.23.Ensayo en probeta de 6mm.

Fuente: Pablo Morales.

Espécimen N° 1


Tabla 6.12.Desplazamiento y carga espécimen N° 1 probeta 6mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
Dimensiones de la probeta: 120 x 15 x 6 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047	Espécimen: N° 1
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 2		
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00
1	1.32	12.96
2	2.37	23.21
3	3.32	32.60
4	4.20	41.18
5	5.00	49.00
6	5.72	56.11
7	6.38	62.56
8	6.97	68.40
9	7.51	73.66
10	7.99	78.40
11	8.43	82.66
12	8.82	86.46
13	9.16	89.86
14	9.47	92.89
15	9.75	95.58
16	9.99	97.96
17	10.20	100.07
18	10.39	101.94
19	10.56	103.59
20	10.71	105.04
21	10.84	106.33
22	10.96	107.48
23	11.06	108.50
24	11.16	109.42
25	11.24	110.25
26	11.32	111.02
27	11.39	111.72
28	11.46	112.38
29	11.52	113.01

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 2


Tabla 6.13.Desplazamiento y carga espécimen N° 2 probeta 6mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
Dimensiones de la probeta: 120 x 15 x 6 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047	Espécimen: N° 2
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 2		
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00
1	1.32	12.92
2	2.36	23.13
3	3.31	32.48
4	4.18	41.03
5	4.98	48.82
6	5.70	55.90
7	6.36	62.33
8	6.95	68.14
9	7.48	73.39
10	7.97	78.11
11	8.40	82.35
12	8.78	86.14
13	9.13	89.53
14	9.44	92.55
15	9.71	95.23
16	9.95	97.60
17	10.17	99.70
18	10.36	101.56
19	10.52	103.20
20	10.67	104.65
21	10.80	105.94
22	10.92	107.08
23	11.02	108.10
24	11.12	109.02
25	11.20	109.85
26	11.28	110.61
27	11.35	111.31
28	11.42	111.97
29	11.48	112.60

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 3


Tabla 6.14.Desplazamiento y carga espécimen N° 3 probeta 6mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
Dimensiones de la probeta: 120 x 15 x 6 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047	Espécimen: N° 3
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 2		
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00
1	1.32	12.90
2	2.36	23.10
3	3.31	32.45
4	4.18	40.98
5	4.97	48.77
6	5.69	55.85
7	6.35	62.27
8	6.94	68.08
9	7.48	73.32
10	7.96	78.03
11	8.39	82.27
12	8.78	86.06
13	9.12	89.44
14	9.43	92.45
15	9.70	95.13
16	9.94	97.50
17	10.16	99.60
18	10.35	101.46
19	10.51	103.10
20	10.66	104.55
21	10.79	105.83
22	10.91	106.97
23	11.01	107.99
24	11.11	108.91
25	11.19	109.74
26	11.27	110.49
27	11.34	111.20
28	11.41	111.86
29	11.47	112.48

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 4


Tabla 6.15. Desplazamiento y carga espécimen N° 4 probeta 6mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
Dimensiones de la probeta: 120 x 15 x 6 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047	Espécimen: N° 4
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 2		
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00
1	1.32	12.96
2	2.37	23.21
3	3.32	32.59
4	4.20	41.17
5	5.00	48.99
6	5.72	56.10
7	6.38	62.55
8	6.97	68.38
9	7.51	73.65
10	7.99	78.39
11	8.43	82.64
12	8.82	86.45
13	9.16	89.85
14	9.47	92.87
15	9.74	95.56
16	9.99	97.94
17	10.20	100.05
18	10.39	101.92
19	10.56	103.56
20	10.71	105.02
21	10.84	106.31
22	10.96	107.46
23	11.06	108.48
24	11.16	109.40
25	11.24	110.23
26	11.32	110.99
27	11.39	111.70
28	11.46	112.36
29	11.52	112.99

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 5

Tabla 6.16. Desplazamiento y carga espécimen N° 5 probeta 6mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		
Dimensiones de la probeta: 120 x 15 x 6 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047	Espécimen: N° 5
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 2		
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00
1	1.31	12.89
2	2.35	23.08
3	3.31	32.41
4	4.18	40.94
5	4.97	48.72
6	5.69	55.79
7	6.34	62.20
8	6.93	68.01
9	7.47	73.24
10	7.95	77.96
11	8.38	82.19
12	8.77	85.97
13	9.11	89.35
14	9.42	92.36
15	9.69	95.03
16	9.93	97.40
17	10.15	99.50
18	10.34	101.36
19	10.50	103.00
20	10.65	104.44
21	10.78	105.73
22	10.90	106.87
23	11.00	107.88
24	11.09	108.80
25	11.18	109.63
26	11.26	110.38
27	11.33	111.09
28	11.39	111.74
29	11.46	112.37

Elaborado por: Pablo Morales

Se obtiene para cada muestra el valor de carga en función de su desplazamiento, se realiza la siguiente tabla 6.17., en la cual detalla las cinco muestras con sus respectivas cargas para obtener el promedio total.

Tabla 6.17. Promedio de cargas para el ensayo N° 2.

PROMEDIO DE CARGAS PARA EL ENSAYO N° 2						
Deformación [mm]	Espécimen 1 Carga [N]	Espécimen 2 Carga [N]	Espécimen 3 Carga [N]	Espécimen 4 Carga [N]	Espécimen 5 Carga [N]	Promedio Carga [N]
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	12.96	12.92	12.90	12.96	12.89	12.93
2	23.21	23.13	23.10	23.21	23.08	23.15
3	32.60	32.48	32.45	32.59	32.41	32.51
4	41.18	41.03	40.98	41.17	40.94	41.06
5	49.00	48.82	48.77	48.99	48.72	48.86
6	56.11	55.90	55.85	56.10	55.79	55.95
7	62.56	62.33	62.27	62.55	62.20	62.38
8	68.40	68.14	68.08	68.38	68.01	68.20
9	73.66	73.39	73.32	73.65	73.24	73.45
10	78.40	78.11	78.03	78.39	77.96	78.18
11	82.66	82.35	82.27	82.64	82.19	82.42
12	86.46	86.14	86.06	86.45	85.97	86.22
13	89.86	89.53	89.44	89.85	89.35	89.61
14	92.89	92.55	92.45	92.87	92.36	92.62
15	95.58	95.23	95.13	95.56	95.03	95.31
16	97.96	97.60	97.50	97.94	97.40	97.68
17	100.07	99.70	99.60	100.05	99.50	99.79
18	101.94	101.56	101.46	101.92	101.36	101.65
19	103.59	103.20	103.10	103.56	103.00	103.29
20	105.04	104.65	104.55	105.02	104.44	104.74
21	106.33	105.94	105.83	106.31	105.73	106.03
22	107.48	107.08	106.97	107.46	106.87	107.17
23	108.50	108.10	107.99	108.48	107.88	108.19
24	109.42	109.02	108.91	109.40	108.80	109.11
25	110.25	109.85	109.74	110.23	109.63	109.94
26	111.02	110.61	110.49	110.99	110.38	110.70
27	111.72	111.31	111.20	111.70	111.09	111.40
28	112.38	111.97	111.86	112.36	111.74	112.06
29	113.01	112.60	112.48	112.99	112.37	112.69

Elaborado por: Pablo Morales

En las ecuaciones ubicadas en la tabla 6.18. se reemplaza los valores dispuestos en la norma INEN 2047, como la longitud entre soportes (L), el ancho de probeta (b), espesor de probeta (h); y las dos variables determinadas en el ensayo que son el desplazamiento y la fuerza (carga), para generar la siguiente tabla en la cual encontramos la deformación para el eje X y el esfuerzo para el eje Y.

Tabla 6.18. Constantes de cada ecuación.

PROBETA DE ESPESOR h = 6 mm, Datos constantes para la probeta			
Esfuerzo		Deformación	
F =	Variable	s =	Variable
L =	96 mm	h =	6 mm
b =	15 mm	L =	96 mm
h =	6 mm		
$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2}$		$\varepsilon_f = \frac{6sh}{L^2}$	

Elaborado por: Pablo Morales

Tabla 6.19. Valores deformación vs esfuerzo.

Deformación		Esfuerzo
[mm]	[%]	[MPa]
0	0.000	0.48
1	0.004	3.45
2	0.008	6.17
3	0.012	8.67
4	0.016	10.95
5	0.020	13.03
6	0.023	14.92
7	0.027	16.64
8	0.031	18.19
9	0.035	19.59
10	0.039	20.85
11	0.043	21.98
12	0.047	22.99
13	0.051	23.90
14	0.055	24.70
15	0.059	25.41
16	0.063	26.05
17	0.066	26.61
18	0.070	27.11

19	0.074	27.54
20	0.078	27.93
21	0.082	28.27
22	0.086	28.58
23	0.090	28.85
24	0.094	29.10
25	0.098	29.32
26	0.102	29.52
27	0.105	29.71
28	0.109	29.88
29	0.113	30.05

Elaborado por: Pablo Morales

Encontrados estos dos parámetros se realiza el diagrama esfuerzo deformación para obtener la figura 6.24 resultante del ensayo, se puede observar que el esfuerzo de flexión máximo del nylon para la probeta de 6 mm esta en 30MPa., con una deformación del 0.11%.

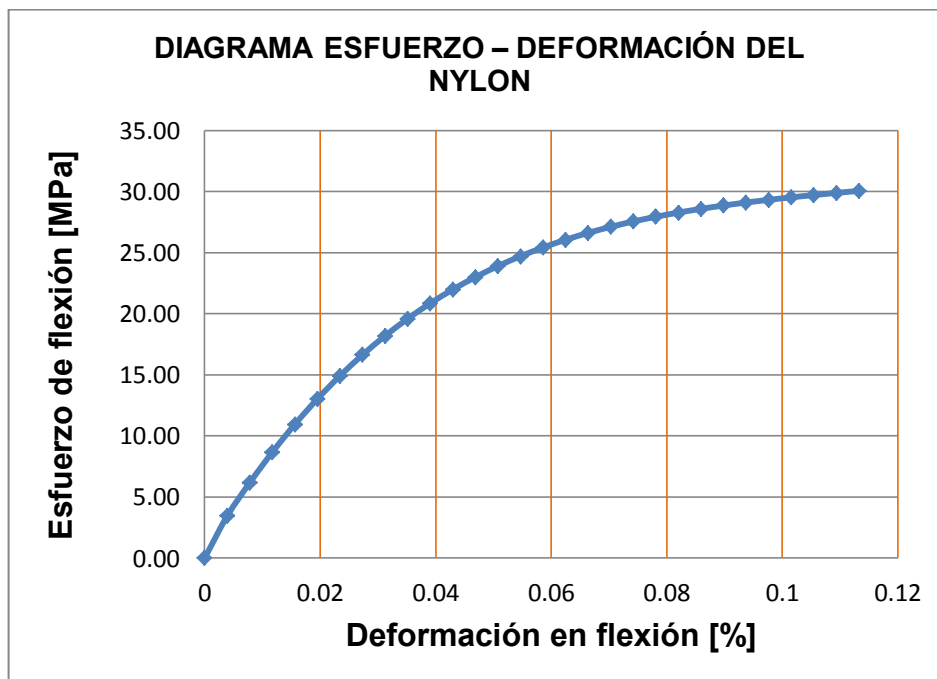


Figura 6.24.Diagrama esfuerzo–deformación del nylon probeta 6mm.

Fuente: Pablo Morales

ENSAYO DE FLEXIÓN N° 3

Espesor de espécimen: 8 mm

Tabla 6.20.Características de probeta 8mm.

Característica	Medida
Espesor:	8mm.
Ancho:	15mm.
Longitud mínima:	160mm.
Distancia entre apoyos:	128mm.
Número de especímenes:	5 muestras

Elaborado por: Pablo Morales.

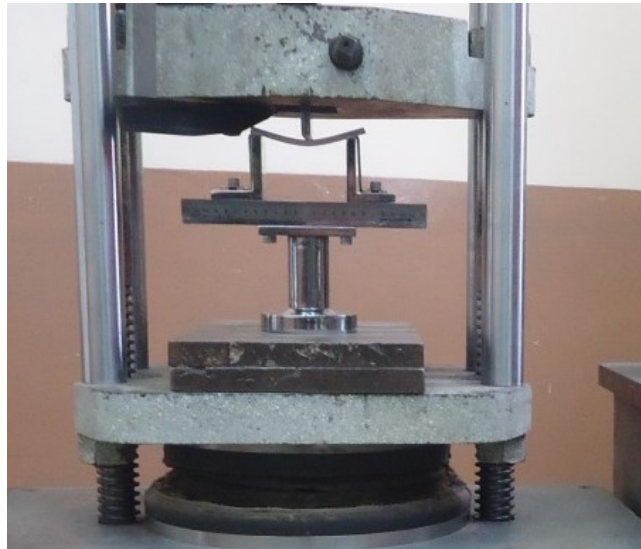



Figura 6.25.Ensayo en probeta de 6mm.

Fuente: Pablo Morales.

Espécimen N° 1


Tabla 6.21. Desplazamiento y carga espécimen N° 1 probeta 8mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Dimensiones de la probeta:		Máquina:			
160 x 15 x 8 mm		Máquina Universal Tinius Olsen			
Tipo de ensayo:	Norma:		Espécimen:		
Flexión pura	NTE INEN 2047		N° 1		
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 3					
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]	Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00	16	9.93	97.38
1	1.31	12.89	17	10.14	99.47
2	2.35	23.07	18	10.33	101.33
3	3.30	32.41	19	10.50	102.97
4	4.17	40.93	20	10.65	104.41
5	4.97	48.70	21	10.78	105.70
6	5.69	55.77	22	10.89	106.84
7	6.34	62.19	23	11.00	107.85
8	6.93	67.99	24	11.09	108.77
9	7.47	73.22	25	11.18	109.59
10	7.95	77.93	26	11.25	110.35
11	8.38	82.16	27	11.32	111.05
12	8.76	85.95	28	11.39	111.71
13	9.11	89.33	29	11.46	112.34
14	9.42	92.33	30	11.52	112.94
15	9.69	95.01	31	11.58	113.53

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 2


Tabla 6.22. Desplazamiento y carga espécimen N° 2 probeta 8mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Dimensiones de la probeta: 160 x 15 x 8 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen			
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047		Espécimen: N° 2		
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 3					
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]	Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00	16	9.89	97.02
1	1.31	12.84	17	10.11	99.11
2	2.34	22.99	18	10.29	100.95
3	3.29	32.29	19	10.46	102.58
4	4.16	40.78	20	10.61	104.03
5	4.95	48.52	21	10.74	105.31
6	5.67	55.57	22	10.85	106.44
7	6.32	61.96	23	10.96	107.45
8	6.91	67.74	24	11.05	108.36
9	7.44	72.95	25	11.13	109.19
10	7.92	77.65	26	11.21	109.94
11	8.35	81.86	27	11.28	110.64
12	8.73	85.63	28	11.35	111.30
13	9.08	89.00	29	11.41	111.92
14	9.38	91.99	30	11.47	112.52
15	9.65	94.66	31	11.53	113.11

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 3


Tabla 6.23. Desplazamiento y carga espécimen N° 3 probeta 8mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Dimensiones de la probeta: 160 x 15 x 8 mm			Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen		
Tipo de ensayo: Flexión pura		Norma: NTE INEN 2047		Espécimen: N° 3	
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 3					
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]	Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00	16	9.88	96.92
1	1.31	12.82	17	10.10	99.01
2	2.34	22.97	18	10.28	100.85
3	3.29	32.25	19	10.45	102.48
4	4.15	40.74	20	10.60	103.92
5	4.94	48.48	21	10.73	105.20
6	5.66	55.51	22	10.84	106.33
7	6.31	61.89	23	10.95	107.35
8	6.90	67.67	24	11.04	108.25
9	7.43	72.88	25	11.12	109.08
10	7.91	77.57	26	11.20	109.83
11	8.34	81.78	27	11.27	110.53
12	8.72	85.54	28	11.34	111.19
13	9.07	88.91	29	11.40	111.81
14	9.37	91.90	30	11.46	112.41
15	9.64	94.56	31	11.52	112.99

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 4


Tabla 6.24. Desplazamiento y carga espécimen N° 4 probeta 8mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Dimensiones de la probeta:		Máquina:			
160 x 15 x 8 mm		Máquina Universal Tinius Olsen			
Tipo de ensayo:	Norma:		Espécimen:		
Flexión pura	NTE INEN 2047		N° 4		
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 3					
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]	Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00	16	9.93	97.36
1	1.31	12.88	17	10.14	99.45
2	2.35	23.07	18	10.33	101.31
3	3.30	32.40	19	10.50	102.94
4	4.17	40.92	20	10.65	104.39
5	4.97	48.70	21	10.78	105.67
6	5.69	55.76	22	10.89	106.81
7	6.34	62.17	23	11.00	107.83
8	6.93	67.97	24	11.09	108.74
9	7.47	73.21	25	11.17	109.57
10	7.95	77.92	26	11.25	110.33
11	8.38	82.15	27	11.32	111.03
12	8.76	85.93	28	11.39	111.69
13	9.11	89.31	29	11.45	112.32
14	9.41	92.32	30	11.51	112.92
15	9.69	94.99	31	11.57	113.50

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 5

Tabla 6.25. Desplazamiento y carga espécimen N° 5 probeta 8mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Dimensiones de la probeta: 160 x 15 x 8 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen			
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047		Espécimen: N° 5		
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 3					
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]	Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00	16	9.87	96.82
1	1.31	12.81	17	10.09	98.91
2	2.34	22.94	18	10.27	100.75
3	3.29	32.22	19	10.44	102.38
4	4.15	40.70	20	10.59	103.82
5	4.94	48.43	21	10.72	105.09
6	5.65	55.46	22	10.83	106.23
7	6.31	61.83	23	10.94	107.24
8	6.89	67.60	24	11.03	108.15
9	7.42	72.81	25	11.11	108.97
10	7.90	77.49	26	11.19	109.72
11	8.33	81.69	27	11.26	110.42
12	8.71	85.46	28	11.33	111.08
13	9.06	88.82	29	11.39	111.70
14	9.36	91.81	30	11.45	112.30
15	9.63	94.47	31	11.51	112.88

Elaborado por: Pablo Morales

Se obtiene para cada muestra el valor de carga en función de su desplazamiento, se realiza la siguiente tabla 6.26., en la cual detalla las cinco muestras con sus respectivas cargas para obtener el promedio total.

Tabla 6.26. Promedio de cargas para el ensayo N° 3.

PROMEDIO DE CARGAS PARA EL ENSAYO N° 3						
Deformación [mm]	Espécimen 1 Carga [N]	Espécimen 2 Carga [N]	Espécimen 3 Carga [N]	Espécimen 4 Carga [N]	Espécimen 5 Carga [N]	Promedio Carga [N]
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	12.89	12.84	12.82	12.88	12.81	12.85
2	23.07	22.99	22.97	23.07	22.94	23.01
3	32.41	32.29	32.25	32.40	32.22	32.31
4	40.93	40.78	40.74	40.92	40.70	40.81
5	48.70	48.52	48.48	48.70	48.43	48.57
6	55.77	55.57	55.51	55.76	55.46	55.61
7	62.19	61.96	61.89	62.17	61.83	62.01
8	67.99	67.74	67.67	67.97	67.60	67.79
9	73.22	72.95	72.88	73.21	72.81	73.01
10	77.93	77.65	77.57	77.92	77.49	77.71
11	82.16	81.86	81.78	82.15	81.69	81.93
12	85.95	85.63	85.54	85.93	85.46	85.70
13	89.33	89.00	88.91	89.31	88.82	89.07
14	92.33	91.99	91.90	92.32	91.81	92.07
15	95.01	94.66	94.56	94.99	94.47	94.74
16	97.38	97.02	96.92	97.36	96.82	97.10
17	99.47	99.11	99.01	99.45	98.91	99.19
18	101.33	100.95	100.85	101.31	100.75	101.04
19	102.97	102.58	102.48	102.94	102.38	102.67
20	104.41	104.03	103.92	104.39	103.82	104.12
21	105.70	105.31	105.20	105.67	105.09	105.39
22	106.84	106.44	106.33	106.81	106.23	106.53
23	107.85	107.45	107.35	107.83	107.24	107.54
24	108.77	108.36	108.25	108.74	108.15	108.45
25	109.59	109.19	109.08	109.57	108.97	109.28
26	110.35	109.94	109.83	110.33	109.72	110.04
27	111.05	110.64	110.53	111.03	110.42	110.74
28	111.71	111.30	111.19	111.69	111.08	111.39
29	112.34	111.92	111.81	112.32	111.70	112.02
30	112.94	112.52	112.41	112.92	112.30	112.62
31	113.53	113.11	112.99	113.50	112.88	113.20

Elaborado por: Pablo Morales.

En las ecuaciones ubicadas en la tabla 6.27 se reemplaza los valores dispuestos en la norma INEN 2047, como la longitud entre soportes (L), el ancho de probeta (b), espesor de probeta (h); y las dos variables determinadas en el ensayo que son el desplazamiento y la fuerza (carga), para generar la siguiente tabla en la cual se encuentra la deformación para el eje X y el esfuerzo para el eje Y.

Tabla 6.27. Constantes de cada ecuación.

PROBETA DE ESPESOR h = 8 mm, Datos constantes para la probeta			
Esfuerzo		Deformación	
F =	Variable	s =	Variable
L =	128 mm	h =	8 mm
b =	15 mm	L =	128 mm
h =	8 mm		
$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2}$		$\epsilon_f = \frac{6sh}{L^2}$	

Elaborado por: Pablo Morales.

Tabla 6.28. Valores deformación vs esfuerzo.

Desplazamiento [mm]	Deformación [%]	Esfuerzo [MPa]
0	0.000	0.00
1	0.003	2.57
2	0.006	4.60
3	0.009	6.46
4	0.012	8.16
5	0.015	9.71
6	0.018	11.12
7	0.021	12.40
8	0.023	13.56
9	0.026	14.60
10	0.029	15.54
11	0.032	16.39
12	0.035	17.14
13	0.038	17.81
14	0.041	18.41
15	0.044	18.95
16	0.047	19.42
17	0.050	19.84
18	0.053	20.21
19	0.056	20.53
20	0.059	20.82
21	0.062	21.08
22	0.064	21.31
23	0.067	21.51
24	0.070	21.69
25	0.073	21.86
26	0.076	22.01
27	0.079	22.15

28	0.082	22.28
29	0.085	22.40
30	0.088	22.52
31	0.091	22.64

Elaborado por: Pablo Morales

Encontrados estos dos parámetros, se realiza el diagrama esfuerzo deformación para obtener la figura 6.26 resultante del ensayo, se puede observar que el esfuerzo de flexión máximo del nylon para la probeta de 8 mm esta en 22.64 MPa., con una deformación del 0.09%.

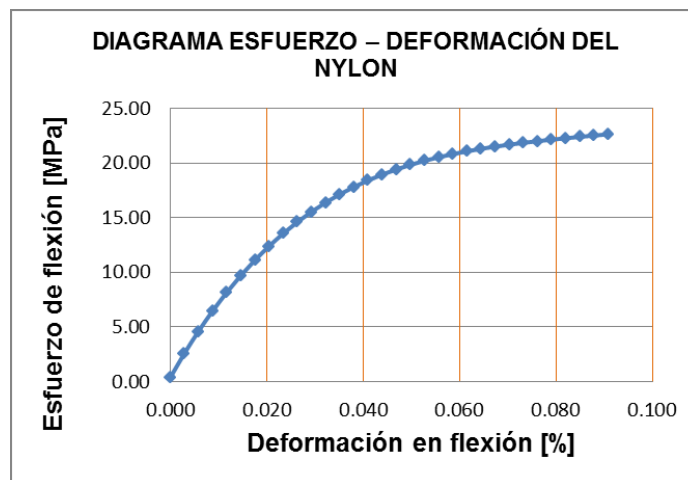


Figura 6.26.Diagrama esfuerzo–deformación del nylon probeta 8mm.

Fuente: Pablo Morales.

ENSAYO DE FLEXIÓN N° 4

Espesor de espécimen: 10 mm

Tabla 6.29.Características de probeta 10mm.

Característica	Medida
Espesor:	10mm.
Ancho:	15mm.
Longitud mínima:	200mm.
Distancia entre apoyos:	160mm.
Número de especímenes:	5 muestras

Elaborado por: Pablo Morales



Figura 6.27.Ensayo en probeta de 10mm.

Fuente: Pablo Morales.

Especimen N° 1


Tabla 6.30. Desplazamiento y carga espécimen N° 1 probeta 10mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Dimensiones de la probeta: 200 x 15 x 10 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen			
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047		Especimen: N° 1		
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 4					
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]	Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00	19	10.48	102.76
1	1.31	12.86	20	10.63	104.20
2	2.35	23.03	21	10.76	105.48
3	3.30	32.34	22	10.87	106.62
4	4.17	40.85	23	10.98	107.64
5	4.96	48.61	24	11.07	108.55
6	5.68	55.66	25	11.15	109.37
7	6.33	62.06	26	11.23	110.13
8	6.92	67.85	27	11.30	110.83
9	7.45	73.08	28	11.37	111.49
10	7.93	77.78	29	11.43	112.11
11	8.36	82.00	30	11.49	112.71
12	8.75	85.77	31	11.55	113.30
13	9.09	89.15	32	11.61	113.87
14	9.40	92.15	33	11.67	114.44
15	9.67	94.82	34	11.73	115.01
16	9.91	97.18	35	11.78	115.57
17	10.12	99.27	36	11.84	116.13
18	10.31	101.12	37	11.90	116.68

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 2


Tabla 6.31. Desplazamiento y carga espécimen N° 2 probeta 10mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Dimensiones de la probeta: 200 x 15 x 10 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen			
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047		Espécimen: N° 2		
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 4					
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]	Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00	19	10.44	102.38
1	1.31	12.81	20	10.59	103.82
2	2.34	22.94	21	10.72	105.09
3	3.29	32.22	22	10.83	106.23
4	4.15	40.70	23	10.94	107.24
5	4.94	48.43	24	11.03	108.15
6	5.65	55.46	25	11.11	108.97
7	6.31	61.83	26	11.19	109.72
8	6.89	67.60	27	11.26	110.42
9	7.42	72.81	28	11.33	111.08
10	7.90	77.49	29	11.39	111.70
11	8.33	81.69	30	11.45	112.30
12	8.71	85.46	31	11.51	112.88
13	9.06	88.82	32	11.57	113.45
14	9.36	91.81	33	11.63	114.02
15	9.63	94.47	34	11.68	114.58
16	9.87	96.82	35	11.74	115.14
17	10.09	98.91	36	11.80	115.70
18	10.27	100.75	37	11.85	116.25

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 3


Tabla 6.32. Desplazamiento y carga espécimen N° 3 probeta 10mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Dimensiones de la probeta: 200 x 15 x 10 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen			
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047		Espécimen: N° 3		
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 4					
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]	Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00	19	10.43	102.28
1	1.31	12.80	20	10.58	103.71
2	2.34	22.92	21	10.71	104.99
3	3.28	32.19	22	10.82	106.12
4	4.15	40.66	23	10.92	107.13
5	4.93	48.38	24	11.02	108.04
6	5.65	55.40	25	11.10	108.86
7	6.30	61.77	26	11.18	109.61
8	6.89	67.53	27	11.25	110.31
9	7.42	72.73	28	11.32	110.96
10	7.89	77.41	29	11.38	111.59
11	8.32	81.61	30	11.44	112.18
12	8.71	85.37	31	11.50	112.77
13	9.05	88.73	32	11.56	113.34
14	9.35	91.72	33	11.62	113.91
15	9.62	94.37	34	11.67	114.47
16	9.86	96.72	35	11.73	115.03
17	10.08	98.81	36	11.79	115.58
18	10.26	100.65	37	11.84	116.13

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 4

Tabla 6.33. Desplazamiento y carga espécimen N° 4 probeta 10mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Dimensiones de la probeta: 200 x 15 x 10 mm		Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen			
Tipo de ensayo: Flexión pura	Norma: NTE INEN 2047		Espécimen: N° 4		
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 4					
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]	Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00	19	10.48	102.74
1	1.31	12.86	20	10.62	104.18
2	2.35	23.02	21	10.75	105.46
3	3.30	32.33	22	10.87	106.60
4	4.16	40.84	23	10.97	107.61
5	4.96	48.60	24	11.07	108.53
6	5.67	55.65	25	11.15	109.35
7	6.33	62.05	26	11.23	110.11
8	6.92	67.84	27	11.30	110.81
9	7.45	73.06	28	11.37	111.47
10	7.93	77.76	29	11.43	112.09
11	8.36	81.98	30	11.49	112.69
12	8.74	85.76	31	11.55	113.28
13	9.09	89.13	32	11.61	113.85
14	9.39	92.13	33	11.67	114.42
15	9.67	94.80	34	11.73	114.99
16	9.91	97.16	35	11.78	115.55
17	10.12	99.25	36	11.84	116.10
18	10.31	101.10	37	11.90	116.65

Elaborado por: Pablo Morales

Espécimen N° 5

Tabla 6.34. Desplazamiento y carga espécimen N° 5 probeta 10mm.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
Dimensiones de la probeta: 200 x 15 x 10 mm			Máquina: Máquina Universal Tinius Olsen		
Tipo de ensayo: Flexión pura		Norma: NTE INEN 2047		Espécimen: N° 5	
DATOS Y RESULTADOS – ENSAYO N° 4					
Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]	Desplazamiento [mm]	Carga [Kg]	Carga [N]
0	0.00	0.00	21	10.70	104.88
1	1.30	12.79	22	10.81	106.01
2	2.33	22.90	23	10.91	107.02
3	3.28	32.16	24	11.01	107.93
4	4.14	40.62	25	11.09	108.75
5	4.93	48.33	26	11.17	109.50
6	5.64	55.34	27	11.24	110.20
7	6.29	61.71	28	11.30	110.85
8	6.88	67.46	29	11.37	111.47
9	7.41	72.66	30	11.43	112.07
10	7.89	77.33	31	11.49	112.65
11	8.31	81.53	32	11.55	113.23
12	8.70	85.29	33	11.60	113.79
13	9.04	88.64	34	11.66	114.35
14	9.34	91.62	35	11.72	114.91
15	9.61	94.28	36	11.77	115.47
16	9.85	96.63	37	11.83	116.01
17	10.07	98.71	36	11.77	115.47
18	10.25	100.55	37	11.83	116.01

Elaborado por: Pablo Morales

Se obtiene para cada muestra el valor de carga en función de su desplazamiento, se realiza la siguiente tabla 6.35., en la cual detalla las cinco muestras con sus respectivas cargas para obtener el promedio total.

Tabla 6.35. Promedio de cargas para el ensayo N° 4.

PROMEDIO DE CARGAS PARA EL ENSAYO N° 4						
Deformación [mm]	Espécimen 1 Carga [N]	Espécimen 2 Carga [N]	Espécimen 3 Carga [N]	Espécimen 4 Carga [N]	Espécimen 5 Carga [N]	Promedio Carga [N]
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	12.86	12.81	12.80	12.86	12.79	12.82
2	23.03	22.94	22.92	23.02	22.90	22.96
3	32.34	32.22	32.19	32.33	32.16	32.25
4	40.85	40.70	40.66	40.84	40.62	40.73
5	48.61	48.43	48.38	48.60	48.33	48.47
6	55.66	55.46	55.40	55.65	55.34	55.50
7	62.06	61.83	61.77	62.05	61.71	61.88
8	67.85	67.60	67.53	67.84	67.46	67.66
9	73.08	72.81	72.73	73.06	72.66	72.87
10	77.78	77.49	77.41	77.76	77.33	77.56
11	82.00	81.69	81.61	81.98	81.53	81.76
12	85.77	85.46	85.37	85.76	85.29	85.53
13	89.15	88.82	88.73	89.13	88.64	88.89
14	92.15	91.81	91.72	92.13	91.62	91.89
15	94.82	94.47	94.37	94.80	94.28	94.55
16	97.18	96.82	96.72	97.16	96.63	96.90
17	99.27	98.91	98.81	99.25	98.71	98.99
18	101.12	100.75	100.65	101.10	100.55	100.84
19	102.76	102.38	102.28	102.74	102.17	102.47
20	104.20	103.82	103.71	104.18	103.61	103.91
21	105.48	105.09	104.99	105.46	104.88	105.18
22	106.62	106.23	106.12	106.60	106.01	106.32
23	107.64	107.24	107.13	107.61	107.02	107.33
24	108.55	108.15	108.04	108.53	107.93	108.24
25	109.37	108.97	108.86	109.35	108.75	109.06
26	110.13	109.72	109.61	110.11	109.50	109.82
27	110.83	110.42	110.31	110.81	110.20	110.51
28	111.49	111.08	110.96	111.47	110.85	111.17
29	112.11	111.70	111.59	112.09	111.47	111.79
30	112.71	112.30	112.18	112.69	112.07	112.39
31	113.30	112.88	112.77	113.28	112.65	112.98
32	113.87	113.45	113.34	113.85	113.23	113.55
33	114.44	114.02	113.91	114.42	113.79	114.12
34	115.01	114.58	114.47	114.99	114.35	114.68
35	115.57	115.14	115.03	115.55	114.91	115.24
36	116.13	115.70	115.58	116.10	115.47	115.80
37	116.68	116.25	116.13	116.65	116.01	116.34

Elaborado por: Pablo Morales

En las ecuaciones ubicadas en la tabla 6.36 se reemplaza los valores dispuestos en la norma INEN 2047, como la longitud entre soportes (L), el ancho de probeta (b),

espesor de probeta (h) y las dos variables determinadas en el ensayo que son el desplazamiento y la fuerza (carga), para generar la siguiente tabla en la cual encontramos la deformación para el eje X y el esfuerzo para el eje Y.

Tabla 6.36. Constantes de cada ecuación.

PROBETA DE ESPESOR h = 10 mm, Datos constantes para este espesor			
Esfuerzo		Deformación	
F =	Variable	s =	Variable
L =	160 mm	h =	10 mm
b =	15 mm	L =	160 mm
h =	10 mm		
$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2}$		$\varepsilon_f = \frac{6sh}{L^2}$	

Elaborado por: Pablo Morales

Tabla 6.37. Valores esfuerzo vs deformación.

Desplazamiento [mm]	Deformación [%]	Esfuerzo [MPa]
0	0.000	0.00
1	0.002	2.05
2	0.005	3.67
3	0.007	5.16
4	0.009	6.52
5	0.012	7.75
6	0.014	8.88
7	0.016	9.90
8	0.019	10.83
9	0.021	11.66
10	0.023	12.41
11	0.026	13.08
12	0.028	13.68
13	0.030	14.22
14	0.033	14.70
15	0.035	15.13
16	0.038	15.50
17	0.040	15.84
18	0.042	16.13
19	0.045	16.39
20	0.047	16.63
21	0.049	16.83

22	0.052	17.01
23	0.054	17.17
24	0.056	17.32
25	0.059	17.45
26	0.061	17.57
27	0.063	17.68
28	0.066	17.79
29	0.068	17.89
30	0.070	17.98
31	0.073	18.08
32	0.075	18.17
33	0.077	18.26
34	0.080	18.35
35	0.082	18.44
36	0.084	18.53

Elaborado por: Pablo Morales

Encontrados estos dos parámetros se realiza el diagrama esfuerzo deformación para obtener la figura 6.28 resultante del ensayo, se puede observar que el esfuerzo de flexión máximo del nylon para la probeta de 10 mm esta en 18.62MPa., con una deformación del 0.087%.

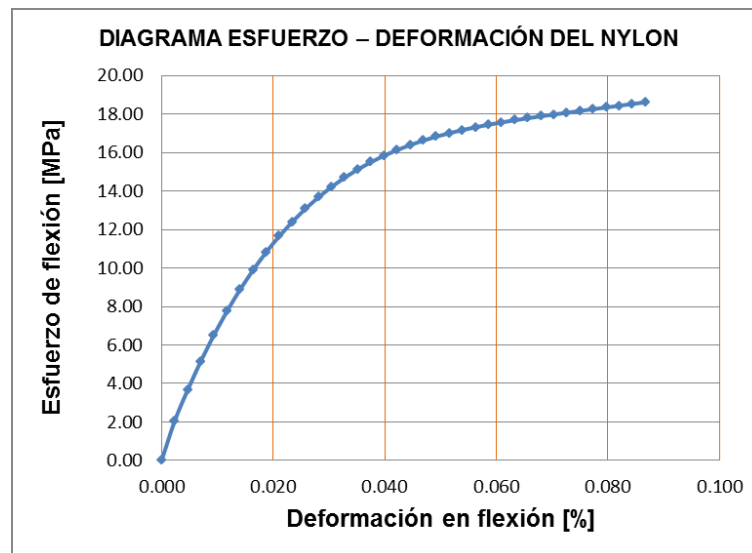


Figura 6.28. Diagrama esfuerzo–deformación del nylon probeta 10mm.

Fuente: Pablo Morales

6.6.13. Curvas generadas con el banco de pruebas de flexión pura en nylon

Se procede a realizar los respectivos ensayos que se ejecutó anteriormente, pero ahora mediante la utilización del banco de pruebas de flexión pura, se utiliza la misma configuración de probetas con idénticas medidas, para posteriormente relacionar resultados de los equipos.

Se inicia las pruebas en cada probeta cinco muestras por espesor, se obtiene el diagrama esfuerzo de formación para cada espécimen, de allí se verifica con el diagrama obtenido en la máquina universal para finalmente determinar que el banco de pruebas se encuentra calibrado para realizar ensayos de flexión.

ENSAYO DE FLEXIÓN N° 1

Espesor de espécimen: 4 mm

Para el primer ensayo la probeta a utilizar debe tener las siguientes características, sustentadas en la norma INEN 2047.

Tabla 6.38.Características de probeta 4mm.

Característica	Medida
Espesor:	4 mm.
Ancho:	10 mm.
Longitud mínima:	80 mm.
Distancia entre apoyos:	64 mm.
Número de especímenes:	5 muestras

Elaborado por: Pablo Morales



Figura 6.29.Ensayo de flexión pura probeta 4mm.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°1

La curva obtenida del espécimen N° 1, indica el diagrama esfuerzo deformación de la primera muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 17,14 mm, fuerza final de aplicación 100,02N, esfuerzo de flexión máximo 60MPa, con una deformación del 0,1%.

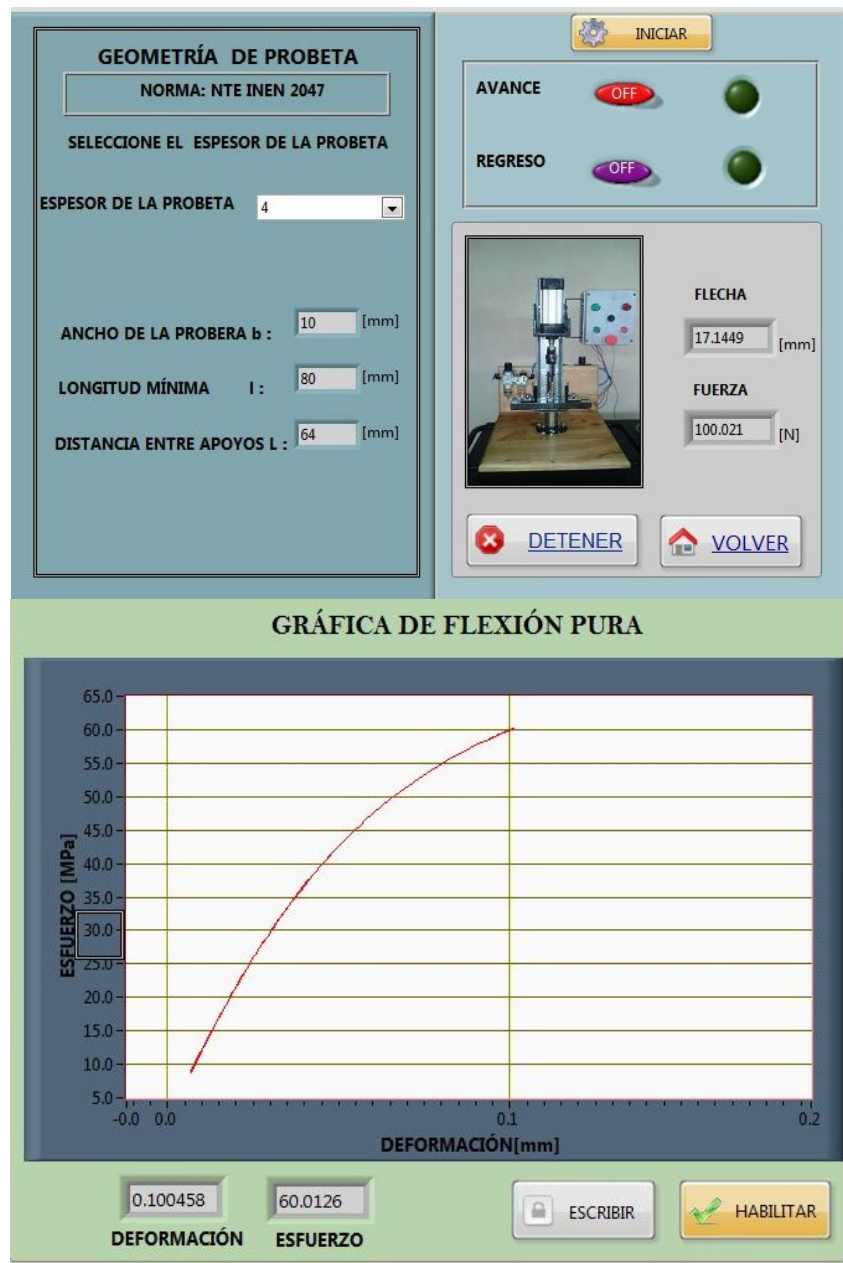


Figura 6.30. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°1

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°2

La curva obtenida del espécimen N° 2 indica el diagrama esfuerzo deformación de la segunda muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 16,88 mm, fuerza final de aplicación 99,51 N, esfuerzo de flexión máximo 59,71MPa, con una deformación del 0,099%.

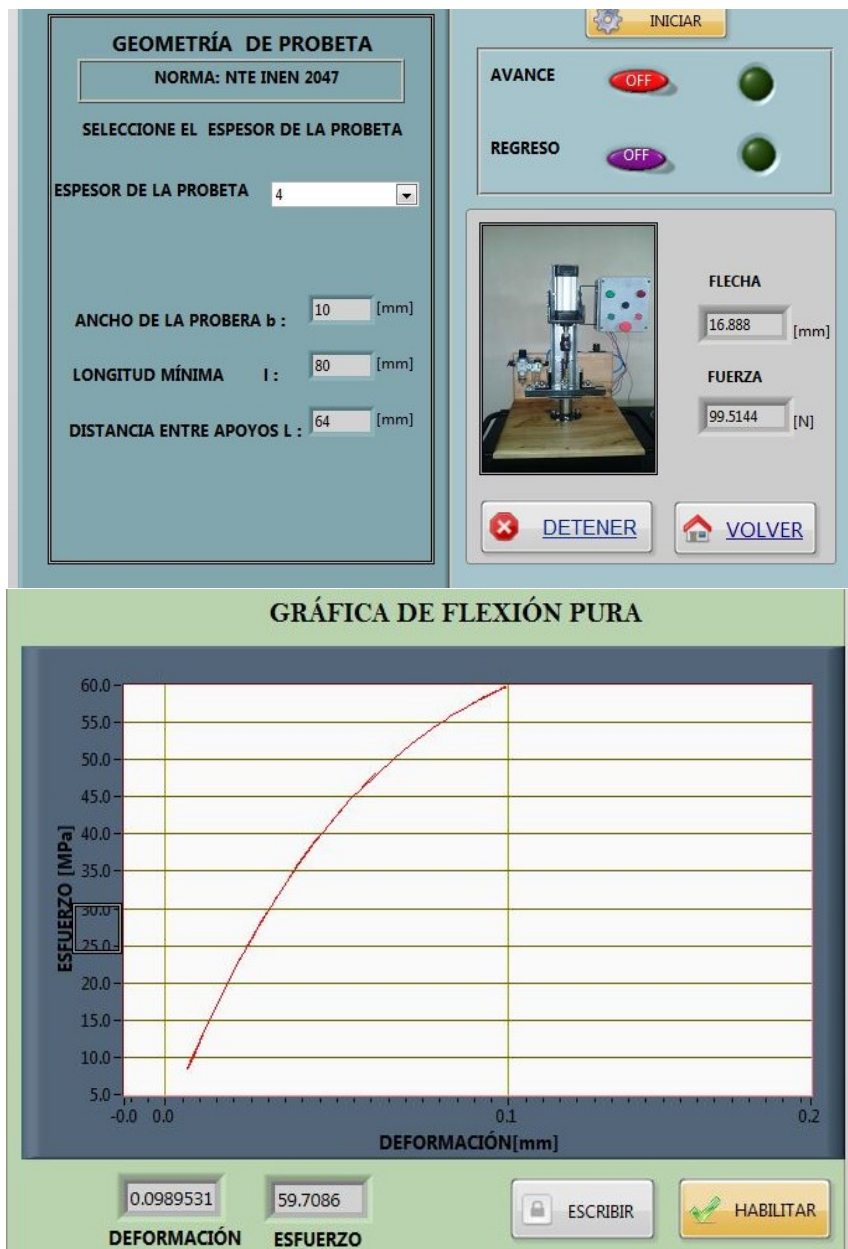


Figura 6.31. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°2.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°3

La curva obtenida del espécimen N° 3 indica el diagrama esfuerzo deformación de la tercera muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 17,57 mm, fuerza final de aplicación 100,83 N, esfuerzo de flexión máximo 60,49MPa, con una deformación del 0,1%.

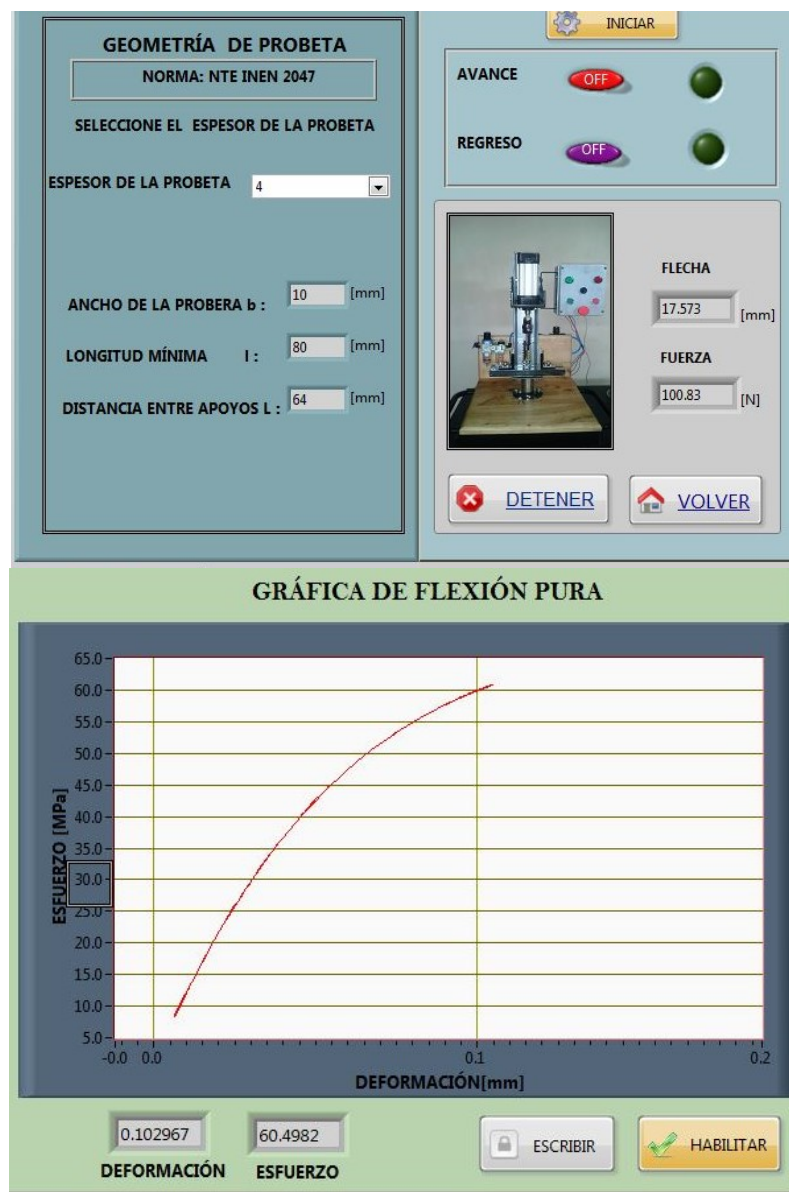


Figura 6.32. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°3.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°4

La curva obtenida del espécimen N° 4 indica el diagrama esfuerzo deformación de la cuarta muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 17,14 mm, fuerza final de aplicación 100,021 N, esfuerzo de flexión máximo 60MPa, con una deformación del 0,1%.

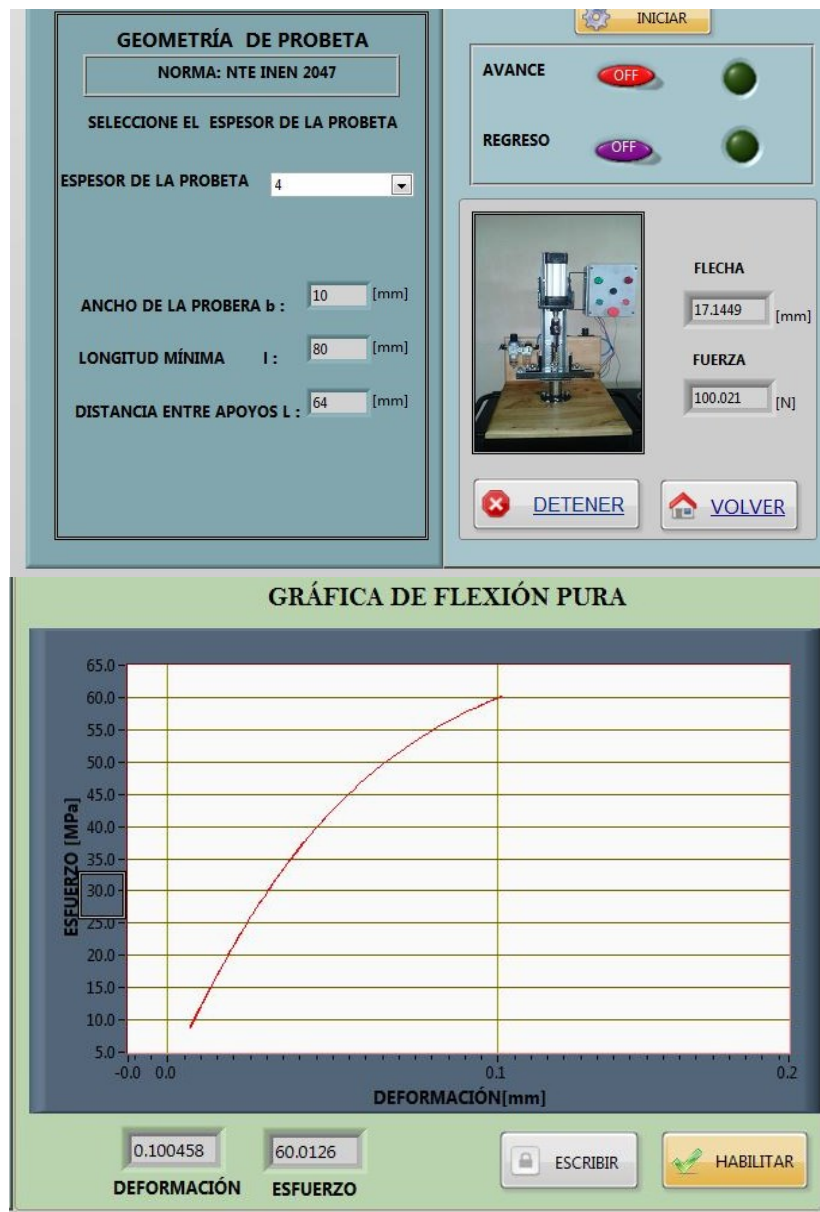


Figura 6.33. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°4.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°5

La curva obtenida del espécimen N° 5 indica el diagrama esfuerzo deformación de la quinta muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 17,57 mm, fuerza final de aplicación 100,83 N, esfuerzo de flexión máximo 60,49MPa, con una deformación del 0,1%.

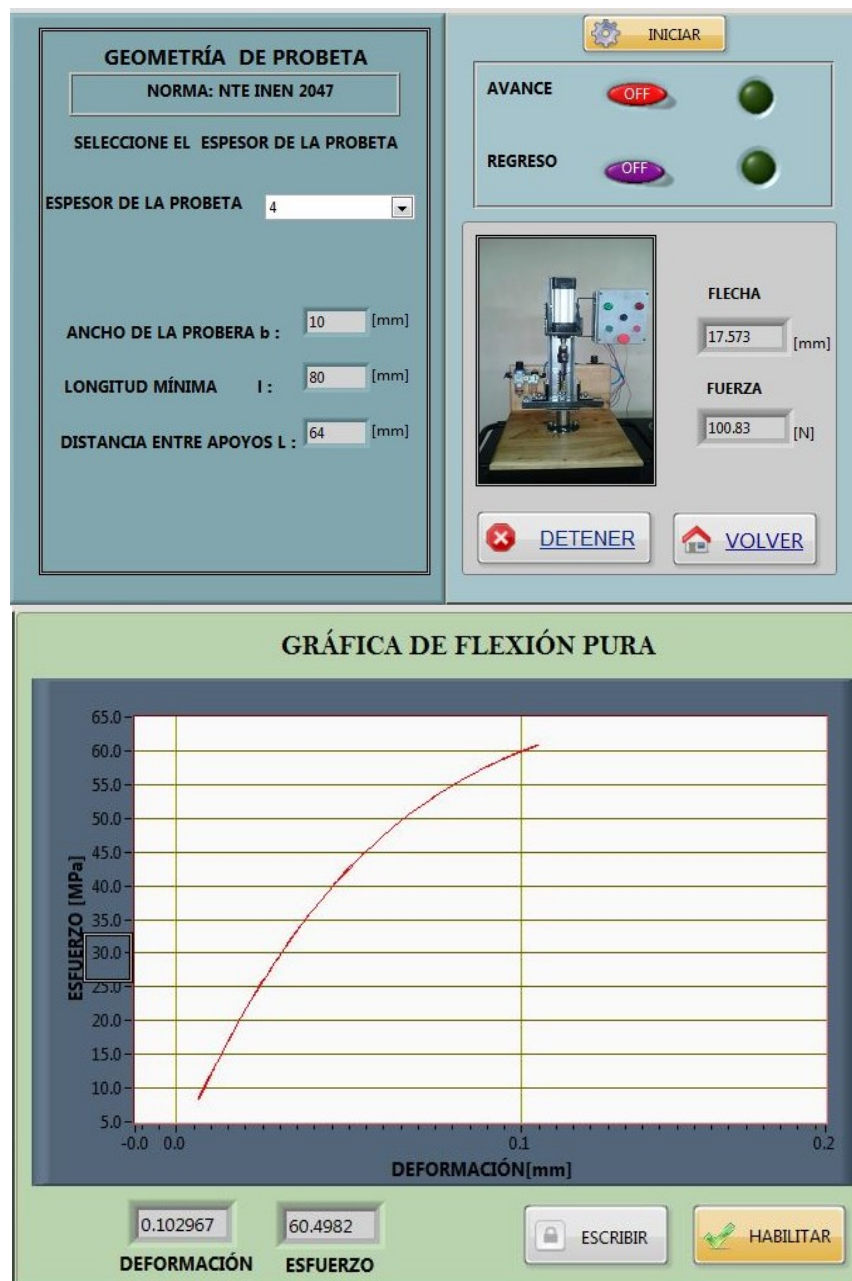


Figura 6.34. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°5.

Fuente: Pablo Morales

Análisis de resultados

Para este primer ensayo se encontró los diagramas de cada muestra utilizando la probeta normal de espesor 4 mm en cinco especímenes, las curvas generadas son equivalentes con el diagrama obtenido en la máquina universal, los valores son semejantes para las cinco muestras, se destacaron los siguientes parámetros en todos los ejemplares: la flecha de 17 mm, con una aplicación de fuerza final de 100N, el esfuerzo de flexión máximo se produjo exactamente en 60 MPa, con una deformación del 0.1%, todos estos parámetros se obtuvieron en el banco de pruebas de flexión pura en nylon y son semejantes a los obtenidos en la máquina universal.

ENSAYO DE FLEXIÓN N° 2

Espesor de espécimen: 6 mm

Para el segundo ensayo la probeta a ensayar debe tener las siguientes características, sustentadas en la norma INEN 2047.

Tabla 6.39.Características de probeta 6mm.

Característica	Medida
Espesor:	6mm.
Ancho:	15mm.
Longitud mínima:	120mm.
Distancia entre apoyos:	96 mm.
Número de especímenes:	5 muestras

Elaborado por: Pablo Morales



Figura 6.35.Ensayo de flexión pura probeta 6mm.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°1

La curva obtenida del espécimen N° 1 indica el diagrama esfuerzo deformación de la primera muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 29,44 mm, fuerza final de aplicación 112,90N, esfuerzo de flexión máximo 30,10MPa, con una deformación del 0,11%.

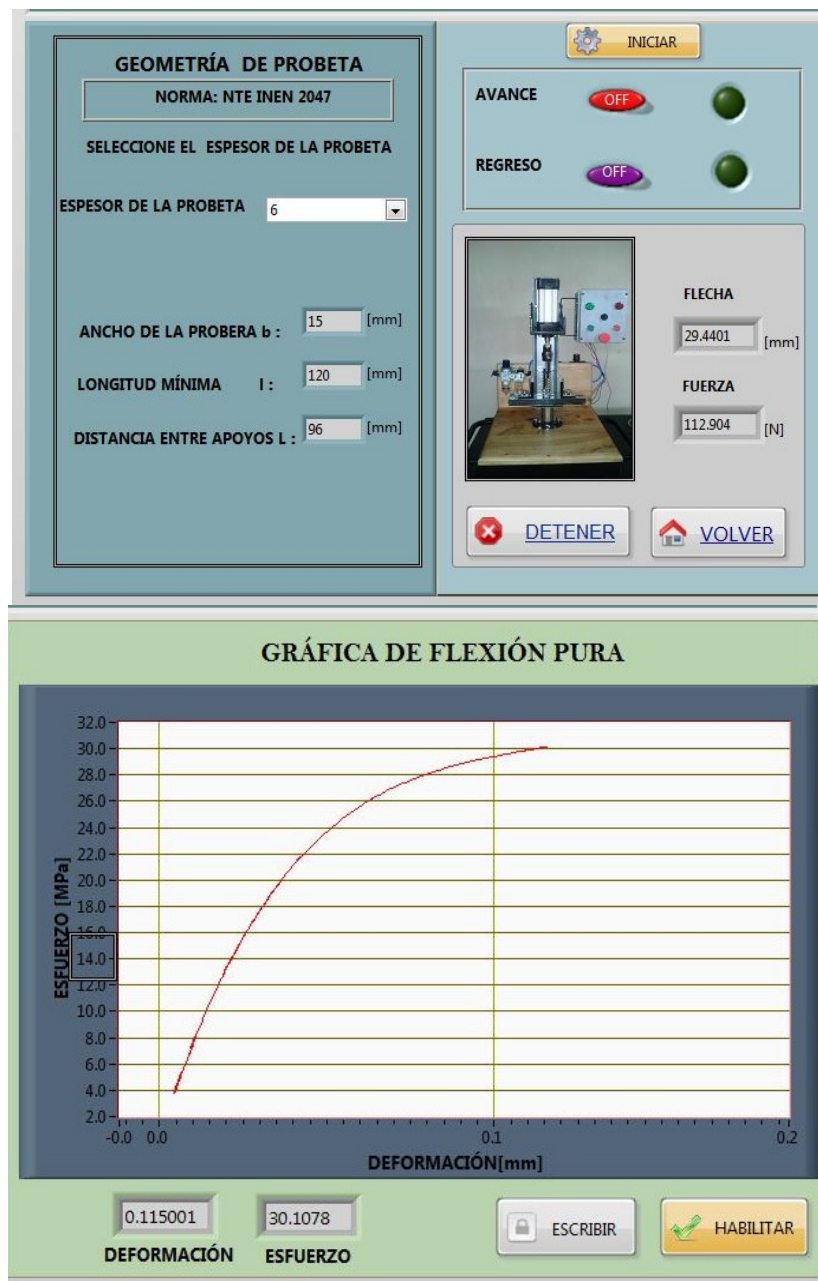


Figura 6.36. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°1.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°2

La curva obtenida del espécimen N° 2 indica el diagrama esfuerzo deformación de la segunda muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 28,20 mm, fuerza final de aplicación 112,14 N, esfuerzo de flexión máximo 29,90MPa, con una deformación del 0,11%.

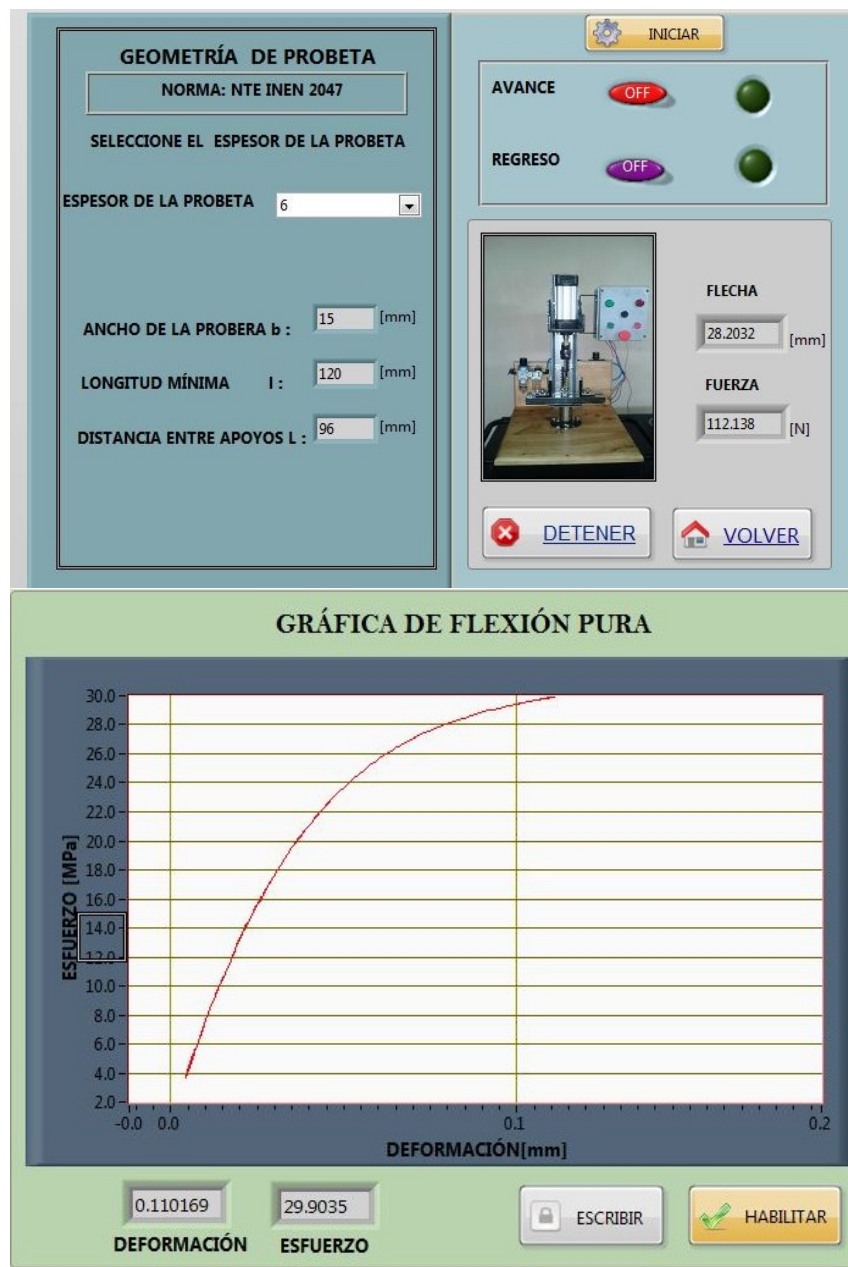


Figura 6.37. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°2.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°3

La curva obtenida del espécimen N° 3 indica el diagrama esfuerzo deformación de la primera muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 28,66 mm, fuerza final de aplicación 112,43N, esfuerzo de flexión máximo 29,98MPa, con una deformación del 0,11%.

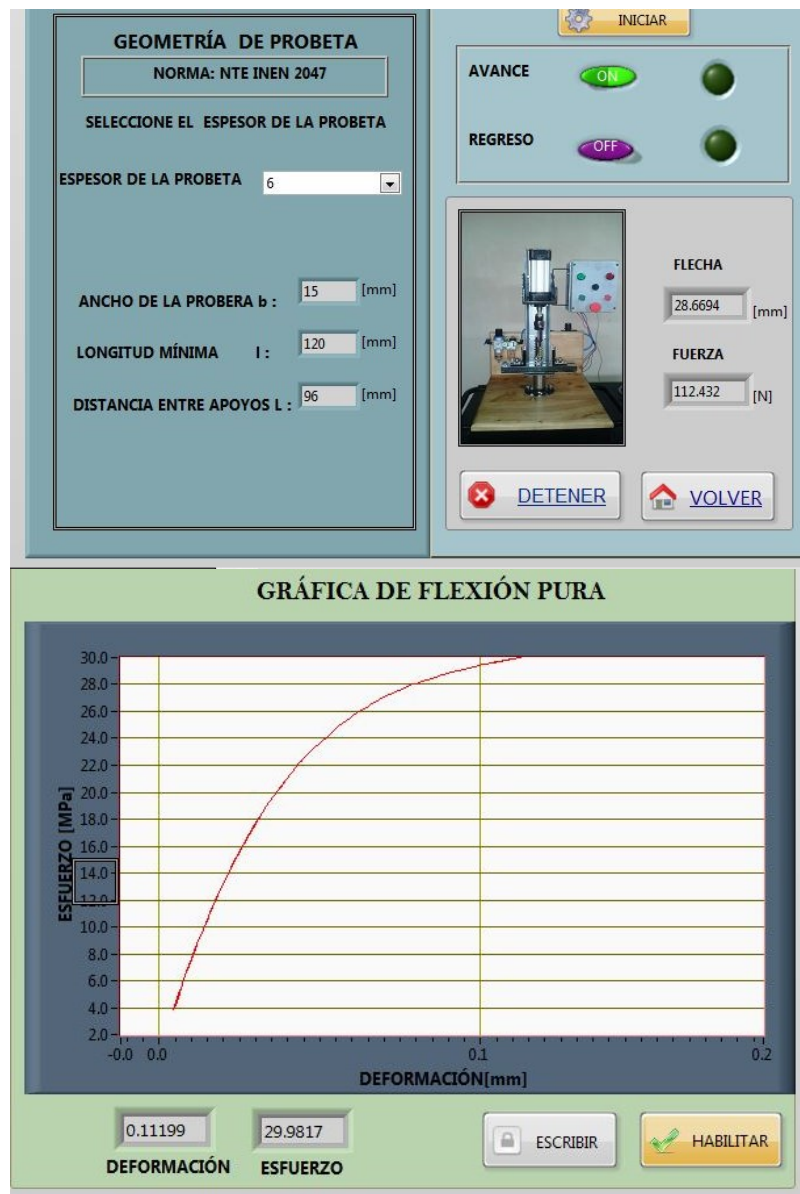


Figura 6.38. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°3.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°4

La curva obtenida del espécimen N° 4 indica el diagrama esfuerzo deformación de la cuarta muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 29,23 mm, fuerza final de aplicación 112,78N, esfuerzo de flexión máximo 30,07MPa, con una deformación del 0,11%.

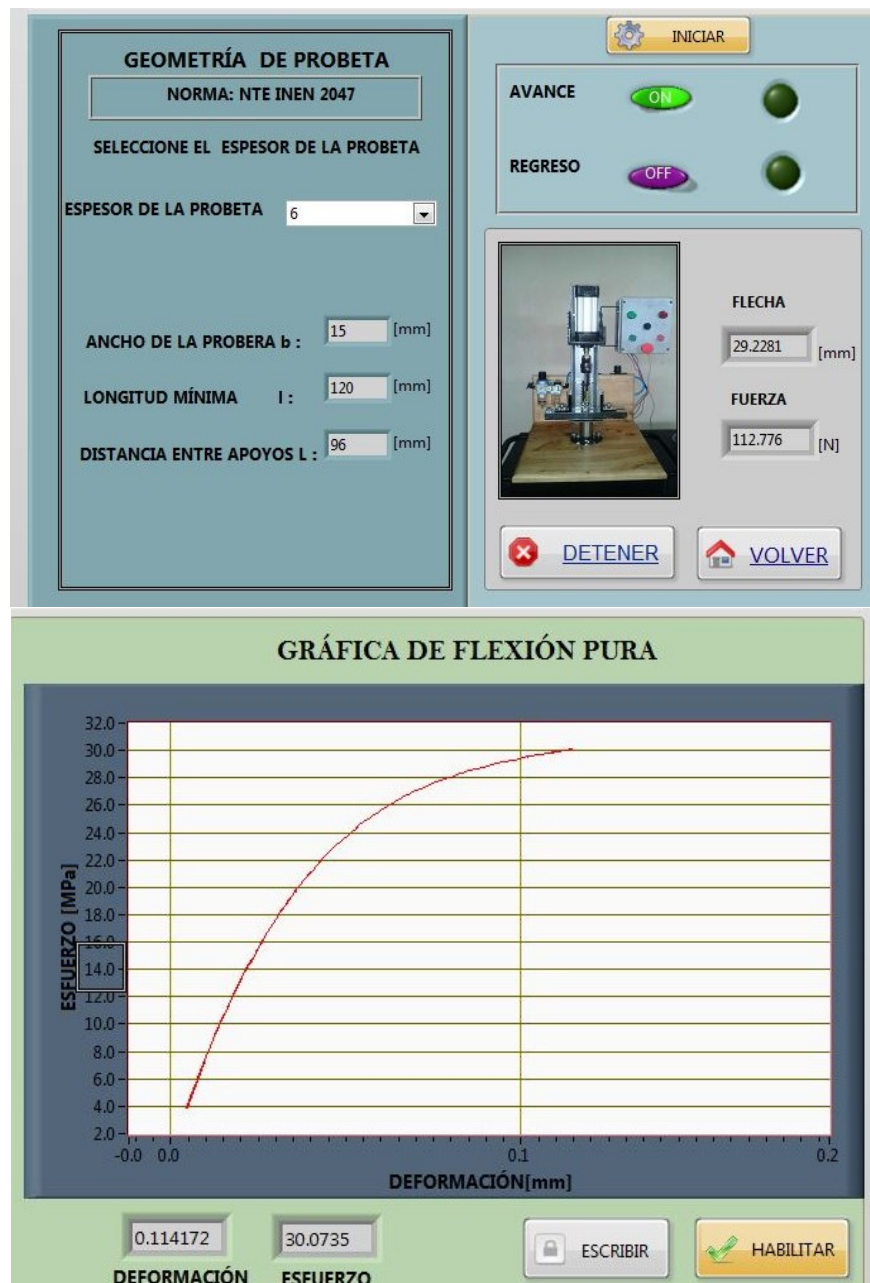


Figura 6.39. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°4.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°5

La curva obtenida del espécimen N° 5 indica el diagrama esfuerzo deformación de la quinta muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 28,20 mm, fuerza final de aplicación 112,14N, esfuerzo de flexión máximo 29,90MPa, con una deformación del 0,11%.

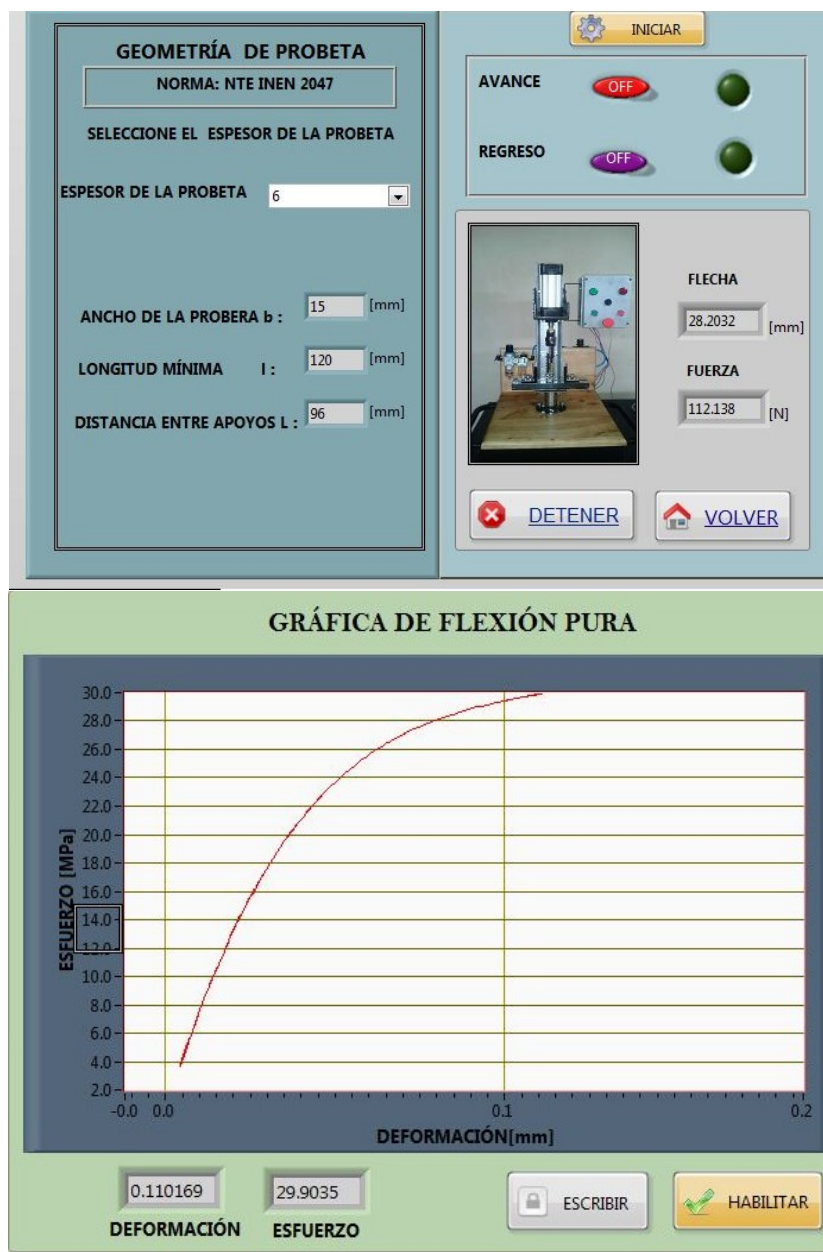


Figura 6.40. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°5.

Fuente: Pablo Morales

Análisis de resultados

Para el segundo ensayo se encontraron los diagramas de cada muestra utilizando la probeta de espesor 6 mm en cinco especímenes, las curvas generadas son equivalentes con el diagrama obtenido en la máquina universal, los valores son semejantes para las cinco muestras, se destacaron los siguientes parámetros en todos los ejemplares: la flecha de 29 mm, con una aplicación de fuerza final de 112 N, el esfuerzo de flexión máximo se produjo exactamente en 30MPa, con una deformación del 0.11%, todos estos parámetros se obtuvieron en el banco de pruebas de flexión pura en nylon, y son semejantes a los obtenidos en la máquina universal.

ENSAYO DE FLEXIÓN N° 3

Espesor de espécimen: 8 mm

Para el tercer ensayo la probeta a utilizar debe tener las siguientes características, sustentadas en la norma INEN 2047.

Tabla 6.40.Características de probeta 8mm.

Característica	Medida
Espesor:	8mm.
Ancho:	15mm.
Longitud mínima:	160mm.
Distancia entre apoyos:	128mm.
Número de especímenes:	5 muestras

Elaborado por: Pablo Morales



Figura 6.41.Ensayo de flexión pura probeta 8mm.

Fuente: Pablo Morales.

Espécimen N°1

La curva obtenida del espécimen N° 1 indica el diagrama esfuerzo deformación de la primera muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 31,04 mm, fuerza final de aplicación 113,85N, esfuerzo de flexión máximo 22,77MPa, con una deformación del 0,07%.

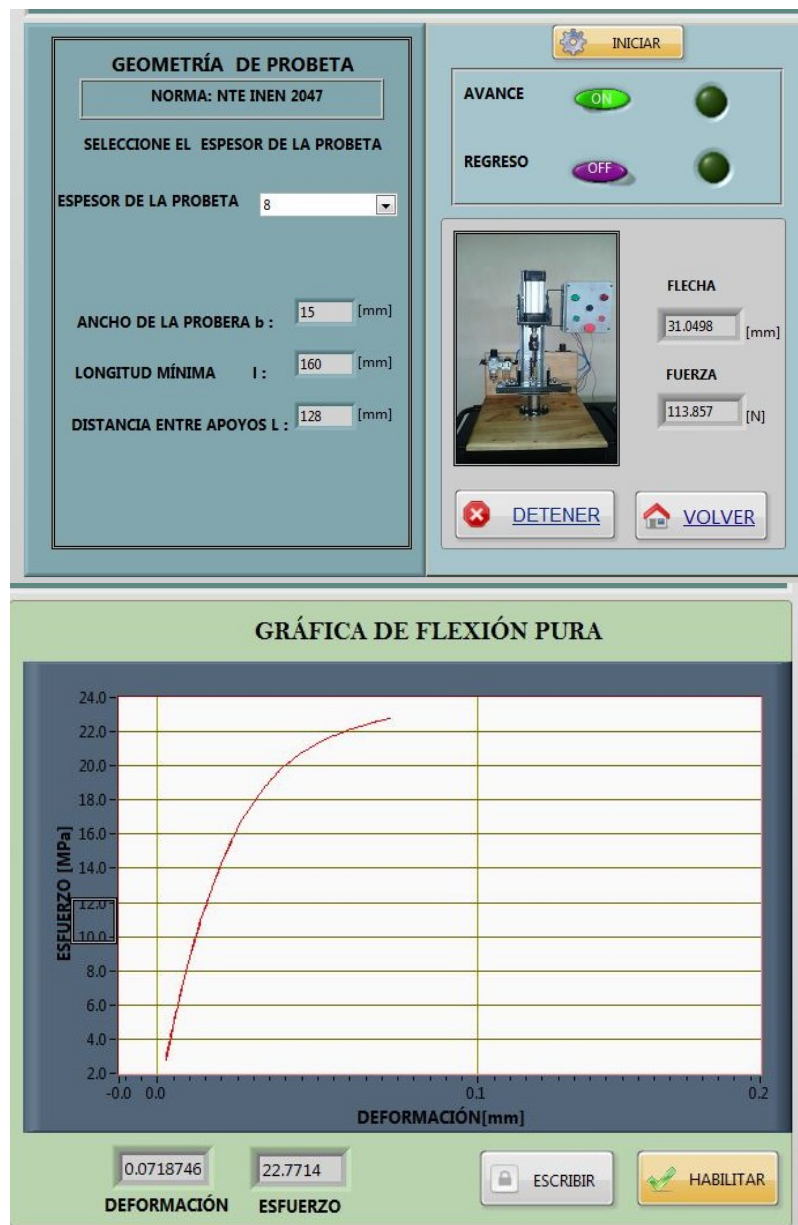


Figura 6.42. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°1.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°2

La curva obtenida del espécimen N° 2 indica el diagrama esfuerzo deformación de la segunda muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 31,04 mm, fuerza final de aplicación 113,85N, esfuerzo de flexión máximo 22,77MPa, con una deformación del 0,07%.

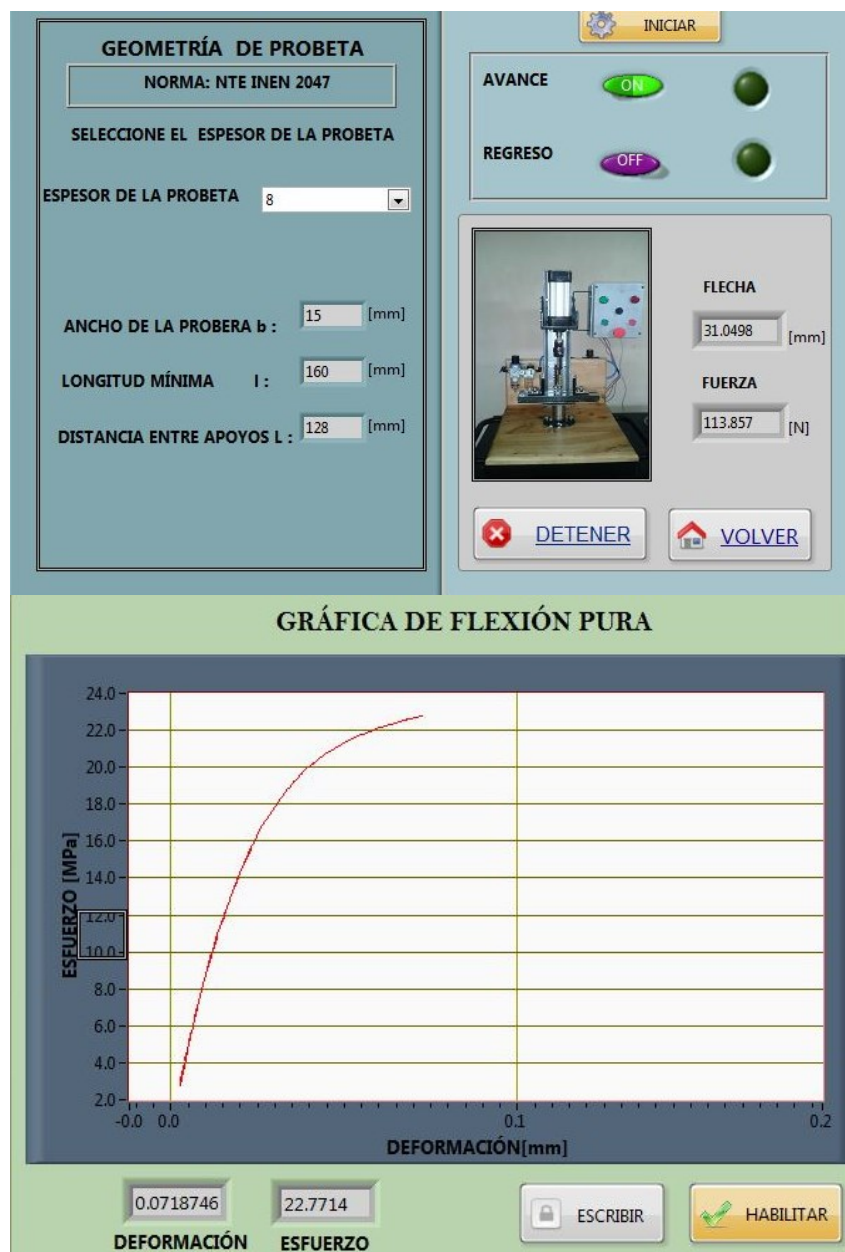


Figura 6.43. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°2.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°3

La curva obtenida del espécimen N° 3 indica el diagrama esfuerzo deformación de la tercera muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 30,36 mm, fuerza final de aplicación 113,46N, esfuerzo de flexión máximo 22,69MPa, con una deformación del 0,07%.

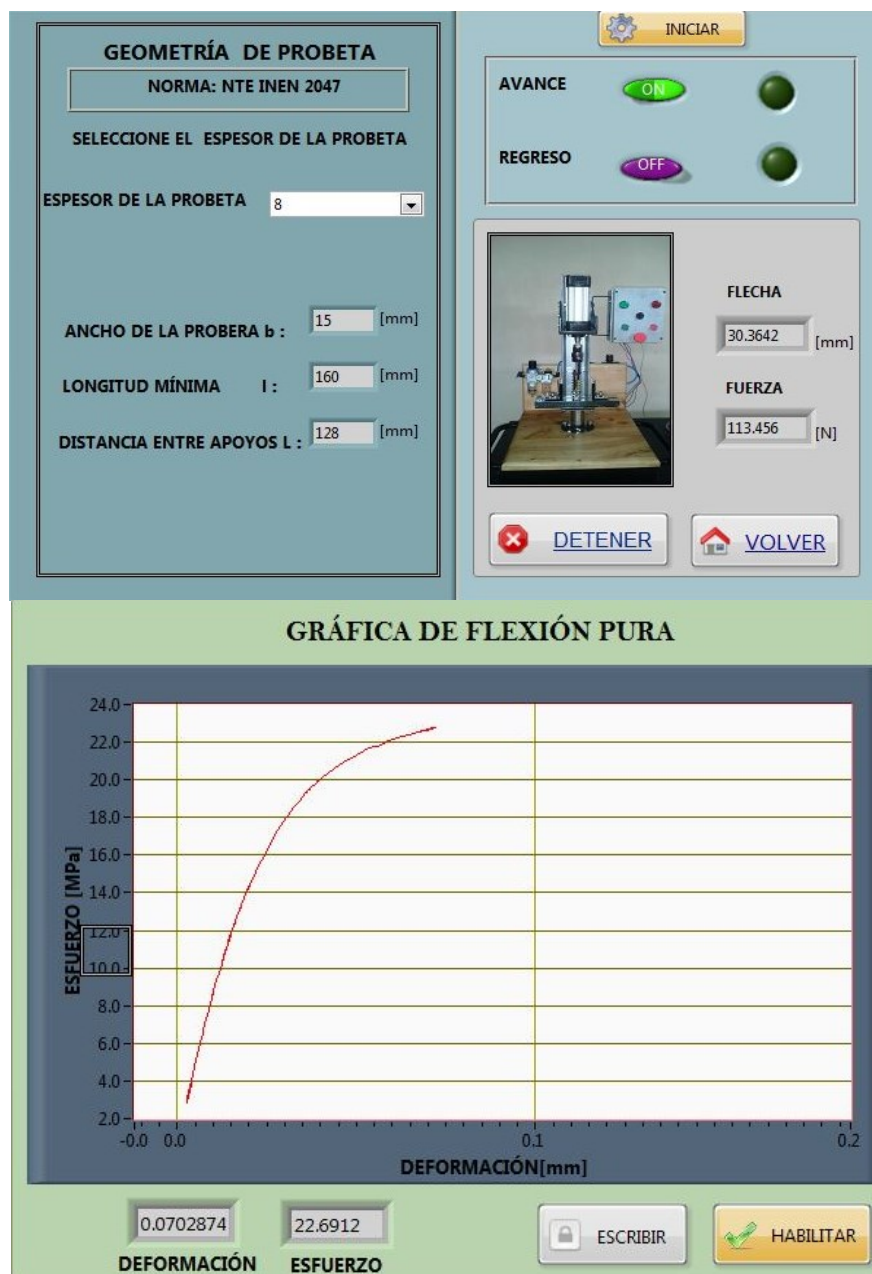


Figura 6.44. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°3.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°4

La curva obtenida del espécimen N° 4 indica el diagrama esfuerzo deformación de la cuarta muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 31,04 mm, fuerza final de aplicación 113,85N, esfuerzo de flexión máximo 22,77MPa, con una deformación del 0,07%.

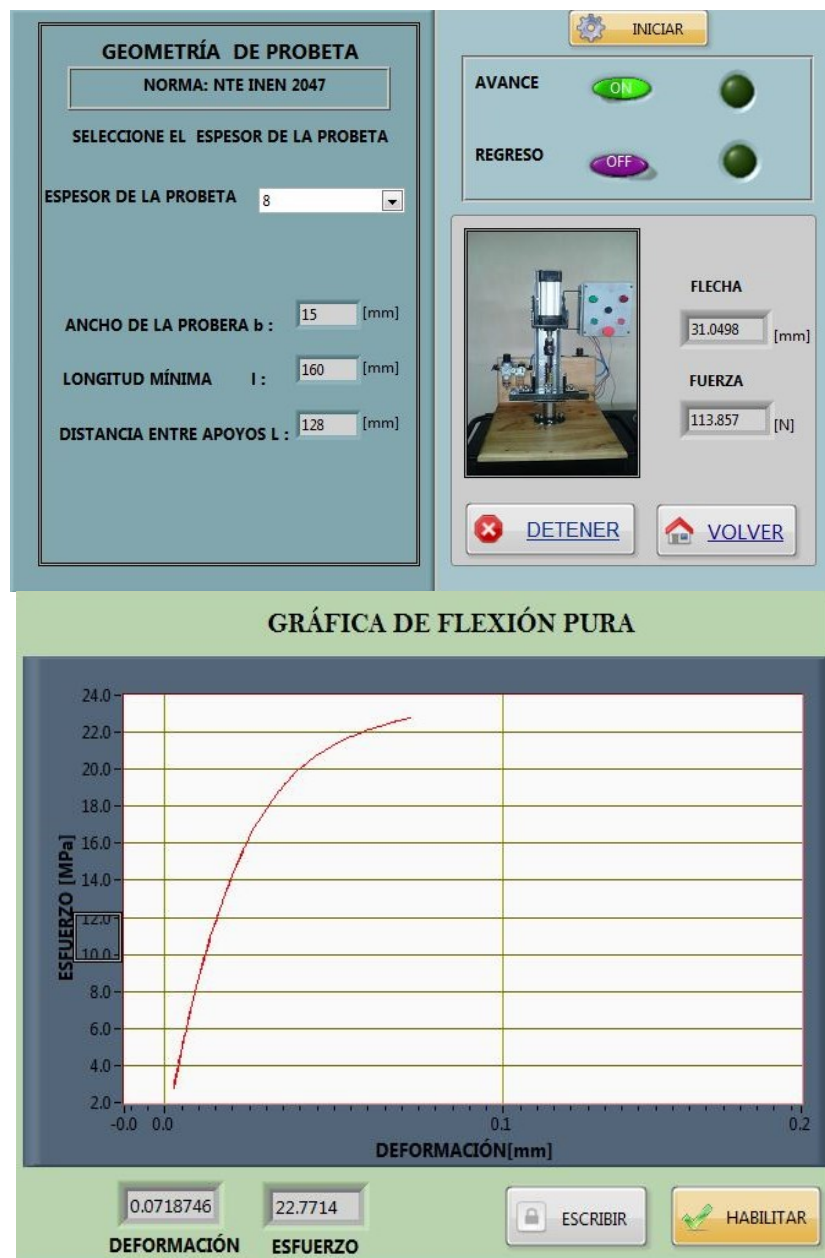


Figura 6.45. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°4.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°5

La curva obtenida del espécimen N° 5 indica el diagrama esfuerzo deformación de la quinta muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 30,36 mm, fuerza final de aplicación 113,45N, esfuerzo de flexión máximo 22,69MPa, con una deformación del 0,07%.

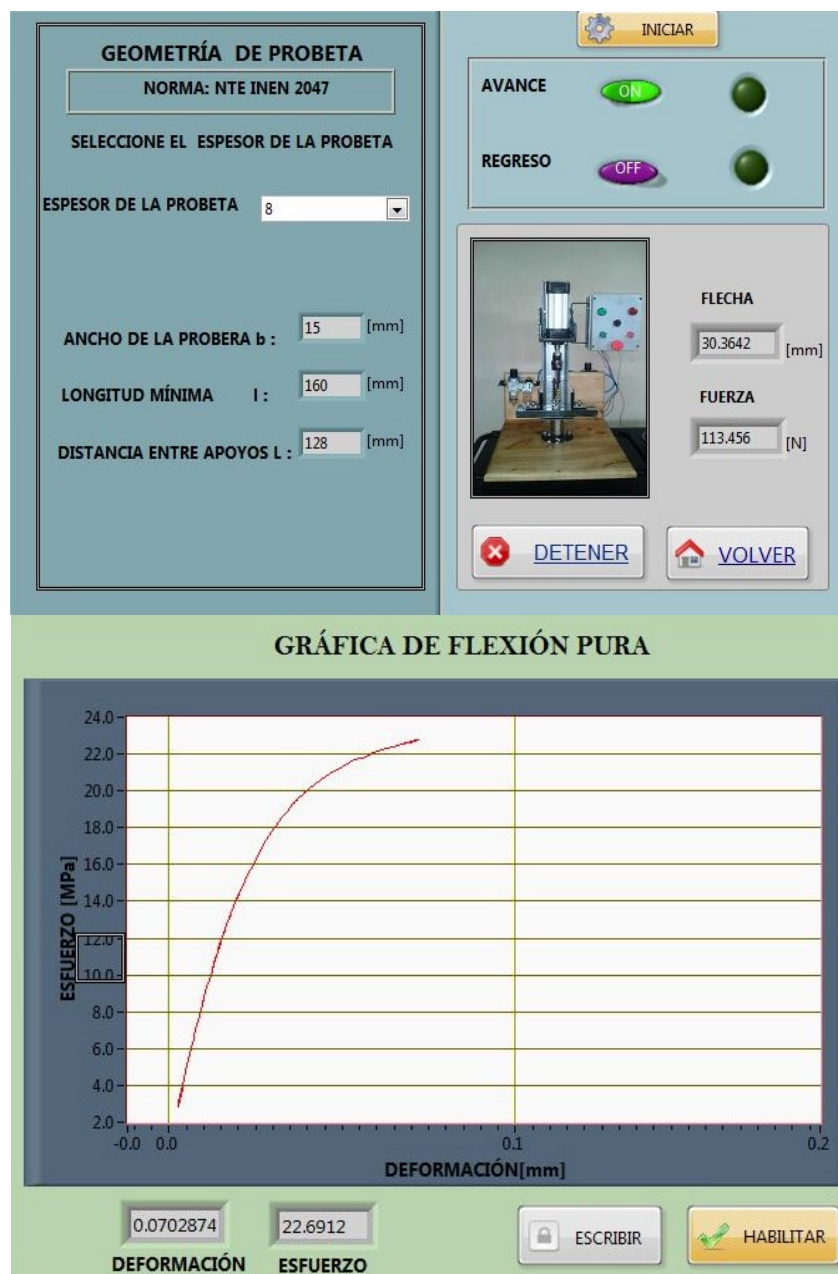


Figura 6.46. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°5.

Fuente: Pablo Morales

Análisis de resultados

Para el tercer ensayo se encontraron los diagramas de cada muestra utilizando la probeta de espesor 8 mm en cinco especímenes, las curvas generadas son equivalentes con el diagrama obtenido en la máquina universal, los valores son semejantes para las cinco muestras, se destacaron los siguientes parámetros en todos los ejemplares: la flecha de 31 mm, con una aplicación de fuerza final de 113 N, el esfuerzo de flexión máximo se produjo exactamente en 22 MPa., con una deformación del 0.07%, todos estos parámetros se obtuvieron en el banco de pruebas de flexión pura en nylon y son semejantes a los obtenidos en la máquina universal.

ENSAYO DE FLEXIÓN N° 4

Espesor de espécimen: 10 mm

Para el cuarto ensayo la probeta a utilizar debe tener las siguientes características, sustentadas en la norma INEN 2047.

Tabla 6.41. Características de probeta 10mm.

Característica	Medida
Espesor:	10mm.
Ancho:	15mm.
Longitud mínima:	200mm.
Distancia entre apoyos:	160mm.
Número de especímenes:	5 muestras

Elaborado por: Pablo Morales



Figura 6.47. Ensayo de flexión pura probeta 10mm.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°1

La curva obtenida del espécimen N° 1 indica el diagrama esfuerzo deformación de la primera muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 36,02 mm, fuerza final de aplicación 116,68N, esfuerzo de flexión máximo 18,66MPa, con una deformación del 0,08%.



Figura 6.48. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°1.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°2

La curva obtenida del espécimen N° 2 indica el diagrama esfuerzo deformación de la segunda muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 36.09 mm, fuerza final de aplicación 116.72N, esfuerzo de flexión máximo 18.67MPa, con una deformación del 0,08%.



Figura 6.49. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°2.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°3

La curva obtenida del espécimen N° 3 indica el diagrama esfuerzo deformación de la primera muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 36.07 mm, fuerza final de aplicación 116.71N, esfuerzo de flexión máximo 18.67MPa, con una deformación del 0,08%.

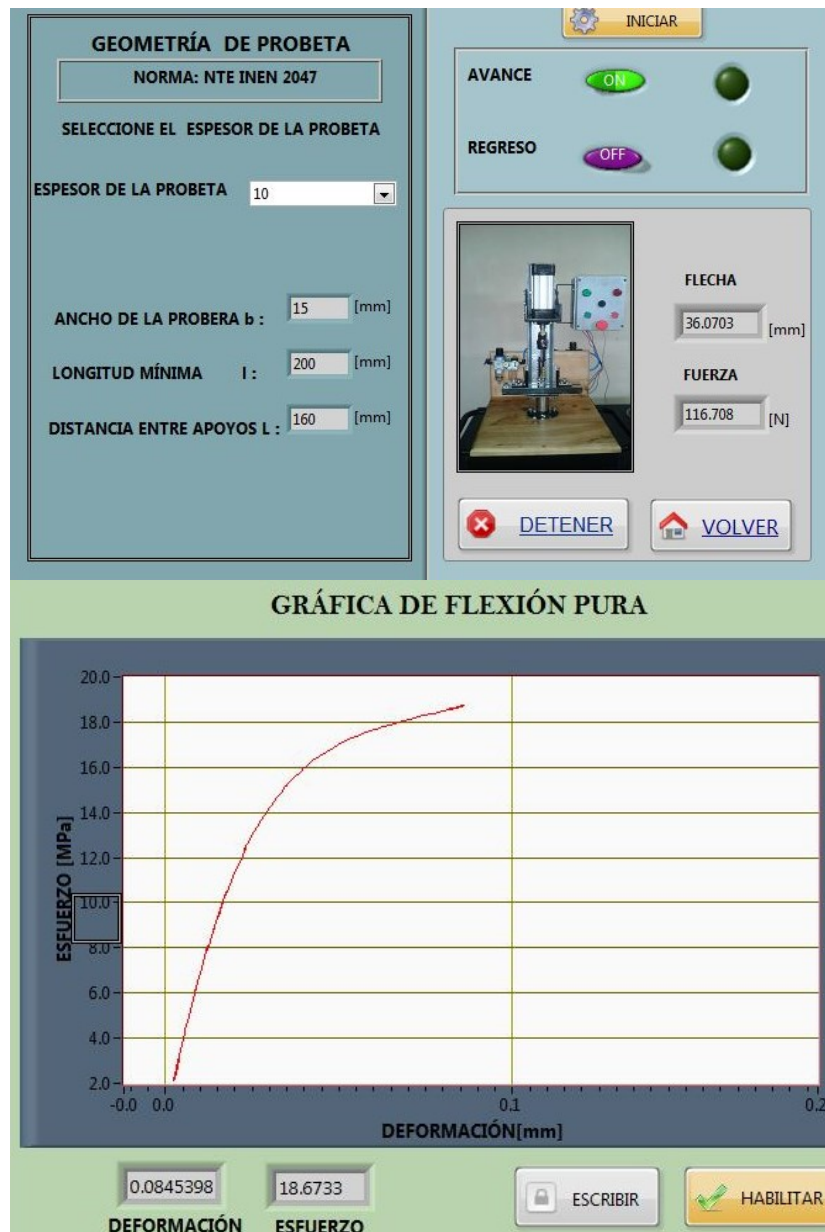


Figura 6.50. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°3.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°4

La curva obtenida del espécimen N° 4 indica el diagrama esfuerzo deformación de la cuarta muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 36.28 mm, fuerza final de aplicación 116.82 N, esfuerzo de flexión máximo 18.69MPa, con una deformación del 0,08%.

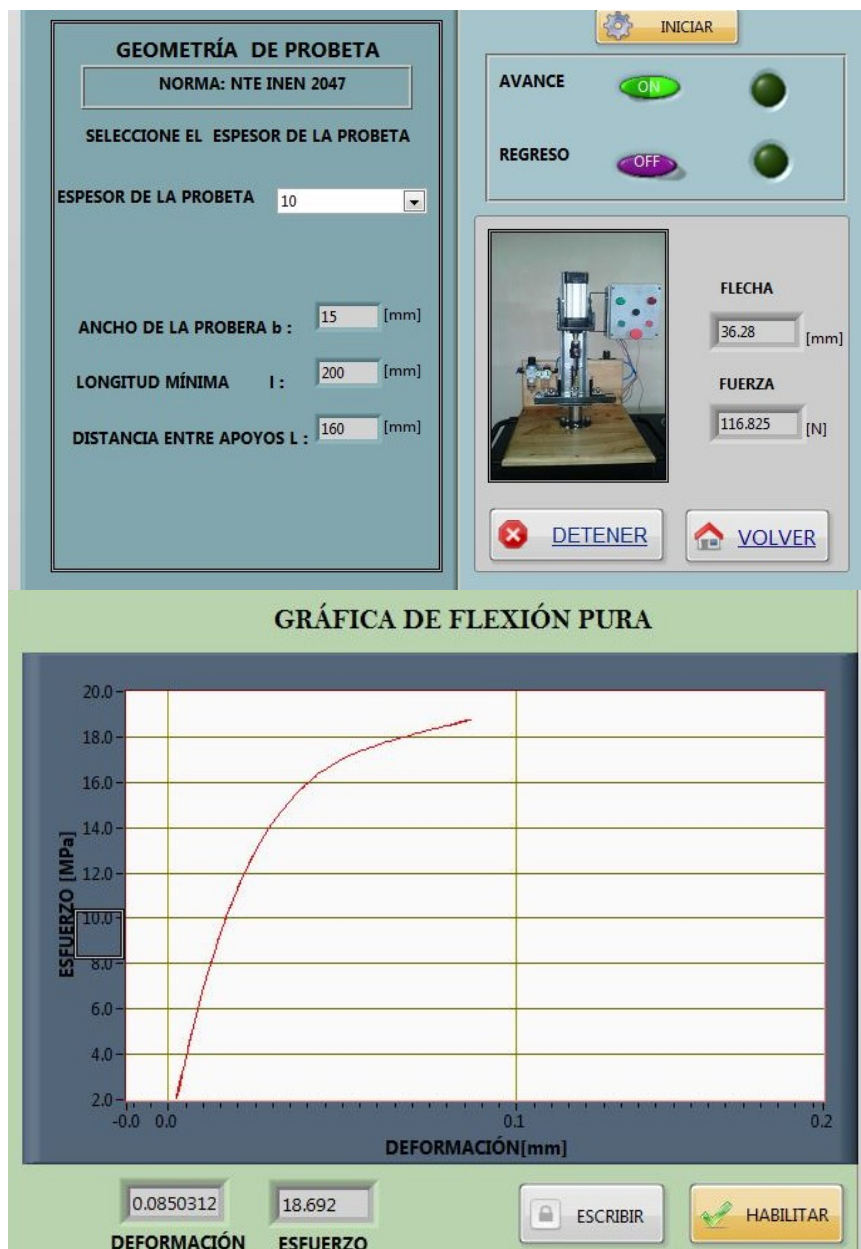


Figura 6.51. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°4.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°5

La curva obtenida del espécimen N° 5 indica el diagrama esfuerzo deformación de la quinta muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 36.25 mm, fuerza final de aplicación 116.81 N, esfuerzo de flexión máximo 18.69MPa, con una deformación del 0,08%.

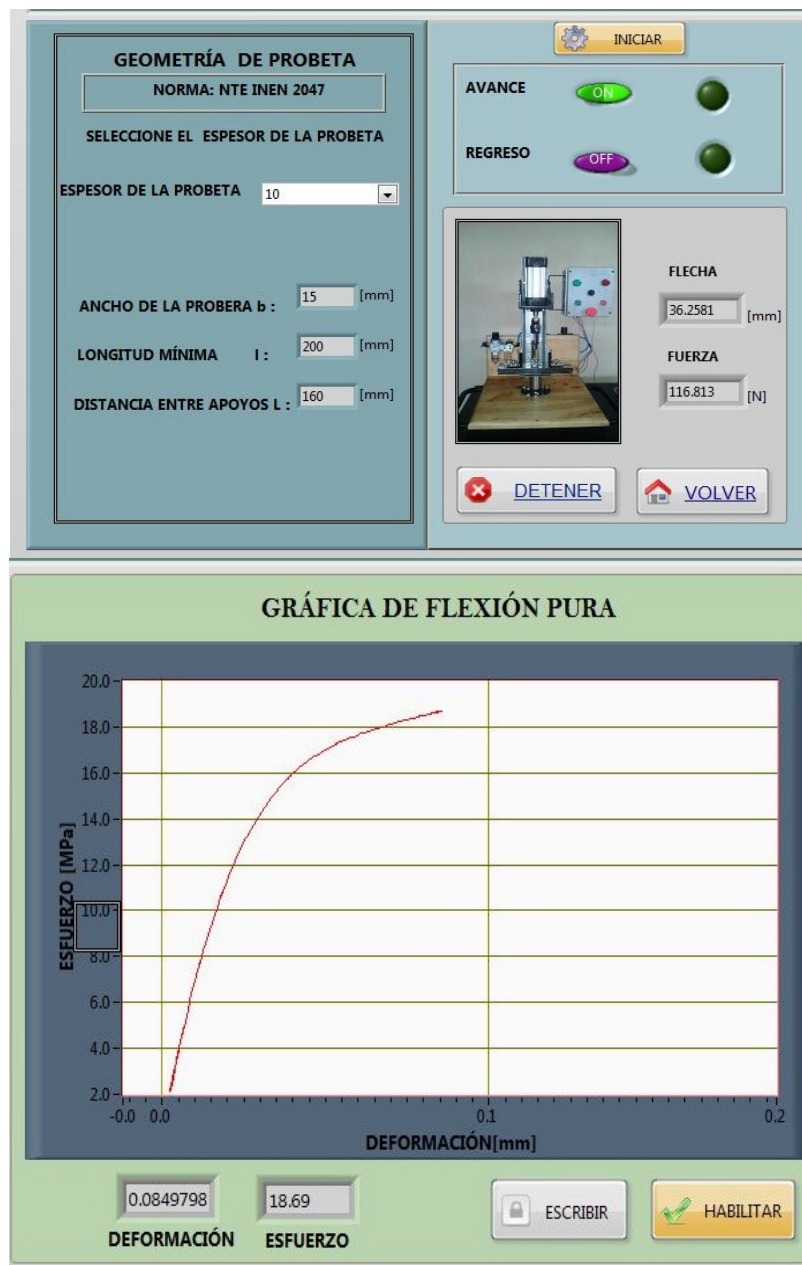


Figura 6.52. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°5.

Fuente: Pablo Morales

Resultados del Ensayo de Flexión N°4

Para el cuarto ensayo se encontraron los diagramas de cada muestra utilizando la probeta de espesor 10 mm en cinco especímenes, las curvas generadas son equivalentes con el diagrama obtenido en la máquina universal, los valores son semejantes para las cinco muestras, se destacaron los siguientes parámetros en todos los ejemplares: la flecha de 36 mm, con una aplicación de fuerza final de 116 N, el esfuerzo de flexión máximo se produjo exactamente en 18 MPa, con una deformación del 0.08%, todos estos parámetros se obtuvieron en el banco de pruebas de flexión pura en nylon y son semejantes a los obtenidos en la máquina universal.

Análisis de diagramas resultantes

Una vez realizadas las pruebas preliminares, se procede a relacionar los diagramas determinados para verificar si la calibración del banco de pruebas, se encuentra en rangos aceptables y semejantes a los datos que genera un equipo que realiza ensayos de flexión.

El siguiente proceso sirve para visualizar y equiparar el diagrama esfuerzo deformación del nylon obtenido por los dos equipos, las gráficas posteriores se generaron de los ensayos efectuados en probetas de espesores que demanda la norma INEN 2047.

En cada diagrama se presenta el esfuerzo de flexión y la deformación para las cuatro probetas ensayadas, cada espécimen en la que se efectuó el ensayo generó un diagrama característico y se pudo presenciar el esfuerzo máximo y la deformación en aquel punto; todas las probetas utilizadas son de material nylon y fueron cortadas en cuatro espesores descritos anteriormente.

A continuación se presenta los siguientes diagramas.

Probeta de 4 mm

En la siguiente figura 6.53. se visualiza los diagramas obtenidos en los dos equipos y se destaca los siguientes parámetros, para la máquina universal el esfuerzo de flexión máximo llegó a 60 MPa, con una deformación del 0,1%; de igual manera en el banco de pruebas de flexión pura en nylon, se determinó el esfuerzo de flexión máximo en 60 MPa con una deformación del 0,1%; por tal razón los valores obtenidos en el banco de pruebas como en la máquina universal son equivalentes entre sí.

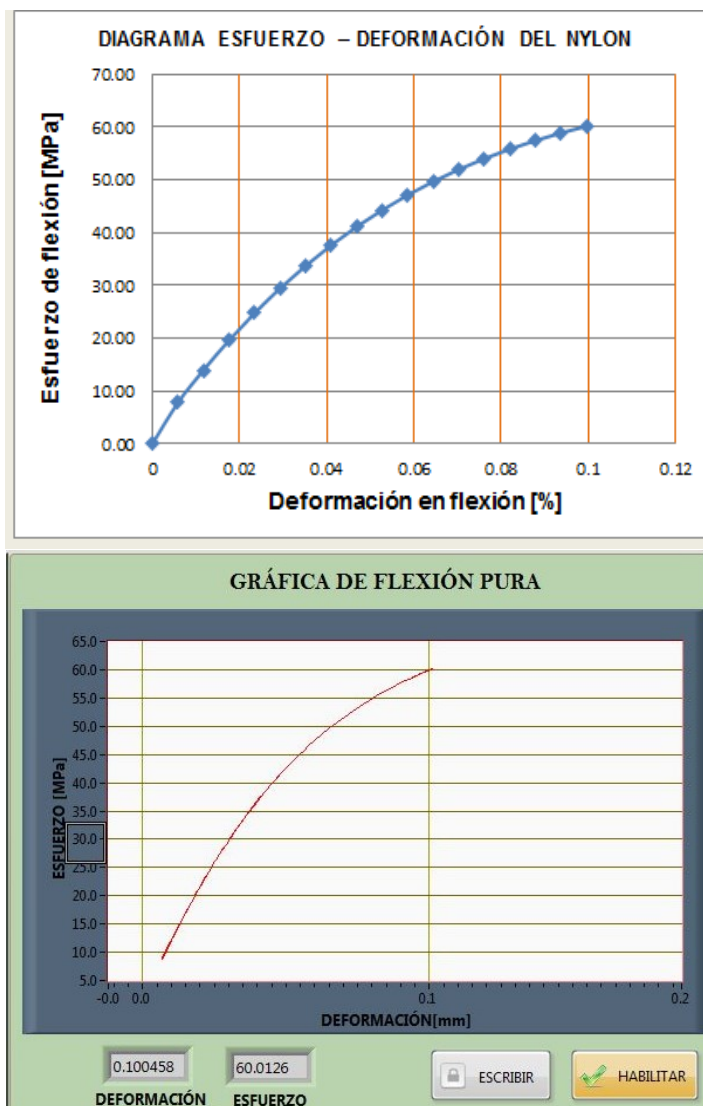


Figura 6.53. Diagramas resultantes probeta 4mm.

Fuente: Pablo Morales.

Probeta de 6 mm

En la siguiente figura 6.54. se visualiza los diagramas obtenidos en los dos equipos y se destaca los siguientes parámetros, para la máquina universal el esfuerzo de flexión máximo llegó a 30 MPa con una deformación del 0,11%; de igual manera en el banco de pruebas de flexión pura en nylon, se determinó el esfuerzo de flexión máximo en 30 MPa con una deformación del 0,11%; por tal razón los valores obtenidos en el banco de pruebas como en la máquina universal son equivalentes entre sí.

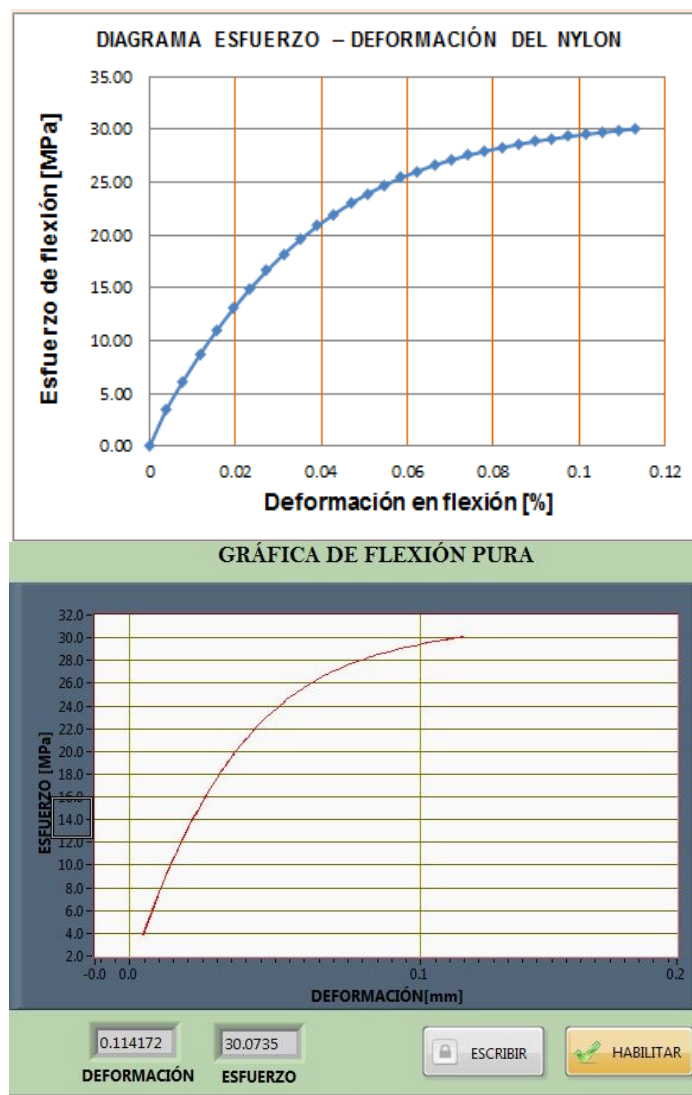


Figura 6.54. Diagramas resultantes probeta 6mm.

Fuente: Pablo Morales

Probeta de 8 mm

En la siguiente figura 6.55., se visualiza los diagramas obtenidos en los dos equipos y se destaca los siguientes parámetros, para la máquina universal el esfuerzo de flexión máximo llegó a 22,5 MPa., con una deformación del 0,085%; de igual manera en el banco de pruebas de flexión pura en nylon, se determinó el esfuerzo de flexión máximo en 22,6 MPa., con una deformación del 0,07%; por tal razón los valores obtenidos en el banco de pruebas como en la máquina universal son equivalentes entre sí.

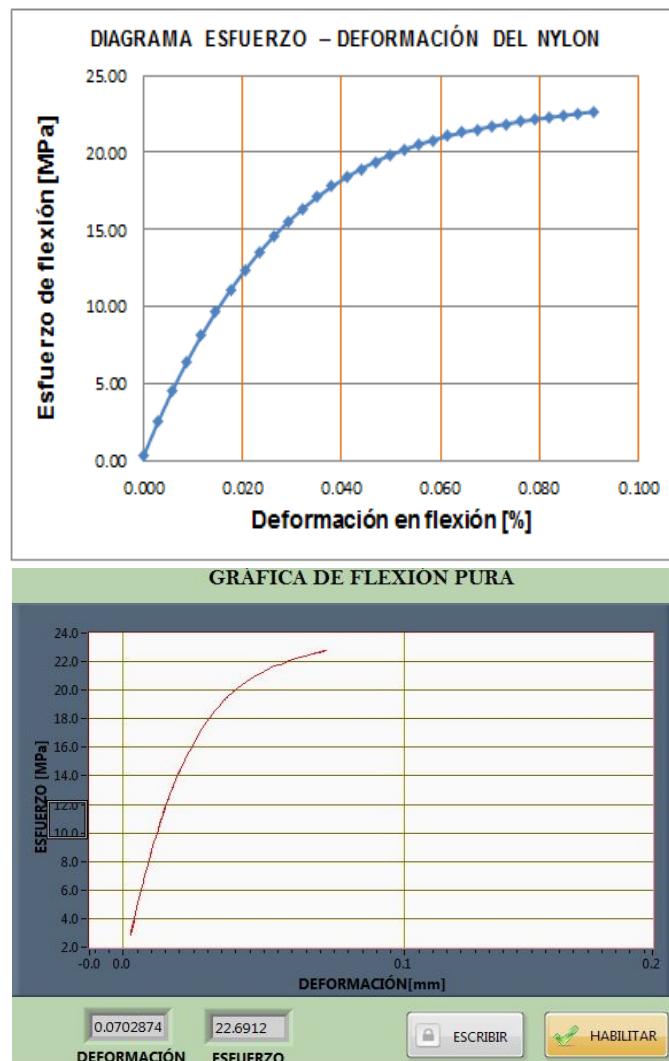


Figura 6.55. Diagramas resultantes probeta 8mm.

Fuente: Pablo Morales

Probeta de 10 mm

En la siguiente figura 6.56. se visualiza los diagramas obtenidos en los dos equipos y se destaca los siguientes parámetros, para la máquina universal el esfuerzo de flexión máximo llegó a 18MPa con una deformación del 0.08%; de igual manera en el banco de pruebas de flexión pura en nylon, se determinó el esfuerzo de flexión máximo en 18MPa con una deformación del 0.08 %; por tal razón los valores obtenidos en el banco de pruebas como en la máquina universal son equivalentes entre sí.

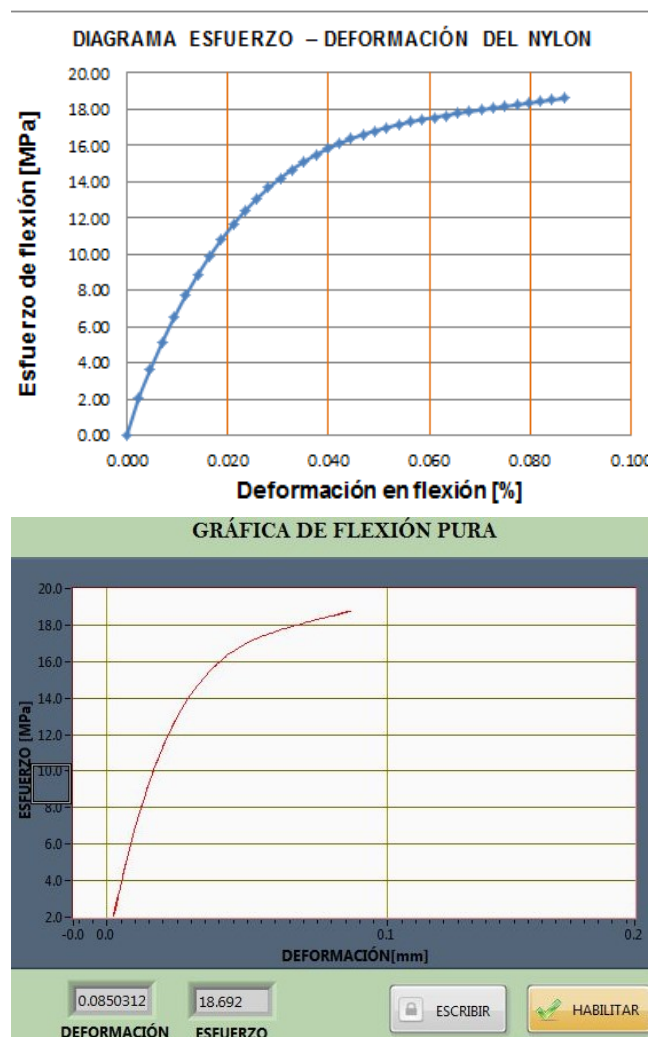


Figura 6.56. Diagramas resultantes probeta 10mm.

Fuente: Pablo Morales

Análisis de resultados

Realizado todos los ensayos respectivos en la máquina universal como en el banco de pruebas de flexión pura, empleando los 4 espesores de probetas para tener una mejor apreciación del fenómeno en los dos equipos, se llega a la certeza que la probeta necesaria para realizar el ensayo de flexión pura es la de espesor 4 mm, aquella probeta es la normal, las otras sirvieron para tener un mayor rango de calibración del prototipo pero siempre se mantuvo al margen que especifica la norma INEN 2047, finalmente el diagrama encontrado en la probeta de 4 mm es el que justifica todas las pruebas porque es el esfuerzo de flexión que está dispuesto en catálogos del material y se distribuye a nivel nacional; por tal razón se concluye que el banco de pruebas se encuentra calibrado correctamente para realizar ensayos de flexión pura en nylon.

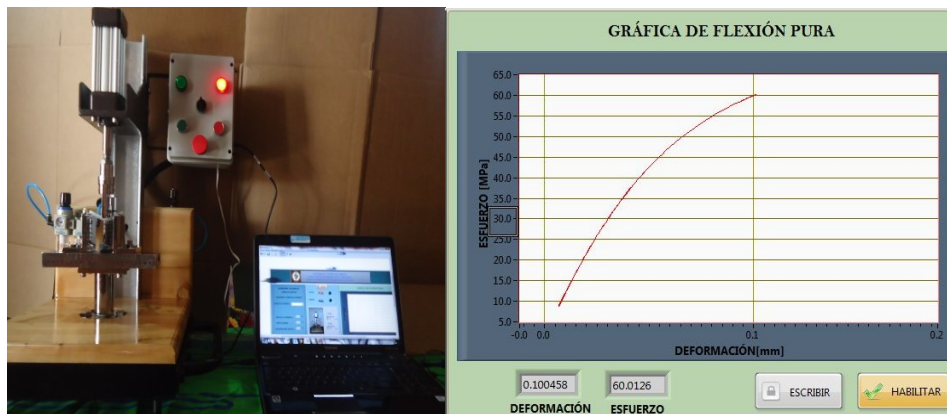


Figura 6.57. Diagrama esfuerzo deformación banco de pruebas.

Fuente: Pablo Morales

Mechanical Properties	Metric
Ball Indentation Hardness	125 MPa
Tensile Strength, Yield	65.0 MPa
Creep Strength	>= 12.0 MPa
	>= 16.0 MPa
Tensile Modulus	2.80 GPa
Flexural Modulus	2.50 GPa
Flexural Strength	60.0 MPa
Compressive Strength	39.0 MPa
	63.0 MPa
	90.0 MPa
Coefficient of Friction	0.0800
Coefficient of Friction, Dynamic	0.420
Tear Strength Test	>= 0.250
K Factor (Wear Factor)	9.00e-11
Izod Impact Resistance	NB
Izod Impact, Notched (ISO)	>= 15.0 kJ/m ²

Figura 6.58. Catálogo flexión máxima del nylon.

Fuente: Pablo Morales

6.6.14. Calibración y puesta a punto del banco de pruebas de flexión pura en nylon

Consiste en realizar la calibración de cada uno de los elementos que constituyen el prototipo para que funcionen de una manera sincronizada y así evitar contratiempos en el ensayo.

El sistema de accionamiento neumático, depende del estado que se encuentran las mangueras, racores, unidad de mantenimiento, electroválvula y la presión de alimentación que ejerce el compresor al sistema.

Se debe cortar la probeta con las medidas exactas, y se debe colocar en los soportes con la respectiva distancia sustentada por la norma técnica, finalmente evitar cualquier suciedad en la probeta.

Colocar una mínima cantidad de aceite en la guía base que sirve para desplazar los soportes, también se debe evitar que ingresen residuos de partículas contaminantes en el interior de la guía para impedir el atascamiento del elemento.

El potenciómetro lineal deslizante recoge las señales de voltaje que recibe conforme se va aplicando la carga en la probeta, la interpretación de estas señales se transfiere a un sistema analógico-digital para ser interpretado en la interfaz de la pc.

6.6.15. Pruebas realizadas en el prototipo

Realizada todas las etapas para el desarrollo de la investigación y una vez ejecutada la construcción, el montaje del sistema neumático, y la adquisición de datos, se procedió a realizar las respectivas pruebas de cada sistema y partes del prototipo, entre ellas tenemos las siguientes:

Pruebas realizadas

- ✓ Prueba del sistema neumático
- ✓ Pruebas eléctricas del prototipo
- ✓ Prueba del control manual
- ✓ Prueba del control automático
- ✓ Adquisición de datos

6.6.16. Elaboración de pruebas y resultados

6.6.16.1. Prueba del sistema neumático

Se verificó el fluido de aire neumático que circula por todo el prototipo, se controla cada elemento para que funcione correctamente sin fugas de aire, desde el cilindro hasta la alimentación de aire. De allí se verifica el correcto funcionamiento del cilindro neumático en el ascenso y descenso del pistón, para modificar su velocidad lineal mediante los reguladores de velocidad y así obtener una velocidad constante y mínima, también se comprobó que el cilindro cumpla a cabalidad con el principio de flexión pura en el material.

6.6.16.2. Pruebas eléctricas del prototipo

Estas pruebas están determinadas al correcto funcionamiento del sistema eléctrico, se comprueba la salida de voltaje de la fuente sea de 24V, voltaje requerido para activar los solenoides de la electroválvula de 24V, de igual manera se verifica la funcionalidad de cada elemento eléctrico como botoneras, luces piloto, paro de emergencia y relés, al momento de su accionamiento.

6.6.16.3. Prueba del control manual

Determinada prueba constituye en comprobar el funcionamiento del tablero de control de forma manual, en primer lugar se procede alimentar el sistema

neumático con el fluido, se conecta la fuente a la red eléctrica, luego se coloca el selector de funciones en la posición manual lado izquierdo, se controla la botonera de descenso y ascenso que se activen con un pulso respectivamente, finalmente se verifica el funcionamiento del paro de emergencia para detener todo el ensayo en casos que lo requiera.

6.6.16.4. Prueba del control automático

Luego de realizar la anterior prueba se procede a verificar el control de manera automática mediante la interfaz en la pc, consiste en controlar el mecanismo del pistón para ejecutar el ensayo de flexión, se inicia las pruebas utilizando la ventana grafica del programa, aquella ventana contiene dos botoneras que activan y desactivan los relés permitiendo al solenoide de la electroválvula energizarse para iniciar el descenso y ascenso del punzón de carga.

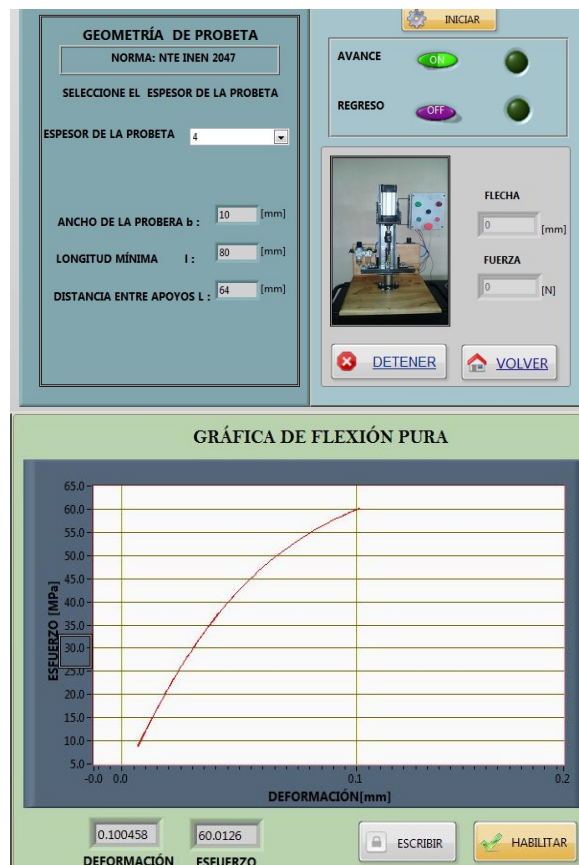


Figura 6.59. Ventana gráfica.

Fuente: El Autor.

6.6.16.5. Adquisición de datos

Esta prueba es muy importante y consiste en la funcionalidad de todo el banco de pruebas, en primer punto se inicia desde el potenciómetro lineal deslizante, aquel instrumento es el encargado de medir las señales del desplazamiento y fuerza que se produce en la probeta, su principio consiste en: las señales de voltaje que ingresa a la tarjeta de adquisición de datos, convertirlas a digital para interpretar aquel voltaje como fuerza y desplazamiento, esta variación de voltaje que se produce en el descenso del potenciómetro, es interpretado en el panel de control del programa para obtener la visualización de la gráfica esfuerzo - deformación del material. La tarjeta de adquisición de datos sirvió también como estabilizador de señal para obtener un voltaje de salida de 5v, se realizó las pruebas con diferentes probetas y se obtuvo las curvas de deformación del material.

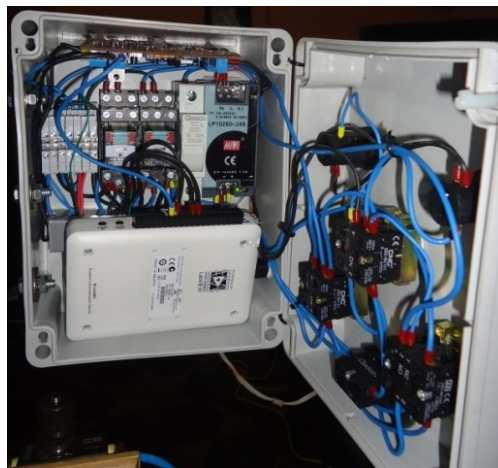


Figura 6.60. Adquisición de datos.

Fuente: El Autor.

6.6.17. Prueba del banco de flexión pura en nylon

Cumplidas los ítems anteriores se procedió a realizar la prueba final del banco de flexión pura en nylon, para verificar la correcta calibración del equipo; mediante la guía práctica se ejecutó el ensayo de flexión, el espécimen que se utilizó fue la probeta normal que especifica la norma técnica INEN 2047, el procedimiento realizado es el siguiente.

1. Conectar la entrada de la unidad de mantenimiento del banco de pruebas a la fuente de aire.
2. Realizar la conexión de la fuente que se encuentra en la caja de control.
3. Conectar la tarjeta de adquisición de datos NI my DAQ a la pc.
4. Colocar el selector de operación en modo automático para realizar iniciar el respectivo ensayo.
5. Finalmente se inicia el programa el cual controla todo el ensayo y donde se visualiza el diagrama esfuerzo – deformación del material.

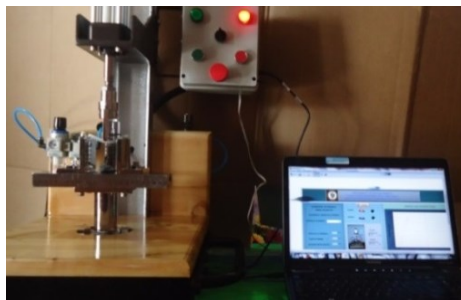


Figura 6.61. Banco de pruebas de flexión pura en nylon.

Fuente: Pablo Morales

Las pruebas experimentales que se realizaron en el banco fueron las siguiente: se realizó el ensayo en probetas de 80 x 10 x 4 mm que es la probeta normalizada y en total 5 muestras con exacta geometría, primero se colocó los soportes a una distancia de 64 mm entre ellos, luego se ubicó la probeta en la parte superior de los soportes como se muestra en la figura.

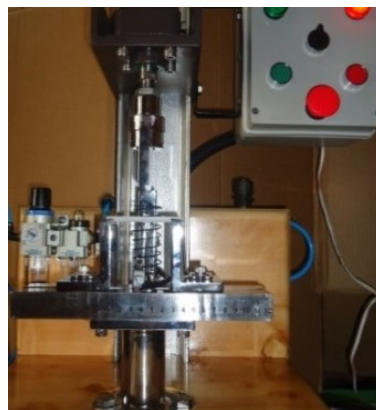


Figura 6.62. Colocación de probeta.

Fuente: Pablo Morales

Se procedió accionar el mecanismo de carga para empezar su descenso, en primera instancia el punzón llega a la probeta y comienza a flexionar, se procede a originar la gráfica y se registra los datos cuando la flecha llega a 1.5 veces el espesor de la probeta flexionada y hasta que llegue a su máxima flexión.



Figura 6.63. Probeta flexionada a 1.5 veces el espesor.

Fuente: Pablo Morales

En la figura 6.64 se puede observar los siguientes datos cuando la probeta llega a una flecha de 6 mm, se registra en la curva el esfuerzo a flexión de 33.62 MPa y 0.0352 % para la deformación, estos valores se los visualiza en la ventana gráfica de la figura 6.1 y corresponden al esfuerzo de flexión correspondiente a una flecha convencional.

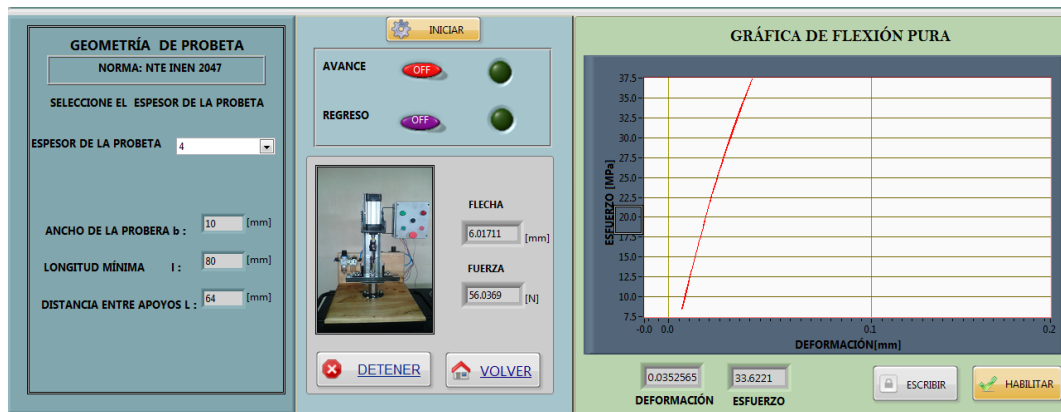


Figura 6.64. Gráfica con flecha 1.5 veces el espesor.

Fuente: Pablo Morales

El mecanismo de accionamiento de la carga continúa su descenso y flexionando la probeta hasta llegar a su máxima flexión que el material puede resistir, en la siguiente figura 6.65 se puede observar el fenómeno producido.



Figura 6.65. Flexión máxima en probeta.

Fuente: Pablo Morales.

Posteriormente se obtiene los datos finales del ensayo con los siguientes valores en el diagrama esfuerzo deformación: para una flecha de 17 mm y con una fuerza de 100 N, el valor para el esfuerzo de flexión es 60,01 MPa y su deformación de 0,1 % mostrados en la figura 6.66; el proceso explicado anteriormente se aplicó en 5 muestras con idéntica geometría y características, sustentadas en la norma técnica INEN 2047, el valor de esfuerzo obtenido en el prototipo se comparó con el ya existente en los catálogos del material que es de 60 MPa; estos dos valores son exactamente iguales por lo que se determina que el valor proporcionado en el catálogo del material es equivalente al obtenido en el prototipo, concluyendo así que el banco de pruebas de flexión pura esta calibrado para realizar los ensayos requeridos.

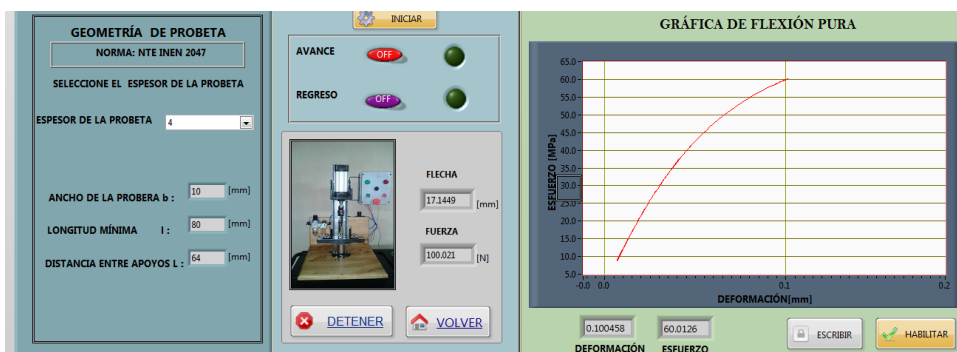


Figura 6.66. Diagrama esfuerzo – deformación del nylon.

Fuente: Pablo Morales

6.7. METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO

La metodología que se utilizó en el presente proyecto es la siguiente: en primer lugar se seleccionó el sistema de accionamiento, el cual mediante las ponderaciones resultó ser el más adecuado al sistema neumático, de allí se procedió a hacer el diseño de la estructura del prototipo para el montaje del sistema de accionamiento neumático, con su respectivos elementos como unidad de mantenimiento, electroválvula 5/3, regulador de caudal, reguladores de velocidad y cilindro neumático. Una vez diseñada la estructura se procedió a la compra del material y construcción del banco de pruebas de flexión pura en nylon, paso siguiente se realizó la adquisición de datos mediante una resistencia o potenciómetro lineal deslizante, el cual sirvió como receptor de fuerza y deformación mediante las variaciones de voltaje que se generan al descender su barra deslizante, aquellas señales de voltaje fueron transformadas mediante un sistema de analógico - digital o tarjeta DAQ (NI my DAQ) a datos requeridos para luego ser interpretado en la interfaz del programa, y poder visualizar el diagrama esfuerzo – deformación del nylon, la calibración del banco de pruebas de flexión pura fue respaldada en una máquina que realiza pruebas de flexión, después de poner a punto el banco de pruebas se procedió a hacer la guía de prácticas para determinar el diagrama esfuerzo deformación del material.

A continuación se detalla el proceso de construcción utilizado para cada uno de los elementos.

6.7.1. Estructura base del banco de pruebas

De aquí parte toda la construcción del banco de pruebas, este elemento base se construyó con un ángulo de 2 plg x 6 mm y de largo de 3 metros acero A-36 ANEXO A2, de allí se realizó el corte de 4 pedazos de ángulo con las siguientes medidas, dos elementos de 38 cm. y dos de 42 cm. y fueron soldados con electrodos E6011; en el lado lateral de 42 cm se realizó 3 perforaciones para pernos 7/16 plg., respectivamente en los dos elementos.



Figura 6.67.Estructura base.

Fuente: Pablo Morales.

6.7.2. Parante vertical

Para la construcción del parante vertical se utilizó la UPN 100 acero ASTM-A36, de largo 1.00 m; y una placa de 220 x 50 x 1/2" ASTM A-36; a continuación se procedió a realizar el corte de la UPN 100 a 0,6 m y luego fue soldada con la placa en su punto medio, se utilizó el electrodo E7018 por ser un electrodo para aceros de alta resistencia a la tracción (56 kg/mm^2 Máx) así como para aceros de construcción., de allí se realizó 4 perforaciones para pernos de 3/8 plg.



Figura 6.68.Parante vertical.

Fuente: Pablo Morales

6.7.3. Brazo soporte

Este elemento se construyó a partir de 3 placas con las siguientes medidas; dos placas de: 230 x 120 x 1/4" ASTM A-36 y una placa de: 180 x 97 x 1/2" ASTM A-36; primero se cortó las placas de espesor 1/4 plg con la forma geométrica indicada en la figura 6.58., a continuación se procedió a realizar tres perforaciones para pernos 3/8plg en la placa, estos dos elementos se construyeron con iguales

dimensiones, paso siguiente se procedió a soldar los tres elementos con electrodo E6011, y finalmente en la placa de 1/2 plg se realizó 5 agujeros, el primero central de $\text{Ø}40\text{mm}$ y los cuatro restantes de $\text{Ø}5/16$ plg, para proceder acoplar el cilindro neumático con el brazo soporte.



Figura 6.69. Brazo soporte.

Fuente: Pablo Morales

6.7.4. Soporte de la guía

En la construcción de este elemento se utilizó la UPN 100, se realizó el corte a una distancia de 28 cm de largo, se procedió a soldar con la estructura base utilizando electrodos E6011 y E6013, y se realizó dos perforaciones para pernos M12, que servirá para la sujeción de la guía.



Figura 6.70. Soporte de la guía.

Fuente: Pablo Morales.

6.7.5. Soportes laterales

Para la construcción de este elemento se utiliza platina de dimensiones 100 x 30 x 6 mm ASTM A-36; y tubo negro de $\text{Ø}1/2$ plg x 1.00m de largo, primero se realizó el corte de la platina en dos tramos de 42 cm de largo, a continuación se perforó tres agujeros para perno $7/16$ plg en cada elemento; se procedió con el corte del

tubo en dos tramos de 46 cm de largo, se realiza el doblé a una distancia de 8cm en cada extremo del tubo y se finaliza soldando la platina y el tubo con electrodo E6011.



Figura 6.71. Soportes laterales.

Fuente: Pablo Morales

6.7.6. Guía de recorrido

Su construcción se realizó a partir de una placa de dimensiones 280 x 70 x 30 mm A36, se procedió con el maquinado utilizando la fresadora para realizar el desbastado y planeado en la pieza, obteniendo un elemento con las siguientes medidas 250 x 65 x 25 mm, de allí se procedió a maquinar el riel interno mediante el ranurado superior y lateral con las siguientes medidas: parte posterior ranurado de 8mm y lateral de 22mm, finalmente se realizó 4 agujeros para pernos \varnothing 5/16plg en la parte inferior.

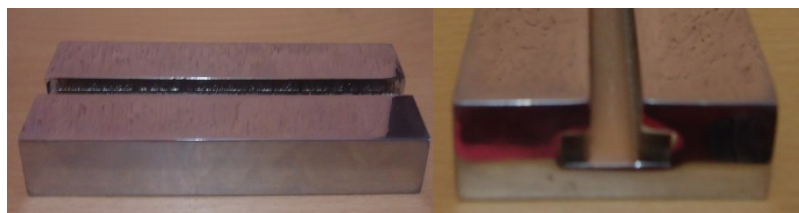


Figura 6.72. Guía de recorrido.

Fuente: Pablo Morales

6.7.7. Parente de la guía

Este elemento se construyó a partir de los siguientes materiales, un eje \varnothing 4 plg x 2.5 cm alto SAE 1018, un eje \varnothing 45 mm x 8.5cm alto SAE 1018, y una placa 110 x 70 x 12 mm ASTM A-36; el método fue el siguiente, al eje \varnothing 4 plg se realizó el proceso de torneado hasta reducir su longitud a 2.00cm de allí se procedió a torneear el otro eje de \varnothing 45 mm para obtener un mejor acabado y reducir su

longitud a 8.00 cm, a estas dos piezas se procedió a soldarlas en su punto medio con electrodo E6011y se realizó 2 perforaciones en el eje de 4 plg para perno M12, finalmente a la placa de 110 x 70 x 12 mm se realizó un maquinado con la fresadora del tipo desvastado y planeado para obtener una placa simétrica de dimensiones 100 x 65 x 10 mm, se realizó 4 perforaciones para pernos 5/16” y finalmente fue soldada al eje para obtener un solo conjunto, a todos estos materiales se aplicó un tratamiento superficial, el cromado para evitar la corrosión en aquellas piezas y visualmente estético.



Figura 6.73. Parente de la guía.

Fuente: Pablo Morales

6.7.8. Soportes de probeta

Para la construcción de este elemento se utilizó una placa de 250 x 70 x 13mm A36, primero se realizó el corte en dos tramos el primero de 45mm y el segundo de 75 mm de largo, se soldó las dos piezas en forma de L, paso siguiente se procedió al maquinado con la fresa mediante el proceso de planeado y desbastado hasta reducir el espesor total en todo el conjunto a 10 mm, dejando una guía en la parte inferior de 3mm y un ancho final del soporte “L” de: [52;71]mm en su parte frontal y ancho de 65mm, finalmente en la superior se realizó un planeado horizontal, con una fresa para redondear radio 5mm y con una fresa en bisel para dejar una inclinación de 5° como demanda la Norma, por último se realizó dos agujeros de 5/16 plg en cada elemento y el tratamiento superficial de cromado.

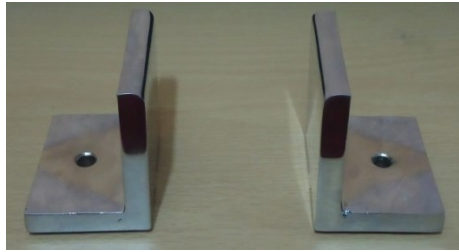


Figura 6.74. Soportes de probeta.

Fuente: Pablo Morales

6.7.9. Punzón

Este elemento se construyó de la siguiente manera, con una placa de dimensiones 80 x 70 x 13 mm A36, se procedió a realizar el maquinado con la fresadora mediante el proceso desbastado y planeado hasta obtener una placa con las siguientes medidas 60 x 56 x 10 mm, se maquinó el contorno circunferencial en la parte superior con una fresa media caña radio = 5 mm como demanda la norma, finalmente se realizó el tratamiento superficial de cromado.



Figura 6.75. Punzón.

Fuente: Pablo Morales

6.7.10. Acoplador

Este elemento está constituido de un eje de acero dimensiones: \varnothing 40 mm x 70 mm longitud y material A36; se realizó el proceso de torneado para reducir su diámetro en tres medidas, [35, 38, 30] mm, de allí se maquinó con la fresadora un canal de 10 mm para que pueda se acoplado el punzón, finalmente se procedió hacer tres agujeros dos laterales para prisioneros 1/4plg y un agujero central

machuelado para perno M16, por último se realizó el tratamiento superficial de cromado de la pieza.

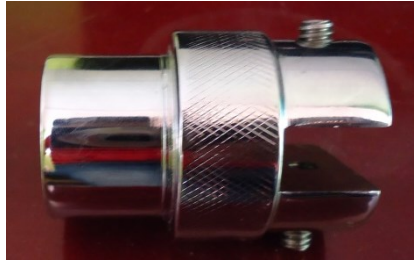


Figura 6.76.Acoplador.

Fuente: Pablo Morales

6.7.11. Topes de probeta

Este elemento se construyó a partir de una platina con dimensiones: 90 x 25 x 4 mm material ASTM A-36 y varilla solida \varnothing 1/8 plg x 180 mm de largo; se cortó la platina en dos tramos de 45 mm y la varilla en dos segmentos de 90 mm, se realizó un canal de 8mm de ancho en la platina y un dobléz de la varilla a una distancia de 15 mm, finalmente se soldaron los dos elementos con electrodo E6011 y se concluyó con el tratamiento de cromado en la pieza.



Figura 6.77.Topes de probeta.

Fuente: Pablo Morales

6.7.12. Sujetador

Para la construcción del elemento se utilizó: platina con dimensiones 120 x 25 x 4 mm y material ASTM A-36. Se realizó el corte en dos tramos el primero de 74 mm de largo y el siguiente de 40 mm de largo, en el segmento de mayor longitud fue soldado dos tornillos \varnothing 1/4 plg con electrodo E6011 y en el otro tramo corto se ejecutó un dobléz a 15 mm para soldar una tuerca la cual incorpora un tornillo

de 1/4 plg. para sujetarref con la guía de recorrido, finalmente se realizó un tratamiento superficial que es el cromado para evitar su corrosión y sea estético visualmente.

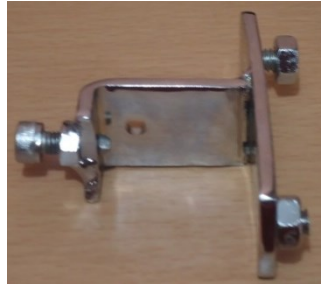


Figura 6.78.Sujetador.

Fuente: Pablo Morales

6.7.13. Guía del potenciómetro

Elemento constituido a partir de un tubo cuadrado de 3/4 plg y largo 60 mm, en el cual se realizó una ranura de 82 mm largo y ancho 1/8 plg para que se pueda desplazar la palanca del potenciómetro lineal deslizante, a este elemento se soldaron dos platinas de longitud 33 x 25 x 4 mm con pequeños canales de 1/4plg, el tubo cuadrado es de un material galvanizado y las platinas soldadas de un acero ASTM A-36, finalmente se realizó un tratamiento superficial que es el cromado para proteger a las piezas de la corrosión y sea estético visualmente.



Figura 6.79.Guía del potenciómetro.

Fuente: Pablo Morales

6.7.14. Sistema de accionamiento neumático

Para la construcción de este sistema se necesita de los siguientes elementos neumáticos a fin de que sea capaz de producir el fenómeno de la flexión.

Tabla 6.43. Elementos del sistema neumático

Equipos	Características	Cantidad
Cilindro neumático	DNC 50x75 ; P _{máx} : 10 bar	1
Unidad de mantenimiento	E/S : 1/4 plg, Máxima presión: 1 MPa	1
Electroválvula	Voltaje: 24 V Presión 1 - 7Kgf/cm ²	1
Reguladores de velocidad	Máxima presión 1,35 MPa	2
Regulador de caudal	Máxima presión 1,35 MPa	1
Manguera	6 metros	1
Racores	Máxima presión 1,35 MPa	6

Elaborado por: Pablo Morales

Todo este sistema se acopla a la estructura inicial y los componentes se ubicarán en lugares que sean de fácil acceso para su visualización y de la misma manera se pueda regular y calibrar el equipo, el suministro de aire se lo recibe del laboratorio de Ingeniería Mecánica, todo este sistema funcionará correctamente con todos los elementos antes mencionados.

6.8. ADMINISTRACIÓN

A continuación se detalla cada uno de los gastos que fueron realizados para la construcción y puesta en funcionamiento del banco de pruebas de flexión pura en nylon, los gastos se dividen de la siguiente forma: costos directos y costos indirectos.

6.8.1. Costos directos

Los costos directos son todos los materiales que fueron empleados para la construcción del banco de pruebas y se dividen de la siguiente manera:

- ✓ Materiales mecánicos

✓ Materiales neumáticos

✓ Materiales eléctricos

6.8.1.1. Costos de materiales

Las tablas siguientes muestran el costo de cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas de flexión.

Tabla 6.44. Materiales Mecánicos.

Nº	Descripción	Unidad de medida	Total	precio unitario o [\$]	precio total [\$]
1	Ángulo de 2"x1/4" A36	m	3	8.00	24.00
2	Base de madera	U	1	18.00	18.00
3	Disco de corte	U	5	3.00	15.00
4	Disco de pulir	U	1	7.50	7.50
5	Eje Ø 4"x 25mm alto SAE 1018	U	1	5.55	5.55
6	Eje Ø 45x 85mm alto SAE 1018	U	1	2.50	2.50
7	Eje Ø 40mm x 70mm AISI4340	U	1	3.00	3.00
8	Electrodo 6011	lb	2	3.60	7.20
9	Electrodo 7018	lb	1	4.00	4.00
10	Fondo	Lt	1	5.00	5.00
11	Juego llaves alen hexagonal	U	1	4.50	4.50
12	Juego de machuelos M16	U	1	13.00	13.00
13	Masilla	lb	1	3.00	3.00
14	Placa de 220x50x13mm A36	U	1	4.00	4.00
15	Placa 230x20x6mm A36	U	2	5.00	10.00
16	Placa 180x97x13mm A36;	U	1	6.00	6.00
17	Placa 280x70x30mm AISI4340	U	1	10.00	10.00
18	Placa 110x70x12mm A36	U	1	3.00	3.00
19	Placa 250x70x13mm AISI4340	U	1	16.00	16.00
20	Placa 80x70x13mm AISI 4340	U	1	5.00	5.00
21	Pernos Ø 7/16"x3/4" largo Inox	U	6	0.90	3.60
22	Pernos Ø 3/8"x1" largo Inox	U	10	0.78	7.80
23	Pernos alen Ø M8 x 1" largo Inox	U	4	0.70	2.80
24	Pernos Ø M12x1.1/2" largo Inox	U	2	1.25	2.50
25	Per. alen Ø 5/16" x 1" largo Inox	U	6	0.80	4.80
26	Per. alen Ø 1/4"x1/2" largo Inox	U	1	0.40	0.40
27	Pernos Ø 1/4" x 1/2" largo Inox	U	2	0.35	0.70
28	Pernos Ø 1/4"x1/2" largo Galv.	U	3	0.18	0.54
29	Pintura negra	Lt	1	6.00	6.00

30	Pintura plateada	Lt	1	6.00	6.00
31	Pintura café	Lt	1	6.00	6.00
32	Platina 100x30x6mm A36	m	1	2.50	2.50
33	Platina 90x25x4 mm A36	U	1	1.50	1.50
34	Platina 120x25x4 mm A36	U	1	2.30	2.30
35	Prisionero Ø 1/4" x 1/2" larg. Inox	U	2	0.20	0.40
36	Regla fotograbada en acero	U	1	15.00	15.00
37	Resorte	U	1	3.00	3.00
38	Tiñer	Lt	2	2.00	4.00
39	Tornillo Ø 1/4"x3/4" largo Galv.	U	6	0.16	0.96
40	Tubo cuadrado 3/4"x60mm Gal	U	1	1.00	1.00
41	Tubo negro de Ø 1/2" x 1.00m	m	1	3.40	3.40
42	Varilla Ø 1/8"x180 mm largo	U	1	0.50	0.50
43	Varilla roscada Ø 5/8"x1m lg. Inox	m	1	6.50	6.50
44	UPN 100 x 1 m largo A36	m	1	20.00	20.00
				TOTAL	268.45

Elaborado por: Pablo Morales

Tabla 6.45. Materiales Neumáticos.

Nº	Descripción	Unidad de medida	Total	precio unitario [\$]	precio total [\$]
45	Adaptador de 1/2 plg-1/4plg	U	2	2.10	4.20
46	Cilindro neumático Ø50mmx75mm	U	1	165.00	165.00
47	Codo neumático 1/4plg	U	2	1.50	3.00
48	Codo rosca- manguera 1/4 plg	U	2	1.80	3.60
49	Electroválvula 5/3 ; V=24V	U	1	67.60	67.60
50	Manguera neumática 6 mm	m	6	0.80	4.80
51	Regulador de caudal ½ plg	U	1	16.00	16.00
52	Regulador de Velocidad 1/4 plg	U	2	5.90	6.80
53	Teflón	U	1	1.10	1.10
54	Unidad de mantenimiento P= 1MPa	U	1	52.60	52.60
				TOTAL	324.70

Elaborado por: Pablo Morales

Tabla 6.46. Materiales Eléctricos

Nº	Descripción	Unidad de medida	Total	precio unitario [\$]	precio total [\$]
55	Potenciómetro lineal deslizante 50kΩ	U	1	5.00	5.00
56	Final de carrera	U	1	2.50	2.50
57	Tarjeta NI myDAQ	U	1	447.50	447.50
58	Fuente de alimentación 110V–24V	U	1	40.00	40.00
59	Fusible	U	1	6.00	6.00
60	Portafusible	U	1	3.00	3.00
61	Relés	U	2	12.00	24.00
62	Puentes	U	7	1.00	7.00
63	Botoneras	U	2	2.50	5.00
64	Selector	U	1	3.00	3.00
65	Luces piloto 24 v	U	2	3.00	3.00
66	Paro de emergencia	U	1	6.00	6.00
67	Resistencias (valores varios)	U	1	15.00	15.00
68	Condensadores (valores varios)	U	1	18.00	18.00
69	Transistores (valores varios)	U	1	25.00	25.00
70	Diodos (valores varios)	U	1	20.00	20.00
71	Integrados de prueba	U	1	20.00	20.00
72	Protoboard	U	1	4.00	4.00
73	Baquelita y placas de prueba	U	1	30.00	30.00
74	Cables y conectores	U	6	6.00	6.00
75	Multímetro	U	1	35.00	35.00
76	Manguera corrugada 1/2 plg	m	3	0.50	1.50
77	Caja de control	U	1	15.00	15.00
78	Estaño	U	1	3.00	3.00
79	Pomada	U	1	2.50	2.50
80	Cautín	U	1	4.50	4.50
81	Almacenador de Cables	U	1	2.00	2.00
				TOTAL	753.50

Fuente: Pablo Morales

En las tablas anteriores se presenta detallado cada uno de los materiales que se utilizó para la construcción del banco de pruebas, se realizó la suma total de cada una de ellas para obtener el costo directo, el cual llega a un monto de: \$1.346,65.

6.8.2. Costos indirectos

Estos costos corresponden a los servicios que se requirieron en el transcurso de la construcción como: mano de obra, maquinaria externa utilizada y gastos varios para culminar el proyecto de investigación.

Tabla 6.47. Costo por mano de obra.

Función	Horas de trabajo	Costo por hora	Subtotal [S]
Metalmecánico	50	5	250.00
Ayudante	30	2.50	75.00
TOTAL			325.00

Fuente: Pablo Morales

Tabla 6.48.Costos maquinaria y herramienta.

Descripción	Horas de trabajo	Costo por hora	Subtotal [S]
Fresadora	20	15	180.00
Torno paralelo	6	5.00	30.00
Herramientas auxiliares	10	2.00	20.00
Pistola de Pintar	3	4.00	12.00
Taladro pedestal	10	2.00	20.00
Dobladora	1	3.00	3.00
TOTAL			265.00

Fuente: Pablo Morales

Tabla 6.49. Costos Varios

Nº	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario [S]	Precio total [S]
1	Hojas	Resma	3	3.50	10.50
2	Impresiones	U	900	0.05	45.00
3	CD	U	5	1.00	5.00
4	Copias	U	200	0.02	4.00
5	Internet	Hora	40	0.80	32.00
TOTAL					96.50

Fuente: Pablo Morales

Los costos indirectos son necesarios para continuar con el propósito de la construcción del banco de pruebas de flexión pura en nylon, aquellos gastos abarcaron un monto total de:

6.8.3. Costo total de la inversión

El costo total de toda la inversión abarca la suma del costo directo y el costo indirecto más el 10% del subtotal por imprevistos que ocurra en el proceso de elaboración del proyecto de investigación.

Tabla 6.50.Costo Total

COSTOS	VALOR [\$]
Directo	1346.65
Indirecto	686.50
SUBTOTAL	2033.15
10% Imprevistos	203.32
TOTAL	2236.47

Fuente: Pablo Morales

Financiamiento

El costo total del proyecto es de \$2.236,47 dólares, valor que fue cubierto totalmente por el autor del tema de investigación.

A este valor se descarta el cálculo financiero como: TIR (Tasa interna de retorno), VAN (Valor actual neto), TMAR (Tasa mínima aceptable de retorno), por la razón que no es un activo fijo destinado a la recuperación de la inversión, más bien su enfoque radica en el aporte para el laboratorio de la carrera de Ingeniería Mecánica, orientado para realizar prácticas de la flexión pura en nylon, guiado por la Norma INEN 2047.

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

El presente prototipo presente correctas funcionalidades y características pero a futuro se podría hacer las siguientes mejoras a la propuestas.

Implementar a futuro un sensor de fuerza para que el equipo trabaje de manera independiente al potenciómetro lineal deslizante y el sensor de fuerza.

Realizar un plan de mantenimiento de los accesorios, partes y sistemas del banco de pruebas para mantener el buen estado del equipo.

Realizar futras prácticas en otros tipos de polímeros y comparar resultados del nylon con datos de distinto material.

Implementar en el banco de pruebas de flexión pura en nylon un plan de evaluación para mejorar sus resultados.

Incorporar una caja cuadrada de madera para ir colocando las probetas conforme se va realizando cada uno de los ensayos de flexión.

6.9.1. Recomendación de operación para el banco de pruebas

Para el correcto funcionamiento del banco de pruebas de flexión pura en nylon se presentan una guía de mantenimiento con los siguientes consejos para realizar un mantenimiento preventivo:

- ✓ Verificar la regulación de velocidad del cilindro neumático a fin de obtener una velocidad constante y moderada.
- ✓ Chequear periódicamente el sistema eléctrico para evitar cortos circuitos, daños en el circuito de control o en la tarjeta de adquisición de datos.
- ✓ Controlar el nivel de aceite de la unidad de mantenimiento quincenalmente.
- ✓ Evitar realizar el ensayo de flexión en distintas probetas que no sea el nylon.

- ✓ Realizar el ensayo de flexión solamente con medidas que demanda la Norma.
- ✓ Verificar que no exista fugas de aire por los conductos.
- ✓ Colocar el aceite neumático en la unidad de mantenimiento antes de su funcionamiento.
- ✓ Conectar en primer lugar la fuente, luego la tarjeta de adquisición de datos al computador y colocar el selector de funciones en el modo automático.

6.9.2. Conclusiones y recomendaciones

6.9.2.1. Conclusiones

- La implementación de un banco de pruebas de flexión pura en nylon para determinar el diagrama esfuerzo deformación del material, en el laboratorio de sistemas de medición y control industrial de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica fue un éxito, desarrollando un prototipo que permita obtener el diagrama esfuerzo deformación del material.
- El programa realizado nos permite identificar la curva de deformación del nylon en el diagrama esfuerzo – deformación del material.
- El máximo esfuerzo de flexión encontrado en el banco de pruebas para el nylon fue de 60 MPa., valor equivalente a las tablas del fabricante del material, lo cual concluye que el banco de pruebas se encuentra correctamente calibrado para realizar el ensayo de flexión.
- Los equipos seleccionados para el sistema de accionamiento neumático son los más adecuados para realizar la aplicación de carga en la probeta.
- La implementación de un banco de pruebas de flexión pura en nylon para determinar el diagrama esfuerzo del material, ayudó a comprobar que el prototipo diseñado y construido se ajusta a las exigencias de implementación en los laboratorios de Ingeniería Mecánica, incorporando así una herramienta de uso académico para los estudiantes.
- Para el ensayo de flexión es necesario utilizar una sola medida de espesor de probeta del nylon, por tal para ejecutar el ensayo se debe realizar en las probetas normales que sustenta la Norma técnica.

6.9.2.2. Recomendaciones

- Verificar las mangueras de aire que estén correctamente colocadas en los racores para evitar fugas de aire.
- Evitar manipular las probetas cuando se accione el cilindro neumático y se empiece a realizar el ensayo de flexión.
- Regular al máximo el caudal de aire del cilindro neumático para tener una velocidad lineal mínima y constante en la probeta de ensayo.
- Evitar que existan cerca del banco de pruebas elementos que pueden causar vibración de las probetas y conllevar a obtener datos distintos.
- Alinear la probeta con la palanca del potenciómetro lineal en el tope superior para empezar con el ensayo de flexión.

BIBLIOGRAFÍA

1. RICHARD, G. (2005). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8va Edición, Edit. Limusa, México.
2. MÉNDEZ, J. E. (2010). Introducción a la ciencia y tecnología de los plásticos. 6 edición, Edit. Trillas, México.
3. MOTT, R. L. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas. 3era edición, Edit. Pearson Educación, España.
4. MOTT, R. L. (2009). Resistencia de Materiales. 5 edición, Edit. Pearson Educación, España.
5. NICOLAS, A. S. (2008). Neumática. 3era edición, Edit. Paraninfo, Uruguay.
6. SHACKELFORD, J. F. (2005). Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros. 6ta edición, Edit. Pearson Educación S.A., España.
7. SMITH, W. F. (2006). Fundamento de la ciencia e ingeniería de materiales. 4ta edición, Edit. McGraw, México.
8. VILORIA, J. R. (2001). Prontuario de Neumática Industrial. 6ta Edición, Edit. La Frage, España.

9. NILSON, James. (2005). Circuitos Eléctricos. 4ta edición, Edit. Pearson Education, España.
10. SHIGLEY, Joseph. (2008). Diseño en ingeniería mecánica. 8va edición. Edit. Mc. Graw Hill, México.
11. TIMOSHENKO, S. (2011). Resistencia de Materiales. 4ta edición, Edit. Limusa, S.A. de C.V., México.
12. LEONEL, C. (2004). Tecnología Mecánica 1. 7ma edición, Edit. LUMISA, México.
13. ERMAN, A., & SANDO, G. (1998). Diseño de Mecanismos. 5ta edición, Edit. WEIST, México.
14. BOLZERN, SCATTOLINI & SCHIAVONI. (2009). Fundamentos de Control Automático. 2da edición, Edit. McGraw-Hill, España.
15. GARCÍA, J. (2004). Fundamentos del Diseño Mecánico. 3era edición, Edit. Lurz, Colombia.
16. HERRERA, L. E., Medina, A. F., & Naranjo, G. L. (2004). Tutoría de la investigación científica. 4ta edición, Edit. Gráficas Corona. Ecuador.
17. NARANJO, Galo. (2004). Tutoría de la Investigación Científica. 2da edición, Edit. Diemerino, Ecuador
18. BEER F. JOHNSTON R. (2010), Mecánica Vectorial Para Ingenieros – Dinámica, 9na Edición, Edit. MC Grand-Hill, México.
19. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (1986). Código de Dibujo Técnico - Mecánico. Norma INEN 009.
20. CALDERÓN, J., SÁNCHEZ O, Y. (2005). Mediciones e instrumentación Industrial: Conceptos de medición y control. 4ta edición, Edit. Luciérnaga, Venezuela.
21. ROLDAN, J. (2001). Prontuario de neumática industrial. 5ta edición, Edit. Paraninfo S.A., Colombia.
22. CREUS, A. (2007). Neumática e hidráulica. 1era edición, Edit. Alfaomega. México.
23. SCHWARTZ TechnicalPlastics, (2007), *SyntheticMaterialsTechnical Data*, Recuperado el 22 de enero del 2015, Desde http://www.schwartz-plastic.eu/fileadmin/Downloads/Material_data_sheet.pdf

ANEXOS

ANEXO A: ELEMENTOS MECÁNICOS

ANEXO A1: Ángulos estructurales ASTM A36

ÁNGULOS ESTRUCTURALES

NORMAS TÉCNICAS:
 NTE INEN 2215
 NTE INEN 2224
 ASTM A 36
 ASTM A 572 GRADO 50

LONGITUD:
 6 metros
 Otras longitudes bajo pedido.

TOLERANCIA:
 Longitud ± 50 mm

EN ALAS: ± 1 mm para anchos
 entre 0 y 50 mm
 $\pm 1,5$ mm para anchos entre
 50 (exc) y 100 mm (inc).

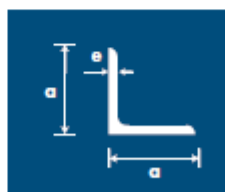


Uso del producto:

Torres de transmisión eléctrica,
 Naves industriales
 Muebles metálicos
 Cerrajería

• Dimensiones y propiedades

Denominación	Dimensiones		Peso		Área cm ²
	a mm	e mm	kg/m	kg/6m	
AL 20 X 2	20	2	0.60	3.58	0.76
AL 20 X 3	20	3	0.87	5.23	1.11
AL 25 X 2	25	2	0.75	4.52	0.96
AL 25 X 3	25	3	1.11	6.64	1.41
AL 25 X 4	25	4	1.45	8.67	1.84
AL 30 X 3	30	3	1.34	8.05	1.71
AL 30 X 4	30	4	1.76	10.55	2.24
AL 40 X 3	40	3	1.81	10.88	2.31
AL 40 X 4	40	4	2.39	14.32	3.04
AL 40 X 6	40	6	3.49	20.91	4.44
AL 50 X 3	50	3	2.29	13.71	2.91
AL 50 X 4	50	4	3.02	18.09	3.84
AL 50 X 6	50	6	4.43	26.56	5.64
AL 65 X 6	65	6	5.84	35.04	7.44
AL 75 X 6	75	6	6.78	40.69	8.61
AL 75 X 8	75	8	8.92	53.50	11.36
AL 100 X 6	100	6	9.14	54.82	11.64
AL 100 X 8	100	8	12.06	72.34	15.36
AL 100 X 10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100 X 12	100	12	17.71	106.25	22.56



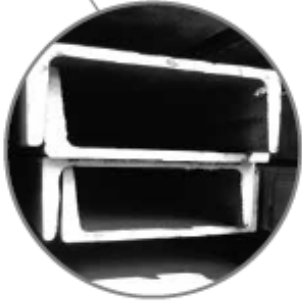
ANEXO A2: Dimensiones de Vigas UPN ASTM A-36

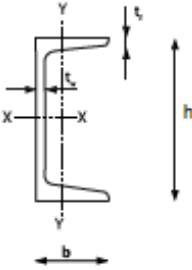
VIGAS UPN

NORMAS TÉCNICAS:
NTE INEN 2215
ASTM A36

LONGITUD:
6 metros

RECUBRIMIENTO:
Negro (sin recubrimiento)






Uso del producto: Sus usos incluyen la fabricación de estructuras metálicas como vigas, viguetas, carrocerías, cerchas, canales, etc.

Dimensiones y propiedades para el diseño

Design.	Peso P kgf/m	Área A cm ²	Dimensiones			
			Alto h mm	Ancho b mm	Espesor	
					Ala tf mm	Alma tw mm
UPN 80	6.66	11.00	80	40	6.00	5.00
UPN 100	10.60	13.50	100	50	8.50	6.00
UPN 120	13.40	17.00	120	55	9.00	7.00
UPN 140	16.0	20.40	140	60	10.00	7.00
UPN 160	18.80	24.00	160	65	10.50	7.50
UPN 180	22.0	28.00	180	70	11.00	8.00
UPN 200	25.30	32.20	200	75	11.50	8.50
UPN 240	33.20	42.30	240	85	13.00	9.50
UPN 300	46.20	58.80	300	100	16.00	10.00



ANEXO A3: Especificaciones tubería.

TUBOS REDONDOS

NORMAS TÉCNICAS:
NTE INEN 2415

TOLERANCIA:
Diámetro exterior:
< 50.80 mm +/- 0.50 mm
> 50.80 mm +/- 0.75 mm
Longitud - 6 mm + 13 mm

LONGITUD:
6 metros
Otras longitudes bajo pedido.

RECUBRIMIENTO:
Negro (sin recubrimiento)






Diámetro exterior

Uso del producto:

Muebles Metálicos,
Divisiones Modulares,
Pasamanos, Viviendas,
Fabricación de remolques,
Industria automotriz,
Estanterías, Línea Blanca,
Juegos infantiles,
Estructuras espaciales,
Cerrajería, (puertas)

Denominación	Diámetro exterior	Peso		
		mm	kg/m	kg/6m
1/2	12.70	0.75	0.34	1.43
		0.90	0.39	1.73
3/8	15.88	0.75	0.39	1.71
		0.90	0.34	2.06
		1.10	0.41	2.43
3/4	19.05	0.75	0.35	2.08
		0.90	0.41	2.46
		1.10	0.50	2.98
7/8	22.22	0.75	0.42	2.51
		0.90	0.50	3.01
		1.10	0.59	3.53
1	25.40	0.75	0.46	2.76
		0.90	0.53	3.30
		1.10	0.67	4.01
1 1/8	31.75	0.90	0.69	4.13
		1.10	0.84	5.03
		1.30	1.02	6.09
1 1/2	38.10	0.90	0.83	5.00
		1.10	1.02	6.09
		1.30	1.18	7.07
1 3/4	44.45	0.90	0.97	5.79
		1.10	1.18	7.07
		1.30	1.42	8.51
2	50.80	0.90	1.02	6.37
		1.10	1.37	7.61
		1.30	1.72	9.70

ANEXO B: SISTEMA NEUMÁTICO

ANEXO B1: Características cilindro neumático

P1D Series

The innovative P1D is a long lasting ISO/VDMA cylinder. The cylinders are double acting, with a new design of air cushioning.

The P1D complies with the current ISO 6431, ISO 15552, VDMA 24562 and AFNOR installation dimension standards

- Available in 32 to 200mm bores
- PUR seals for long service life
- Drop-in sensors
- Corrosion resistant design
- Magnetic piston as standard
- Lubricated with food grade grease



Operating information

Operating pressure:	145 PSIG (10 bar) maximum
Temperature range:	Standard: -4°F to 176°F (-20°C to 80°C) High temperature: 14°F to 250°F (-10°C to 121°C)
Cylinders for low pressure hydraulic operation:	Ø32 - 125mm
ATEX approval:	CE Ex II GD c T4 248°F (120°C)
Filtration requirements:	40 micron, dry filtered air

Ø40mm - (G1/4)

25	P1D-S040MC-0025NNNNN
40	P1D-S040MC-0040NNNNN
50	P1D-S040MC-0050NNNNN
80	P1D-S040MC-0080NNNNN
100	P1D-S040MC-0100NNNNN
125	P1D-S040MC-0125NNNNN
160	P1D-S040MC-0160NNNNN
200	P1D-S040MC-0200NNNNN
250	P1D-S040MC-0250NNNNN
320	P1D-S040MC-0320NNNNN
400	P1D-S040MC-0400NNNNN
500	P1D-S040MC-0500NNNNN

Ø80mm - (G3/8)

25	P1D-S080MC-0025NNNNN
40	P1D-S080MC-0040NNNNN
50	P1D-S080MC-0050NNNNN
80	P1D-S080MC-0080NNNNN
100	P1D-S080MC-0100NNNNN
125	P1D-S080MC-0125NNNNN
160	P1D-S080MC-0160NNNNN
200	P1D-S080MC-0200NNNNN
250	P1D-S080MC-0250NNNNN
320	P1D-S080MC-0320NNNNN
400	P1D-S080MC-0400NNNNN
500	P1D-S080MC-0500NNNNN

Ø125mm - (G1/2)

25	P1D-S125MC-0025NNNNN
40	P1D-S125MC-0040NNNNN
50	P1D-S125MC-0050NNNNN
80	P1D-S125MC-0080NNNNN
100	P1D-S125MC-0100NNNNN
125	P1D-S125MC-0125NNNNN
160	P1D-S125MC-0160NNNNN
200	P1D-S125MC-0200NNNNN
250	P1D-S125MC-0250NNNNN
320	P1D-S125MC-0320NNNNN
400	P1D-S125MC-0400NNNNN
500	P1D-S125MC-0500NNNNN

Ø50mm - (G1/4)

25	P1D-S050MC-0025NNNNN
40	P1D-S050MC-0040NNNNN
50	P1D-S050MC-0050NNNNN
80	P1D-S050MC-0080NNNNN
100	P1D-S050MC-0100NNNNN
125	P1D-S050MC-0125NNNNN
160	P1D-S050MC-0160NNNNN
200	P1D-S050MC-0200NNNNN
250	P1D-S050MC-0250NNNNN
320	P1D-S050MC-0320NNNNN
400	P1D-S050MC-0400NNNNN
500	P1D-S050MC-0500NNNNN

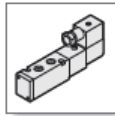
The cylinders are supplied complete with a zinc plated steel piston rod nut.

Sensors

For sensors see page B339.



ANEXO B2: Características electroválvula

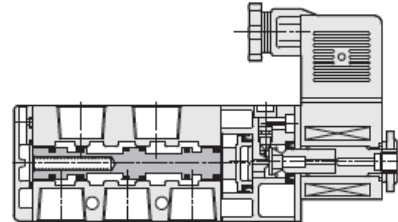
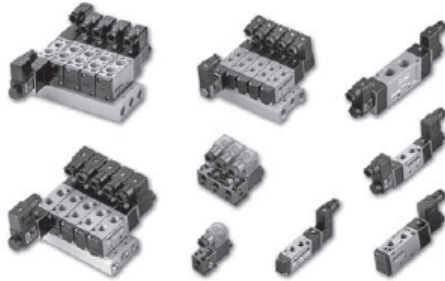


SV SERIES SOLENOID VALVE

Operation specification and order expression

CHELIC PNEUMATIC

Internal structure



SM
SOLENOID
VALVE

SMB
SOLENOID
VALVE

SMU
SOLENOID
VALVE

SMUB
SOLENOID
VALVE

SV
SOLENOID
VALVE

SV310
SOLENOID
VALVE

SN
SOLENOID
VALVE
(NAMUR)

PM
PILOT
VALVE

PMB
PILOT
VALVE

Specification

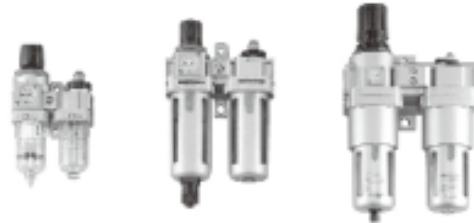
Item	Model	SV-5101	SV-5201	SV-5231	SV-6101(2)	SV-6201(2)	SV-6231	SV-6232	SV-8102(3)	SV-8202(3)	SV-8232	SV-8233	SV-9104	SV-9204
		Fluid		Air										
Pressure range	Kgf/cm ² (Kpa)	1 ~ 7 (100 ~ 700)												
Operating ambient temperature range	°C	0 ~ 60												
Operating method		Air pilot												
Number of positions ports	mm ² (CV)	5 Ports 2 positions	5 Ports 3 positions	5 Ports 2 positions	5 Ports 3 positions	5 Ports 2 positions	5 Ports 3 positions	5 Ports 2 positions	5 Ports 3 positions	5 Ports 2 positions	5 Ports 3 positions	5 Ports 2 positions	5 Ports 3 positions	5 Ports 3 positions
Valve function		Normal closed												
Orifice		12(0.67)		14(0.78)			25(1.4)			50(2.78)				
Manual button		Push and lock(SV-500 Push type only)												
Connection port		Rc 1/8		Rc 1/8 , 1/4			Rc 1/4 , 3/8			Rc 1/2				
Lubrication		Lubrication free type												

ANEXO B3: Características unidad de mantenimiento



AIR LINE SERVICE UNIT - FR.L. COMBINATION UNIT SERIES

Specification / Pressure gauge & Pressure switch / Combination structure CHELIC PNEUMATIC



Symbol :



Specification

Item	Model	NFC-100	NFC-200	NFC-300	NFC-400	NFC-450	NFC-500
Fluid		Air					
Tubing connection	Rc	M5, 1/8"	1/8", 1/4"	1/4", 3/8"	1/4", 3/8", 1/2"	1/2", 3/4"	3/4", 1"
Filter grade		5 μm					
Pressure range	kgf/cm ² (kpa)	0.5~8.5 (50~850)					
Max. service pressure	kgf/cm ² (kpa)	9.5 (950)					
Temperature	°C	5~60					
Drain holding capacity	cc	15	60	60	60	100	100
Lubricator capacity	cc	25	90	90	90	160	160
Recommended lubricants		First class Recommended lubricants (IOS-VG32) lubricant or equivalent					
Weight	kg	0.16	0.37	0.79	1.17	2.20	2.54
Material	Main unit	Aluminum die cast					
	Bowl	Polycarbonate/Aluminum metal bowl					
Equipment	Filter regulator	NFR-100	NFR-200	NFR-300	NFR-400	NFR-450	NFR-500
	Lubricator	NL-100	NL-200	NL-300	NL-400	NL-450	NL-500
Protection device							

Pressure gauge & Pressure switch ⑥

Order Code	Pressure gauge			Pressure switch (option and additional)	
	PG5	PG10	PG22	NFC-□-41-02	NFC-□-41-04
Model No.	PG-05	PG-10	PG-22N	PSN-41-02	PSN-41-04
NFC-100	● (Standard)	—	—	—	—
NFC-200	—	● (Option)	● (Standard)	●	●
NFC-300	—	● (Option)	● (Standard)	●	●
NFC-400	—	● (Option)	● (Standard)	●	●
NFC-450	—	● (Option)	● (Standard)	●	●
NFC-500	—	● (Option)	● (Standard)	●	●

Combination structure ⑦

Figure				
Order Code	Blank (Standard)	-TA (Option)	PN-100T (Option)	PN-300T (Option)
NFC-100	●	●	—	—
NFC-200	●	●	●	—
NFC-300	●	●	●	●
NFC-400	●	●	●	●
NFC-450	●	●	●	●
NFC-500	●	●	●	●

Note : 1. Standard: Standard accessory ; (option) : Accessory option

2. Pressure switch PSN10, PSN30 and PSN-41 specification, please refer to detail specification in P.1-1,26-P.1-1,35

ANEXO B4: Tabla de presiones y fuerzas para cilindros

RELATED CALCULATION INFORMATION

Theoretic force and various pressure conversion table

CHELIC PNEUMATIC

- The calculation method of cylinder force.

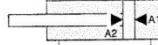
$$F = P \times A - f$$

F: Cylinder force (kgf)

A: Piston area (cm²)

P: Operating pressure (kgf/cm²) f: Frictional force (kgf)

- Cylinder theoretic force



Unit: Kgf

Related calculation

Bore size (mm)	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100
Rod size(mm)	6	6	8	10	12	16	20	20	25	25	
Piston area (cm ²)	A1	0.8	1.1	2.0	3.1	4.9	8.0	12.5	19.6	31.2	78.5
	A2	0.3	0.9	1.7	2.6	4.1	6.9	10.6	16.5	28.0	73.6
1	A1	0.8	1.1	2.0	3.1	4.9	8.0	12.6	19.6	31.2	78.5
	A2	0.3	0.9	1.7	2.6	4.1	6.9	10.6	16.5	28.0	73.6
2	A1	1.6	2.3	4.0	6.3	9.8	16.1	25.1	39.3	62.3	157.0
	A2	0.6	1.7	3.5	5.2	8.2	12.9	21.1	33.0	56.0	147.2
3	A1	2.4	3.4	6.0	9.4	14.7	24.1	37.7	58.9	93.5	235.5
	A2	1.0	2.5	5.2	7.9	12.4	20.7	31.7	49.5	84.0	220.8
4	A1	3.2	4.5	8.0	12.6	19.6	32.2	50.2	78.5	124.6	314.0
	A2	1.3	3.4	6.9	10.6	16.5	27.6	42.2	65.9	112.1	294.4
5	A1	4.0	5.7	10.1	15.7	24.5	40.2	62.8	98.1	155.8	392.5
	A2	1.6	4.2	8.7	13.2	20.6	34.5	52.8	82.4	140.1	368.0
6	A1	4.7	6.8	12.1	18.9	29.4	48.2	75.4	117.8	186.9	471.0
	A2	2.0	5.1	10.4	15.8	24.7	41.5	63.3	98.9	168.1	441.6
7	A1	5.5	7.9	14.1	22.0	34.3	56.3	87.9	137.4	218.1	549.5
	A2	2.2	5.9	12.1	18.5	28.9	48.4	73.9	115.4	196.1	515.2
8	A1	6.3	9.0	16.1	25.1	39.3	64.3	100.5	157.0	249.3	628.0
	A2	2.6	6.8	13.8	21.1	33.0	55.3	84.4	131.9	224.1	588.8
9	A1	7.1	10.2	18.1	28.3	44.2	72.3	113.0	176.6	280.4	706.5
	A2	2.9	7.6	15.5	23.8	37.1	62.2	95.0	148.4	252.1	662.4

Note: The above data are for reference only. When come to actual practice, frictional force and the mechanical efficiency have to be taken into consideration.

- Pressure conversion table

Unit	Pa	KPa	MPa	bar	mbar	kgf/cm ²	cmH ₂ O	mmH ₂ O	mmHg	p.s.i
Pa	1	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻²	10.2X10 ⁻⁶	1.02X10 ⁻³	101.97X10 ⁻³	7.5X10 ⁻³	0.15X10 ⁻³
KPa	10 ³	1	10 ⁻³	10 ⁻²	10	10.2X10 ⁻³	10.2	101.97	7.5	0.15
MPa	0 ⁶	10 ³	1	10	10 ⁴	10.2	1.02X10 ³	101.97X10 ³	7.5X10 ³	0.15X10 ³
bar	10 ⁵	10 ²	10 ⁻¹	1	10 ³	1.02	1.02X10 ³	10.2X10 ³	750.06	14.5
mbar	10 ²	10 ⁻¹	10 ⁻⁴	10	1	1.02X10 ⁻³	1.02	10.2	0.75	14.5X10 ⁻³
kgf/cm ²	98066.5	98.07	98.07X10 ⁻³	0.98	980.67	1	1000	10,000	735.56	14.22
cmH ₂ O	98.06	98.07X10 ⁻³	98.07X10 ⁻⁶	0.98X10 ⁻³	0.98	10 ⁻³	1	10	0.74	14.22X10 ⁻³
mmH ₂ O	9.806	9.807X10 ⁻³	9.807X10 ⁻⁶	98.07X10 ⁻⁶	98.07X10 ⁻³	10 ⁻⁴	0.1	1	73.56X10 ⁻³	1.42X10 ⁻³
mmHg	133.32	133.32X10 ⁻³	133.32X10 ⁻⁶	1.33X10 ⁻³	1.33	1.36X10 ⁻³	1.36	13.6	1	19.34X10 ⁻³
p.s.i	6894.76	6.89	6.89X10 ⁻³	68.95X10 ⁻³	68.95	70.31X10 ⁻³	70.31	703.07	51.71	1

- Conversion table of major force unit conversion of international standard unit and metric system unit.

Name	International unit — Metric system unit	Metric system unit — International unit
Air pressure	1MPa=10.2 kgf/cm ²	1kgf/cm ² = 0.098 MPa
Load	1N=0.102 kgf	1kgf=9.8 N
Torque	1N.m=0.102 kgf	1kgf.m=9.8N.m
Vacuum pressure	-1KPa=-7.5 mmHg	-1mmHg=-0.133 KPa
Inertia force	1Kg.m ² =10.2 kgf.cm.s	1Kg.cm.S=0.098 kgf.cm ²






P12

ANEXO C: SISTEMA CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS

ANEXO C1: Relés de 24 V

LZX Plug-in Relays

Relay couplers

Version	Rated control supply voltage U_c	Contacts Version	Width	DT	Order No.	Price per PU	PU (UNIT, SET, M)	PS*	PG	Weight per PU approx.			
	V		mm							kg			
Industrial relays, 8-, 11-, and 14-pole, PT series													
<i>Individual modules for customer assembly</i>													
Mini industrial relays													
 LZX-PT570024  LZX-PT78702	• With test bracket and mechanical contact position indicator, without LED ¹⁾	24 DC	2 3 4	22.5	▶	LZX-PTZ70024 LZX-PT370024 LZX-PT570024		1 1 1	unit unit unit	101 101 101	0.030 0.031 0.031		
		24 AC	2 3	22.5	C A	LZX-PTZ70524 LZX-PT370524		1 1	unit unit	101 101	0.030 0.031		
		115 AC	2 3 4	22.5	C A ▶	LZX-PTZ70615 LZX-PT370615 LZX-PT570615		1 1 1	unit unit unit	101 101 101	0.028 0.030 0.030		
		230 AC	2 3 4	22.5	▶ ▶ ▶	LZX-PTZ70730 LZX-PT370730 LZX-PT570730		1 1 1	unit unit unit	101 101 101	0.029 0.030 0.030		
		• With hard gold-plating	24 DC 230 AC	4	22.5	▶ ▶	LZX-PT580024 LZX-PT580730		1 1	unit unit	101 101	0.031 0.031	
		• Without test bracket	24 DC 24 AC 230 AC	4	22.5	C C C	LZX-PT520024 LZX-PT520524 LZX-PT520730		1 1 1	unit unit unit	101 101 101	0.031 0.032 0.031	
		Sockets for mounting onto standard mounting rail	--	--	27	▶ ▶ ▶	LZX-PT78702 LZX-PT78703 LZX-PT78704		1 1 1	unit unit unit	101 101 101	0.051 0.062 0.063	
	Accessories for PT												
	LED modules												
	 LZX-RPML0024  LZX-PT16016  LZX-PT16040	• Red	with freewheel diode	24 DC	--	12.5	▶	LZX-RPML0024		1	unit	101	0.003
			without freewheel diode	24 AC/DC			▶	LZX-RPML0524		1	unit	101	0.003
				110 ... 230 AC/DC			▶	LZX-RPML0730		1	unit	101	0.003
		• Green	with freewheel diode	24 DC	--	12.5	▶	LZX-RPMG0024		1	unit	101	0.003
			without freewheel diode	24 AC			C	LZX-RPMG0524		1	unit	101	0.003
			110 ... 230 AC/DC				▶	LZX-RPMG0730		1	unit	101	0.003
	Fixing/injection brackets	--	--	26	▶	LZX-PT16016		100	10 units	101	0.100		
	Labels	--	--	26	▶	LZX-PT16040		100	10 units	101	0.100		
	RC elements	24 ... 48 AC	--	26	C	LZX-RPMU0548		1	unit	101	0.004		
		110 ... 230 AC				▶	LZX-RPMU0730		1	unit	101	0.003	
	Freewheel diodes with connection to A1	6 ... 230 DC	--	26	▶	LZX-RPMT00A0		1	unit	101	0.002		

ANEXO C2: Paro de emergencia

	Contact	position	Description	Overall dimensions
Flat headed and mushroom headed emergency stop pushbutton				
	N/C		Φ30	3SA5-BS442 32791
	N/C		Φ40 Turn to release	3SA5-BS542 32792
	N/C		Φ60	3SA5-BS642 32793
	N/C		Φ40 Push-pull	3SA5-BT42 32789
	N/C		Φ60 Red	3SA5-BX42 32790
	N/C		Turn to release Red release	3SA5-BS142 32795
	N/C		(Key n°445)	3SA5-BS242 32796

ANEXO C3: luz piloto 24 v



CONTROL COMPONENTS

ISO9001: 2000

CONTROL STATION



Item No.	NUMBER OF POLES FOR C-45N, C60N, MCB F360 ELCB, RT18-32 FUSE BASE
CBX-1	1 POLE
CBX-2	2 POLES
CBX-3	3 POLES & 4 POLES COMMON USE

DIMENSIONS



Size Item No.	A	B	C	D	E	F
CBX-1	32	130	18	57	58	60.5
CBX-2	51.5	130	37	57	58	60.5
CBX-3	87	130	54	57	58	60.5

PILOT LIGHT AD16-22D/S (LED TYPE)

- ITEM NO : AD16-30D/S ø30
AD16-22D/S ø22
AND ø25 common use
- VOLTAGE : AC/DC 6V, 12V, 24V, 36V,
48V, 110V
AC 220V, 380V
DC 220V
- COLOR : RED, YELLOW, BLUE, GREEN,
WHITE



GREEN



WHITE



YELLOW

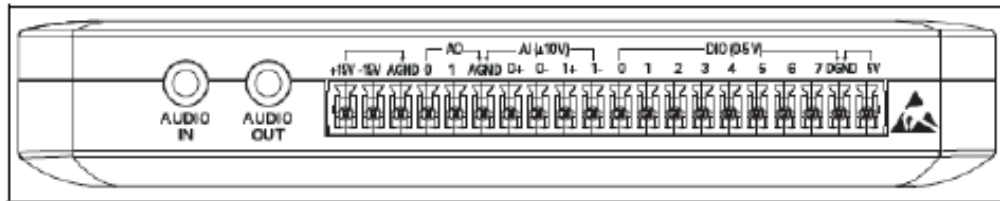


BLUE



RED

ANEXO C4: Características y distribución de los puertos de la NI myDAQ.



Signal Name	Reference	Direction	Description
AUDIO IN	—	Input	Audio Input —Left and right audio inputs on a stereo connector
AUDIO OUT	—	Output	Audio Output —Left and right audio outputs on a stereo connector
+15V/-15V	AGND	Output	+15 V/-15 V power supplies
AGND	—	—	Analog Ground —Reference terminal for AI, AO, +15 V, and -15 V
AO 0/AO 1	AGND	Output	Analog Output Channels 0 and 1
AI 0+/AI 0-; AI 1+/AI 1-	AGND	Input	Analog Input Channels 0 and 1
DIO <0..7>	DGND	Input or Output	Digital I/O Signals —General-purpose digital lines or counter signals
DGND	—	—	Digital Ground —Reference for the DIO lines and the +5 V supply
5V	DGND	Output	5 V power supply

ANEXO C5: Características del potenciómetro lineal deslizante.



Altura	75 mm
Diámetro de Orificio de Montaje	1.5mm
Estilo de Terminación	Pin
Carrera	45 mm
Máxima Temperatura de Funcionamiento	+70°C
Mínima Temperatura de Funcionamiento	-25°C
Potencia Nominal	0.2W
Resistencia Máxima	50kΩ
Tipo de Montaje	Orificio Pasante
Tipo de Potenciómetro	Lineal
Tolerancia	±20%
Masa	4,1 gramos

ANEXO D: PROPIEDADES MECÁNICAS DE PROBETAS

ANEXO D1: Propiedades mecánicas del nylon.

Physical Properties	Metric
Density	1.15 g/cc
Moisture Absorption at Equilibrium	2.20 %
Water Absorption at Saturation	7.00 %
	@Temperature 20.0 °C

Mechanical Properties	Metric
Ball Indentation Hardness	125 MPa
Tensile Strength, Yield	65.0 MPa
Creep Strength	>= 12.0 MPa
	>= 16.0 MPa
Tensile Modulus	2.80 GPa
Flexural Modulus	2.50 GPa
Flexural Strength	60.0 MPa
Compressive Strength	39.0 MPa
	63.0 MPa
	90.0 MPa
Coefficient of Friction	0.0800
Coefficient of Friction, Dynamic	0.420
Tear Strength Test	>= 0.250
K Factor (Wear Factor)	9.00e-11
Izod Impact Resistance	NB
Izod Impact, Notched (ISO)	>= 15.0 kJ/m ²

ANEXO D2: Tabla de valores de “t” de student y probabilidades “P” asociada en función de los grados de libertad “gl”

gl	P (de una cola)									
	0.4	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.001	0.0005
2	0.289	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	22.326	31.596
3	0.277	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.215	12.924
4	0.271	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.267	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.265	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.263	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.262	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.261	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.260	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.260	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.259	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.259	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.258	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.258	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.258	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.257	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.257	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.257	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.257	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.256	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.256	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.768
24	0.256	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.256	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.256	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.706
27	0.256	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.256	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.256	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.256	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.255	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
60	0.254	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
120	0.254	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
Infinito	0.253	0.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

ANEXO E: PROFORMAS DE EQUIPOS

ANEXO E1: Proforma del sistema hidráulico.




AMBATO 03-DICIEMBRE-2014		VENDEDOR: W001	RUC: 1804029963001
PROFORMA	52490501509	NEUMATICA-HIDRAULICA	
SEÑORES PABLO MORALES		Web Site: www.ainiv.com.ec	

ATENCION: Ing. PABLO MORALES
 TELEFONO:
 FAX:
 AMBATO

Estimados Señor(es): Tenemos el agrado de dirigimos a Ud(s) para cotizar los siguientes equipos y/o elementos en DOLARES AMERICANOS.



Item	Codigo	Descripcion	Cant	DES	P. Unit	Total
1	FPC-08-P-A	KOMPASS FILTRO DE RETORNO CON BASE 1" 110 L/MIN	1		176.01	176.01
2	P1-01-R-U-01-G-T	KOMPASS BOMBA HIDRAULICA DE ENGRANAJE 1.2CC/REV 250BAR P/MAX	1		393.64	393.64
3	NM-82	KOMPASS ACOPLE MOTOR BOMBA 2-3HP 9KG-M TORQUE 8000RPM MAX	1		73.98	73.98
4	DMT-04-3C2-W	KOMPASS VALVULA 4/3 1/2" CENTRO CERRADO CON RESORTE CENTRADO	1		367.45	367.45
5	DT-02-B	KOMPASS VALVULA DE ALIVIO 1/4" 10-70BAR 16L/MIN P/MAX 250BAR	1		158.35	158.35
6	TVC-03	KOMPASS VALVULA REGULADORA DE CAUDAL UNIDIRECCIONAL 3/8" P/MAX 350BAR	2		64.86	129.72
7	TOYO-50A-S-R	KOMPASS TAPA DE TANQUE CON FILTRO LARGO Y RESPIRADERO	1		68.91	68.91
8	CH-50-100-PVA-K	KOMPASS CILINDRO HIDRAULICO 2E DIAM 50 X 100MM CARR	1		524.37	524.37
Suma						\$1,892.43
Iva 12%						\$227.09
Total con Iva						\$2,119.52

CONDICIONES DE PAGO	CONTADO
VALIDEZ DE OFERTA	2 DIAS LABORABLES
LUGAR DE ENTREGA	VUESTRAS INSTALACIONES
GARANTIA	DE FABRICA
PLAZO DE ENTREGA	INMEDIATO
OBSERVACIONES	

Sin otro particular, quedamos a vuestras gratas órdenes y los saludamos atentamente

Atentamente
ING. WILMER PEREZ
 CEL: 0983167347
ASESOR TECNICO

ANEXO E2: Proforma del sistema neumático.



MAQUINAS Y MOTORES S.A.
IMPORTADORES - REPRESENTANTES



PROFORMA # : AS-0115
VALIDEZ : 20 DIAS

Ambato, 28 de noviembre

FAX:

Señor(es) :
MORALES PABLO


Tel: 0995477142

Ciudad.-

ITEM	CANT.	REFERENCIA	DESCRIPCION	V. UNIT.	%dsc	V. TOTAL
1	1	CT VEC2220-A11	VAL. SOLE VEC 2 1/4 5-2DS110VA	53.63		53.63
2	1	CH DN-050X0100	CIL. ISO 50mm x 100mm SM	100.80		100.80
3	2	TTC JSC08-02	REG CAUDAL UNID 8 X 1/4MPT	5.50		11.00
4	3	TTC PC08-02	ACOPLE RECTO 8mm X 1/4MPT	1.16		3.48
5	2	TTC BSLM-01	SILENCIADOR PLANO 1/8 PT	0.64		1.28
6	6	CH PU0850-B	MANG POLIU 8OD X SID BLUE	1.12		6.72
7	1	CT NAC20A-2	FIL/REG-LUB 40micro 100CFM 1/4	58.50		58.50
8	1	CT SH-22	SENSOR PARA CIL DC/AC 4-2	15.27		15.27

SUBTOTAL	US\$	250.68
	US\$	
IVA 12%	US\$	30.08
TOTAL	US\$	280.76

NOTA:
DOCUMENTO SIN VALOR COMERCIAL
ITEMS PARA ENTREGA INMEDIATA
FORMA DE PAGO: CONTADO
SERVICIO TECNICO Y STOCK PERMANENTE DE REPUESTOS

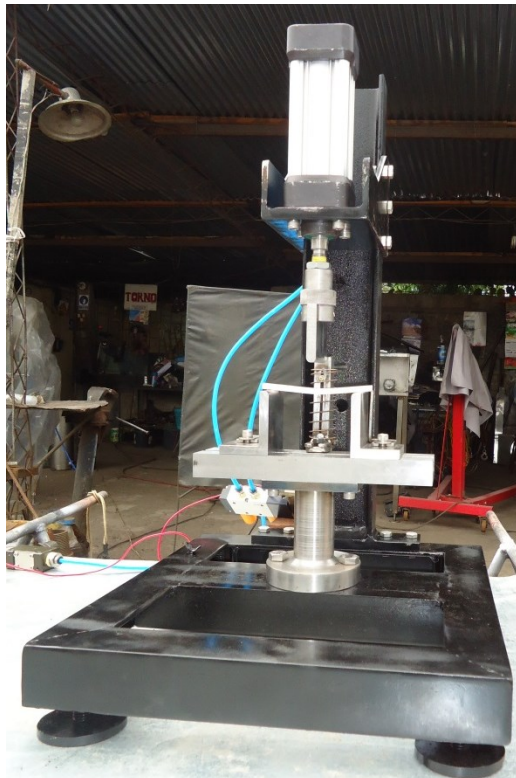

TGL O. ALEX SANCHEZ
MAQUINAS Y MOTORES S.A
RUC 0690012685001
FONO: 032410040-0995579199

ANEXO F: FOTOS

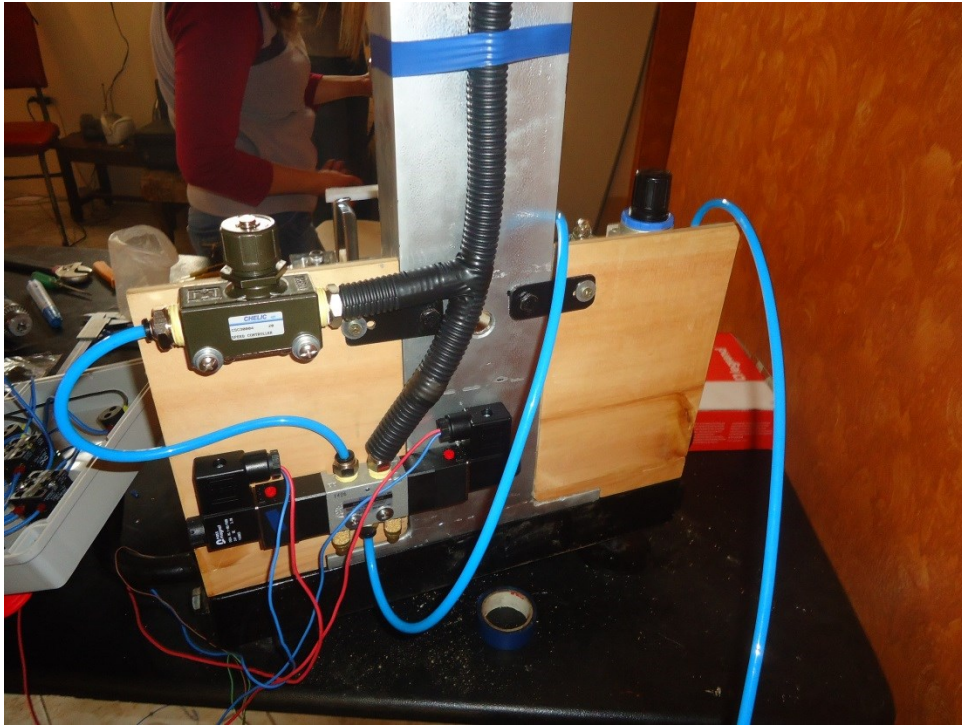
ANEXO F1: Construcción de la estructura banco de pruebas.



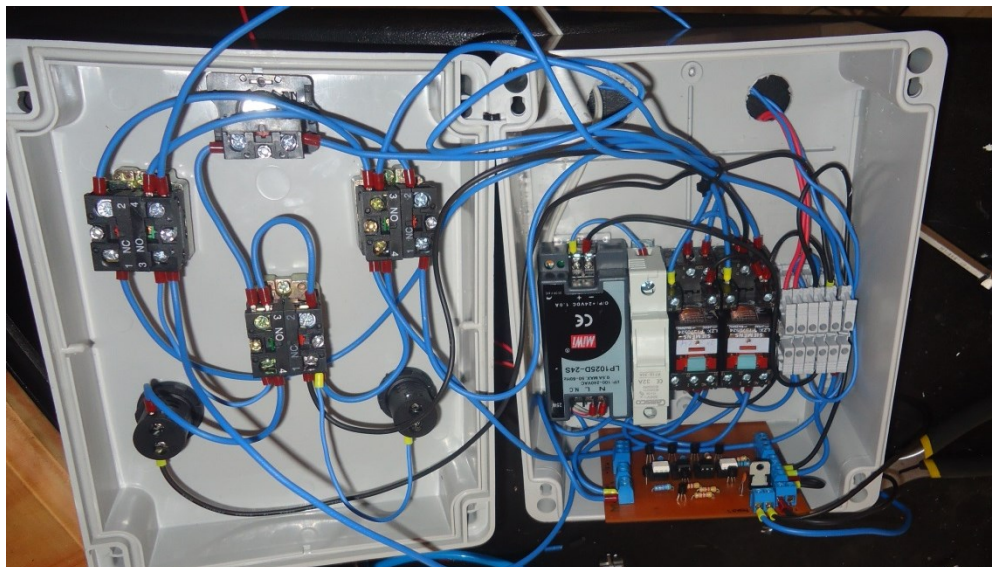
ANEXO F2: Montaje del sistema neumático.



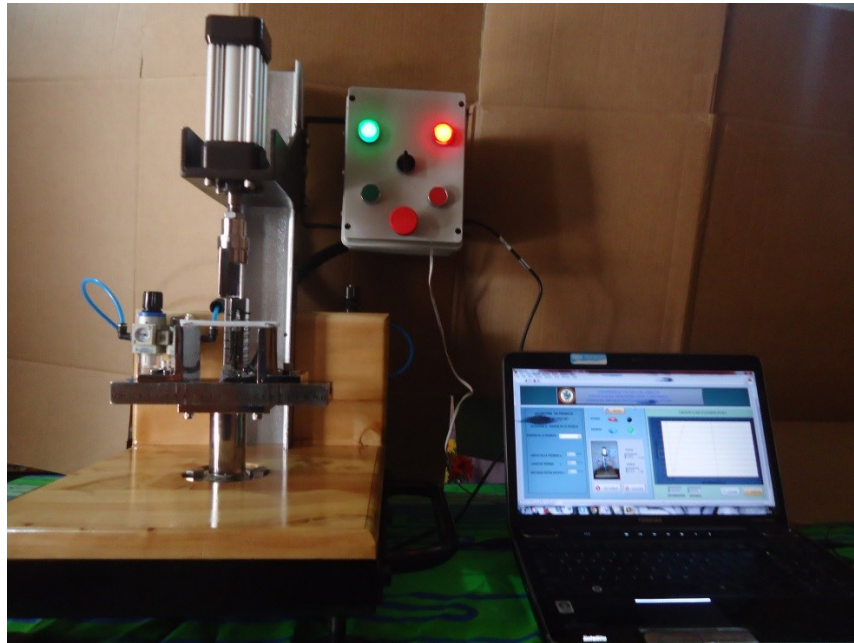
ANEXO F3: Conexión de la electroválvula.



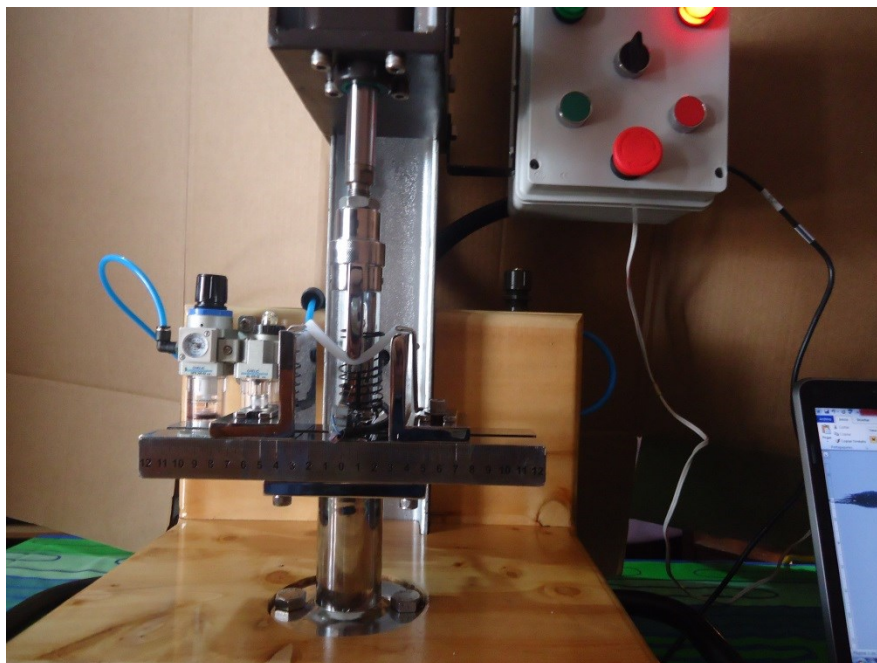
ANEXO F4: Instalación y cableado de equipos de control.



ANEXO F5: Banco de pruebas de flexión pura en nylon.




ANEXO F6: Ensayo de flexión en nylon.




ANEXO G: INTERFAZ DE CONTROL

ANEXO G1: Interfaz de control del banco de pruebas de flexión pura en nylon

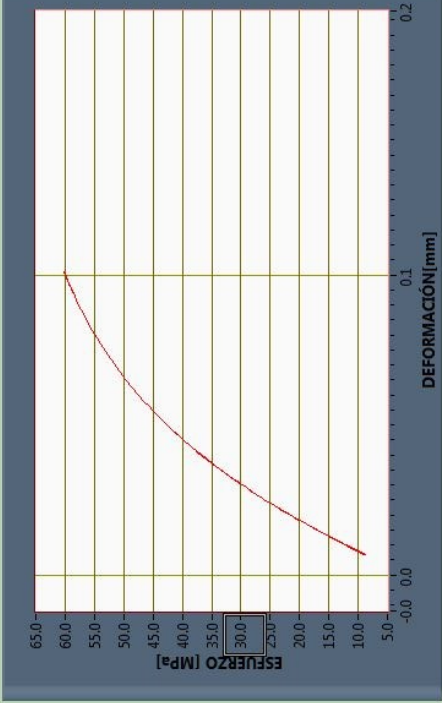
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
BANCO DE PRUEBAS DE FLEXIÓN PURA EN NYLON

GEOMETRÍA DE PROBETA
NORMA: NTE INEN 2047
SELECCIONE EL ESPESOR DE LA PROBETA
ESPESOR DE LA PROBETA: 4
ANCHO DE LA PROBETA b: 10 [mm]
LONGITUD MÍNIMA l: 80 [mm]
DISTANCIA ENTRE APOYOS L: 64 [mm]

INICIAR
AVANCE OFF
REGRESO OFF


FLECHA: 17.1449 [mm]
FUERZA: 100.021 [N]
DETENER
VOLVER

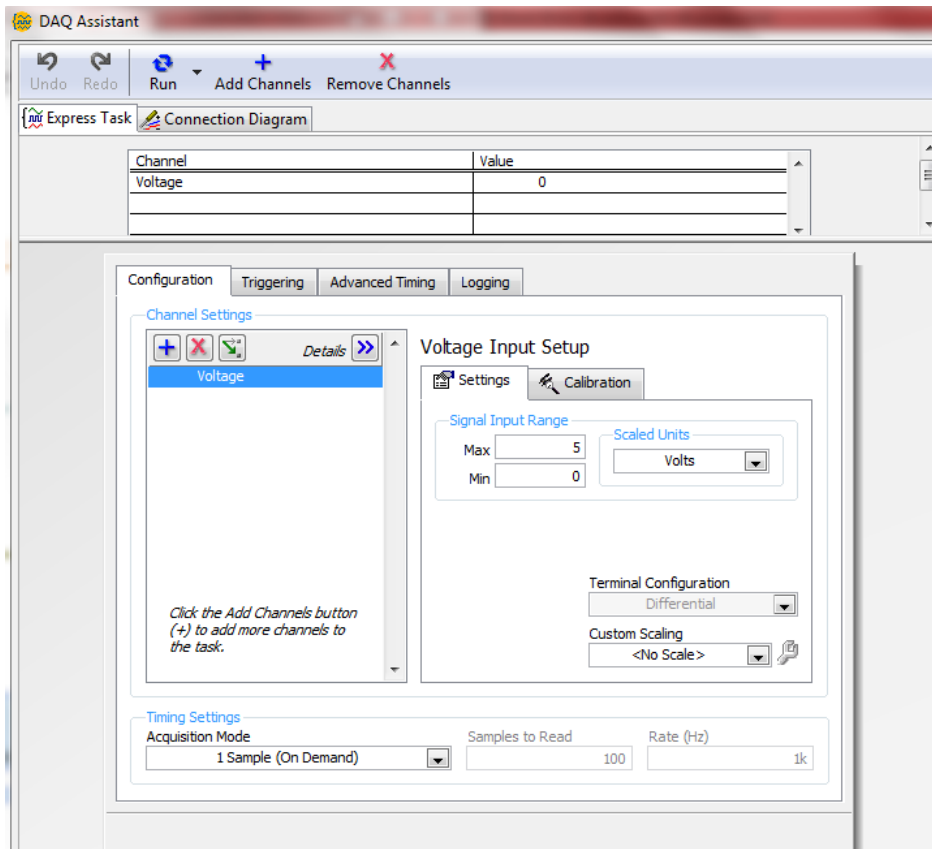
GRÁFICA DE FLEXIÓN PURA



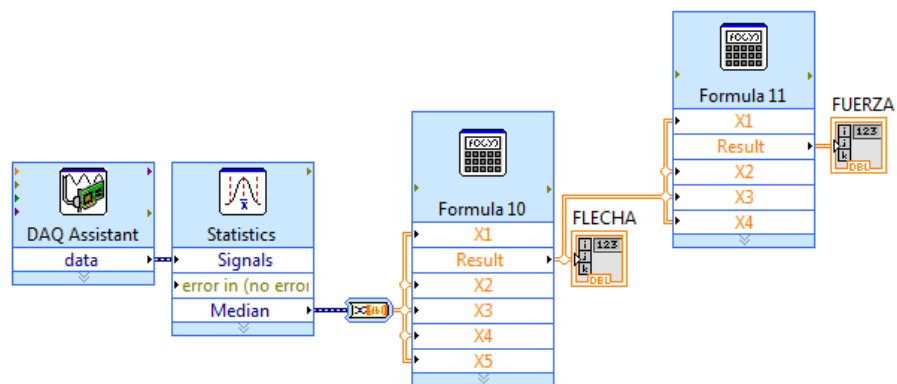
DEFORMACIÓN [mm] 0.0 0.1 0.2
ESFUERZO [MPa] 0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0

DEFORMACIÓN: 0.100458
ESFUERZO: 60.0126
ESCRIBIR
HABILITAR

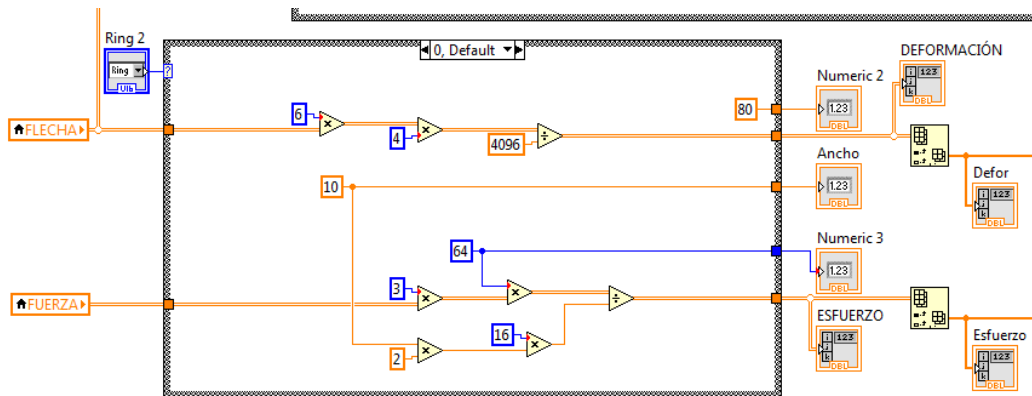
ANEXO G2: Configuración del puerto para adquisición de datos.



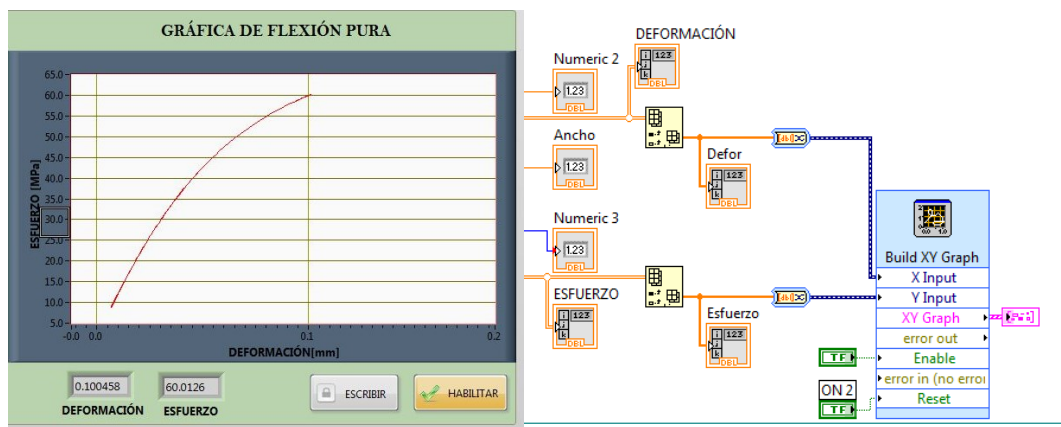
ANEXO G3: Acondicionamiento de señal en LabView.



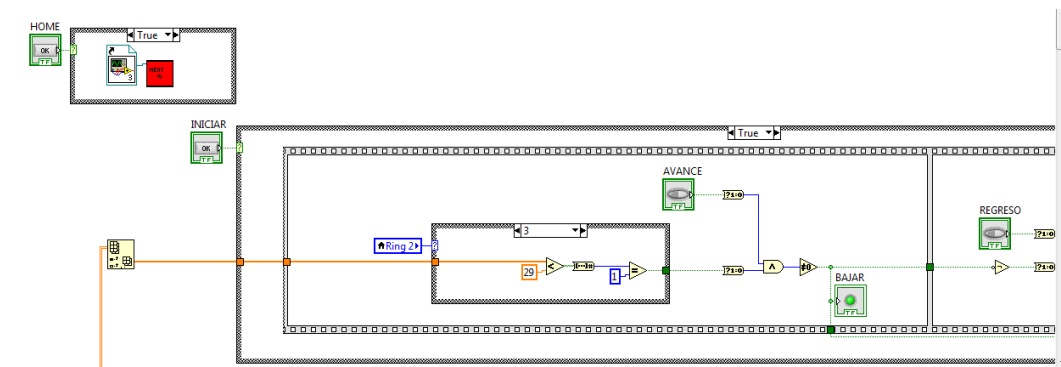
ANEXO G4: Interpretación de ecuaciones sustentadas en norma INEN 2047.



ANEXO G5: Visualización del diagrama esfuerzo – deformación.



ANEXO G6: Control automático activación y desactivación de la bobina en electroválvula.



ANEXO E: PLANOS

ANEXO H: GUÍA PRÁCTICA DE LABORATORIO

Guía de práctica

Para realizar el ensayo de flexión pura en nylon y determinar el diagrama esfuerzo deformación del material, se basará en una guía de práctica presentada a continuación:

Datos informativos

Nombre: Egdo. Pablo Morales

Semestre:

Informe N°: 001

Fecha de realización: 10 abril del 2015

Fecha de entrega: 12 de abril del 2015

Tema

“Prácticas de determinación del diagrama esfuerzo - deformación del nylon”

Objetivos

- Determinar del diagrama esfuerzo - deformación del nylon.
- Conocer el funcionamiento del banco de pruebas de flexión pura.
- Encontrar el esfuerzo de flexión del nylon.

Equipos y materiales

- ✓ Banco de pruebas de flexión pura
- ✓ Fuente de aire comprimido
- ✓ Extensión eléctrica
- ✓ Cinco probetas rectangulares 80x10x4 mm de nylon
- ✓ Juego de hexagonales

✓ Cuaderno de apuntes

Marco teórico

Flexión

Medina manifiesta que en ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión. Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas. El esfuerzo de flexión puro o simple se obtiene cuando se aplican sobre un cuerpo pares de fuerza perpendiculares a su eje longitudinal, de modo que provoquen el giro de las secciones transversales con respecto a los inmediatos.

El rasgo más destacado es que un objeto sometido a flexión presenta una superficie de puntos llamada fibra neutra, tal que la distancia a lo largo de cualquier curva contenida en ella no varía con respecto al valor antes de la deformación. El esfuerzo que provoca la flexión se denomina momento flector.

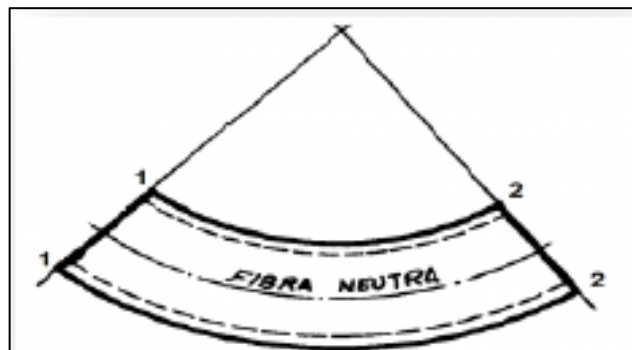


Figura 6.80. Comportamiento de una viga a flexión

Fuente: RICHARD G. (2005), Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8^{va} Edición, México

Diagrama esfuerzo – deformación

Gráfico del esfuerzo como una función de la deformación. Puede construirse a partir de los datos obtenidos en cualquier ensayo mecánico en el que se aplica carga a un material y las mediciones continuas de esfuerzo y de formación se realizan simultáneamente. Se construye para ensayos de compresión, tensión y torsión.

El diseño de elementos estructurales implica determinar la resistencia y rigidez del material estructural, estas propiedades se pueden relacionar si se evalúa una barra sometida a una fuerza axial para la cual se registra simultáneamente la fuerza aplicada y el alargamiento producido. Estos valores permiten determinar el esfuerzo y la deformación que al graficar originan el denominado diagrama de esfuerzo y deformación.

Los diagramas son similares si se trata del mismo material y de manera general permite agrupar los materiales dentro de dos categorías con propiedades afines que se denominan materiales dúctiles y materiales frágiles. Los diagramas de materiales dúctiles se caracterizan por ser capaces de resistir grandes deformaciones antes de la rotura, mientras que los frágiles presentan un alargamiento bajo cuando llegan al punto de rotura.

Nylon

El Nylon es un polímero que pertenece al grupo de las poliamidas (designado con las siglas PA). Tiene algunas denominaciones comerciales tales como: Nylon-6, Poliamida-6, Nylatron-6, Akulon-6, Ultramid-B, Durethan-B, Tecamid-6, Ertalon-6 SA, Amidan-6. Los números generalmente añadidos al nylon se refieren al número de “unidades de CH” entre los extremos reactivos y el monómero. Debido a las características de los grupos amida en la cadena principal, es uno de los polímeros más comúnmente utilizados como una fibra.

Entre las propiedades más importantes se tiene que el Nylon es altamente deslizante, resistente a los químicos y tiene muy buena resistencia al desgaste, aún trabajando en seco, por lo que tiene poco envejecimiento si es utilizado como cojinete. Además, como se trata de un polímero termoplástico, es fácil de darle forma mediante su fundido.

Procedimiento

1. Verificar el estado del prototipo así como el sistema de accionamiento neumático y las conexiones eléctricas.
2. Ubicar los soportes a una distancia de 64 mm entre elementos cuando son probetas de espesor 4 mm.
3. Conectar el cable de la fuente a un tomacorriente de 110 V.
4. Conectar el cable de la tarjeta de adquisición de datos a la entrada del puerto USB del computador.
5. Ubicar el selector de funciones en la posición de modo automático y observar en el tablero de control la luz piloto color rojo este encendido.
6. Iniciar en la PC el programa de flexión pura en nylon para comenzar con el ensayo.
7. Presionar el botón inicio para saltar a la ventana de trabajo.
8. En la ventana de trabajo presionar el botón iniciar hasta que cambie el color amarillo.
9. Seleccionar espesor de probeta en 4 mm.
10. Pulsar el de avance en la ventana gráfica y verificar que cambie a ON.
11. Visualizar botón el fenómeno de la flexión pura que se produce en la probeta.
12. Visualizar el diagrama esfuerzo deformación del material.
13. Registrar la flecha alcanzada, el esfuerzo de flexión máximo con su respectiva deformación.
14. Dejar que el pistón neumático se desactive automáticamente hasta llegar a la máxima flexión del nylon.
15. Pulsar nuevamente el botón de avance hasta que aparezca OFF.

16. Presionar el botón de regreso en la ventana gráfica para que inicie el camino de retorno el cilindro neumático.
17. Repetir el ensayo para las cinco muestras hasta obtener distintos diagramas y verificar sus parámetros.

Análisis de los resultados

ENSAYO DE FLEXIÓN N° 1

✓ **Espesor de espécimen: 4 mm**

Para el primer ensayo la probeta a utilizar debe tener las siguientes características, sustentadas en la norma INEN 2047.

Tabla 6.51.Características de probeta 4mm.

Característica	Medida
Espesor:	4 mm.
Ancho:	10 mm.
Longitud mínima:	80 mm.
Distancia entre apoyos:	64 mm.
Número de especímenes:	5 muestras

Elaborado por: Pablo Morales



Figura 6.81.Ensayo de flexión pura probeta 4mm.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°1

La curva obtenida del espécimen N° 1 indica el diagrama esfuerzo deformación de la primera muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 17,14 mm, fuerza final de aplicación 100,02 N, esfuerzo de flexión máximo 60MPa, con una deformación del 0,1%.

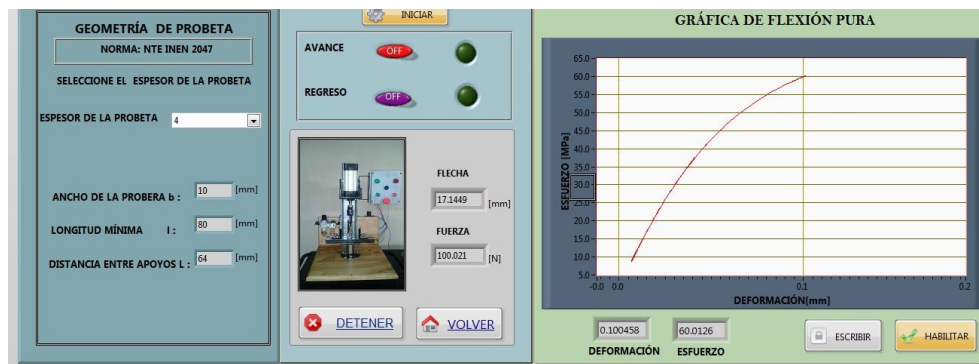


Figura 6.82. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°1.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°2

La curva obtenida del espécimen N° 2 indica el diagrama esfuerzo deformación de la segunda muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 16,88 mm, fuerza final de aplicación 99,51 N, esfuerzo de flexión máximo 59,71MPa, con una deformación del 0,099%.

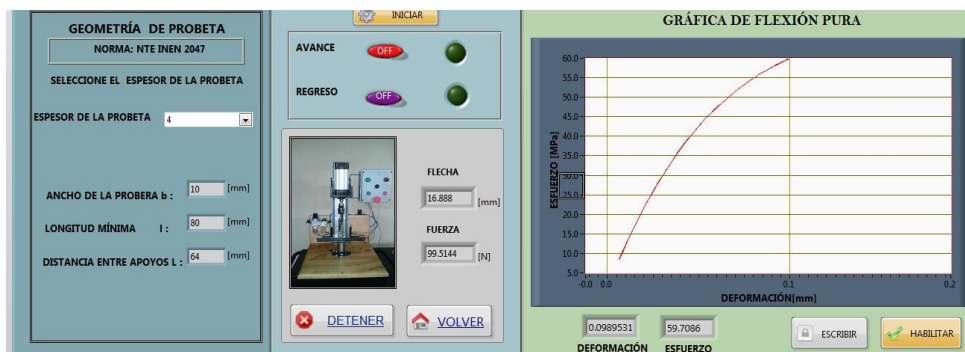


Figura 6.83. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°2.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°3

La curva obtenida del espécimen N° 3 indica el diagrama esfuerzo deformación de la tercera muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 17,57 mm, fuerza final de aplicación 100,83 N, esfuerzo de flexión máximo 60,49MPa, con una deformación del 0,1%.

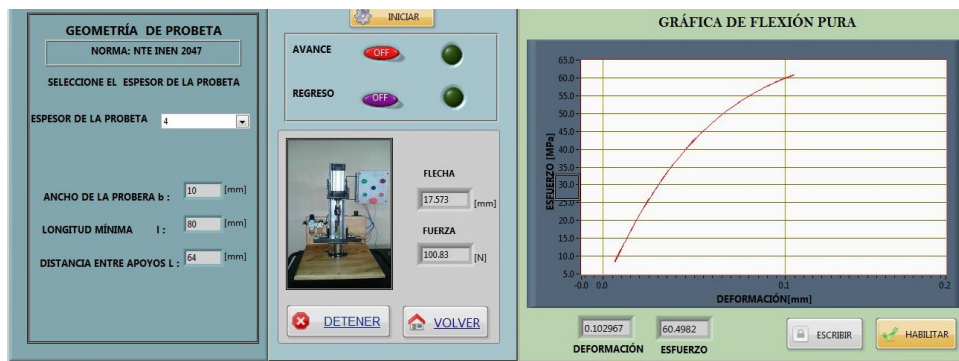


Figura 6.84. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°3.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°4

La curva obtenida del espécimen N° 4 indica el diagrama esfuerzo deformación de la cuarta muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 17,14 mm, fuerza final de aplicación 100,021 N, esfuerzo de flexión máximo 60MPa, con una deformación del 0,1%.

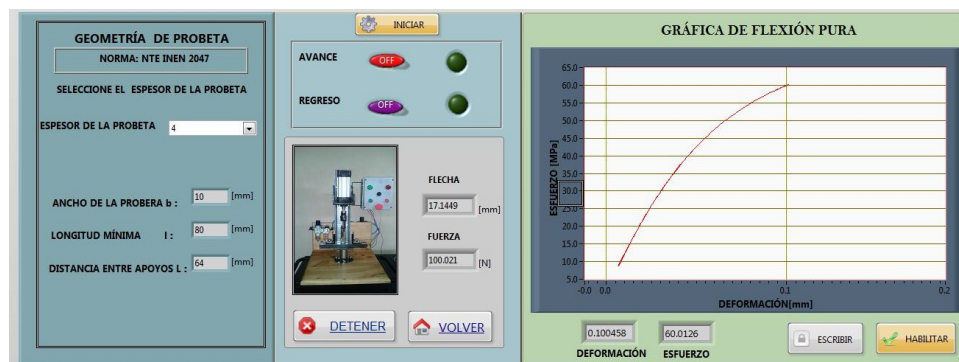


Figura 6.85. Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°4.

Fuente: Pablo Morales

Espécimen N°5

La curva obtenida del espécimen N° 5 indica el diagrama esfuerzo deformación de la quinta muestra, los parámetros obtenidos son los siguientes: flecha máxima 17,57 mm, fuerza final de aplicación 100,83 N, esfuerzo de flexión máximo 60,49MPa, con una deformación del 0,1%.

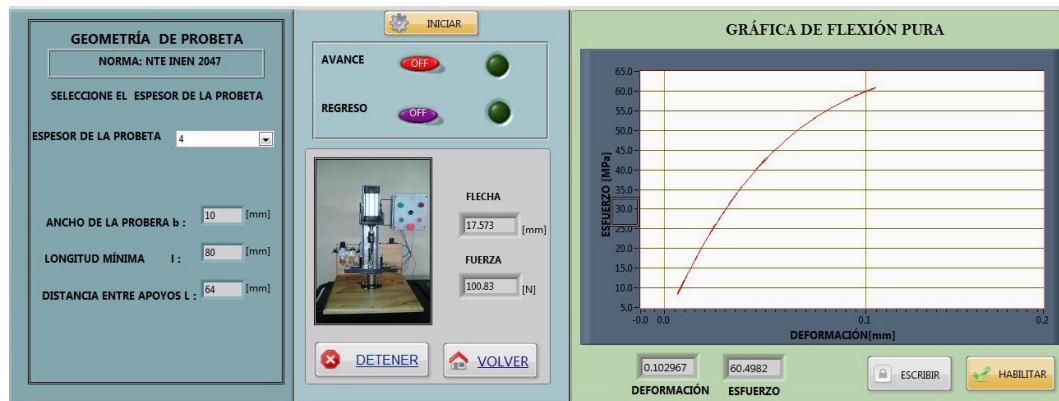


Figura 6.86.Diagrama esfuerzo – deformación espécimen N°5.

Fuente: Pablo Morales

Análisis de resultados

Para este ensayo se encontraron los diagramas de cada muestra utilizando la probeta normal de espesor 4 mm en cinco especímenes, se destacaron los siguientes parámetros en todos los ejemplares: la flecha de 17 mm, con una aplicación de fuerza final de 100N, el esfuerzo de flexión máximo se produjo exactamente en 60 MPa, con una deformación del 0.1%, todos estos parámetros se obtuvieron en el banco de pruebas de flexión pura en nylon.

Conclusiones

- El máximo esfuerzo de flexión encontrado en el banco de pruebas para el nylon fue de 60 MPa., valor equivalente a las tablas del fabricante del material, lo cual concluye que el banco de pruebas se encuentra correctamente calibrado para realizar el ensayo de flexión.

- El funcionamiento del banco de pruebas es de fácil compresión, se controla el ensayo desde la ventana gráfica del programa y las curvas del material se representa en el diagrama esfuerzo deformación del mismo panel gráfico.
- Para el ensayo de flexión es necesario utilizar una sola medida de espesor de probeta del nylon, por tal para ejecutar la prueba se debe realizar en probetas normales que sustenta la Norma técnica.

Recomendaciones

- Verificar las mangueras de aire que estén correctamente colocadas en los racores para evitar fugas de aire.
- Evitar manipular las probetas cuando se accione el cilindro neumático y se empiece a realizar el ensayo de flexión.
- Evitar que existan cerca del banco de pruebas elementos que pueden causar vibración de las probetas y conllevar a obtener datos distintos.

Bibliografía

- ✓ MOTT, Robert, (2009). Resistencia de Materiales. 5ta edición. Pearson Educación, México.
- ✓ SHIGLEY, Joseph. Diseño en ingeniería mecánica. Sexta-Octava edición. McGraw-Hill.
- ✓ ASKELAND, Donald. Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Tercera Edición. Tompson Editores.

ANEXO I: NORMA UTILIZADA

ANEXO II: NTE INEN 2047:2013 PLÁSTICOS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS RÍGIDOS



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2047:2013
Primera revisión

PLÁSTICOS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS RÍGIDOS

Primera Edición

PLASTICS. DETERMINATION OF FLEXURAL PROPERTIES OF RIGID PLASTIC MATERIALS.

First Edition

DESCRIPTORES: Plásticos, hojas, láminas, planchas, acrílicas, método, ensayo, flexión.
PL 03.01-305
CDU: 678.5.6:620.144.22
CIIU: 3580
ICS: 83.140

Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria

PLÁSTICOS
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LOS
MATERIALES PLÁSTICOS RÍGIDOS

NTE INEN
2047:2013
Primera revisión
2013-08

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece un método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión de los materiales plásticos rígidos, en forma de barras rectangulares, de medidas normalizadas o no, moldeadas directamente o cortadas a partir de hojas, placas u otras formas.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica únicamente a las muestras apoyadas en sus extremos, soportadas sin tensión y cargadas en la mitad de su longitud. La muestra es cargada con una velocidad constante hasta que ocurra la ruptura, o hasta que se alcance una deformación en flexión máxima del 5% (ver definiciones).

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Flecha*. Es la distancia que la superficie inferior o superior de la muestra en el punto de aplicación de la carga se desvía de su posición original durante la flexión. Se expresa en milímetros

3.1.2 *Esfuerzo de flexión*. Esfuerzo nominal de la superficie externa de la muestra en el punto de aplicación de la carga. Se expresa en mega pascales.

3.1.3 *Esfuerzo de flexión correspondiente a una flecha convencional*. Es el esfuerzo de flexión de una flecha igual a 1,5 veces el espesor de la muestra, (ver figura 1 curva c)

3.1.4 *Esfuerzo de flexión a la carga máxima*. Es el esfuerzo de flexión en el momento en que la carga aplicada alcanza el valor máximo.

3.1.5 *Esfuerzo de flexión en la rotura*. Es el esfuerzo de flexión en el instante de la rotura, (ver figura 1, curva a y b).

3.1.6 *Resistencia a la flexión*. Esfuerzo máximo de flexión soportado por la muestra durante un ensayo de doblado.

3.1.7 *Deformación en flexión*. Variación fraccional nominal en la longitud de un elemento de la superficie exterior de la muestra en el punto de aplicación de la carga.

3.1.8 *Deformación en flexión en la rotura*. Deformación en flexión en la rotura de la muestra (ver figura 1, curva a y b)

3.1.9 *Materiales anisótropos*. Materiales cuya propiedad varía según la dirección del plano en que es medida.

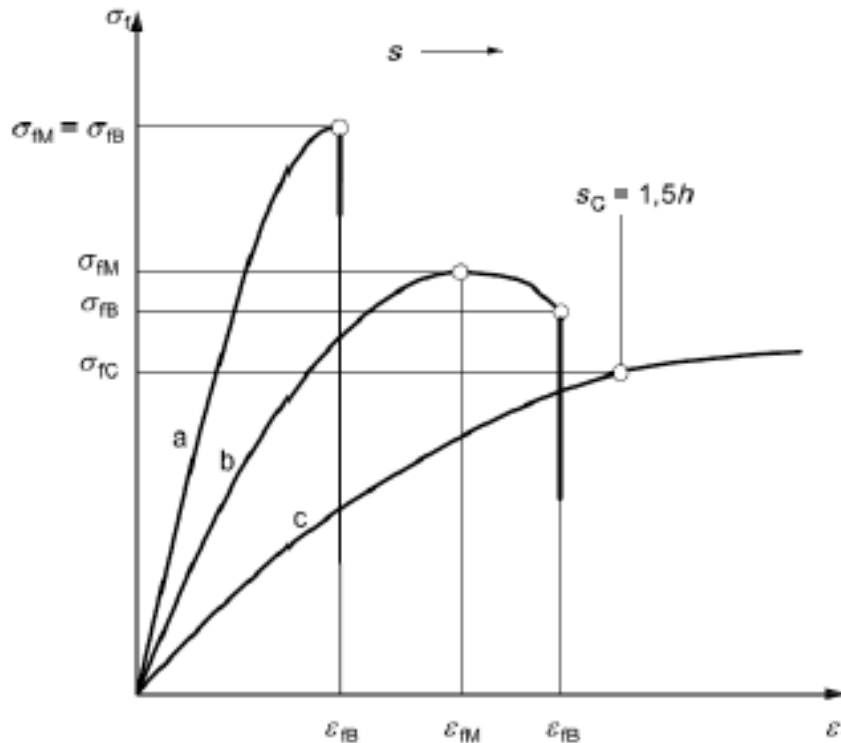
4. MÉTODO DE ENSAYO

4.1 Fundamento

4.1.1 Con este método pueden determinarse las características siguientes:

(Continúa)

DESCRIPTORES: Plásticos, hojas, láminas, planchas, acrílicas, método, ensayo, flexión.

FIGURA 1. Curvas típicas de esfuerzo, σ , versus deformación, ϵ , y flecha, s .

Curva a: muestra que se rompe antes de la fluencia

Curva b: muestra que presenta un máximo y se rompe antes de la flecha convencional

Curva c: muestra que no presenta un máximo ni se rompe antes de la flecha convencional

4.1.1.1 El esfuerzo de flexión y la flecha de rotura de los materiales que se rompen antes de alcanzar o alcanzando la flecha convencional.

4.1.1.2 El esfuerzo de flexión para la flecha convencional de los materiales que no se rompen antes o en la flecha convencional.

4.1.1.3 El esfuerzo de flexión para la carga máxima, en el caso de materiales que alcanzan la carga máxima antes o en la flecha convencional.

4.1.1.4 El esfuerzo de flexión en la rotura o para la carga máxima, en el caso de que la flecha convencional no se haya sobrepasado o si aquello se exige en la especificación del material.

4.1.1.5 El módulo aparente de elasticidad en flexión. El módulo de elasticidad en flexión debe considerarse únicamente como un valor aproximado del módulo de elasticidad de Young.

4.2 Equipo

4.2.1 Máquina normal de ensayo. Convenientemente construida y calibrada para permitir el desplazamiento relativo del útil de carga con relación a los apoyos, a velocidad regulable y aproximadamente constante y que indique las cargas con una precisión de $\pm 1\%$ y las flechas con una precisión de $\pm 1\%$. La rigidez del aparato será tal que la deformación elástica de todo el sistema no exceda el 1% de la flecha máxima de la muestra.

(Continúa)

4.2.2 La máquina debe ser capaz de mantener la velocidad de ensayo como se especifica en la tabla 1.

TABLA 1. Valores recomendados de velocidad de ensayo.

Velocidad de ensayo v (mm/min)	Tolerancia %
1*	± 20
2	± 20
5	± 20
10	± 20
20	± 10
50	± 10
100	± 10
200	± 10
500	± 10
* La velocidad más baja se usa en muestras de espesor comprendido entre 1 m y 3,5m	

4.2.3 Los dos soportes y un elemento de carga se colocan como se muestra en la figura 2. Los soportes y el elemento de carga deben ser paralelos con una tolerancia de $\pm 0,2$ mm sobre la anchura de la muestra.

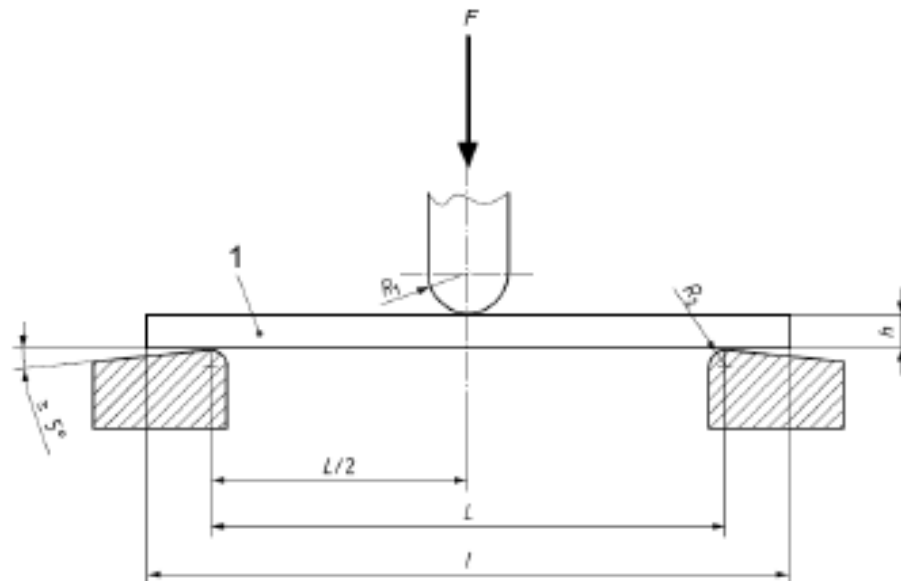
4.2.3.1 El radio R_1 del elemento de carga y los radios R_2 de los soportes deben ser los siguientes:

- a) R_1 : $(5,0 \pm 0,2)$ mm
- b) R_2 : $(2,0 \pm 0,2)$ mm para un espesor de muestra ≤ 3 mm
- c) R_2 : $(5,0 \pm 0,2)$ mm para un espesor de muestra > 3 mm

4.2.3.2 La separación de apoyos L debe ser ajustable

(Continúa)

FIGURA 2. Posición de la muestra durante el ensayo



Leyenda:

1: muestra

F: fuerza aplicada

 R_1 : radio del elemento de carga R_2 : radios de los soportes

h: espesor de la muestra

l: longitud de la muestra

L: longitud de la distancia entre soportes

4.3 Preparación de las muestras

4.3.1 Se preparan barras de sección rectangular, según la norma de especificaciones del producto a ensayar

4.3.2 Las muestras que se especifican en esta norma son las siguientes:

4.3.2.1 Muestras normales. Las medidas normales serán:

Longitud mínima: $l = (80 \pm 2)$ mm
 Anchura: $b = (10,0 \pm 0,2)$ mm
 Espesor: $e = (4,0 \pm 0,2)$ mm

a) Tanto el espesor como la anchura de las muestras, no deben desviarse del 2 % y 3 % de su valor medio, respectivamente. La sección transversal de las muestras debe ser rectangular, sin bordes redondeados.

4.3.2.2 Cuando no sea posible o no se desee usar las muestras normales, usar muestras con dimensiones dadas en la tabla 2.

(Continúa)

TABLA 2. Anchura de la muestra en relación al espesor.

Espesor e mm	Anchura b mm ($\pm 0,5$)
1 < e \leq 3	25,0
3 < e \leq 5	10,0
5 < e \leq 10	15,0
10 < e \leq 20	20,0
20 < e \leq 35	35,0
35 < e \leq 50	50,0

4.3.2.3 Se mide el espesor de la muestra, en los puntos que se encuentran a ± 2 mm del centro de la muestra, empleando un micrómetro con una precisión de $\pm 0,01$ mm. El pie de presión debe tener una cara de contacto plana, circular, con un diámetro ≈ 4 mm, y el yunque debe tener una cara de contacto esférica de radio 50 mm para evitar errores por desalineamiento con la muestra.

- a) El ancho de la muestra, debe medirse con un micrómetro con una precisión de $\pm 0,02$ mm. El pie de presión debe tener una cara de contacto plana, sea circular con un diámetro de 1 mm, o rectangular con el lado que estará paralelo a la dirección de la muestra de 1 mm de largo.

4.3.2.4 Materiales anisótropos.

- a) En el caso de materiales anisótropos, las muestras deben elegirse de tal forma que el esfuerzo de flexión que sufran las mismas durante el ensayo se aplique en el mismo sentido y dirección que los que puedan sufrir en la práctica, los correspondientes productos.
- b) La relación entre la muestra elegida y su aplicación determina la posibilidad o imposibilidad de elegir muestras normales, y en este último caso se tendrá en cuenta lo indicado en el numeral 4.3.2.2
- c) Cuando el material muestra una diferencia significativa (>20%) en las propiedades de flexión en las dos direcciones principales, el ensayo debe realizarse en estas dos direcciones. Debe registrarse la orientación de las muestras respecto a las direcciones principales (ver figura 3).

4.3.3 Examen de las muestras. Las muestras deben estar libres de torsiones y sus caras opuestas deben ser paralelas y sus caras adyacentes deben ser perpendiculares. Todas las superficies y los bordes deben estar exentos de arañazos, huecos, rechupes y rebabas.

4.3.4 Número de muestras

4.3.4.1 Para la realización del ensayo deben emplearse como mínimo cinco muestras.

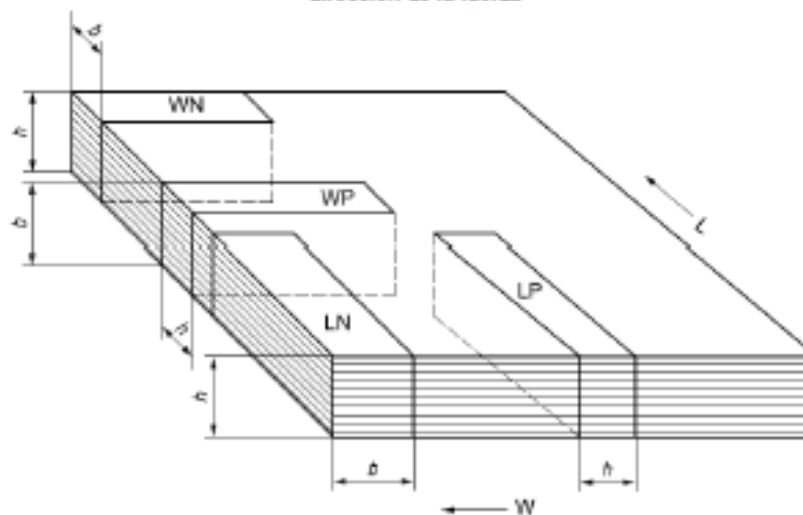
4.3.4.2 Los resultados obtenidos en las muestras que se rompen fuera del tercio central de la longitud entre apoyos deben rechazarse y deben ser reemplazadas por otras muestras.

4.3.4.3 Cuando el material presenta diferencias importantes de características de flexión en dos direcciones principales deben ensayarse separadamente estas dos direcciones.

4.3.4.4 Si en su utilización el material va a estar sometido a un esfuerzo con una orientación diferente a alguna de las direcciones principales, se recomienda que se efectúe el ensayo según la citada orientación.

(Continúa)

FIGURA 3. Posición de la muestra de ensayo en relación a la dirección del producto y dirección de la fuerza



L: dirección de longitud del producto
W: dirección de anchura del producto

Posición de la muestra	Dirección del producto	Dirección de la fuerza
LN	Longitud	Normal
WN	Anchura	
LP	Longitud	Paralela
WP	Anchura	

4.3.5 Acondicionamiento de las muestras

4.3.5.1 Acondicionar las muestras a una de las siguientes atmósferas normales.

- $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ y $(65 \pm 5) \%$ de humedad relativa
- $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ y $(50 \pm 5) \%$ de humedad relativa
- $(27 \pm 2) ^\circ\text{C}$ y $(65 \pm 5) \%$ de humedad relativa

4.3.5.2 Para cada una de las atmósferas normales indicadas en el numeral 4.3.5.1, la duración normal del acondicionamiento será de 88 h a 94 h.

4.4 Procedimiento

4.4.1 Realizar el ensayo en uno de los casos indicados en el numeral 4.3.5.1.

4.4.2 Medir la anchura b con una aproximación de 0,1 mm y el espesor e con una aproximación de 0,01 mm en el centro de la muestra. Calcular el espesor medio del banco de muestras.

4.4.3 Ajustar la distancia entre apoyos L a un valor que cumpla con la ecuación: $L = (16 \pm 1) \times$ espesor medio. Para muestras normales $L = 64$ mm.

4.4.4 Medir la distancia entre apoyos con una precisión de 0,5%.

4.4.5 La velocidad de ensayo, si no se indica otra cosa en la especificación del material, se establece por la ecuación siguiente:

(Continúa)

$$v = \frac{rL^2}{600e}$$

En donde:

- v= velocidad de ensayo, mm/min
- r=grado de deformación en flexión (%/min)
- L=distancia entre apoyos, mm
- e= espesor de la muestra, mm

4.4.6 Se comienza el ensayo en 1 min después de alcanzar la carga previa, empleando la velocidad de ensayo especificada/ seleccionada para la determinación de los módulos (ver 4.4.5). Después de alcanzar el extremo de la zona de determinación del módulo ($0,05\% \leq \epsilon \leq 0,25\%$) se continúa el ensayo según se especifica en el método A o método B.

4.4.7 Método A (determinación de la curva de esfuerzo en flexión/ deformación en flexión empleando sólo una velocidad de ensayo): Se continúa registrando la carga y la fecha de la muestra sin interrupción, empleando la misma velocidad de ensayo que la empleada en la zona de determinación del módulo (véase 4.4.5).

4.4.8 Método B (determinación de la curva de esfuerzo en flexión/ deformación en flexión empleando dos velocidades de ensayo): Después de registrar los datos en la zona de determinación del módulo (véase 4.4.6), se quita la carga de la muestra y se comienza de nuevo empleando una velocidad más elevada correspondiente al material o bien, se cambia directamente la velocidad de ensayo aumentándola (sin quitar la carga de la muestra). Se emplea una velocidad más elevada que la velocidad especificada en la norma del material que está siendo ensayado. En ausencia de esta información, se selecciona un valor de la tabla 1 que de una velocidad de deformación en flexión lo más próximo al 5 %/min o al 50 %/min. Esto da una velocidad de ensayo de 10 mm/min o 100 mm/min para la muestra normal (ver 4.3.2.1). Para materiales que rompan sin que den una máxima resistencia pronunciada se emplea 10 mm/min y para todos los demás materiales 100 mm/min.

4.4.9 Se registra la fuerza y la fecha correspondiente de la muestra durante el ensayo, utilizando, si es posible, un sistema de registro automático que permita obtener una curva de fluencias completa de esfuerzo de flexión/ fecha para esta operación. Se determinan todos los esfuerzos, fechas y deformaciones correspondientes, a partir de una curva fuerza/ fecha o esfuerzo/ fecha, o mediante datos equivalentes.

4.5 Cálculos

4.5.1 Esfuerzo de flexión

$$\sigma_f = \frac{3FL}{2bh^2}$$

En donde:

- σ_f es el parámetro de esfuerzo de flexión en cuestión;
- F es la fuerza aplicada, en newtons*;
- L es la distancia entre apoyos, en milímetros;
- b es la anchura de la muestra, en milímetros;
- h es el espesor, de la muestra, en milímetros.

4.5.2 Deformación en flexión

$$\epsilon_f = \frac{6sh}{L^2}$$

En donde:

- ϵ_f es el parámetro de deformación de flexión en cuestión, expresado como una relación adimensional o como un porcentaje.
- s es la flecha, en milímetros;
- h es el espesor, de la muestra, en milímetros
- L es la distancia entre apoyos, en milímetros.

* 1N = kg/m²

4.5.3 Módulo de flexión

4.5.3.1 Para la determinación del módulo de flexión, se calculan las flechas s_1 y s_2 , que corresponden a los valores dados de deformación en flexión $\epsilon_{f1} = 0,0005$ y $\epsilon_{f2} = 0,0025$, mediante la siguiente ecuación:

$$s_i = \frac{\epsilon_f L^3}{6h} \quad (i = 1 \text{ o } 2)$$

En donde:

- s_i es una de las flechas, en milímetros;
- ϵ_f es la deformación en flexión correspondiente, cuyos valores ϵ_{f1} y ϵ_{f2} se han dado anteriormente;
- L es la distancia entre apoyos, en milímetros;
- h es el espesor de la muestra, en milímetros.

4.5.3.2 Se calcula el módulo de flexión E_f , utilizando la siguiente ecuación:

$$E_f = \frac{\sigma_{f2} - \sigma_{f1}}{\epsilon_{f2} - \epsilon_{f1}}$$

En donde:

- E_f es el módulo de flexión, en mega pascales
- σ_{f1} es el esfuerzo de flexión, expresado en mega pascales², medido para la flecha s_1 ;
- σ_{f2} es el esfuerzo de flexión, expresado en mega pascales, medido para la flecha s_2 .

4.5.4 Se calcula la media aritmética de los resultados del ensayo y, si se requiere, la desviación típica y el intervalo de confianza para el 95% de probabilidad de los valores medios.

4.6 Informe de resultados. El informe final para la presentación de resultados debe contener lo siguiente:

4.6.1 Como resultado final debe reportarse la media aritmética de los resultados de la determinación.

4.6.2 Identificación del material sometido a ensayo.

4.6.3 Método de preparación de las muestras.

4.6.4 Medidas de las muestras y longitud entre apoyos utilizadas.

4.6.5 Cuando las muestras se rompen, reportar valores especificados en 4.5:

4.6.6 Cuando las muestras no se rompen:

4.6.6.1 El esfuerzo de flexión para la flecha convencional.

4.6.6.2 El esfuerzo de flexión y la flecha en la carga máxima, su media aritmética y desviación típica en cada caso.

4.6.7 Eventualmente la curva carga - flecha, con el valor de la media aritmética del módulo aparente de elasticidad, E_f y la desviación típica de E_f .

4.6.8 Modo de acondicionamiento y atmósfera de ensayo.

4.6.9 NTE INEN de referencia.

1 MPa = 1 kg/mm²

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Internacional ISO 178:2010. *Plastics. Determination of flexural properties.* International Organization for Standardization. Geneva, 2010.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2047	TÍTULO: PLÁSTICOS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS RÍGIDOS	Código: PL 03.01-305
Primera revisión	PLÁSTICOS RÍGIDOS	
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio: 1993-05-17	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo: 1996-01-09 Oficializada con el carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No 0042 de 1996-02-29 publicado en el Registro Oficial No. 902 de 1996-03-12 Fecha de iniciación del estudio: 2012-06-12	
Fechas de consulta pública: de 2012-11-30 a 2012-12-30		

Subcomité Técnico: Fecha de iniciación: Integrantes del Subcomité Técnico:	Fecha de aprobación:
---	-----------------------------

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Mediante compromiso presidencial N° 16364, el Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN, en vista de la necesidad urgente, resuelve actualizar el acervo normativo en base al estado del arte y con el objetivo de atender a los sectores priorizados así como a todos los sectores productivos del país.

Para la revisión de esta Norma Técnica se ha considerado el nivel jerárquico de la normalización, habiendo el INEN realizado un análisis que ha determinado su conveniente aplicación en el país.

La Norma en referencia ha sido sometida a consulta pública por un periodo de 30 días y por ser considerada EMERGENTE no ha ingresado a Subcomité Técnico.

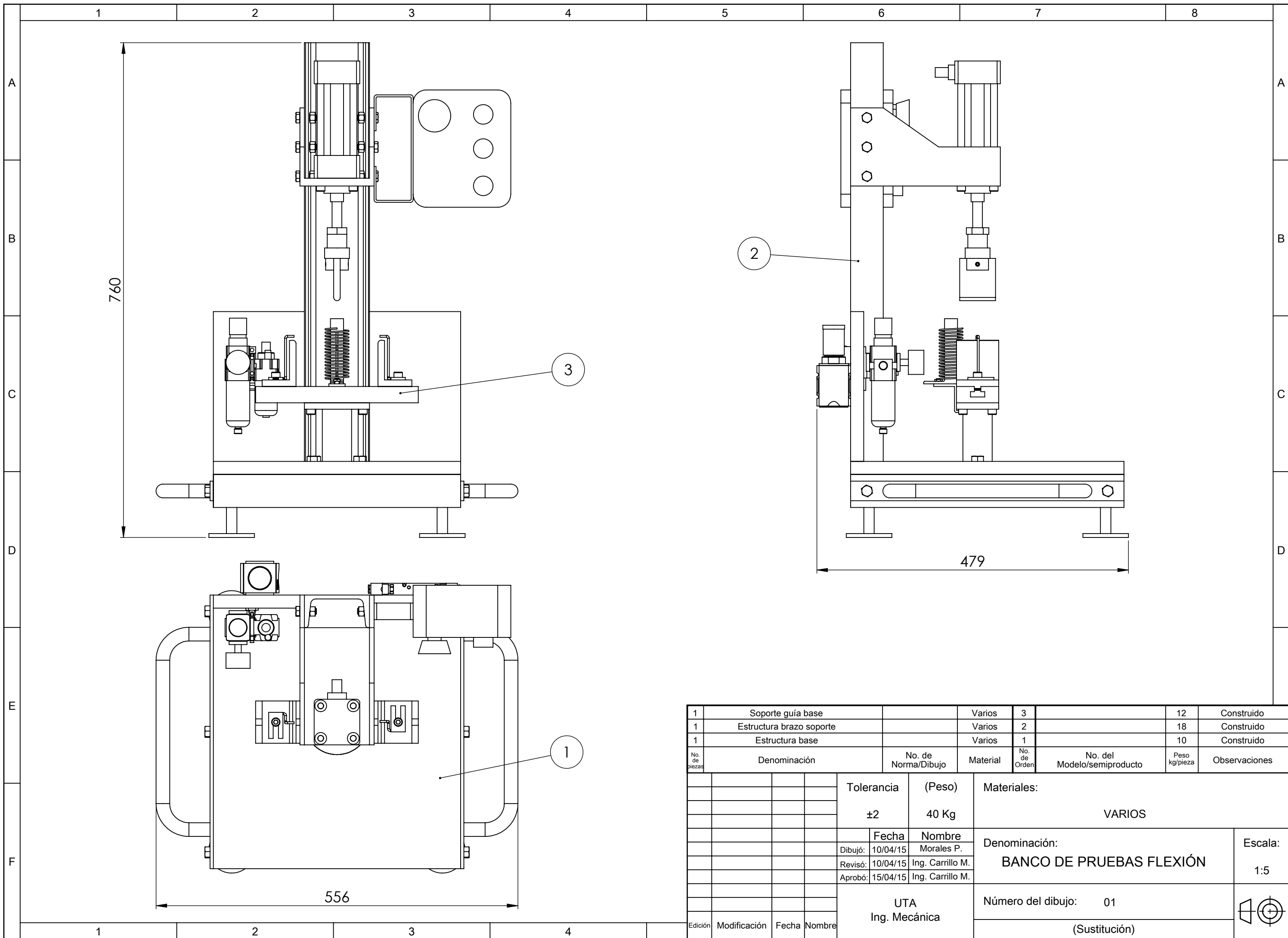
Otros trámites: * Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue DESREGULARIZADA, pasando de OBLIGATORIA a VOLUNTARIA, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20

Esta NTE INEN 2047:2013 (Primera revisión), reemplaza a la NTE INEN 2047:1996

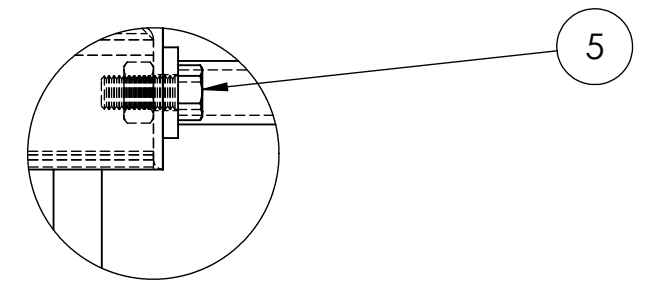
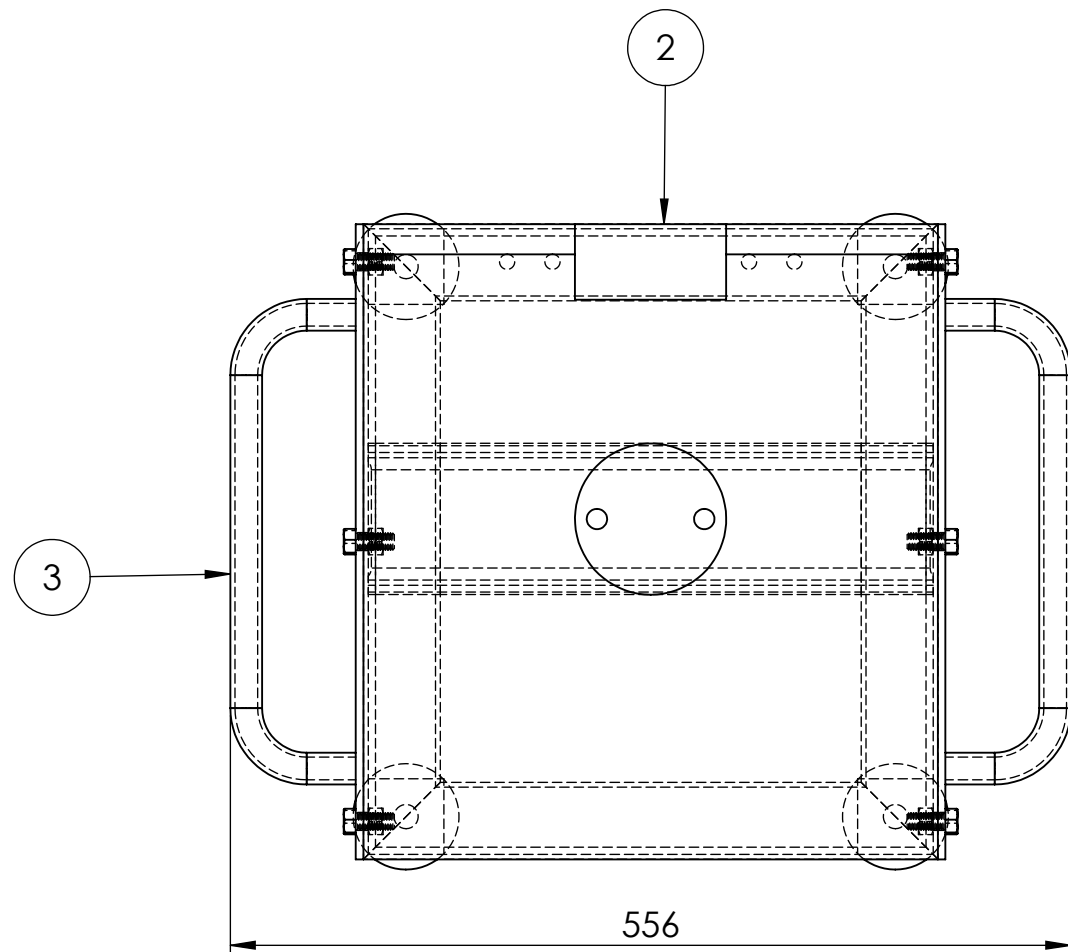
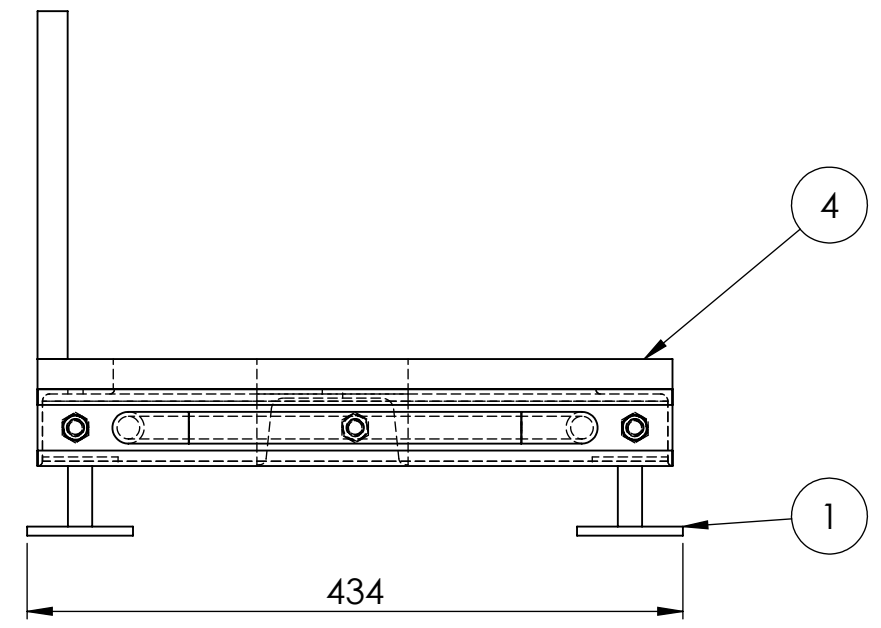
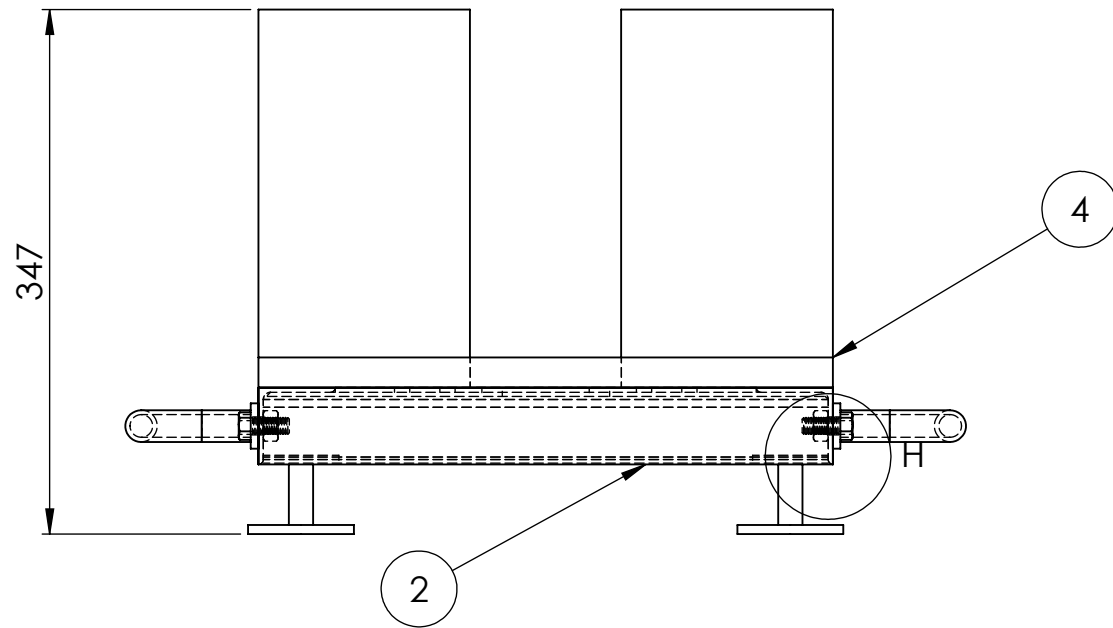
La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria	Por Resolución No. 13259 de 2013-07-05
Registro Oficial No. 52 de 2013-08-06	

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno ES-29 y Av. 8 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (093 2) 2 801888 al 2 801891 - Fax: (093 2) 2 887818
Dirección General: E-Mail: direccion@inen.gov.ec
Área Técnica de Normalización: E-Mail: normalizacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Certificación: E-Mail: certificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Verificación: E-Mail: verificacion@inen.gov.ec
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: inenlaboratorios@inen.gov.ec
Regional Guayas: E-Mail: inenaguayas@inen.gov.ec
Regional Azuay: E-Mail: inenazuaya@inen.gov.ec
Regional Chimborazo: E-Mail: inenchimbamba@inen.gov.ec
URL: www.inen.gov.ec

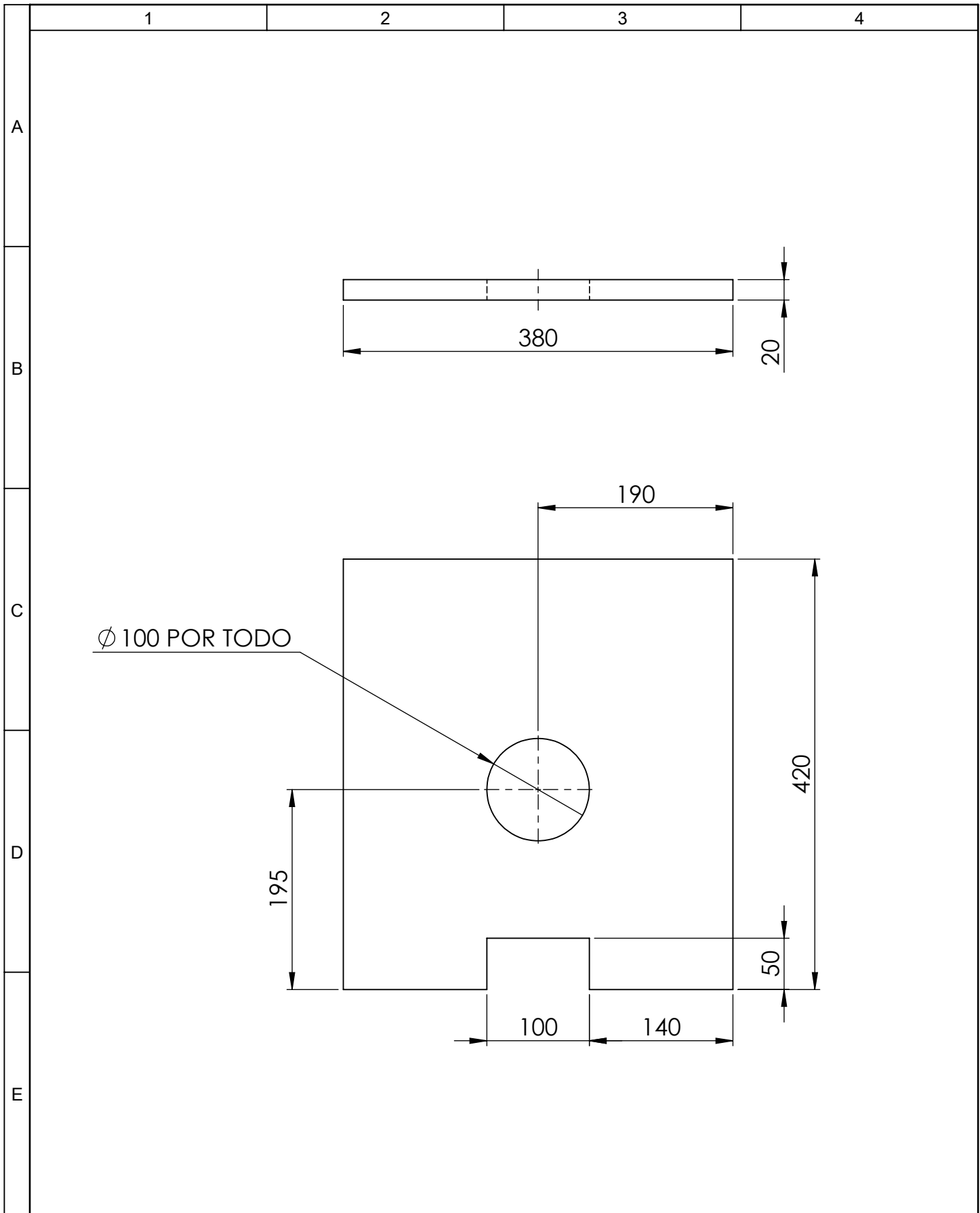


1	Soporte guía base	Varios	3	12	Construido		
1	Estructura brazo soporte	Varios	2	18	Construido		
1	Estructura base	Varios	1	10	Construido		
No. de piezas	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
		Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
		±2	40 Kg	VARIOS			
		Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:	
		Dibujó: 10/04/15	Morales P.	BANCO DE PRUEBAS FLEXIÓN		1:5	
		Revisó: 10/04/15	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 01			
		Aprobó: 15/04/15	Ing. Carrillo M.	(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica			

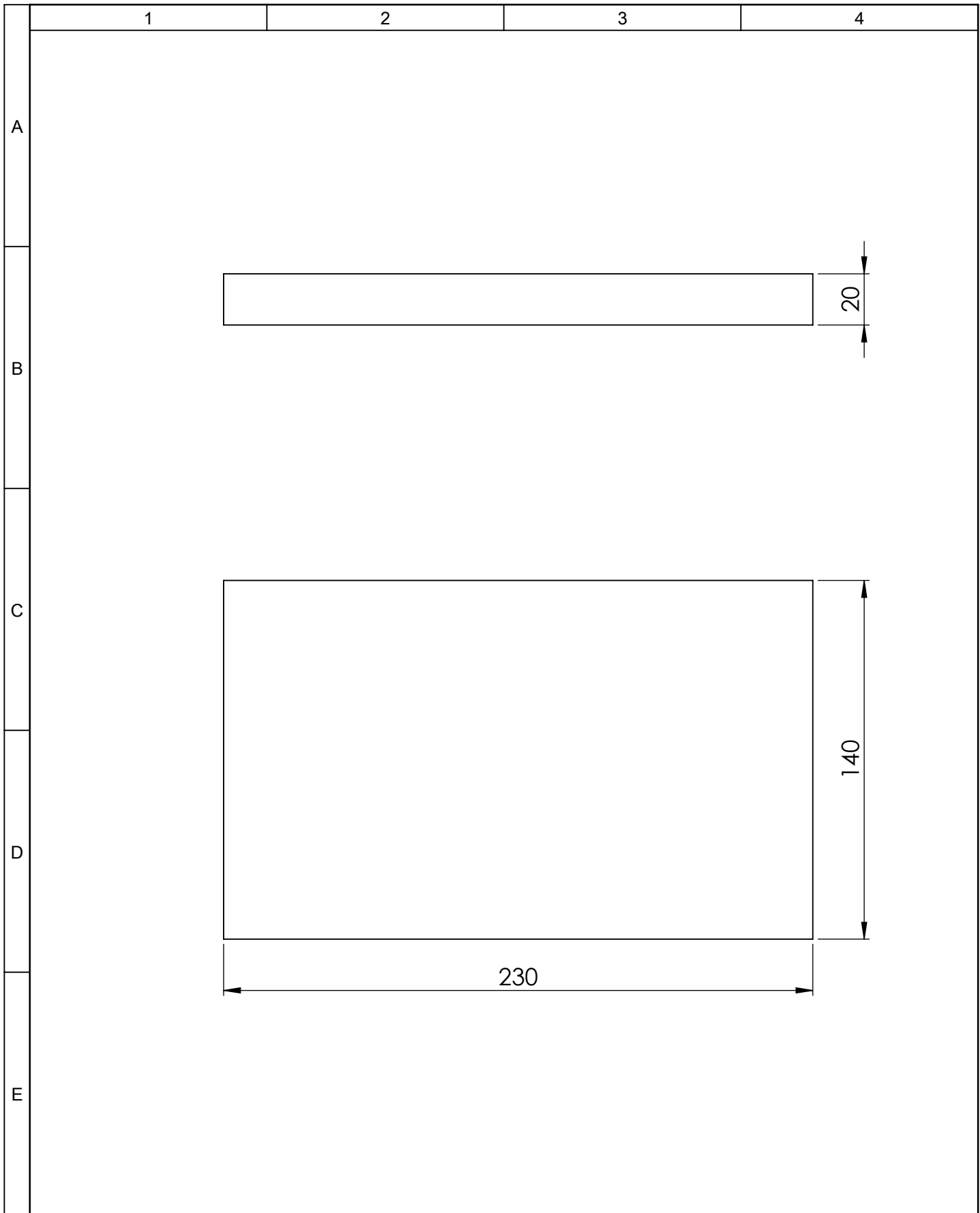


DETALLE H
ESCALA 1 : 2.5

6	Perno M12		ASTM A36	5		0.1	Comprado
1	Repisa		Caoba	4		2	
2	Manija		ASTM A36	3		1	Doblado y Soldado
1	Soporte		ASTM A36	2		7	Soldado
4	Patatas soporte		Varios	1		0.1	Comprado
No. de piezas	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
			Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
			±2	10 Kg	VARIOS		
			Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
			Dibujó: 10/04/15	Morales P.	ESTRUCTURA BASE		1:5
			Revisó: 10/04/15	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 02		
			Aprobó: 15/04/15	Ing. Carrillo M.			
			UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				$\pm 0,1$	2 Kg	CAOBA			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
				Dibujó: 10/04/15	Morales P.			REPISA	1:5
				Revisó: 10/04/15	Morales P.				
				Aprobó: 21/04/15	Ing. M. Carrillo.	Número del dibujo: 05			
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre						



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				$\pm 0,1$	0,5 Kg	CAOBA		
				Fecha	Nombre	Denominación: REPISA LATERAL		Escala:
				Dibujó: 10/04/15	Morales P.			1:2
				Revisó: 10/04/15	Morales P.			
				Aprobó: 21/04/15	Ing. M. Carrillo.	Número del dibujo: 06		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)		

A

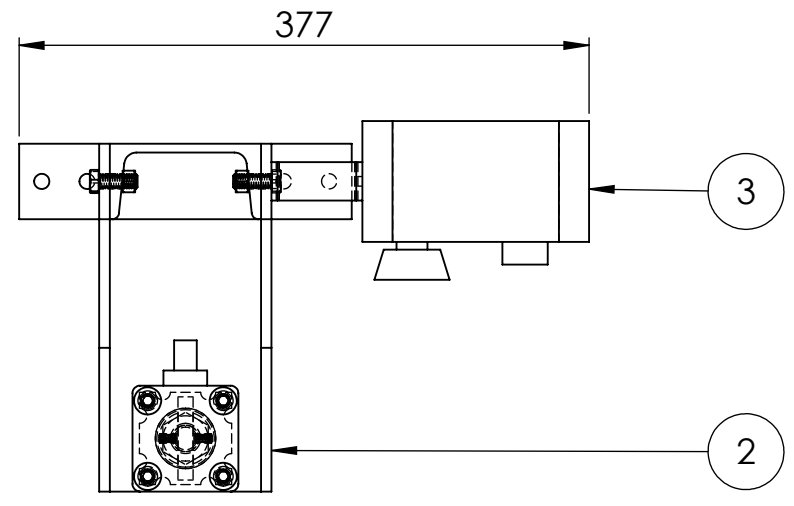
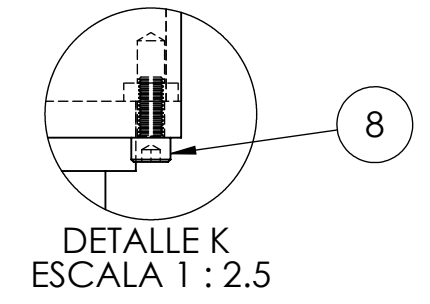
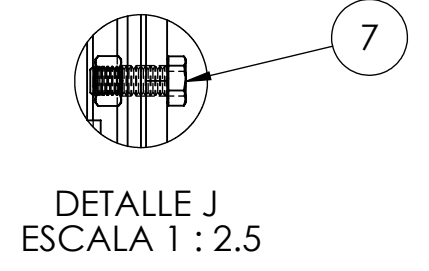
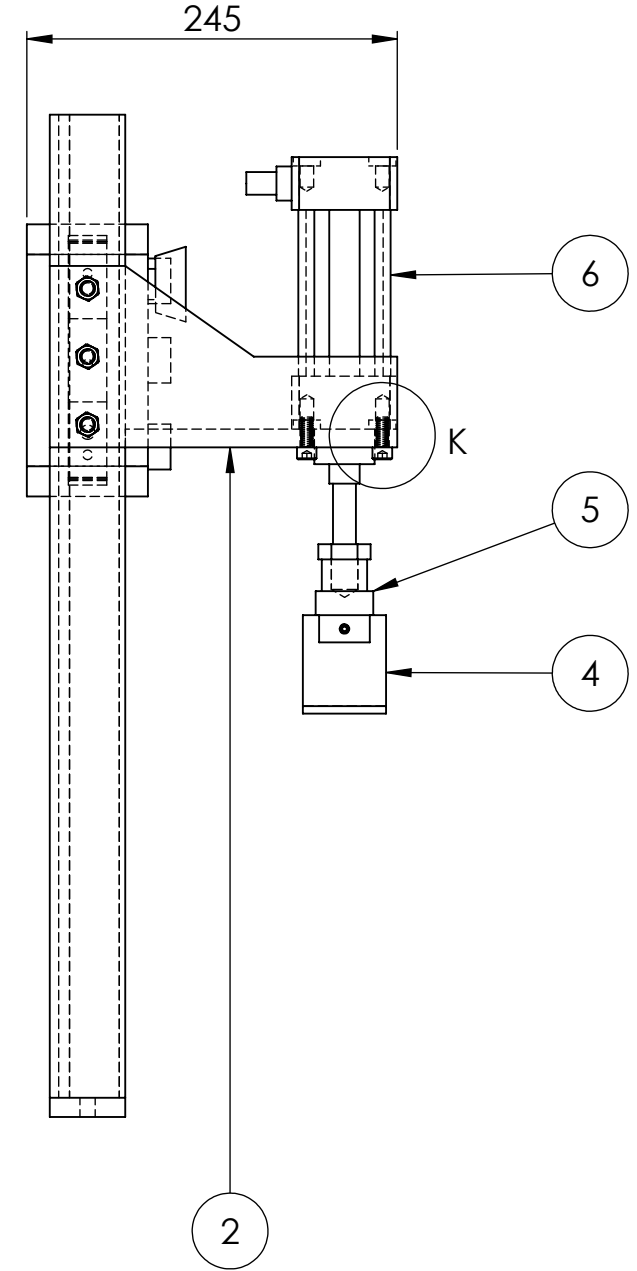
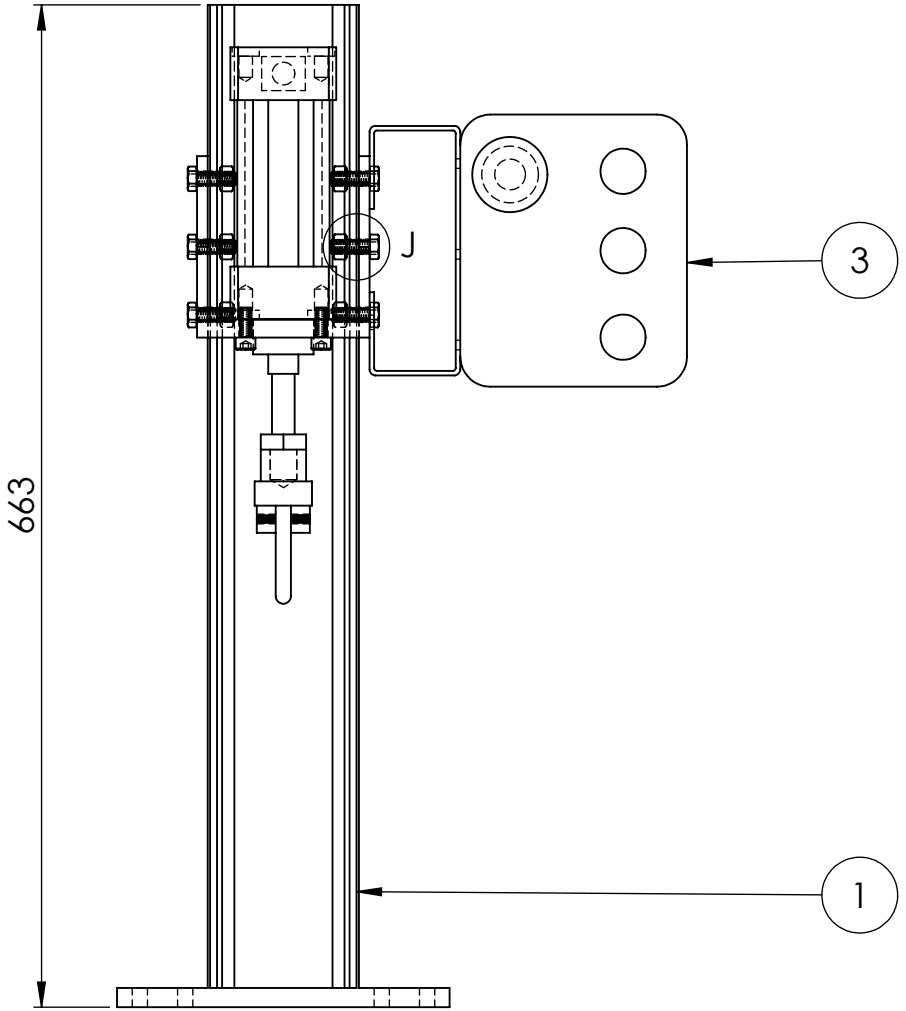
B

C

D

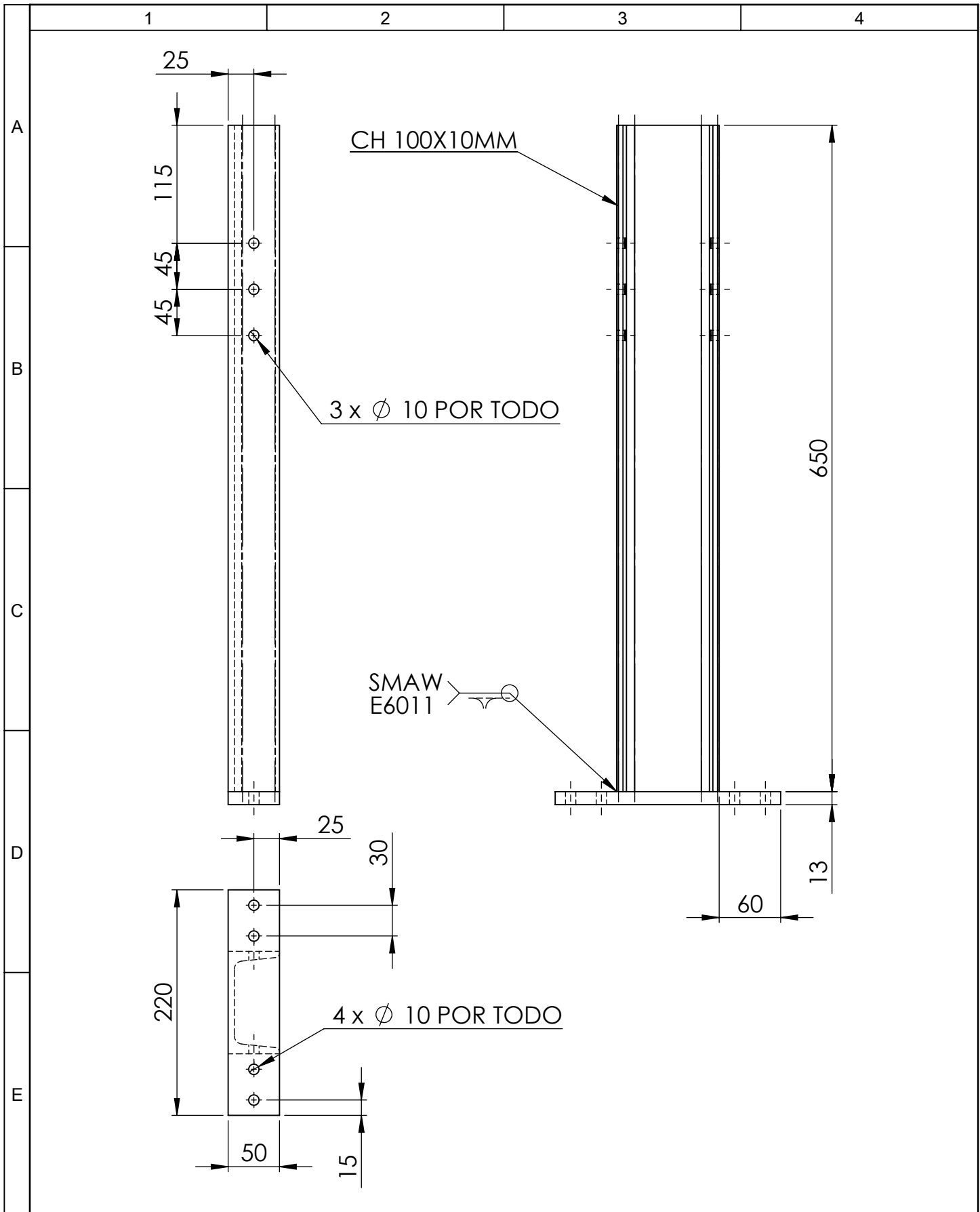
E

F

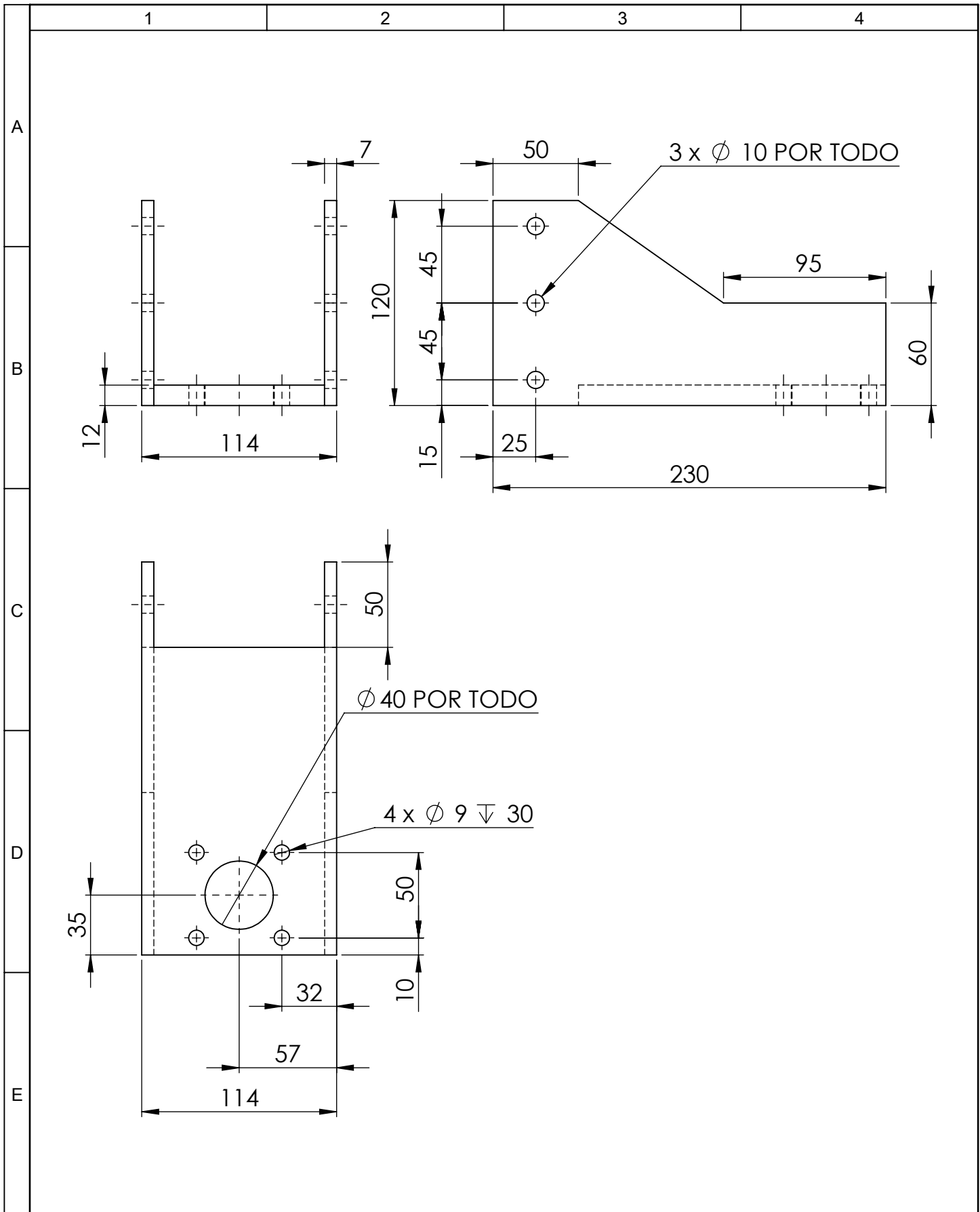


4	Perno M9	ASTM A36	8	0.1	Comprado		
6	Perno M10	ASTM A36	7	0.1	Comprado		
1	Cilindro neumático	Varios	6	3	Comprado		
1	Acoplador	ASTM A36	5	1	Torneado		
1	Elemento de carga	ASTM A36	4	0.8	Fresado		
1	Cajetín eléctrico	Varios	3	1.5	Empernado		
1	Brazo soporte	ASTM A36	2	3	Empernado		
1	Parante vertical	ASTM A36	1	7	Soldado		
No. de piezas	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones

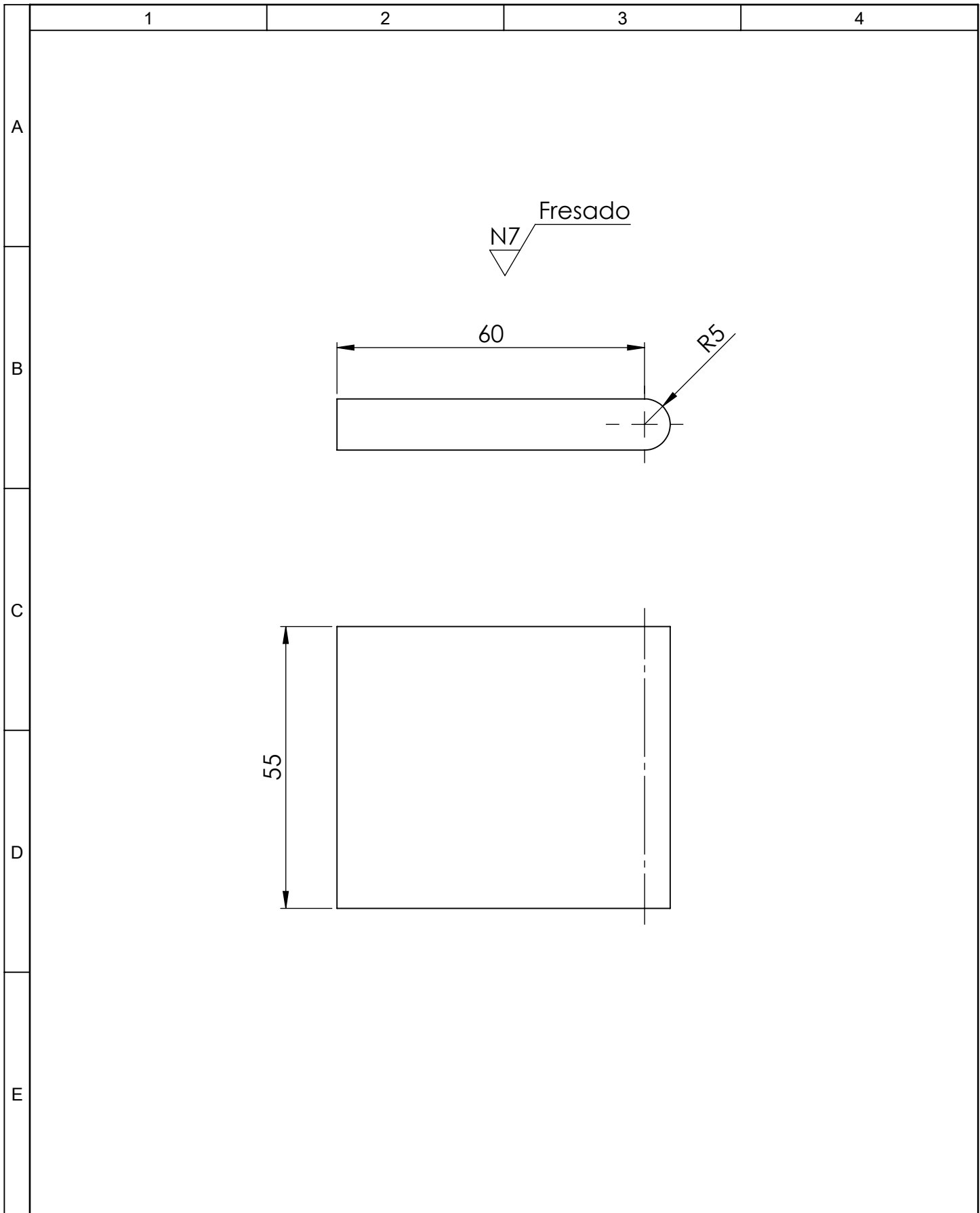
Tolerancia		(Peso)	Materiales:	
±2		18 Kg	VARIOS	
Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
Dibujó: 10/04/15	Morales P.	ESTRUCTURA BRAZO SOPORTE		1:5
Revisó: 10/04/15	Ing. Carrillo M.	Número del dibujo: 07		
Aprobó: 15/04/15	Ing. Carrillo M.	(Sustitución)		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	
			UTA Ing. Mecánica	



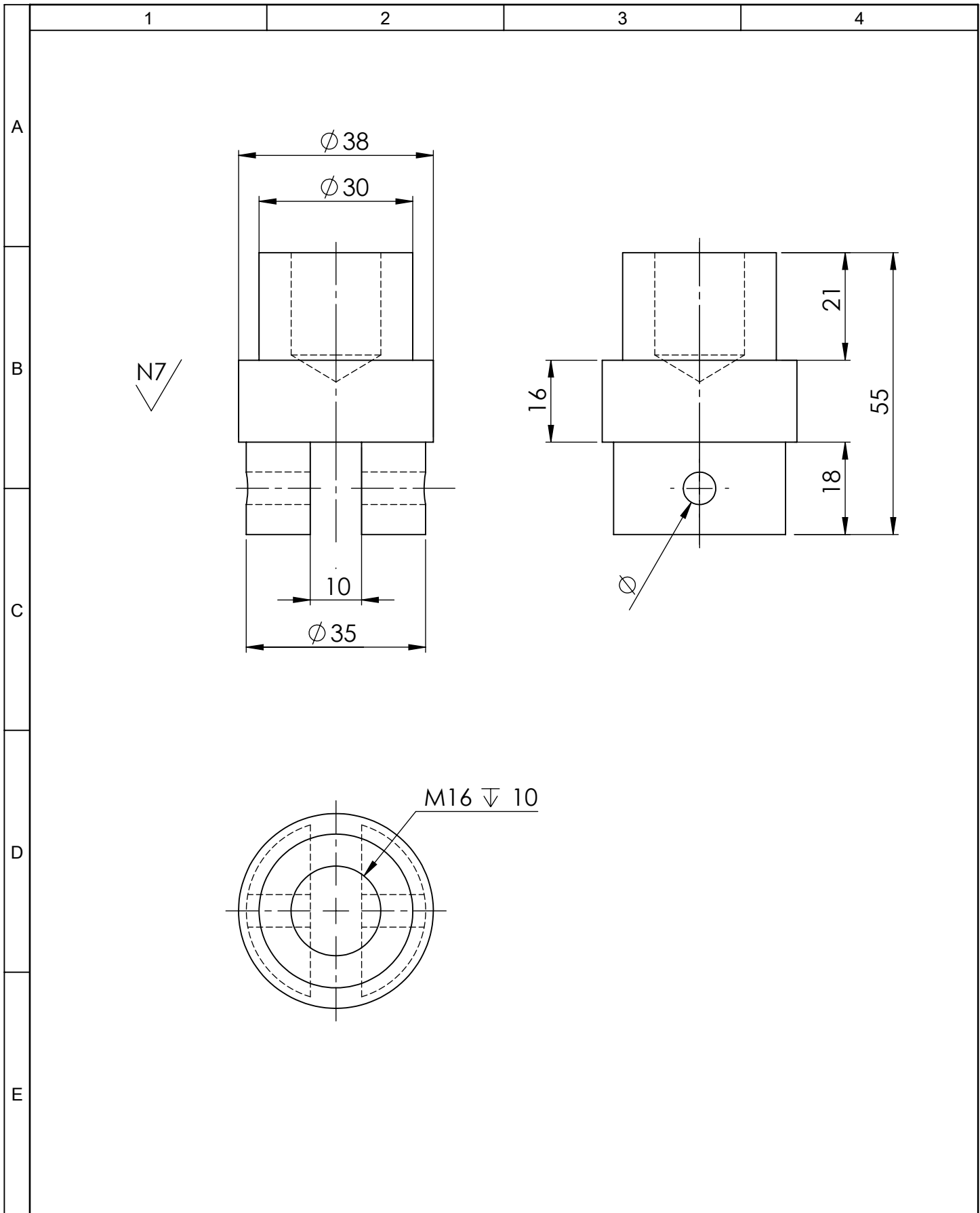
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				±0,1	7 Kg	ASTM A36			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
			Dibujó:	10/04/15	Morales P.			PARANTE VERTICAL	1:5
			Revisó:	10/04/15	Morales P.				
				Aprobó:	21/04/15	Ing. M. Carrillo.			
				UTA		Número del dibujo:			
				Ing. Mecánica		08			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)			



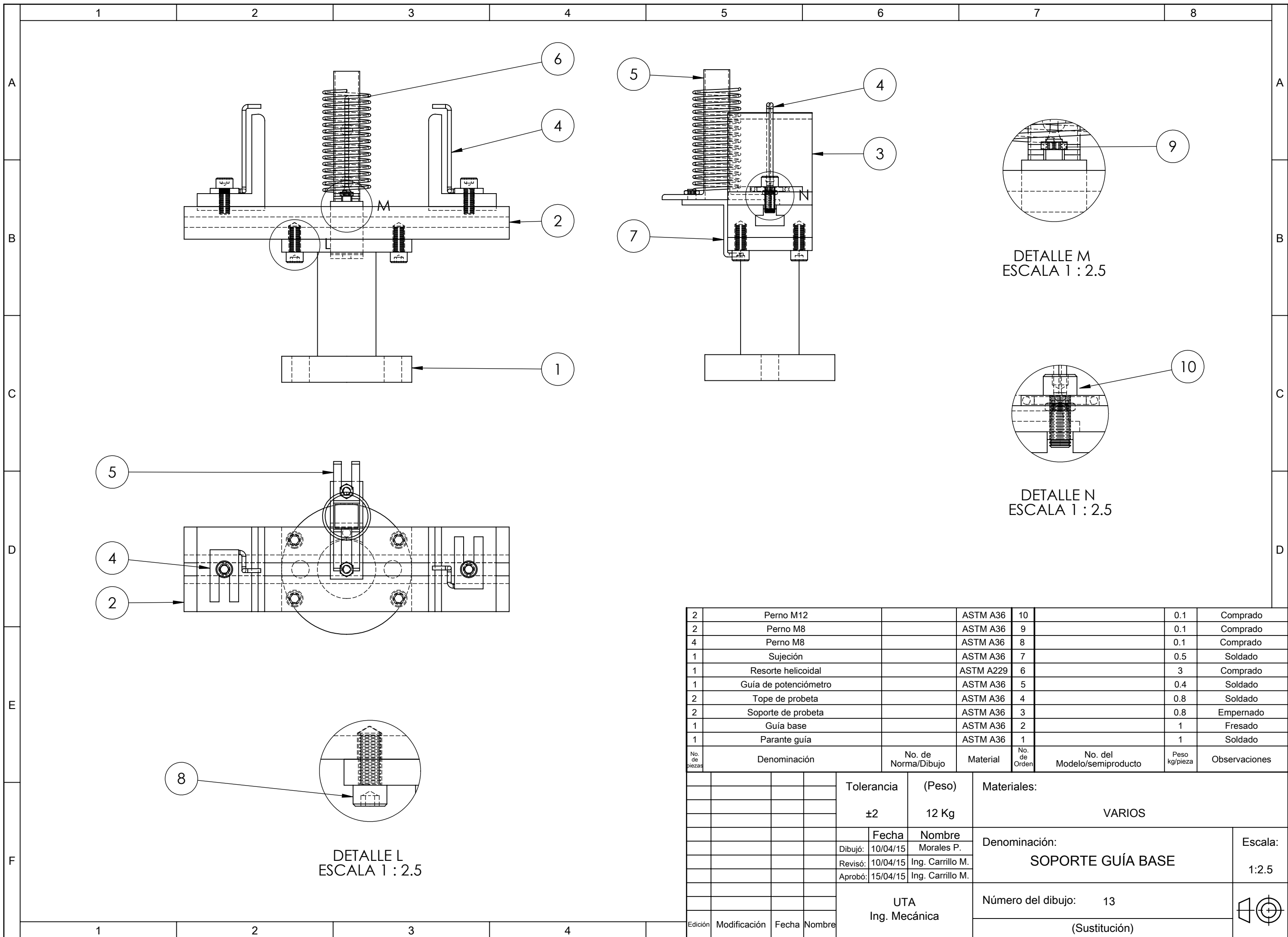
				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				$\pm 0,1$	0,5 Kg	ASTM A36			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
				Dibujó: 10/04/15	Morales P.			BRAZO SOPORTE	1:2
				Revisó: 10/04/15	Morales P.				
				Aprobó: 21/04/15	Ing. M. Carrillo.	Número del dibujo: 09			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)			



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				±0,1	0,2 Kg	ASTM A36			
					Fecha	Nombre	Denominación: ELEMENTO DE CARGA		Escala:
				Dibujó:	10/04/15	Morales P.			1:1
				Revisó:	10/04/15	Morales P.			
				Aprobó:	21/04/15	Ing. M. Carrillo.	Número del dibujo: 10		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	UTA Ing. Mecánica			(Sustitución)		



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				$\pm 0,1$	0,5 Kg	ASTM A36			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
				Dibujó: 10/04/15	Morales P.			ACOPLADOR	1:1
				Revisó: 10/04/15	Morales P.				
				Aprobó: 21/04/15	Ing. M. Carrillo.	Número del dibujo: 11			
				UTA Ing. Mecánica		(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre						



2	Perno M12		ASTM A36	10		0.1	Comprado
2	Perno M8		ASTM A36	9		0.1	Comprado
4	Perno M8		ASTM A36	8		0.1	Comprado
1	Sujeción		ASTM A36	7		0.5	Soldado
1	Resorte helicoidal		ASTM A229	6		3	Comprado
1	Guía de potenciómetro		ASTM A36	5		0.4	Soldado
2	Tope de probeta		ASTM A36	4		0.8	Soldado
2	Soporte de probeta		ASTM A36	3		0.8	Empernado
1	Guía base		ASTM A36	2		1	Fresado
1	Parante guía		ASTM A36	1		1	Soldado
No. de piezas	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de Orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
			Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
			±2	12 Kg	VARIOS		
			Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
			Dibujó: 10/04/15	Morales P.	SOPORTE GUÍA BASE		1:2.5
			Revisó: 10/04/15	Ing. Carrillo M.			
			Aprobó: 15/04/15	Ing. Carrillo M.			
			UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 13		
					(Sustitución)		

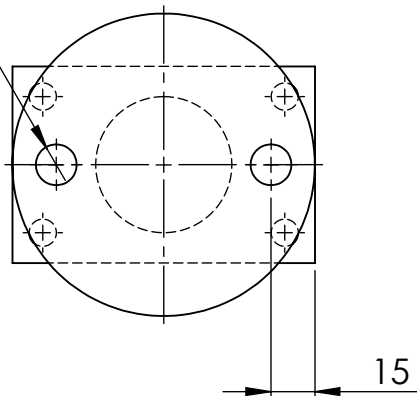
1

2

3

4

A

2 agujeros $\varnothing 12$ pasantes

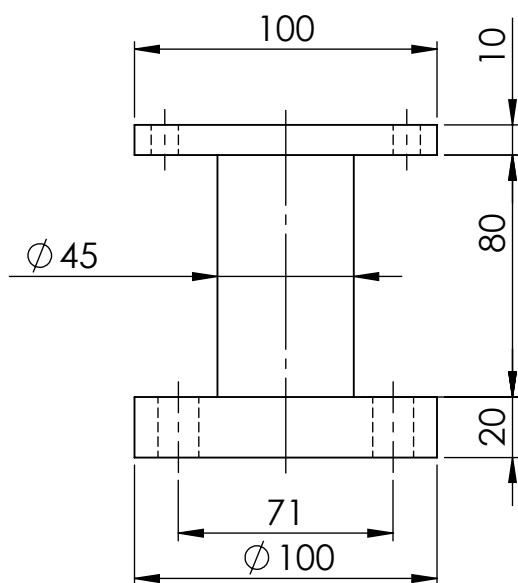
B

C

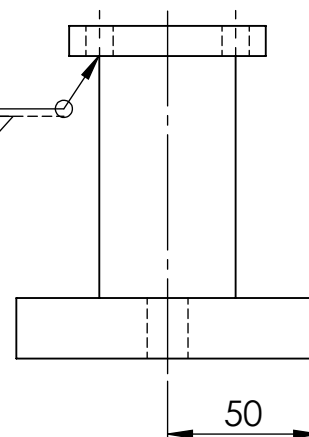
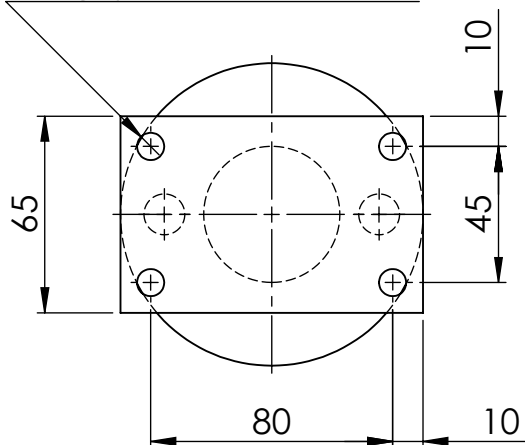
D

E

N6 Torneado



GMAW
ER 70 S-6

4 agujeros $\varnothing 8$ pasantes

Tolerancia

(Peso)

Materiales:

 $\pm 0,1$

1 Kg

ASTM A36

Fecha

Nombre

Denominación:

Escala:

Dibujó: 10/04/15

Morales P.

PARANTE GUÍA

1:2.5

Revisó: 10/04/15

Morales P.

Aprobó: 21/04/15

Ing. M. Carrillo.

UTA

Número del dibujo: 14

Ing. Mecánica

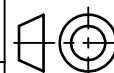
(Sustitución)

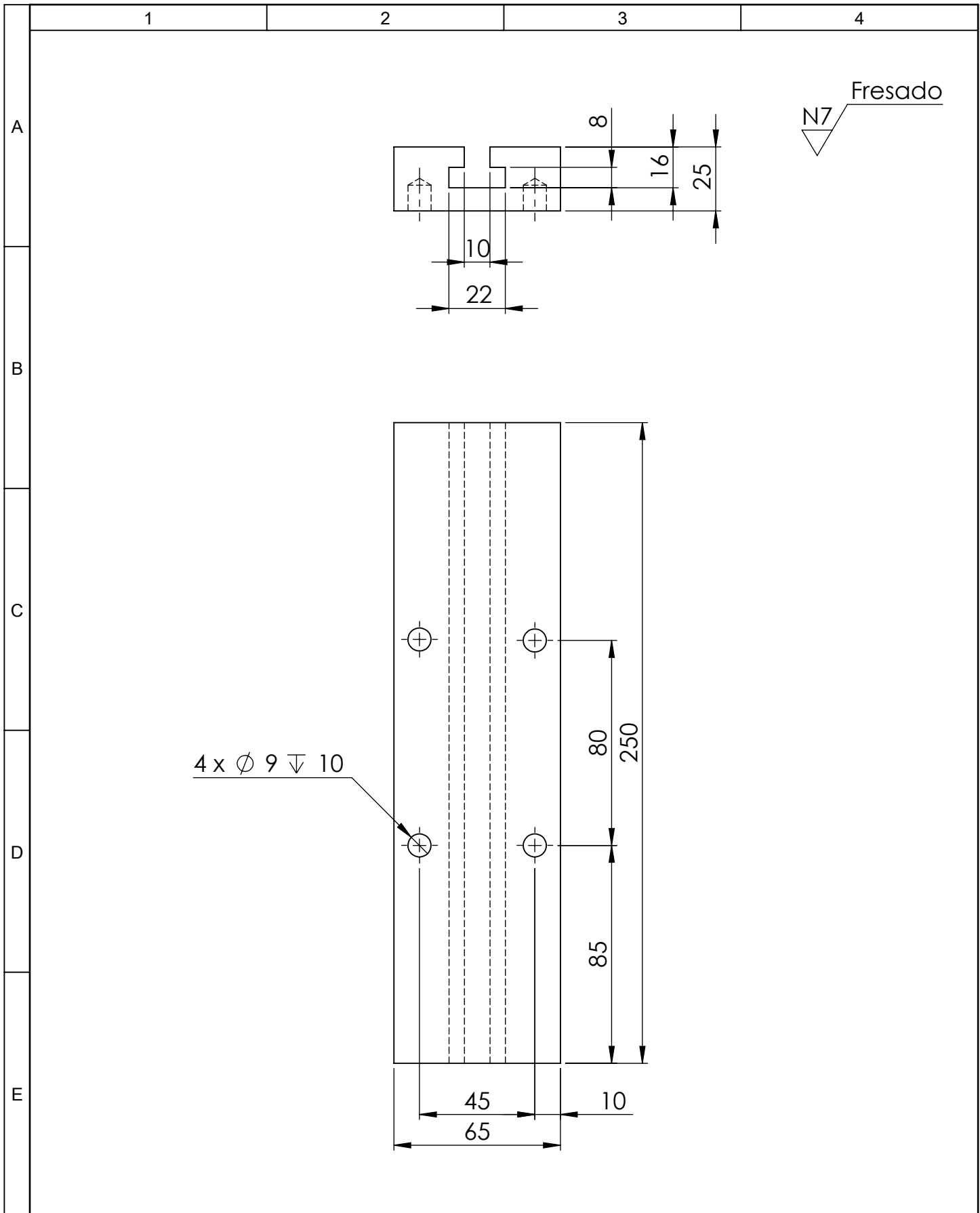
Edición

Modificación

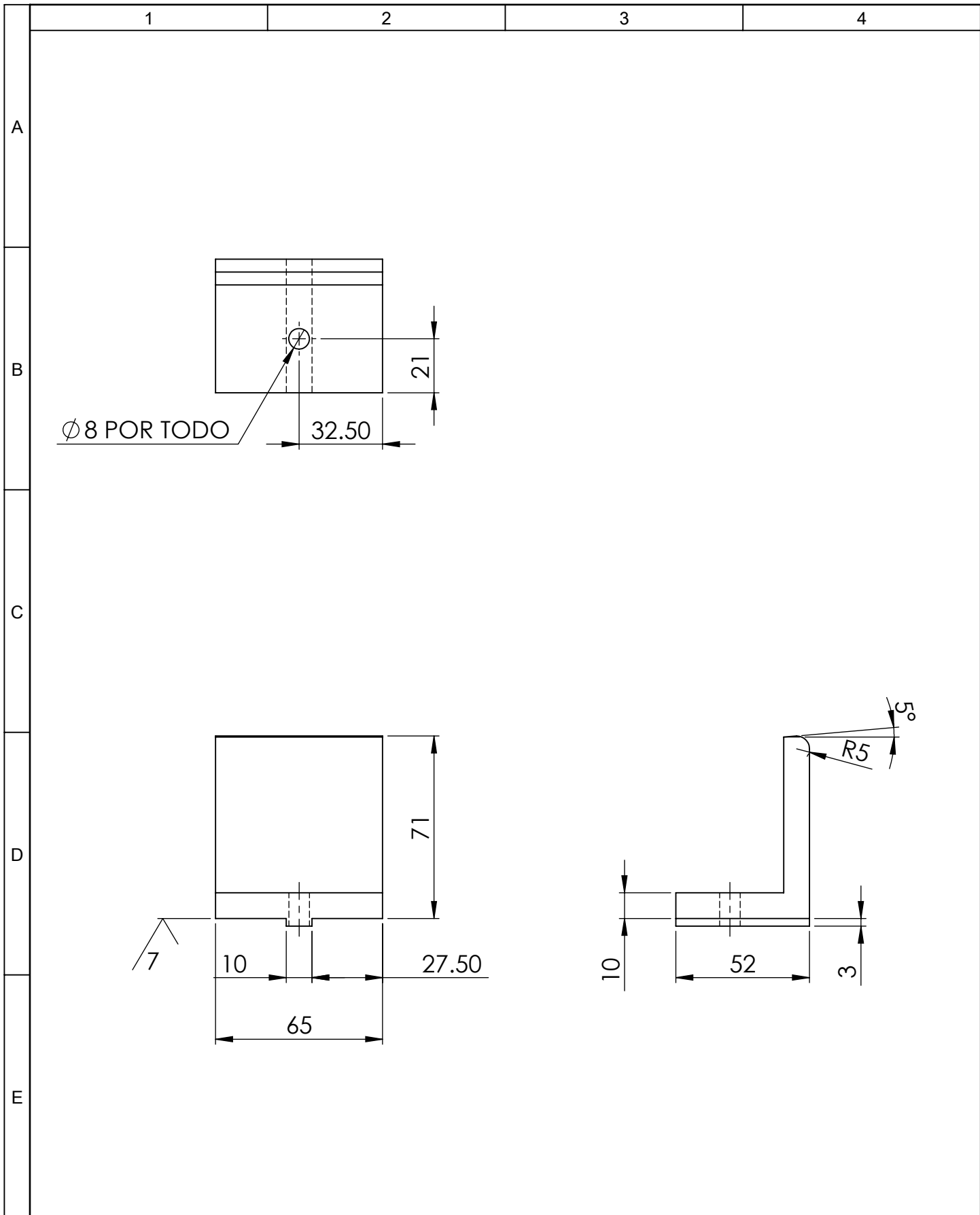
Fecha

Nombre

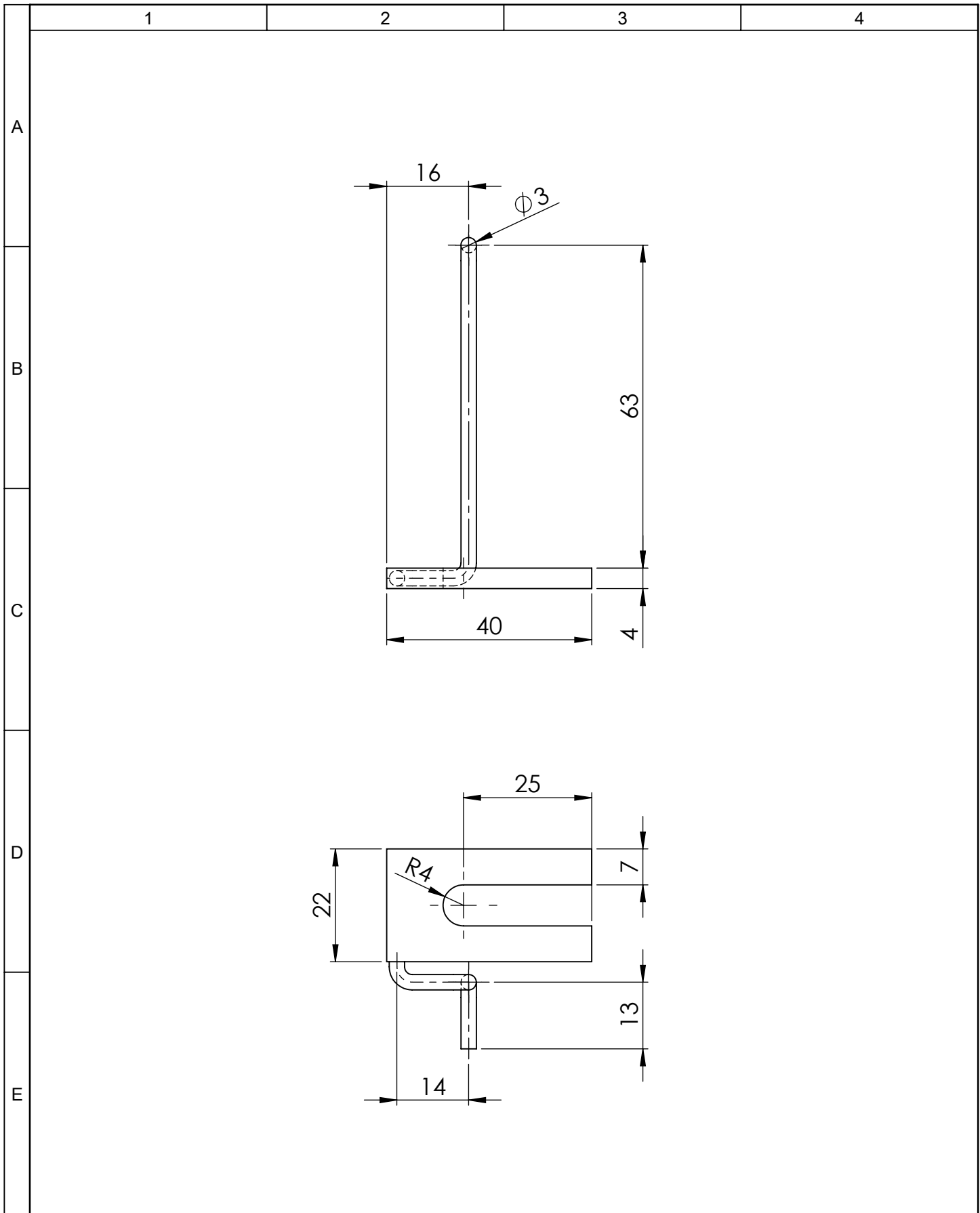




				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				±0,1	0,4 Kg	ASTM A 36			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
			Dibujó:	10/04/15	Morales P.			GUÍA BASE	1:2
			Revisó:	10/04/15	Morales P.				
				Aprobó:	21/04/15	Ing. M. Carrillo.			
				UTA		Número del dibujo:	15		
				Ing. Mecánica		(Sustitución)			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre						



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:			
				±0,1	0,5 Kg	ASTM A36			
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:		
				Dibujó: 10/04/15	Morales P.			SOPORTE DE PROBETA	1:2
				Revisó: 10/04/15	Morales P.				
				Aprobó: 21/04/15	Ing. M. Carrillo.				
				UTA		Número del dibujo:			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Ing. Mecánica		16			
						(Sustitución)			



				Tolerancia	(Peso)	Materiales:		
				±0,1	0,03 Kg	ASTM A36		
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
				Dibujó: 10/04/15	Morales P.	TOPES DE PROBETA		1:1
				Revisó: 10/04/15	Morales P.			
				Aprobó: 21/04/15	Ing. M. Carrillo.			
				UTA Ing. Mecánica		Número del dibujo: 17		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		

