

## **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA**

BANCO DE PRUEBAS PARA MEDIR MAGNITUDES FÍSICAS EN EL  
LABORATORIO DE FÍSICA Y MECÁNICA

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN INGENIERÍA MECÁNICA

PRESENTA

Ing. José Antonio Amador Cerda

DIRECTOR DE TESIS:

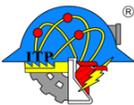
Dr. Luis Manuel Palacios Pineda.

CODIRECTORES:

Dr. Celerino Reséndiz Rosas.

Dr. Mario Emigdio Rodríguez Castillo.

Pachuca de Soto, Estado de Hidalgo, enero de 2016.



**División de Estudios de Posgrado e Investigación**  
**Maestría en Ingeniería Mecánica**  
**ACTA**

Siendo las 13:00 horas del 27 de agosto de 2015, reunidos en el aula U10, el Consejo de Posgrado en Ingeniería Mecánica manifiesta la APROBACIÓN del trabajo de tesis titulado: *Banco de pruebas para medir magnitudes Físicas en el Laboratorio de Física y Mecánica*, con el siguiente contenido:

Resumen/Abstract

Nomenclatura

Introducción

Contenido

Índice de cuadros, gráficas y figuras.

1. Estado del arte y metodología
2. Diseño del péndulo
3. Instrumento para medir la fuerza centrífuga
4. Dilatómetro
5. Otros dispositivos de medición y banco de pruebas
6. Resultados e impacto económico

Conclusiones y recomendaciones

Bibliografía

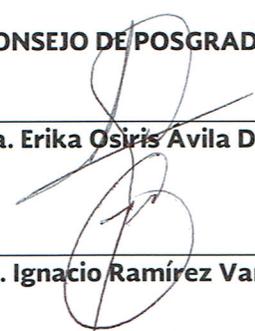
Apéndices

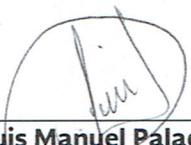
Para cubrir el requisito parcial correspondiente a TESIS para que el Ing. José Antonio Amador Cerda obtenga el grado de Maestría en Ingeniería Mecánica, bajo la dirección del Dr. Luis Manuel Palacios Pineda, profesor del posgrado en Ingeniería Mecánica de la División de Estudios de Posgrado e Investigación.

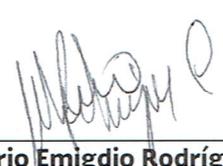
**ATENTAMENTE**

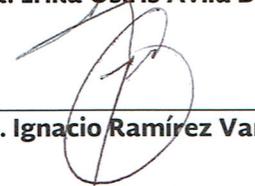
*"EL HOMBRE ALIMENTA EL INGENIO EN CONTACTO CON LA CIENCIA"*

**EL CONSEJO DE POSGRADO**

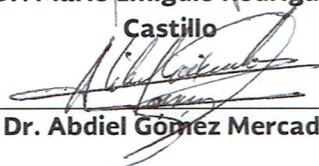
  
Dra. Erika Osiris Avila Dávila

  
Dr. Luis Manuel Palacios Pineda

  
Dr. Mario Emigdio Rodríguez  
Castillo

  
Dr. Ignacio Ramírez Vargas

  
Dr. Celerino Reséndiz Rosas

  
Dr. Abdiel Gómez Mercado

C.p. Archivo  
LMPP/Imp



Pachuca de Soto, Hgo., **8/marzo/2016.**

ASUNTO: Autorización de Impresión

OFICIO No. DEPI-032-16

**C. ING. JOSÉ ANTONIO AMADOR CERDA  
PRESENTE**

La que suscribe Jefa de la División de Estudios de Posgrado e Investigación, comunica a usted que se autoriza la impresión de su Tesis titulada:

**“Banco de pruebas para medir magnitudes Físicas en el Laboratorio de Física y Mecánica”**

misma que presenta para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Mecánica y una vez que han sido efectuadas las correcciones indicadas por el Jurado correspondiente.

Sin otro particular por el momento, quedo de usted.

**ATENTAMENTE**  
*EL HOMBRE ALIMENTA EL INGENIO EN CONTACTO CON LA CIENCIA*

**DRA. ÉRIKA OSIRIS ÁVILA DÁVILA**  
**JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

C.p. Coordinación de Ingeniería Mecánica  
Archivo

EOAD/epr



**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
TECNOLÓGICO NACIONAL  
DE MÉXICO  
I.T. PACHUCA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



---

**ÍNDICE.**

ÍNDICE DE FIGURAS. ....	IX
ÍNDICE DE TABLAS. ....	XIV
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	XVII
RESUMEN. ....	XIX
INTRODUCCIÓN. ....	1
1 ESTADO DEL ARTE Y METODOLOGÍA. ....	4
1.1 Estado del arte. ....	8
1.1.1 Péndulo balístico. ....	9
1.1.2 Dispositivo para Medir la Fuerza Centrífuga.....	9
1.1.3 Dispositivo de prueba de expansión de metales.....	10
1.1.4 Dispositivo para observar la segunda Ley de Newton. ....	11
1.1.5 Equipo para experimento de caída libre. ....	11
1.1.6 Dispositivo para medir tensión superficial.....	12
1.1.7 Equipo de ensayo de estática en dos dimensiones. ....	12
1.2 Metodología (método QFD).....	14
1.2.1 Identificar los clientes. ¿Quiénes son? ....	16
1.2.2 Determinar las necesidades de los clientes.....	16
1.2.3 Identificar y evaluar la competencia.....	17
1.2.4 Generar especificaciones técnicas. ....	17
1.2.5 Relatar los requisitos del cliente con las especificaciones técnicas. ¿Cómo medir qué?.....	20
1.2.6 Establecer los objetivos de las especificaciones de ingeniería y significado. ....	21
1.2.7 Identificar las relaciones entre las especificaciones técnicas. ....	21

---

2	DISEÑO DEL PÉNDULO BALÍSTICO.....	23
2.1	Marco teórico del diseño del Péndulo Balístico.....	23
2.1.1	Métodos para calcular la velocidad de disparo del proyectil [1.2]. ....	23
2.1.1.1	Primer método para obtener la velocidad de disparo del proyectil. 24	
2.1.1.2	Método exacto para calcular la velocidad de disparo del proyectil. 25	
2.2	Establecimiento de especificaciones técnicas.....	28
2.3	Diseño cinemático (tiempo, velocidad, posición, aceleración, etc.).....	29
2.4	Dimensionamiento del resorte.....	30
2.5	Dimensionamiento del cañón. ....	32
2.6	Dimensionamiento del brazo del péndulo. ....	34
2.7	Modelo del Péndulo Balístico mediante Diseño Asistido por computadora SolidWorks®. ....	41
2.8	Análisis estructural del sistema mediante Análisis Estructural asistido por Computadora “CAE, por su siglas en inglés”. ....	42
2.8.1	Modelo del péndulo balístico utilizado en el análisis estructural.....	42
2.8.2	Establecimiento de las condiciones de frontera.....	44
2.8.3	Resultados generados en el análisis estructural. ....	47
2.9	Piezas complementarias del Péndulo Balístico.....	55
3	INSTRUMENTO PARA MEDIR LA FUERZA CENTRÍFUGA.....	56
3.1	Marco teórico. ....	56
3.2	Especificaciones de diseño. ....	58
3.3	Diseño preliminar. ....	59
3.3.1	Caracterización del resorte.....	59

---

---

3.4	Modelo del dispositivo para medir la fuerza centrífuga con herramienta de diseño asistido por computadora. ....	61
4	DILATÓMETRO. ....	63
4.1	Marco teórico. ....	63
4.2	Especificaciones de diseño del dilatómetro.....	65
4.3	Diseño preliminar del dilatómetro. ....	67
4.3.1	Probetas. ....	67
4.3.2	Soporte fijo. ....	67
4.3.3	El soporte intermedio. ....	68
4.3.4	Soporte del instrumento de medición. ....	69
4.3.5	Bobina de calentamiento por inducción. ....	69
4.3.6	Base principal del dilatómetro.....	70
4.3.7	Indicador de carátula. ....	70
4.3.8	Termómetro con sonda.....	70
4.4	Modelo del dilatómetro mediante software SolidWorks®. ....	71
5	OTROS DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN Y BANCO DE PRUEBAS. ....	72
5.1	Equipo de ensayo de Estática en dos dimensiones. ....	72
5.1.1	Marco teórico.....	72
5.1.2	Diseño preliminar del equipo de ensayo de estática.....	74
5.1.3	Modelo del equipo mediante CAD. ....	74
5.2	Aparato para observar la Segunda Ley de Newton.....	75
5.2.1	Teoría sobre la Segunda Ley de Newton. ....	76
5.2.2	Diseño preliminar “aparato Segunda Ley de Newton”. ....	77
5.2.3	Modelo del dispositivo mediante software SolidWorks®.....	78

---

5.3	Dispositivos para medir el Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado, MRUV. ....	78
5.3.1	Marco teórico del MRUV.....	79
5.3.2	Plano inclinado. ....	79
5.3.3	Modelo del dispositivo en el plano inclinado.....	80
5.3.4	Caída libre. ....	80
5.3.5	Modelo de “Instrumento de Caída Libre” mediante software CAD.....	82
5.4	Aparato para medir la “Tensión Superficial” en los líquidos. ....	82
5.4.1	Marco teórico.....	82
5.4.2	Diseño preliminar Instrumento de la “Tensión Superficial”. ....	84
5.4.3	Modelo el dispositivo mediante software CAD.....	85
5.5	Diseño del Banco de pruebas. ....	86
5.5.1	Marco teórico del banco de pruebas.....	86
5.5.2	Diseño preliminar del banco de pruebas. ....	86
5.5.3	Modelo del banco de pruebas mediante el software CAD. ....	87
5.5.4	Banco de pruebas con péndulo balístico. ....	88
5.5.5	Banco de pruebas con Dilatómetro.....	89
5.5.6	Banco de pruebas con Aparato de Fuerza Centrífuga.....	90
5.5.7	Banco pruebas con el Equipo de Ensayo de Estática. ....	91
5.5.8	Banco de pruebas con equipo de Segunda Ley de Newton. ....	92
5.5.9	Banco de pruebas con tensiómetro. ....	93
5.5.10	Banco de pruebas con dispositivos almacenados. ....	94
5.6	Prácticas que podrán desarrollarse en el banco de pruebas. ....	95
6	RESULTADOS E IMPACTO ECONÓMICO.....	96
	CONCLUSIONES.....	100

---

---

ANEXO A. DIBUJOS DE DETALLE DEL PÉNDULO BALÍSTICO. ....	102
A-1 Base del péndulo. ....	103
A-2 Soporte del péndulo. ....	104
A-3 Soporte de balero. ....	105
A-4 Indicador de ángulo. ....	106
A-5 Barra del péndulo. ....	107
A-6 Cubo del péndulo. ....	108
A-7 Cuerpo del cañón. ....	109
A-8 Tapa del cañón. ....	110
A-9 Despiece del péndulo. ....	111
A-10 Lista de materiales. ....	112
ANEXO B: DIBUJOS DE DETALLE DEL DISPOSITIVO PARA MEDIR LA FUERZA CENTRÍFUGA. ....	113
B-1 Base centrada. ....	114
B-2 Motor del dispositivo para medir la fuerza centrífuga. ....	115
B-3 Soporte de brazo de dispositivo para medir la Fuerza Centrífuga. ....	116
B-4 Chumacera. ....	117
B-5 Soporte de la polea. ....	118
B-6 Polea. ....	119
B-7 Mecanismo de interfase. ....	120
B-8 Despiece dispositivo para medir Fuerza Centrífuga-A. ....	121
B-9 Despiece dispositivo para medir Fuerza Centrífuga. ....	122
B-10 Lista de materiales del dispositivo para medir la fuerza centrífuga. ....	123
ANEXO C: DIBUJOS DE DETALLE DEL DILATÓMETRO. ....	124
C-1 Base del dilatómetro. ....	125
C-2 Soporte fijo del dilatómetro. ....	126
C-3 Bobina de inducción. ....	127
C-4 Soporte intermedio. ....	128

---

C-5 Soporte móvil. ....	129
C-6 Soporte del indicador. ....	130
C-7 Tapa del soporte móvil. ....	131
C-8 Probeta del dilatómetro. ....	132
C-9 Ruedas del soporte móvil. ....	133
C-10 Despiece del dilatómetro. ....	134
C-11 Lista de materiales del dilatómetro. ....	135
ANEXO D: DIBUJOS DE DETALLE DEL EQUIPO DE ENSAYO DE ESTÁTICA. .....	136
D-1 Tablero del equipo de ensayo de estática. ....	137
D-2 Pesa para ensayo de estática. ....	138
D-3 Polea. ....	139
D-4 Cuerpo de la mordaza. ....	140
D-5 Ensamble sinfín-mordaza-maneral. ....	141
D-6 Conjunto polea. ....	142
D-7 Despiece del Equipo de Ensayo de Estática. ....	143
D-8 Lista de materiales. ....	144
ANEXO E DISPOSITIVO PARA OBSERVAR LA SEGUNDA LEY DE NEWTON. .....	145
E-1 Conjunto base-masas. ....	146
E-2 Soporte de polea. ....	147
E-3 Polea. ....	148
E-4 Prensa. ....	149
E-5 Despiece aparato para observar Segunda Ley de Newton. ....	150
E-6 Lista de materiales. ....	151
ANEXO F DIBUJO DE DETALLE DEL DISPOSITIVO PARA EL ESTUDIO DEL MOVIMIENTO EN CAÍDA LIBRE. ....	152
F-1 Ensamble base-pedestal. ....	153

---

---

F-2	Ensamble dispositivo de lanzamiento.....	154
F-3	Despiece de dispositivo para estudio del movimiento en caída libre. ....	155
F-4	Lista de materiales dispositivo estudio movimiento en caída libre.....	156
ANEXO G DIBUJO DE DETALLE DEL DISPOSITIVO PARA MEDIR LA TENSIÓN SUPERFICIAL.....		157
G-1	Ensamble base-pedestal.....	158
G-2	Soporte del dinamómetro, placa de aluminio y eslabón.....	159
G-3	Recipiente de vidrio tensiómetro.....	160
G-4	Despiece del Tensiómetro. ....	161
G-5	Lista de materiales del Tensiómetro. ....	162
ANEXO H: DIBUJOS DE DETALLE DEL BANCO DE PRUEBAS.....		163
H-1	Cuerpo superior del banco de pruebas. ....	164
H-2	Cuerpo inferior del banco de pruebas. ....	165
H-3	Puertas y base del banco de pruebas.....	166
H-4	Despiece del banco de pruebas.....	167
H-5	Lista de materiales del banco de pruebas.....	168
ANEXO I PRÁCTICAS DE LABORATORIO.....		169
Práctica I-1: Vectores colineales y concurrentes [I.1].....		170
Práctica I-2: Movimiento Rectilíneo Uniforme y Uniformemente Variado [I.1].		177
Práctica I-3 Tiempo de reacción y tiempo de vuelo [I.1].....		183
Practica I-4 Movimiento parabólico [I.1]. ....		187
Práctica I-5 Movimiento circular “MC” [I.1]. ....		192
Práctica I-6 Estudio de la fricción [I.1]. ....		197
Practica I-7 Primera y Segunda Ley de Newton [I.1].....		203
Práctica I-8 Relación del trabajo con la energía [I.1].....		210
Práctica I-9 Comprobación experimental del Principio de Arquímedes [I.2].....		216
Práctica I-10 Conductores y no conductores de calor [I.2].....		223
Referencias bibliográficas.....		230

---



---

**Índice de figuras.**

Figura 1. 1 Péndulo Pasco ME 6831[1.2].	9
Figura 1. 2 Aparato de fuerza centrífuga TM 600 Gunt [1.3].	10
Figura 1. 3 Dilatómetro [1.4].	10
Figura 1. 4 Cañón de Newton [1.5].	11
Figura 1. 5 Dispositivo para medir caída libre 3B Scientific [1.6].	11
Figura 1. 6 Tensiómetro superficial Lambda Scientific [1.7].	12
Figura 1. 7 Equipo de ensayo de estática TM-110 G.U.NT [1.8].	13
Figura 1. 8 Pasos del proceso de diseño [1,8].	15
Figura 2. 1 Péndulo antes y después del choque.	24
Figura 2. 2 Fuerzas actuantes en el centro de masa del péndulo.	26
Figura 2. 3 Esquema de lanzamiento.	30
Figura 2. 4 Resorte cargado "Estado 1".	31
Figura 2. 5 Resorte sin carga "Estado 2".	31
Figura 2. 6 Dimensiones del resorte.	32
Figura 2. 7 Resorte DWC- 085L- 16.	32
Figura 2. 8 Dimensiones del cañón.	33
Figura 2. 9 Cañón del péndulo.	34
Figura 2. 10 Brazo del péndulo en equilibrio y máximo desplazamiento angular.	35
Figura 2. 11 Ensamble barra-paralelepípedo-bala.	36
Figura 2. 12 Barra del péndulo.	37

---

Figura 2. 13 Masa del paralelepípedo. ....	38
Figura 2. 14 Bala de acero. ....	38
Figura 2. 15 Modelo del péndulo. ....	42
Figura 2. 16 Modelo del péndulo en ANSYS®. ....	43
Figura 2. 17 Mallado del modelo. ....	44
Figura 2. 18 Condición de frontera "soporte fijo". ....	45
Figura 2. 19 Carga aplicada al modelo. ....	46
Figura 2. 20 Esfuerzo de Von-Mises en el modelo. ....	47
Figura 2. 21 Deformación máxima en el conjunto péndulo. ....	48
Figura 2. 22 Esfuerzo de Von Mises en el paralelepípedo. ....	49
Figura 2. 23 Deformación máxima en el paralelepípedo. ....	50
Figura 2. 24 Esfuerzo de Von Mises "máximo" en la barra. ....	51
Figura 2. 25 Deformación en la barra. ....	52
Figura 2. 26 Esfuerzo de von Mises en el soporte. ....	53
Figura 2. 27 Deformación en el soporte. ....	54
Figura 3. 1 Fuerza centrífuga $F_c$ . ....	57
Figura 3. 2 Deformación del resorte $\delta$ por la fuerza $F$ . ....	57
Figura 3. 3 Masa del dispositivo Fuerza Centrífuga. ....	60
Figura 3. 4 Brazo del dispositivo Fuerza Centrífuga. ....	60
Figura 3. 5 Parámetros del resorte. ....	61
Figura 3. 6 Dinamómetro digital "Tournament Choice® 50 lb". ....	61
Figura 3. 7 Modelo del dispositivo para medir la fuerza centrífuga. ....	62

---

---

Figura 4. 1 Fenómeno de dilatación de un sólido.....	64
Figura 4. 2 Barras de prueba.....	67
Figura 4. 3 Soporte fijo. ....	68
Figura 4. 4 Soporte intermedio. ....	68
Figura 4. 5 Soporte del instrumento de medición.....	69
Figura 4. 6 Bobina de inducción.....	69
Figura 4. 7 Base principal del dilatómetro. ....	70
Figura 4. 8 Indicador de carátula.....	70
Figura 4. 9 Termómetro digital. ....	71
Figura 4. 10 Modelo del dilatómetro mediante CAD.....	71
Figura 5. 1 Fuerzas coplanares.....	73
Figura 5. 2 Momento de una fuerza. ....	73
Figura 5. 3 Modelo de Equipo de Ensayo de Estática.....	75
Figura 5. 4 Cuerpo en plano horizontal. ....	76
Figura 5. 5 Masa <b>m1</b> de 0.5 kg. ....	77
Figura 5. 6 Dispositivo para observar la segunda Ley de Newton.....	78
Figura 5. 7 Esquema del ensayo del MRUV.....	80
Figura 5. 8 Modelo para estudiar el MRUV. ....	80
Figura 5. 9 Objeto en caída libre, torre de Pisa.....	80
Figura 5. 10 Cuerpo en caída libre.....	81
Figura 5. 11 Modelo del dispositivo para estudiar la caída libre.....	82

---

Figura 5. 12 Tensión en las moléculas de un líquido. ....	83
Figura 5. 13 Método de la placa (Whilhelmy). ....	83
Figura 5. 14 Envase de vidrio para ensayo de tensión superficial.....	85
Figura 5. 15 Modelo de dispositivo de medir la tensión superficial.....	85
Figura 5. 16 Modelo del banco de pruebas generado mediante CAD.....	87
Figura 5. 17 Péndulo balístico en el banco de pruebas.....	88
Figura 5. 18 Dilatómetro en el banco de pruebas.....	89
Figura 5. 19 Dispositivo para medir fuerza centrífuga en el banco de pruebas.....	90
Figura 5. 20 Dispositivo de Ensayo de Estática en el banco de pruebas. ....	91
Figura 5. 21 Equipo de Segunda Ley de Newton en el banco de pruebas.....	92
Figura 5. 22 Tensiómetro en el banco de pruebas. ....	93
Figura 5. 23 Aparatos de medición en el banco de pruebas. ....	94
Figura I. 1 Croquis del experimento 1 .....	171
Figura I. 2 Vectores A y B con su resultante. ....	173
Figura I. 3 Arreglo de dinamómetros del experimento 2.....	173
Figura I. 4 Pistola en posición vertical. ....	188
Figura I. 5 Pistola en posición horizontal. ....	189
Figura I. 6 Pistola en posición para realizar el tiro oblicuo. ....	190
Figura I. 7 Dispositivo experimento 1. ....	194
Figura I. 8 Dispositivo experimento 2. ....	195
Figura I. 9 Modo de frotar de las manos.....	198
Figura I. 10 Dispositivo experimento 2. ....	199

---

---

Figura I. 11 Dispositivo experimento 3. ....	200
Figura I. 120 Dispositivo experimento 1. ....	204
Figura I. 13 Esquema del experimento 2.....	205
Figura I. 14 Dispositivo experimento 1. ....	213
Figura I. 15 Dispositivo experimento 1. ....	218
Figura I. 16 Dispositivo experimento 1. ....	226

---

**Índice de tablas.**

Tabla 1.1 Algunos tipos de especificaciones de ingeniería. ....	19
Tabla 2.1. Necesidades para el diseño del péndulo.....	28
Tabla 2.2 Dimensionamiento de necesidades y unidades para el diseño del péndulo. ....	29
Tabla 2.3 Centro de masa del sistema del péndulo. ....	39
Tabla 2. 4 Piezas complementarias del péndulo.....	55
Tabla 3.1 Necesidades de diseño del dispositivo para medir la fuerza centrífuga.	58
Tabla 3.2 Dimensionamiento de necesidades y unidades de diseño del dispositivo para medir la fuerza centrífuga. ....	59
Tabla 4.1 Coeficiente de dilatación lineal $\alpha$ para algunos materiales.....	65
Tabla 4.2 Necesidades de diseño del dilatómetro.....	66
Tabla 4.3 Dimensionamiento de necesidades y unidades de diseño del dilatómetro. ....	66
Tabla 5.1 Prácticas por aparato. ....	95
Tabla 6.1 Dimensión inicial y final del péndulo.....	96
Tabla 6.2 Resultados de análisis ANSYS®.....	97
Tabla 6.3 Presupuesto total del péndulo. ....	98
Tabla 6.4 Presupuesto total del banco de pruebas. ....	99

---

Tabla I. 1 Materiales y equipo. ....	171
Tabla I. 2 Registro de lecturas.....	172
Tabla I. 3 Lecturas registradas en los dinamómetros A, B y C.....	174
Tabla I. 4 Equipo y materiales. ....	178
Tabla I. 5 Datos obtenidos en el experimento 3. ....	178
Tabla I. 6 Calculo de la velocidad y aceleración.....	180
Tabla I. 7 Equipo y materiales. ....	184
Tabla I. 8 Tiempo de reacción de personas. ....	186
Tabla I. 9 Tiempo de vuelo. ....	186
Tabla I. 10 Equipo y materiales. ....	187
Tabla I. 11 Registro de tiempo del proyectil en el aire y tiempo promedio. ....	188
Tabla I. 12 Distancia promedio.....	189
Tabla I. 13 Registros de lanzamientos. ....	190
Tabla I. 14 Equipo y materiales. ....	193
Tabla I. 15 Cálculo de aceleración angular. ....	195
Tabla I. 16 Materiales y equipo. ....	198
Tabla I. 17 Registro de datos. ....	199
Tabla I. 18 Registro de resultados del experimento 3. ....	201
Tabla I. 19 Equipo y material.....	204
Tabla I. 20 Registro de datos. ....	206
Tabla I. 21 Equipo y material.....	212
Tabla I. 22 Registro de datos. ....	213

---

Tabla I. 23 Equipo y materiales. ....	217
Tabla I. 24 Registro de datos experimento 2.....	219
Tabla I. 25 Registro de datos experimento 3.....	220
Tabla I. 26 Materiales y equipo. ....	225

**Abreviaturas y símbolos.**

$d$ : Diámetro del alambre del resorte.

$D$ : Diámetro exterior del resorte.

$F$ : Fuerza.

$g$ : Aceleración de la gravedad.

$G$ : Constante de rigidez del acero.

$h$ : Altura.

$I$ : Momento de inercia.

$k$ : Constante elástica del resorte.

$K$ : Energía Cinética.

$l$ : Longitud del brazo del péndulo.

$L$ : Longitud del cañón.

$L_c$ : Largo del cañón.

$L_0$ : Longitud del resorte sin comprimir.

$m$ : Masa combinada del péndulo y la bala de acero.

$m_b$ : Masa del proyectil.

$m_p$ : Masa del péndulo.

$N$ : Número de vueltas.

$p$ : Cantidad de movimiento.

$R_{cm}$ : Distancia del pivote al centro de masas del sistema.

$t$ : Tiempo.

$T$ : Periodo.

$U$ : Energía potencial del sistema.

$v$ : Velocidad.

$v_x$ : Velocidad horizontal.

$v$ : Velocidad inicial.

$V_b$ : Volumen de la bala.

$V_{barrera}$ : Volumen de la barra del péndulo.

$V_p$ : Volumen del paralelepípedo.

$x$ : Alcance de la bala.

$y_0$ : Altura de la mesa de trabajo.

$\alpha$ : Aceleración angular.

$\delta$ : Deformación del resorte.

$\delta_t$ : Deformación total.

$\theta$ : Ángulo de deflexión del péndulo.

$\rho$ : Densidad.

$\sigma$ : Esfuerzo de Von Mises.

$\tau$ : Torque.

$\omega$ : Velocidad angular.

$\Delta h$ : Cambio de altura del péndulo alcanzada al final de su recorrido.

$L_i$ : Longitud inicial de una de las dimensiones lineales, m

$\alpha$ : Coeficiente de dilatación lineal.

$\Delta T$ : Variación Temperatura, °C

$\Delta l$ : Cambio en la longitud, m

**Resumen.**

Este trabajo trata del diseño de un banco de pruebas con ocho dispositivos de medición para el laboratorio de Física de escuelas del nivel medio superior. El diseño de los aparatos de medición que conforman el banco de pruebas se hizo considerando los requerimientos de los laboratorios de Física. El banco de pruebas, servirá de mesa de trabajo para la realización de las prácticas y almacenará a todos los aparatos. La metodología del diseño se basó en el Despliegue de Funciones de Calidad (QFD por sus siglas en inglés) que permite conseguir un mejor diseño.

Se establecieron las necesidades a satisfacer en el laboratorio de Física con cada uno de los instrumentos de medición en particular y del banco de pruebas en general. Una vez definidas las necesidades, fue necesario dimensionar cada una de ellas, siendo cada necesidad un parámetro de diseño. El siguiente paso consistió establecer el marco teórico que rige a cada uno de los dispositivos de medición, después se realizó el diseño preliminar de cada aparato de medición, generando los cálculos necesarios para el modelado de las partes que conforman a cada dispositivo de medición así como los requeridos para el ensamble de dichos aparatos. El modelo de cada instrumento de medida, se realizó mediante el software de Diseño Asistido por Computadora, SolidWorks®, pudiéndose observar un comportamiento correcto de cada uno de sus componentes y del ensamble. Se hizo el análisis estructural para conocer el esfuerzo máximo y la deformación máxima a los que están sometidos los componentes, en el estudio de esfuerzos y deformación se utilizó el método de elemento finito (FEM) con el programa de Análisis Estructural Asistido por Computadora, ANSYS® cumpliendo con las exigencias de diseño.

**Abstract.**

This work deals with the design of a test with eight measuring devices Laboratory Physics senior high schools. The design of the measuring instruments that make up the test was made considering the requirements of the laboratories of Physics. The test will serve as a workbench for conducting practices and store all equipment. The design methodology is based on the Quality Function Deployment (QFD for short) that allows to achieve a better design.

The needs were established to satisfy the physics laboratory with each particular measurement instruments and test bench in general. Once defined the needs, was necessary to size each, each need a design parameter. The next step was to establish a theoretical framework that governs each of the measuring devices, after the preliminary design of each measuring device was performed, generating the necessary calculations for modeling the parts that make up each measuring device and required for the assembly of such devices. The model for each measuring instrument is performed by software Computer Aided Design, SolidWorks®, being able to observe a correct behavior of each of its components and assembly. Structural analysis is made for the maximum effort and maximum strain to which components are subjected, in the study of forces and strains the finite element method (FEM) was used with the program of Computer Aided Structural Analysis, ANSYS® meeting the design requirements.

## **Introducción.**

En el afán de fortalecer y mejorar la comprensión del conocimiento científico y la investigación, las instituciones educativas de todos los niveles, así como, el sector empresarial que se dedican a desarrollar nuevas tecnologías y/o productos, día a día luchan por equipar sus laboratorios con mejores equipos de medición. El laboratorio es el lugar idóneo para llevar a cabo experimentos o investigaciones con muchos fines, dependiendo del giro que tenga la institución, ya que en éste sitio se comprueban el conocimiento teórico planteado durante el proceso de la enseñanza del aprendizaje. Por otro lado, el laboratorio es el lugar adecuado para mejorar y supervisar los procesos y experimentos de los diferentes sectores industriales.

Medir es una actividad importante que se desarrolla en el laboratorio, por tanto, es indispensable contar con aparatos que faciliten las mediciones de forma confiable y precisa.

Con la finalidad de satisfacer la necesidad de equipos de medición en el laboratorio, se realiza el presente trabajo, cuyo objetivo principal es: **“Obtener el diseño de detalle de un banco de pruebas para medir magnitudes físicas en el laboratorio”**.

Además de obtener un diseño a bajo costo, confiable, preciso y versátil, su busca diseñar un dispositivo que sea útil para las actividades de aprendizaje de los estudiantes.

La historia de los instrumentos de medición y su desarrollo se extiende a lo largo de la evolución de la humanidad, así como, la teoría que sustenta su estudio y algunas anotaciones básicas sobre las mediciones se describen en el primer apartado. También en esta sección inicial se describe la metodología que se utiliza para desarrollar el diseño del banco de pruebas con los dispositivos que lo conforman.

El análisis y dimensionamiento del péndulo balístico se desarrolla en la sección dos. El modelado del sistema que se obtiene mediante CAD, así como el análisis estructural de cada parte del péndulo balístico utilizando una plataforma de simulación CAE son presentados en esta parte dos y también aquí, se describen las partes complementarias que integran al péndulo balístico, indicando las características de cada elemento.

En los apartados tres y cuatro se desarrollan los diseños del aparato para medir la fuerza centrífuga y el dilatómetro respectivamente, siguiendo la misma secuencia del diseño del péndulo balístico.

Dentro de la sección cinco se desarrollan los diseños de los demás dispositivos que integran el banco de pruebas y del banco, además se muestra a cada aparato en el banco de pruebas, para la ejecución de un experimento y al final del apartado se describen los nombres de las prácticas de laboratorio que podrían desarrollarse con los equipos diseñados para el banco de pruebas.

En el apartado seis se mencionan los impactos social y económico del diseño del banco de pruebas y se presenta una evaluación del mismo.

En los “anexos del A al H” se muestran los dibujos de detalles de las partes que conforman cada uno de los aparatos de medición diseñados.

El “anexo I” contiene las prácticas de Física que podrían realizarse con el Banco de Pruebas, las cuales se extrajeron, de los manuales de prácticas de Física I y Física II para tercero y cuarto semestre respectivamente, del plan de estudio en Colegio de Bachilleres del Estado de Hidalgo.

El equipamiento de los laboratorios de Física con el banco de pruebas aquí propuesto, permitirá que las instituciones de educación en el nivel medio superior mejoren notablemente la infraestructura escolar, lo que podría beneficiar

directamente al 100 por ciento de la matrícula del Colegio de Bachilleres del Estado de Hidalgo.

## **1 Estado del arte y Metodología.**

Desde que el hombre abandonó su vida nómada, él empieza a tener la necesidad de medir. Las comparaciones se han venido generalizando a una amplia gama de objetos, lugares, situaciones y fenómenos físicos. Las mediciones han sido parte importante del progreso de la humanidad. Las mediciones se realizan a cada instante de la vida, por ejemplo, la medición del tiempo, con el cual se rigen las actividades del hombre. Medir es comparar una cantidad con otra de la misma especie llamada unidad o patrón [1.1]. Expresar una idea o una cantidad sin un número o sin una referencia no es suficiente y en ocasiones carece de significado, de allí la importancia de los patrones de medida.

Por ejemplo, en física y química se generan mediciones sobre diversas magnitudes las cuales deben ser suficientemente precisas, por lo cual es necesario recurrir a procesos de medición estandarizados y confiables. Por tanto, siempre es indispensable que un laboratorio cuente con instrumentos que faciliten los procesos de medición y que estos sean seguros para obtener datos fidedignos.

Los dispositivos de medición desempeñan una función indispensable para cualquier actividad que requiera de uno o más procesos continuamente evaluados. La concepción de medición de una determinada magnitud ha sido diversa dependiendo de la época así como del lugar donde se origina y los instrumentos que se han construido para tales mediciones, muy distintos. Las mediciones pueden usarse como parámetros para tomar decisiones por lo que se deben establecer, los lineamientos de cómo realizarlas correctamente. Así pues, es necesario contar con aparatos de medición precisos, que sean fácil de ajuste (calibración) y manejar, así como de uso seguro, con los cuales, los usuarios con el entrenamiento requerido puedan obtener mediciones precisas.

Para comprender los resultados de las mediciones se establecieron patrones de medida, esto a la vez, permitió que las personas de una comunidad, hicieran uso

generalizado de dichos patrones, pero la consecuencia más importante es, la creación de los Sistemas de Unidades.

Medir ayuda a comprender a la naturaleza, de esta manera, el hombre ha podido aprovechar el entorno donde vive, siendo, lo más significativo del proceso de medición, el desarrollo de las ciencias.

En el estudio de las propiedades de la materia, los científicos apoyados en métodos estandarizados, las mediciones, desempeñan un papel importante para la obtención de leyes y principios. En el proceso de medición, se usan todos los sentidos, herramientas indispensables en esta actividad, sin embargo dichas observaciones están restringidas a la percepción sensorial, por tanto, se requieren de instrumentos de medición idóneos, en la cuantificación de esas percepciones. Una de las ventajas de las mediciones es que se pueden transmitir los resultados a otras personas, validando el proceso de medición que ya no depende, de las observaciones simples. Los patrones utilizados en las ciencias, los más ampliamente usados en los países donde se hace o no ciencia son el Sistema Internacional de Unidades (SI), y es el más empleado por los científicos.

Contar con instrumentos de medición dentro del laboratorio de física proporciona una forma directa y sencilla para analizar las propiedades físicas de la materia y de eventos de la naturaleza. En las ciencias experimentales, como la Física, medir es uno de los objetivos principales. Si el estudiante, en sus tareas cotidianas dentro del laboratorio, cuenta con dispositivos de medición precisos, tendrá la posibilidad de generar mediciones importantes, que le ayudarán en la comprensión de los principios teóricos y prácticos de la Física, haciendo que el aprendizaje de esta ciencia sea accesible y significativo. Ahora, si el aprendizaje es significativo entonces habrá disminución en el nivel de reprobación en las asignaturas de Física y Ciencias de Ingeniería, en todos los niveles educativos. Logrado lo anterior, significa un mayor aprovechamiento de los recursos invertidos en la educación. Se pretende facilitar al estudiante la comprensión de los fenómenos y principios naturales considerados en el estudio de la Física y que se

adquieran habilidades y destrezas en la operación de aparatos de medición. También se intenta promover en el estudiante, el interés por ampliar sus conocimientos en las ciencias experimentales. Adquirir una mayor comprensión de los fenómenos naturales por parte del estudiante, repercute en un mejor aprovechamiento de los recursos naturales de su entorno y por tanto, mejor convivencia con el medio ambiente. El hecho de que el discente egrese mejor capacitado de los centros educativos le permite continuar con estudios superiores y/o incorporarse en el ámbito laboral, proporcionando un beneficio directo para él, su familia, su comunidad y en general para toda la sociedad, pues abre la posibilidad de contar en el futuro con personas dedicadas al desarrollo de la ciencia y la tecnología.

En los programas de estudios, la teoría, los problemas y las prácticas de laboratorio, son considerados parte fundamental del aprendizaje del estudiante. Dentro del laboratorio, el docente implementa todo lo que está a su alcance para desarrollar y hacer atractivas las prácticas contempladas en los manuales de laboratorio, utiliza los materiales y dispositivos con los que cuenta.

Actualmente los laboratorios de Física de centros educativos en los distintos niveles, carecen de equipos de medición y en la mayoría de los casos éstos dispositivos son muy elementales y poco precisos por lo que, los resultados obtenidos en las prácticas, varían significativamente de un experimento a otro, por lo que el estudiante pierde el objetivo e interés de la actividad en el laboratorio, desmotivándolo para continuar y/o profundizar en el estudio de los fenómenos físicos.

Los experimentos realizados en el laboratorio de Física deben representar fenómenos físicos reales y éstos, deben despertar el interés del estudiante, para que el aprendizaje adquirido sea significativo.

La conveniencia de contar con un banco de pruebas en el laboratorio de física permite obtener mediciones confiables de manera que éstas al reproducirse en condiciones iguales, generen resultados idénticos.

Un banco de pruebas diseñado y construido en el país, con dispositivos de medición también diseñados y construidos, en México, con el cual se lleven a cabo las prácticas del laboratorio de Física, consideradas en los programas de estudio de los diferentes subsistemas del nivel medio superior, redundaría en un beneficio económico para dichas instituciones, pue resulta claro que el precio de adquisición sería menor que sí, el mismo equipo pudiera comprarse de importación, por lado se estarían aprovechando los materiales producidos a nivel nacional que son de buena calidad y costo menor pue no se tendría pagar importación y finalmente en lugar de comprar tecnología externa a precios relativamente altos se estaría promoviendo el desarrollo de tecnología en México.

La construcción de dispositivos de medición fabricados a nivel nacional despierta la curiosidad en los estudiantes, y por lo tanto se promueve el aprendizaje de la física así mismo los laboratoristas se interesan por implementar y dirigir con más calidad las prácticas de laboratorio de Física.

Con el proyecto “Diseño de un banco de pruebas para la medición de magnitudes físicas”, se pretende, en primer término, ofrecer a las instituciones de educación, de un equipo que cuenta con varios dispositivos de medición.

El diseño del banco de pruebas, aspira a desarrollar un equipo económicamente accesible, de buena calidad y seguro. Contar con un banco de pruebas en el laboratorio de Física, le agregaría funcionalidad, que además se convertiría en un lugar atractivo para el estudiante que por naturaleza es curioso.

Los experimentos realizados con los dispositivos que conforman el banco de pruebas, garantizan la exactitud de las mediciones ya que son diseñados aplicando los principios teóricos más avanzados con son: el diseño y análisis

asistido por computadora. En base al análisis matemático se realiza la modelación de los instrumentos de medición utilizando el software SolidWorks®. El análisis estructural (esfuerzo y deformación) se simula, empleando el programa ANSYS®. A partir del modelado se obtienen los dibujos de detalle de las componentes del péndulo.

Los experimentos que se podrán realizar con los dispositivos del banco de pruebas propuesto en este proyecto, son al menos dieciocho, ya que con cada instrumento se pueden desarrollar de una a tres prácticas.

Con el diseño del banco de pruebas se desea despertar la creatividad del estudiante y motivarlo en el estudio de las ciencias naturales e ingeniería. Pensando de esta manera se lleva a cabo el diseño de cada uno de los dispositivos del banco de pruebas para el laboratorio de Física, un equipo apto para las actividades complementarias de aprendizaje de los alumnos de los diferentes sistemas educativos.

### **1.1 Estado del arte.**

La utilización de aparatos de medición y control, responde a la necesidad del hombre de comprender los fenómenos naturales y evaluar las características de las magnitudes físicas en experimentos dentro del laboratorio de física, esto, ha originado el desarrollo de equipo de medición especializado de diferentes tipos.

Actualmente existe una cantidad importante de equipos de medición montados o no, en bancos de pruebas. Como ejemplos tenemos los siguientes casos. En las figuras siguientes, 1.1 a 1.8, se presentan dispositivos de medición, para el estudio de diferentes principios físicos, disponibles en el mercado.

### 1.1.1 Péndulo balístico.

El péndulo balístico utilizado para medir la velocidad inicial y la cantidad de movimiento de un proyectil fue desarrollado, en el año 1742, por el científico inglés Benjamín Robins, no obstante fue mucho después, con las aportaciones de Galileo, Descartes y Newton cuando se pudo desarrollar con más precisión el péndulo balístico. En la figura 1.1 se presenta el péndulo balístico PASCO ME 6831 [1.2].

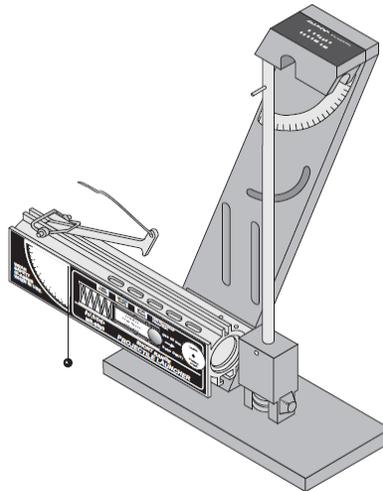


Figura 1. 1 Péndulo Pasco ME 6831[1.2].

### 1.1.2 Dispositivo para Medir la Fuerza Centrifuga.

Este equipo permite el estudio de las fuerzas que se ajustan en masas circulantes, figura 1.2. La pieza central es un brazo giratorio sobre un eje vertical giratorio. Se encajan cuerpos de masa de metal en él en agujeros de trinquete. La fuerza centrífuga resultante es transmitida por el brazo a una viga de flexión. La deformación que es proporcional a la fuerza se registra un sistema de medición electrónico y se indica de forma digital. El régimen de revoluciones indicado es digital igualmente que el motor impulsor y puede ajustarse a través de un potenciómetro de 10 velocidades. Una cubierta protectora transparente cubre todas las piezas giratorias, garantizando una vista óptima mientras se realiza el experimento.

El equipo de mesa se coloca libremente, no necesita sujetarse y es fácilmente transportable [1.3].



Figura 1. 2 Aparato de fuerza centrífuga TM 600 Gunt [1.3].

### 1.1.3 Dispositivo de prueba de expansión de metales.

El dilatómetro es un dispositivo para medir la dilatación de un cuerpo al incrementar su temperatura y ayuda a determinar el coeficiente de contracción o dilatación de un material a diferentes temperaturas, Se utiliza en control de calidad de materiales y producción, figura 1.3, [1.4].

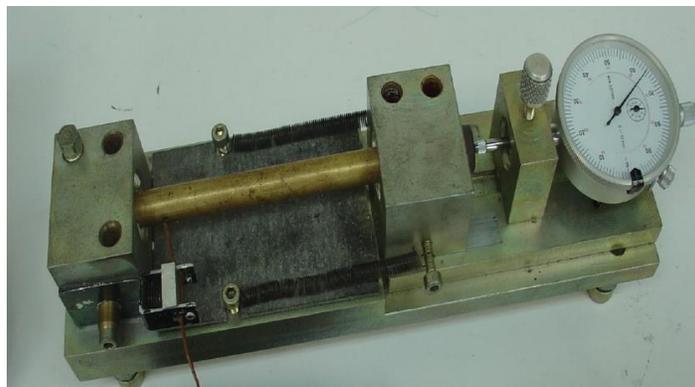


Figura 1. 3 Dilatómetro [1.4].

#### 1.1.4 Dispositivo para observar la segunda Ley de Newton.

En la figura 1.4 se muestra un dispositivo para el análisis de la Segunda Ley de Newton, la energía potencial del resorte comprimido imprime velocidad horizontal a la esfera sólida, mientras que la otra esfera simplemente cae verticalmente. La caída de las esferas sobre el piso al mismo nivel, implica que las velocidades verticales y horizontales son independientes [1.5].



Figura 1. 4 Cañón de Newton [1.5].

#### 1.1.5 Equipo para experimento de caída libre.

Este aparato sirve para determinar la duración de caída libre de un objeto desde diferentes alturas por medio de un contador digital de alta precisión, ver figura1. 5. Un microimán mantiene la bola en la posición de despegue.

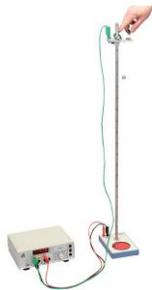


Figura 1. 5 Dispositivo para medir caída libre 3B Scientific [1.6].

La medición del tiempo se registra en el momento del impacto de la bola sobre la placa de recepción. La altura de caída se puede ajustar en una escala sobre la columna con exactitud. El dispositivo puede aplicarse en el cálculo de la aceleración de la gravedad y la determinación de la relación entre la masa un objeto que cae [1.6].

### 1.1.6 Dispositivo para medir tensión superficial.

Este aparato está diseñado para medir el coeficiente de tensión superficial del líquido basado en un método de tracción y rotura utilizando un sensor de deformación resistencia cristal de silicio [1.7].



Figura 1. 6 Tensiómetro superficial Lambda Scientific [1.7].

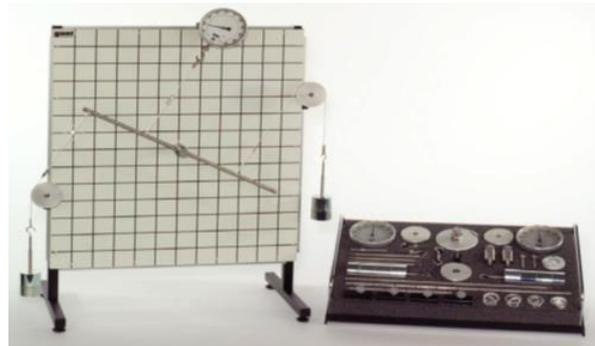
### 1.1.7 Equipo de ensayo de estática en dos dimensiones.

Este equipo ilustra los fundamentos de la estática, como son el equilibrio de fuerzas y momentos, la descomposición de fuerzas, la ley de la palanca y similares.

El elemento básico es un tablero que se monta en vertical o apaisado, con unos pies que permiten la colocación sobre una mesa de laboratorio. En los bordes pueden fijarse con rapidez todas las piezas necesarias para el ensayo. La trama del tablero y las barras están divididas con el mismo módulo, de modo que los

montajes se pueden realizar con una gran precisión. Dado que el módulo permite leer las relaciones de longitud, resulta fácil determinar los ángulos.

Se pueden fijar y combinar de forma sencilla componentes muy variados como: cables, cuerdas, barras, rodillos, poleas, discos de momento, etc. Los rodamientos de bolas integrados en el tablero permiten realizar ensayos de momentos con poco rozamiento [1.8].



**Figura 1. 7** Equipo de ensayo de estática TM-110 G.U.NT [1.8].

## 1.2 Metodología (método QFD).

Para el diseño del banco de pruebas que aquí se proyecta, se utiliza el método del despliegue de las funciones de calidad (QFD, Quality, Function Deployment) [1,8], con esta técnica se obtiene un aparato que considere las necesidades de los clientes potenciales y mejore las características de los equipos que actualmente existen en el mercado.

Considerando las expectativas de los clientes potenciales (laboratorios de física y mecánica), se puede diseñar un dispositivo de excelente presentación y a un bajo precio. La metodología que se desarrolla convierte las necesidades de los clientes en las características dadas al diseño del equipo propuesto. Una de las claves para lograr la mejora continua en el diseño, es que los clientes se involucren en el proceso de desarrollo del producto, este es el enfoque central del método QFD.

Si el diseño no satisface las expectativas de los clientes, significa que, el diseño se hizo sin tomarlo en cuenta. La comprensión del problema, es esencial para el diseño de un producto de calidad y significa traducir los requerimientos de los clientes en una descripción técnica de lo que debe ser diseñado. Dicen los japoneses, "Escucha la voz del cliente." La capacidad de escribir un buen conjunto de especificaciones de ingeniería es una prueba de que el equipo de diseño entiende el problema. Hay muchas técnicas utilizadas para generar las especificaciones de ingeniería. Una de las mejores y más populares en la actualidad se llama la función de despliegue de calidad (QFD). La importancia de utilizar el método QFD consiste; en que, es un proceso organizado para desarrollar las principales piezas de información necesarias para la comprensión del problema y se lleva a cabo mediante los siguientes puntos:

1. Escuchar la voz de los clientes.
2. Desarrollo de las especificaciones o metas para el producto.
3. Averiguar cómo las especificaciones miden los deseos de los clientes.
4. Determinar qué tan bien la competencia cumple los objetivos.

## 5. Desarrollo de objetivos numéricos.

El método QFD se desarrolló en Japón a mediados de la década de 1970 y se presentó en los Estados Unidos a finales de 1980. Usando este método, Toyota fue capaz de reducir los costos de llevar un nuevo modelo de coche al mercado en más de un 60% y disminuir el tiempo requerido para su desarrollo en un tercio. Una reciente encuesta de 150 empresas de Estados Unidos muestra que el 69% utiliza el método QFD y que el 71% de ellos han comenzado a utilizar el método desde 1990. De las empresas encuestadas, el 83% consideró que el método había aumentado la satisfacción del cliente y el 76% indicó que facilitaba las decisiones racionales. El método QFD ayuda a generar información necesaria en la definición de ingeniería del producto en el proceso de diseño. Los pasos del método QFD se presenta en el diagrama de la figura 1.8.

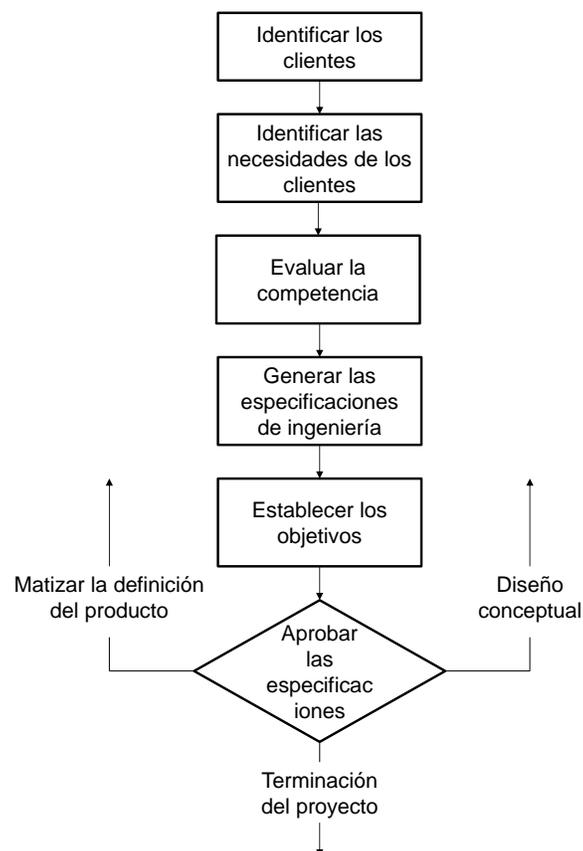


Figura 1. 8 Pasos del proceso de diseño [1,8].

Los pasos del método QFD se describen a continuación:

### **1.2.1 Identificar los clientes. ¿Quiénes son?**

Es importante conocer quién es el cliente directo, al cual se beneficia con el diseño del producto, que en este caso son los usuarios (estudiantes) del sistema ya que ellos son los principales en imponer los requisitos del producto. Para muchos productos, hay cinco o más clases de los clientes cuyas voces necesitan ser escuchadas.

### **1.2.2 Determinar las necesidades de los clientes**

**¿Qué quieren los clientes?** En este paso se identifica la necesidad por la cual se realiza el diseño del conjunto. Una vez identificados los clientes, el siguiente objetivo del método QFD es determinar lo que se va a diseñar. Es decir, ¿qué es lo que los clientes quieren? La clave para este paso, es recabar información de los clientes.

Esencialmente existen tres métodos comúnmente utilizados: observaciones, encuestas y grupos de enfoque. Afortunadamente, la mayoría de los nuevos productos son refinamientos de los productos existentes, por lo que muchos de los requisitos se pueden encontrar mediante la observación de los clientes que utilizan el producto existente. Por ejemplo, los fabricantes de automóviles envían ingenieros a los estacionamientos de los centros comerciales para observar a los clientes colocar las compras en los coches, para comprender mejor un aspecto sobre los requerimientos en las puertas de los coches. En particular se puede obtener información al observar la utilización de los péndulos balísticos que actualmente utilizan los usuarios.

Las encuestas se utilizan generalmente para recabar información específica o pedir opiniones de la gente sobre un tema bien definido. Mediante las encuestas se utilizan cuestionarios que son cuidadosamente elaborados y aplicados ya sea

por correo, por teléfono, o en entrevistas cara a cara. Las encuestas son muy adecuadas para la recogida de los requisitos de los productos a ser rediseñados o sobre los nuevos dominios de productos, bien entendidos.

Para los productos originales o para reunir las ideas de los clientes para mejorar los productos puestos en el mercado, los grupos de enfoque son los mejores. Determinar la importancia relativa de las necesidades. Este paso consiste en evaluar la importancia de cada uno de las necesidades del cliente. Esto se logra mediante la generación de un factor de ponderación para cada requerimiento. La ponderación da una idea de la cantidad de esfuerzo, tiempo y dinero para invertir en la consecución de cada requisito.

### **1.2.3 Identificar y evaluar la competencia.**

¿Están satisfechos los clientes ahora? El objetivo aquí es determinar cómo el cliente percibe la capacidad de la competencia para cumplir con cada una de las necesidades. A pesar de que se puede estar trabajando con un diseño totalmente nuevo, hay una competencia, o al menos, productos que buscan llenar la misma necesidad del diseño en proceso. El propósito para el estudio de los productos existentes es doble: en primer lugar, se crea una conciencia de lo que ya existe (el "ahora"), y segundo, que revela las oportunidades para mejorar lo que ya existe. En algunas empresas, este proceso se llama la "evaluación comparativa" y la competencia es un aspecto importante de la comprensión de un problema de diseño. En la evaluación comparativa, cada producto de la competencia debe ser comparado con los requisitos de los clientes. Este paso es muy importante, ya que muestra las oportunidades para mejorar el producto. Si toda la competencia se descuida uno de los requisitos, esto es claramente una oportunidad.

### **1.2.4 Generar especificaciones técnicas.**

¿Cómo serán las necesidades de los clientes a cumplir? El objetivo aquí es desarrollar un conjunto de especificaciones de ingeniería. Estas especificaciones son la actualización del problema de diseño en términos de parámetros que

---

pueden ser medidos y tienen valores objetivos. Sin esa información los ingenieros no pueden saber si el sistema se está desarrollando satisfactoriamente para los clientes. Las especificaciones técnicas consisten en parámetros de interés y los objetivos para los parámetros.

Las especificaciones son una traducción de la voz del cliente en la voz del ingeniero. Sirven como una visión del producto ideal y se utilizan como criterios para las decisiones de diseño. Por el contrario, esta parte del QFD también construye una imagen de cómo las decisiones de diseño afectan a la percepción del cliente de la calidad de su producto. En este paso, desarrollamos parámetros que indican cómo sabemos si se cumplen las necesidades de los clientes. Comenzamos encontrando tantos parámetros de ingeniería como sea posible que indican un nivel de logro de los requisitos de clientes. Por ejemplo, un requisito para la "fácil de conectar" puede ser medida por (1) el número de pasos necesarios para adjuntarlo, (2) el tiempo para adjuntarlo, (3) el número de piezas, y (4) el número de herramientas estándar utilizado. Tenga en cuenta que un conjunto de unidades está asociado con cada una de estas medidas de recuento de paso, el tiempo, el número de piezas, y el recuento de herramienta. Si no se pueden encontrar unidades para un parámetro de ingeniería, el parámetro no es medible y debe redireccionarse. Cada parámetro de ingeniería debe ser medible y por lo tanto debe tener unidades de medida.

Un punto importante aquí es que debe hacerse todo lo posible para encontrar tantas formas como sea posible medir los requerimientos de clientes. Si no hay parámetros de ingeniería medibles para los requisitos de los clientes, entonces el requisito del cliente no se entiende bien. Las posibles soluciones son romper el requisito en partes más finas independientes o volver a hacer el paso 2 con atención específica a ese requisito específico.

En el desarrollo de las especificaciones técnicas, comprobar cuidadosamente cada entrada para ver qué nombres o frases nominales se han utilizado. Cada

nombre se refiere a un objeto que es parte del producto o de su entorno y se debe considerar para ver si están siendo asumidos nuevos objetos.

En la tabla 1.1 se muestran algunos tipos de especificaciones que se utilizan en el diseño de ingeniería.

**Tabla 1.1** Algunos tipos de especificaciones de ingeniería.

El desempeño funcional	Preocupaciones del ciclo de vida (continúa)
Flujo de energía	Diagnosticabilidad
Flujo de información	Comprobabilidad
Flujo de materiales	Reparabilidad
Pasos operacionales	Facilidad de limpieza
Secuencia de operación	Instalabilidad
Factores humanos	Jubilación
Apariencia	Preocupaciones de recursos
Fuerza y control de movimiento	Tiempo
Facilidad de control y de detección de estado	Costo
Requisitos físicos	Capital
Propiedades físicas	Unidad
Envolvente espacial Disponible	Equipos
Confiabilidad	Normas
Tiempo medio entre fallos	Medio Ambiente
Seguridad (evaluación de riesgos)	Los requisitos de fabricación / montaje
Preocupaciones del ciclo de vida	Materiales
Distribución (envío)	Cantidad
Mantenibilidad	Capacidades de la empresa

Los requisitos de rendimiento funcional son aquellos elementos del desempeño que describen el comportamiento del artículo que desea. Aunque los clientes no

puedan utilizar términos técnicos, la función se describe generalmente como el flujo de energía, la información y los materiales, o como información acerca de los pasos operativos y su secuencia.

Cualquier producto que se perciba por los sentidos y/o sea controlado por un ser humano, tiene requisitos de factores humanos. Esto incluye casi todos los productos. Uno de los requisitos frecuentes de los clientes es que el producto "se ve bien" o se ve como si tuviera una función determinada. Estas son áreas en las que un miembro del equipo con conocimientos sobre el diseño industrial es esencial. Otros requisitos se centran en el flujo de energía y de información entre el producto y el humano. El flujo de energía es por lo general en términos de fuerza y movimiento, pero puede tomar otras formas también. Requisitos de flujo de información se aplican a la facilidad de control y de detección del estado del producto. Por lo tanto, los requisitos de los factores humanos son a menudo los requisitos de rendimiento funcional.

Los requisitos físicos necesitan propiedades físicas y restricciones espaciales. Algunas propiedades físicas a menudo utilizadas como requisitos son peso, densidad y la conductividad de la luz, el calor o la electricidad (es decir, el flujo de la energía). Las limitaciones espaciales se refieren cómo el producto se adapta a otros, los objetos existentes. Casi todos los nuevos esfuerzos de diseño se ven muy afectados por la interfaz física con otros objetos que no se puede cambiar.

### **1.2.5 Relatar los requisitos del cliente con las especificaciones técnicas. ¿Cómo medir qué?**

En este paso se debe considerar lo siguiente:

El requerimiento de cada cliente debe tener al menos una especificación con una relación fuerte. Existe la tentación de hacer de esto en una matriz diagonal o una especificación de ingeniería para cada necesidad del cliente. Este es un uso débil del método. Lo ideal es que cada especificación debe medir más de un requisito

del cliente. Si los requerimientos de un cliente sólo tienen débiles o medianas relaciones, entonces no se entiende bien o la especificación no ha sido bien pensada.

### **1.2.6 Establecer los objetivos de las especificaciones de ingeniería y significado.**

¿Cuánto es suficiente? Aquí se establecen los objetivos y la importancia, que tiene para cumplir con cada uno de ellos.

El primer objetivo de este paso es determinar la importancia de cada especificación. Si un objetivo es importante, entonces el esfuerzo debe ser invertido para cumplir el objetivo. Si no es importante, entonces el logro del objetivo puede ser más fácilmente relajado. En el desarrollo de productos, es raro que todos los objetivos se puedan cumplir en el tiempo disponible y por lo que este esfuerzo ayuda a guiar en qué trabajar.

El establecimiento de objetivos al principio del proceso de diseño es importante; objetivos establecidos cerca del final del proceso son fáciles de cumplir, pero no tienen sentido, ya que siempre coinciden con lo que se ha diseñado.

### **1.2.7 Identificar las relaciones entre las especificaciones técnicas.**

Las especificaciones técnicas pueden ser dependientes entre sí. Lo mejor es darse cuenta de estas dependencias al principio del proceso de diseño.

De esta manera se describe la técnica QFD, siendo un método que asegura que el problema se entienda bien. Es útil con todo tipo de problemas de diseño. Puede parecer desacelerar el proceso de diseño, pero en realidad no es así. La técnica QFD se puede aplicar también durante las fases posteriores del proceso de diseño. En lugar de desarrollar los requisitos de los clientes, se puede utilizar para desarrollar una mejor medida de las funciones, ensamblajes o componentes en términos de costo, modos de fallo, o de otras características.

En resumen se puede decir que, la comprensión del problema de diseño se logra mejor a través de la técnica llamada Despliegue de la Función Calidad (QFD).

Este método transforma los requisitos de los clientes en objetivos para los requerimientos de ingeniería medibles [1.9].

El presente proyecto nace por la necesidad de construir un banco de pruebas para laboratorios de física y de mecánica de centros educativos de nivel medio superior y superior. Por lo que se realiza un sondeo en varios laboratorios similares para detectar sus diferentes necesidades y carencias.

Dado lo anterior se elabora una encuesta en la que se puedan describir las características que debe poseer los diferentes dispositivos de medición así como modelos adecuados a las condiciones de los laboratorios de física.

La precisión y calidad de los aparatos de medición determina su precio de adquisición, estas son algunas de las características que se considerarán en el diseño del banco de pruebas que se propone en este trabajo. Se investiga la procedencia de los modelos de mejor calidad con la finalidad de saber si se construyen en el extranjero o se pueden conseguir a nivel nacional. La principal característica a comparar es el precio, si éste es alto, se tiene un motivo fuerte para diseñar un aparato de esta naturaleza, en México.

## **2 Diseño del Péndulo Balístico.**

En mecánica, es fundamental el estudio de los principios de conservación de la energía, conservación momento lineal y conservación del momento angular. El péndulo balístico que aquí se propone tiene como finalidad, estudiar los principios teóricos y prácticos arriba mencionados.

### **2.1 Marco teórico del diseño del Péndulo Balístico.**

El movimiento de proyectiles se puede considerar como un movimiento en un plano  $xy$  con velocidad horizontal constante, pero con velocidad variable en el eje vertical [2.1].

#### **2.1.1 Métodos para calcular la velocidad de disparo del proyectil [1.2].**

En un péndulo balístico, el proyectil se incrusta en la masa montada en la barra que gira alrededor de un eje, oscilando el sistema masa-proyectil, a lo largo de un ángulo, el cual se puede medir. A partir de la altura alcanzada por el sistema péndulo, se puede obtener su energía potencial.

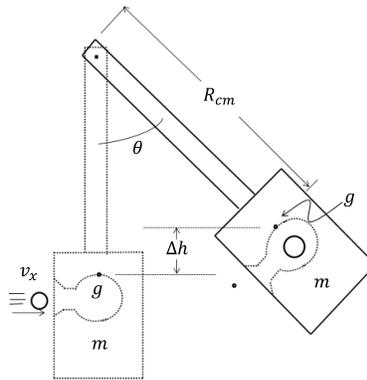
Esta energía potencial, es igual a la energía cinética del péndulo al inicio de la oscilación, justo después del choque con la bala. Como no se puede igualar la energía cinética del péndulo justo después del choque con la energía cinética de la bala antes del choque, ya que el choque entre la bala y la masa es inelástico (la energía cinética no se conserva en un choque inelástico), sin embargo; se sabe que el momento del proyectil antes del choque es igual al momento de la masa péndulo después del choque, dado que el momento se conserva en todas las formas de choque. Una vez que se conoce el momento de la bala y su masa, se puede determinar la velocidad inicial.

**2.1.1.1 Primer método para obtener la velocidad de disparo del proyectil.**

Hay dos formas de calcular la velocidad del proyectil. El primer método (llamado el "método aproximado") supone que el péndulo y la bala juntos actúan como una masa puntual situada en su centro combinado de masa. Este método no tiene en cuenta la inercia de rotación. Es un poco más rápido y más fácil que el segundo método (llamado el "método exacto"), pero no es tan preciso.

Considerando la energía potencial del péndulo después del choque y al final de la oscilación, figura 2.1, se puede escribir la expresión siguiente:

$$\Delta U = m g \Delta h \tag{2. 1}$$



**Figura 2. 1** Péndulo antes y después del choque.

De la misma figura 2.1, la energía potencial " $\Delta h$ " se puede expresar en función del radio de giro del centro de masa y del ángulo descrito por el brazo del péndulo, como se indica a continuación:

$$\Delta h = R_{cm} (1 - \cos \theta) \tag{2. 2}$$

Sustituyendo  $\Delta h$ , en la ecuación (2.1), la energía potencial adquiere la forma siguiente:

$$\Delta U = m g R_{cm} (1 - \cos \theta) \tag{2. 3}$$

De la misma forma, la energía cinética " $K$ " del sistema inmediatamente después del choque se determina con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2.4)$$

La cantidad de movimiento " $p$ " del péndulo justamente después del choque es:

$$p = m v \quad (2.5)$$

Despejando " $v$ " de ecuación (2.5) y sustituyendo en la ecuación (2.4), la expresión para calcular la energía cinética, adquiere la forma siguiente:

$$K = \frac{p^2}{2 m} \quad (2.6)$$

Despejando  $p$  de la ecuación (2.6) se tiene que la cantidad de movimiento del péndulo después del choque, es:

$$p = \sqrt{2mK} \quad (2.7)$$

Aplicando el principio de la conservación de la cantidad de movimiento para antes y después del choque, se obtiene la siguiente expresión:

$$m_1 v = \sqrt{2mK} \quad (2.8)$$

Al sustituir  $U$  de la ecuación (2.3) por  $K$  en la ecuación (2.7) y reducir para " $v$ " de la igualdad (2.8), se obtiene como se indica a continuación, una primera aproximación de la velocidad inicial de la bala.

$$v = \frac{m}{m_1} \sqrt{2 g R_{cm}(1 - \cos \theta)} \quad (2.9)$$

### 2.1.1.2 Método exacto para calcular la velocidad de disparo del proyectil.

En este método se emplea la energía rotacional del péndulo para determinar el momento de inercia del sistema péndulo, pero es poco más preciso. La energía potencial se halla de manera idéntica a la mostrada previamente en el punto 1.2.1.

$$\Delta K = m g R_{cm} (1 - \cos \theta) \quad (2.10)$$

De la ecuación para la energía cinética angular.

$$K = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (2.11)$$

Para la cantidad de movimiento  $p$  en función de la velocidad angular y del momento de inercia, se tiene que:

$$p = I \omega \quad (2.12)$$

Sustituyendo (2.12) en la ecuación (2.11), ésta se puede expresar como:

$$K = \frac{p^2}{2I} \quad (2.13)$$

Despejando de (2.13) la cantidad de movimiento  $p$  del péndulo se tiene:

$$p = \sqrt{2IK} \quad (2.14)$$

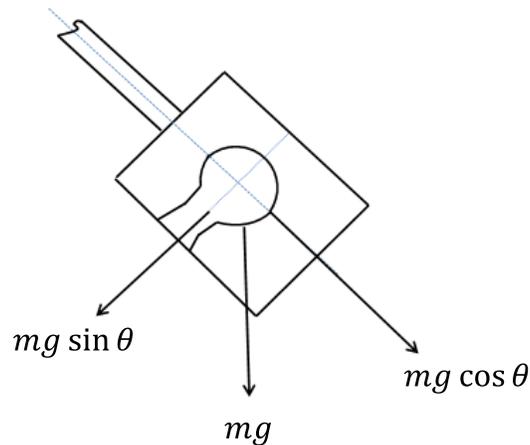
Aquí  $I$  es el momento de inercia del sistema péndulo – bala y  $\omega$  es la velocidad angular inmediatamente después del choque.

Este momento angular  $U$ , es igual al momento angular de la bala antes del choque, medida desde el punto del pivote del péndulo.

$$p = m R_{cm}^2 \omega = m_1 R_{cm} v \quad (2.15)$$

De las ecuaciones (2.10), (2.11), (2.14) y (2.15), se obtiene que:

$$v = \frac{m}{m_1} \sqrt{2 I g R_{cm} (1 - \cos \theta)} \quad (2.16)$$



**Figura 2. 2** Fuerzas actuantes en el centro de masa del péndulo.

Se requiere determinar  $I$ , el momento de inercia del sistema péndulo-bala, partiendo del equivalente rotacional, de la segunda ley de Newton:

$$\tau = I \alpha \quad (2.17)$$

La fuerza en el centro de masa del péndulo en la figura 2.2, es justamente  $mg$  y la componente de esta fuerza dirigida hacia el centro de oscilación del péndulo es:

$$F = -mg \sin \theta \quad (2.18)$$

El torque  $\tau$  en el péndulo es:

$$I \alpha = -R_{cm} m g \sin \theta \quad (2.19)$$

Para ángulos  $\theta$  pequeños  $\sin \theta \approx \theta$ , si se hace esta sustitución en la ecuación (2.19) y se resuelve para  $\alpha$ , se llega a la expresión:

$$\alpha \approx -\frac{R_{cm} m g}{I} \theta \quad (2.20)$$

Esta última ecuación, tiene la misma forma que la ecuación para movimiento armónico simple lineal:

$$\alpha = \frac{K}{m} x = \omega^2 x \quad (2.21)$$

Si se comparan las ecuaciones, lineal y angular, se observa que, el péndulo exhibe un movimiento armónico simple y que, el cuadrado de la frecuencia angular ( $\omega^2$ ) para este movimiento es justo:

$$\omega^2 = \frac{m g R_{cm}}{I} \quad (2.22)$$

Resolviendo la ecuación (2.22) para  $I$  se obtiene el resultado deseado:

$$I = \frac{m g R_{cm}}{\omega^2} = \frac{m g R_{cm} T^2}{4 \pi^2} \quad (2.23)$$

Donde  $T$  es el periodo del péndulo.

Se ha hecho una aproximación del ángulo pequeño para encontrar  $I$ , pero " $I$ " no depende de  $\theta$ . Esto significa que, se debe medir el periodo  $T$  usando pequeñas oscilaciones; pero una vez que se haya calculado  $I$  con este periodo, se puede usar este valor de  $I$  a pesar de la amplitud alcanzada durante otras partes del experimento.

En el desarrollo del presente diseño se toman en cuenta las necesidades para realizar las prácticas de física, así como, las condiciones físicas generales de los laboratorios de física, para tal fin, se recopilan ideas y conceptos de los usuarios de laboratorio, de donde se obtiene una lista de los requerimientos importantes que caracterizan al péndulo, de forma que se obtenga un modelo que cumpla con los requisitos.

## 2.2 Establecimiento de especificaciones técnicas.

Algunas de las características requeridas del péndulo en el laboratorio de Física y de Mecánica, se presentan en la tabla 2.1. Estas características son las necesidades que se toman en cuenta para el desarrollo del presente proyecto.

**Tabla 2.1.** Necesidades para el diseño del péndulo

No	Necesidades	Importancia
1	El péndulo funciona con precisión.	1
2	El péndulo es confiable	2
3	El péndulo se calibra fácilmente	3
4	El péndulo tiene bajo costo de diseño	4
5	El péndulo es versátil	5
6	El péndulo opera en el área estándar para el laboratorio	6
7	El péndulo requiere procesos de fabricación estandarizados	7
8	El péndulo se construye con materiales estándar	8
9	El péndulo requiere poco mantenimiento	9
10	El péndulo opera en un amplio rango de temperatura ambiente	10

A partir de la tabla 2.1 se consideran cada una de las necesidades demandadas del péndulo, para establecer el orden de importancia y convertir a éstas características en unidades medibles, Las unidades de medida definidas, serán los parámetros que guían el diseño del péndulo. En la tabla 2.2 se muestran diez parámetros que indican la manera en que se clasifican en orden de importancia y la unidad de medida propia para parámetro. Las características que mayor

atención se están definiendo son, la precisión, el costo y la versatilidad, las cuales cumplen con algunos objetivos del proyecto.

**Tabla 2.2** Dimensionamiento de necesidades y unidades para el diseño del péndulo.

Métrica No.	Necesidad	Métrica	Importancia	Unidad
1	1	El péndulo funciona con precisión	1	\$
2	4	El péndulo es bajo costo de diseño	2	\$
3	5	El péndulo realiza al menos dos prácticas.	3	\$
4	8	El péndulo se fabrica con materiales estándar	4	\$
5	7	El péndulo requiere procesos de fabricación estandarizados	5	$h$
6	6	El péndulo ocupa poco espacio	6	$m^3$
7	9	El péndulo requiere poco mantenimiento	7	\$
8	2	El péndulo registra desplazamientos angulares iguales en ensayos repetidos en condiciones similares	8	$\theta$
9	3	El péndulo se calibra fácilmente	9	$h$
10	10	El péndulo opera en un amplio rango de temperaturas ambiente	10	$^{\circ}C$

### 2.3 Diseño cinemático (tiempo, velocidad, posición, aceleración, etc.)

Para el cálculo de la velocidad inicial del proyectil, se analiza su movimiento en condiciones de un tiro parabólico (una de las pruebas que podrán realizar con el dispositivo péndulo balístico). Se supone que la altura desde la que se lanza el proyectil desde una mesa es de 0.80 m y un alcance máximo de 3 m, como se muestra en la figura 2.3. Aplicando las expresiones del movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente variado [2.2], ecuación 2.1 y 2.2, respectivamente, se determina el tiempo que tarda el proyectil en caer hasta el piso.

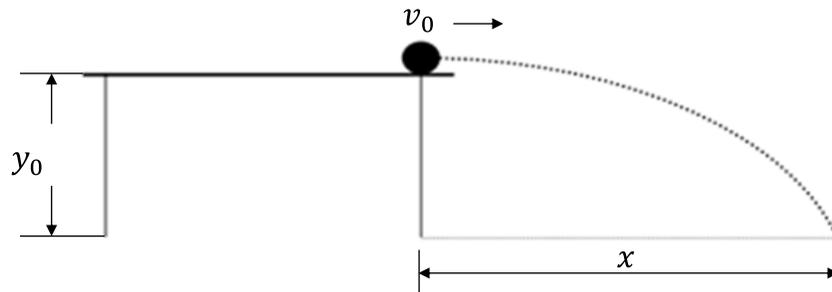


Figura 2. 3 Esquema de lanzamiento.

$$x = x_0 + (v_x) t \quad (2.24)$$

$$y = y_0 + (v_y) t - \frac{1}{2} g t^2 \quad (2.15)$$

De acuerdo con los datos de la figura 2.1 con,  $y_0 = 0.8 \text{ m}$   $v_y = 0$  y con el origen del sistema de referencia en el punto de contacto entre la pata derecha de la mesa de trabajo y el piso, de la ecuación (2.25), se obtiene el tiempo de vuelo  $t$ , cuyo valor es:

$$t = 0.4 \text{ s}$$

Sustituyendo el valor de  $t$  en la ecuación (2.24) se determina la velocidad horizontal  $v_x$  necesaria, para recorrer la distancia horizontal  $x = 3 \text{ m}$ :

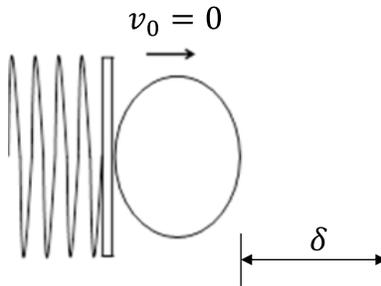
$$v_x = 7.42 \text{ m/s}$$

## 2.4 Dimensionamiento del resorte.

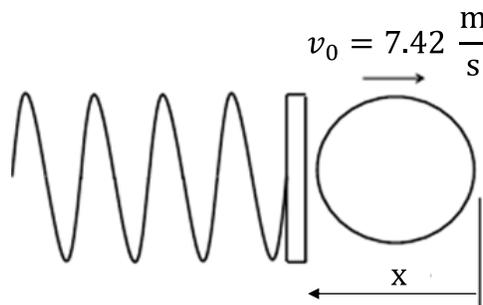
Para determinar el tamaño del resorte del cañón que se utiliza para lanzar el proyectil, es necesario conocer su constante elástica  $k$ .

Para una bala de acero con un diámetro de  $0.0254 \text{ m}$  con densidad  $\rho = 7842 \text{ kg/m}^3$  y volumen,  $V_b = 8.5 \times 10^{-6} \text{ m}^3$  se tiene una masa  $m_b$  de  $0.067 \text{ kg}$ .

Aplicando el principio de conservación de la energía [2.2], para el sistema resorte-balín, antes y después del disparo, bajo las condiciones presentadas en la figura 2.4 y figura 2.5, se genera la ecuación (2.26).



**Figura 2. 4** Resorte cargado "Estado 1".



**Figura 2. 5** Resorte sin carga "Estado 2".

$$\frac{1}{2} k \delta^2 = \frac{1}{2} m v_x^2 \tag{2.26}$$

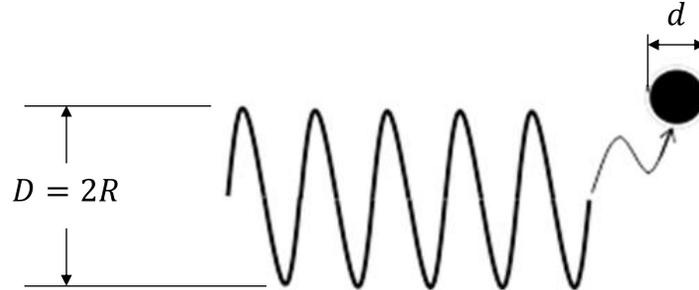
Sustituyendo las condiciones inicial y final del sistema,  $v_0 = 0$  y  $v_x = 7.42 \text{ m/s}$ , respectivamente y la masa del proyectil  $m = 0.067 \text{ kg}$ , con una deformación del resorte  $\delta = 0.05 \text{ m}$ , en la ecuación (3.3), se obtiene un valor  $k$  de:

$$k = 1482.11 \text{ N/m}$$

Ahora sabiendo el valor de la constante  $k$ , se puede determinar el número de espiras  $N$  del resorte, usando la siguiente fórmula [2.3]:

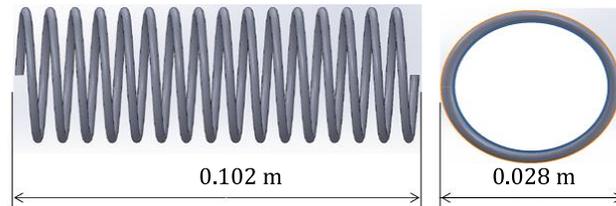
$$k = \frac{G d^4}{64NR^3} \tag{2.27}$$

Despejando  $N$  de la ecuación (2.27) y, con  $G = 79.3 \times 10^9$  Pa [2.4], el diámetro del alambre del resorte es:  $d = 0.00318$  m y el diámetro externo del mismo es  $D = 0.0254$  m, figura 2.6, se determina que dicho elemento debe ser de 41 espiras.



**Figura 2. 6** Dimensiones del resorte.

Por tanto, del catálogo “Diamond Wire Spring Company” [2.5] se selecciona un resorte DWC-085L-16, figura 2.7, el cual tiene un diámetro exterior  $D = 0.028$  m , un diámetro del alambre  $d = 0.0021$  m y una longitud sin comprimir  $L_0 = 0.102$  m , la deformación máxima de este resorte es,  $\delta = 0.077$  m, de acuerdo con sus especificaciones, resulta mayor que la  $\delta = 0.0503$  m, requerida.



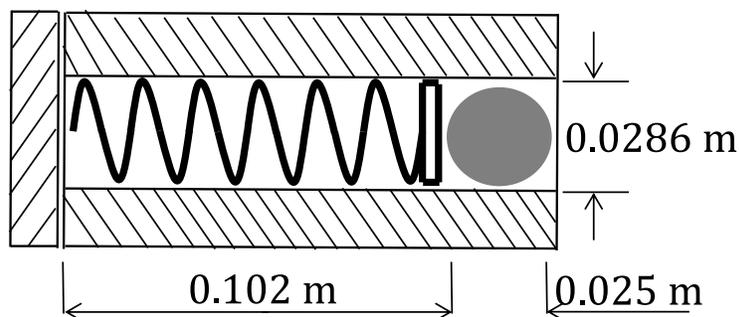
**Figura 2. 7** Resorte DWC- 085L- 16.

## 2.5 Dimensionamiento del cañón.

Ahora que se conoce la longitud del resorte y su diámetro exterior, se procede a dimensionar el cañón. El cañón está conformado por un cuerpo principal, una tapa trasera, un eje sobre el que estarán montado, el resorte y el percutor, también cuenta con una pieza de caucho en la parte delantera del cuerpo principal, con el propósito de amortiguar el golpe del regreso del péndulo.

Para el diseño del cuerpo principal del cañón y la tapa trasera se selecciona aluminio. Las razones de escoger este material son su baja densidad, su alta dureza, su gran capacidad de absorción de energía, su buena resistencia a la corrosión, su buena conductividad térmica, etc. Otra ventaja es que la mayoría de las aleaciones de aluminio pueden ser extruidas para conseguir estructuras muy complejas [2.6].

Las dimensiones del cuerpo son: largo  $L = 0.127$  m y 0.0508 m de lado (sección transversal cuadrada), y que tiene un taladro central con 0.0286 m de diámetro, dentro del cual opera el resorte y la bala antes de ser lanzada. En la figura 2.8, se muestra el diseño del cañón, considerando las dimensiones del resorte antes seleccionado, así como el diámetro de la bala.



**Figura 2. 8** Dimensiones del cañón.

El diseño del cañón se presenta en la figura 2.9, con los elementos que lo integran, las tapa trasera y delantera se atornillan al cuerpo principal, el percutor esta ensamblado accionado al eje que acciona al resorte. Este elemento se puede orientar desde la posición horizontal hasta alcanzar un ángulo de 90 grados Algunas especificaciones se ilustran en la figura 2.9 y las medidas completas de las piezas que integran el ensamble del cañón se muestran en el dibujo detalle correspondiente, anexo A.

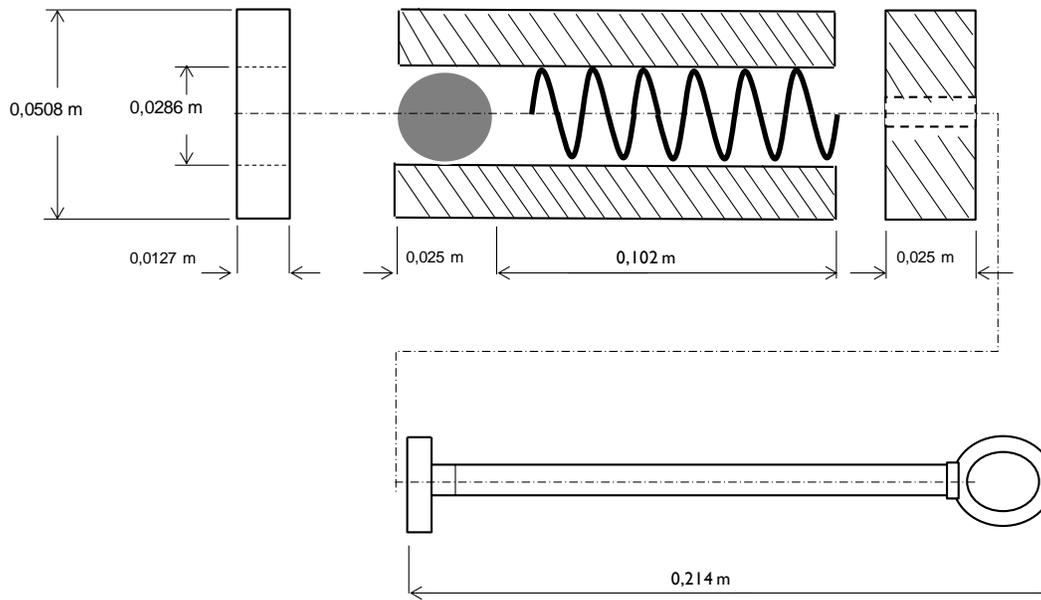


Figura 2. 9 Cañón del péndulo.

## 2.6 Dimensionamiento del brazo del péndulo.

Para el diseño del péndulo se obtiene el momento de inercia del conjunto procediendo como sigue:

Consideraciones:

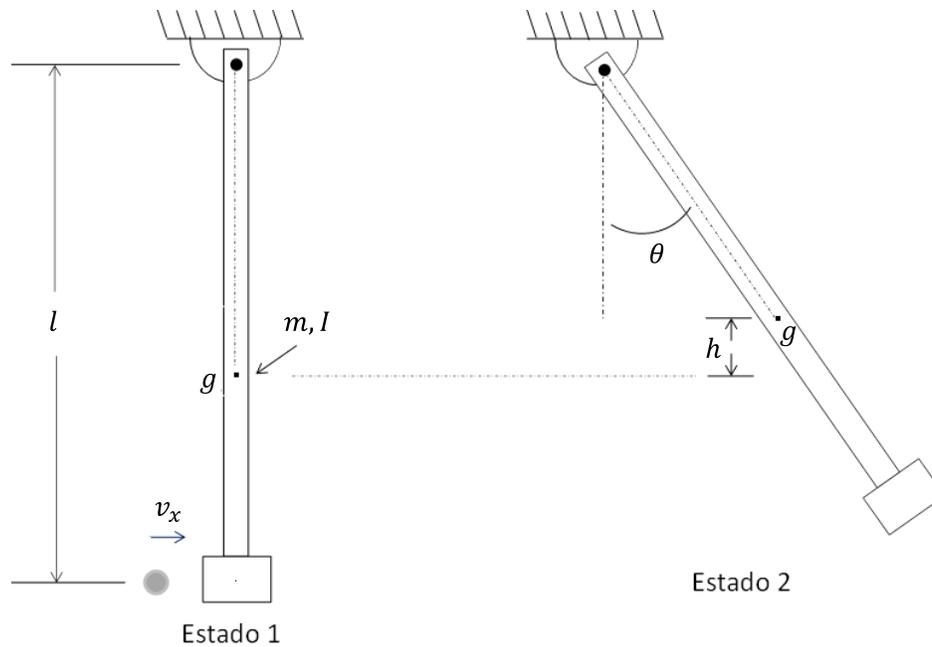
1.- masa total  $m$  compuesta por la masa del brazo del péndulo  $m_p$  y la masa de la bala  $m_b$  es decir:

$$m = m_p + m_b$$

$$m = 0.817 \text{ kg}$$

2.- distancia  $l = 0.6 \text{ m}$  medida desde el eje de rotación al centro de masa del péndulo.

3.- ángulo máximo:  $\theta = 60^\circ$



**Figura 2. 10** Brazo del péndulo en equilibrio y máximo desplazamiento angular.

Aplicando el principio de impulso y la cantidad de movimiento angular [2.2], antes y después del impacto.

De la figura 2.10, estados 1 y 2, se obtienen las expresiones:

$$(I \omega)_1 + I_1 = (I \omega)_2 \tag{2.28}$$

$$(m v_x l)_1 + 0 = (I \omega)_2 \tag{2.29}$$

Al sustituir los valores de  $m$ ,  $v_x$  y  $l$  en la ecuación (2.29) se obtiene:

$$(I \omega)_2 = 0.298 \text{ m N s} \tag{2.30}$$

En la figura 2.10, se observa que la altura  $h$  alcanzada por el brazo cuando el ángulo recorrido es  $\theta$ , se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$h = l(1 - \cos \theta) \tag{2.31}$$

De acuerdo con la figura 2.10, en el estado 1, la energía cinética del sistema se puede determinar de la expresión:

$$(K)_1 = \frac{1}{2} I \omega^2 \tag{2.32}$$

Y en el estado 2, la energía potencial, la fórmula que se utiliza para calcular es:

$$(U)_2 = m g l (1 - \cos \theta) \tag{2.33}$$

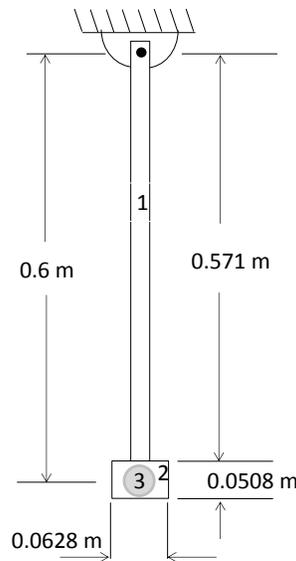
Igualando las expresiones (2.32) y (2.33), se obtiene la siguiente igualdad:

$$\frac{1}{2} \frac{(I\omega)^2}{I} = m g l (1 - \cos 60)$$

De donde; operando para el momento de inercia  $I$ , su valor es:

$$I = 0.01849 \text{ Kg m}^2$$

Por otro lado, el momento de inercia del conjunto “barra-paralelepípedo-bala” se determina mediante la suma de los momentos de cada uno de estos componentes indicados con los números 1, 2 y 3 respectivamente [3.3], figura 2.11.

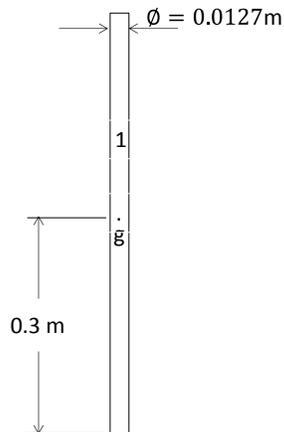


**Figura 2. 11** Ensamble barra-paralelepípedo-bala.

El momento de la barra  $I_1$  [2.4], se obtiene de la siguiente expresión:

$$I_1 = I_g + m l^2 \tag{2.34}$$

Como la barra 1 tiene una longitud  $l = 0.6 \text{ m}$  y  $0.0127 \text{ m}$  de diámetro, figura 2.12, su volumen vale;  $V_{barra} = 7.6 \times 10^{-5} \text{ m}^3$



**Figura 2. 12** Barra del péndulo.

La barra 1 es de aluminio, con una densidad  $\rho = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ , por lo que su masa es, 0.2052 kg.

Sustituyendo el valor de la masa de la barra 1 en la ecuación (2.34), y teniendo en cuenta que:

$$I_g = \frac{1}{12} ml^2$$

De acuerdo con la figura 2.11, se tiene que:

$$I_1 = 0.2052 \text{ Kg} \left[ \frac{(0.6\text{m})^2}{12} + (0.0127\text{m})^2 \right]$$

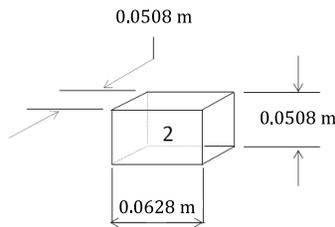
De donde  $I_1$  tiene un valor de  $0.006189 \text{ kg m}^2$

El momento de inercia  $I_2$  de la masa del paralelepípedo [2.4], figura 2.13 se determina usando la ecuación siguiente:

$$I_2 = I_g + md^2 \tag{2.35}$$

Tomando en cuenta, para este caso que:

$$I_g = \frac{1}{12} m [a^2 + b^2] \tag{2.36}$$



**Figura 2. 13** Masa del paralelepípedo.

De la figura 2.13, se puede observar que el volumen del paralelepípedo de aluminio es  $V_p = 1.62 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ , por lo que su masa vale  $m_2 = 0.4375 \text{ kg}$ .

Entonces, operando en la ecuación (2.36), con  $a = 0.028 \text{ m}$  y  $b = 0.0508 \text{ m}$  se obtiene, que:

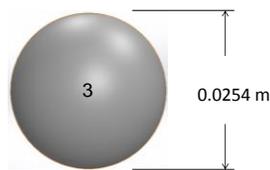
$$I_g = 2.37 \times 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

Ahora sustituyendo este valor de  $I_g$ ,  $m_2 = .4375 \text{ kg}$  y  $l = 0.6 \text{ m}$  en la fórmula (2.35), el momento de inercia del paralelepípedo es:

$$I_2 = 0.1577 \text{ kg m}^2$$

El momento de inercia  $I_3$ , [2.4] de la bala, figura 2.14, se determina con la ecuación siguiente:

$$I_3 = m l^2 \tag{2.37}$$



**Figura 2. 14** Bala de acero.

Como la bala tiene una masa  $m_3 = 0.067 \text{ kg}$ , su momento de inercia tiene un valor de:

$$I_3 = 0.02412 \text{ kg m}^2.$$

Por lo tanto el momento de inercia del conjunto es:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \tag{2.38}$$

Sustituyendo los valores de  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$  en la expresión (2.38), se obtiene finalmente el momento de inercia del sistema:

$$I = 0.2047 \text{ Kg m}^2$$

Utilizando  $I = 0.2047 \text{ Kg m}^2$  en la ecuación (2.30), y resolviendo para  $\omega$ , se obtiene su valor, es decir:

$$\omega = 1.46 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Ahora sustituyendo el valor del momento de inercia del sistema y el valor de la velocidad angular en la ecuación (2,32), se tiene que:

$$(K)_1 = \frac{1}{2} (0.2046)(1.46)^2$$

De donde la energía cinética  $(K)_1$ , vale:

$$(K)_1 = 0.434 \text{ J} \tag{2.39}$$

De la figura 2.11 con las masas correspondientes de cada uno de los componentes, se genera la tabla 2.3, para obtener, " $\bar{X}$ ", que es la distancia media al centro de masa, del sistema péndulo.

**Tabla 2.3** Centro de masa del sistema del péndulo.

Componente	$m$ (kg)	$x$ (m)	(kg m)
Barra	0.2052	0.2855	0.0585
Paralelepípedo	0.4375	0.6	0.2625
Bala de acero	0.067	0.6	0.0402
$\Sigma m = 0.7027$		$\Sigma m x = 0.3612$	

La distancia del centro de masa del sistema de acuerdo con la tabla 2.3, en la que se consideran las distancias de cada componente (barra, cubo y bala) ponderadas con sus respectivas masas, se determina con la expresión matemática siguiente:

$$\bar{X} = \frac{\Sigma x m}{\Sigma m} \tag{2.41}$$

$$\bar{X} = \frac{0.3612}{0.7027}$$

$$\bar{X} = 0.514 \text{ m}$$

Aplicando en la ecuación (2.33) los valores de  $\bar{X}$  y  $\Sigma m$  del sistema, considerando además que  $h = \bar{X}(1 - \cos \theta)$ , se puede determinar la energía potencial en el estado 2, esto es:

$$(U)_2 = 0.7027(9.81)[\bar{X}(1 - \cos \theta)]$$

$$(U)_2 = 6.89[0.514(1 - \cos \theta)]$$

De donde  $(U)_2$  adquiere la forma:

$$(U)_2 = 3.54(1 - \cos \theta) \tag{2.41}$$

Por lo que igualando las ecuaciones (2.40) y (2.41) se tiene que:

$$0.434 \text{ J} = 3.54 (1 - \cos \theta)$$

Despejando el ángulo " $\theta$ " de la expresión anterior se obtiene el recorrido del péndulo, el cual es:

$$\theta = 28.66^\circ$$

Finalmente se obtiene un ángulo oscilación del sistema de  $28.66^\circ$ .

## **2.7 Modelo del Péndulo Balístico mediante Diseño Asistido por computadora SolidWorks®.**

Mediante el software de SolidWorks® se realiza el diseño del péndulo balístico aquí propuesto. El modelado considera los cálculos generados en los pasos 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5.

El modelo del péndulo balístico se presenta en la figura 2.15, los componentes fundamentales son: la base, el soporte principal, una pieza graduada, el brazo del péndulo, un indicador de ángulo, la bala de acero y el cañón. Las dimensiones de todas las piezas que conforman el modelo se especifican en el dibujo de detalle (Anexo A).

El soporte principal está atornillado a la base, la pieza graduada donde se marcan los grados que gira el brazo del péndulo, está sujeta al soporte principal por medio de tornillos. El indicador del ángulo está montado de manera que las marcas de la graduación parten del mismo eje donde gira el brazo del péndulo, dicho indicador actúa por fricción, marcando el ángulo en la posición alcanzada por el péndulo al final de su recorrido. El brazo del péndulo en el extremo superior está ensamblado al soporte principal montado sobre baleros y tiene fijo en su extremo inferior la masa (paralelepípedo) donde se aloja la bala. El brazo del péndulo es desmontable, con la finalidad de hacerlo versátil, por ejemplo, poder utilizar el cañón en el estudio de movimiento de proyectiles.

El cañón está ensamblado al cuerpo principal del péndulo por medio de dos tornillos, siendo su posiciones extremas horizontal y vertical, uno de los tornillos impide el movimiento de traslación y sirve como eje de rotación del cañón, el otro tornillo se utiliza para fijar al cañón en diferentes posiciones, cuando se ajusta por ejemplo para medir el alcance máximo.

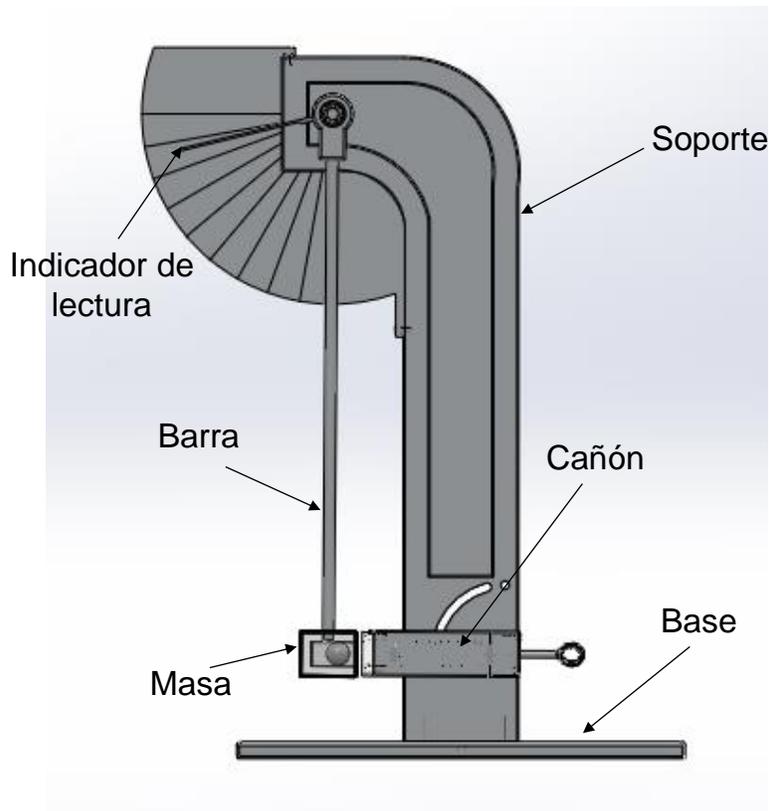


Figura 2. 15 Modelo del péndulo.

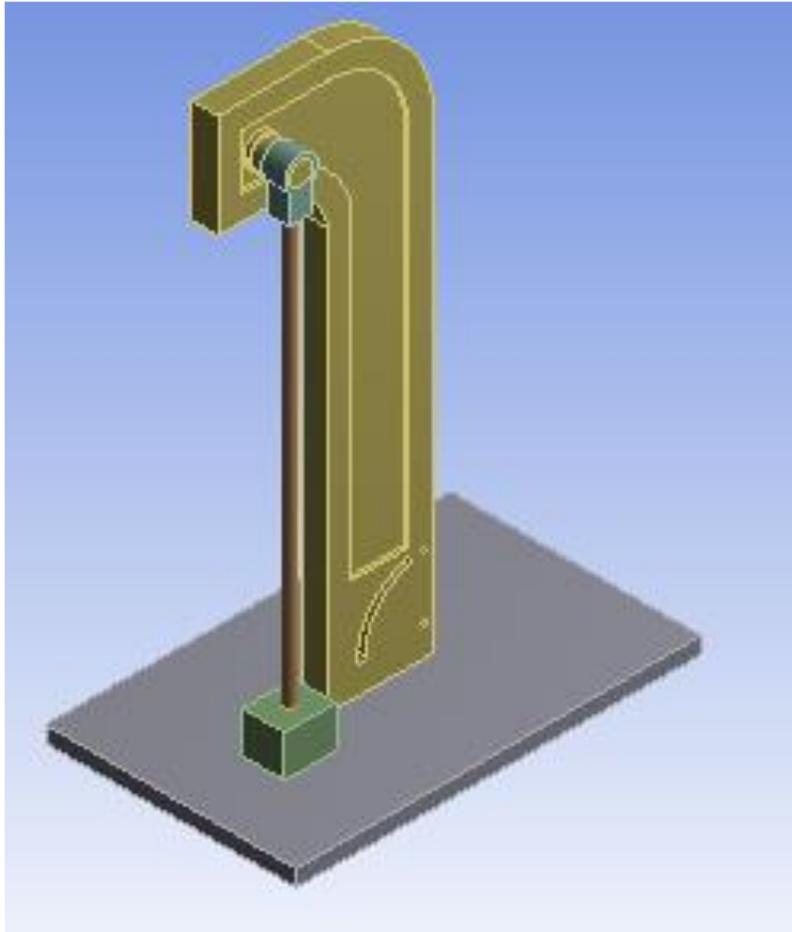
## 2.8 Análisis estructural del sistema mediante Análisis Estructural asistido por Computadora “CAE, por su siglas en inglés”.

Una consideración importante en el diseño de ingeniería es que el sistema no falle y que las partes se encuentren dentro de los límites de resistencia. Teniendo en cuenta esta consideración se realiza un análisis de esfuerzos y deformaciones del péndulo mediante la utilización de herramientas con tecnología de punta como lo es ANSYS®.

### 2.8.1 Modelo del péndulo balístico utilizado en el análisis estructural.

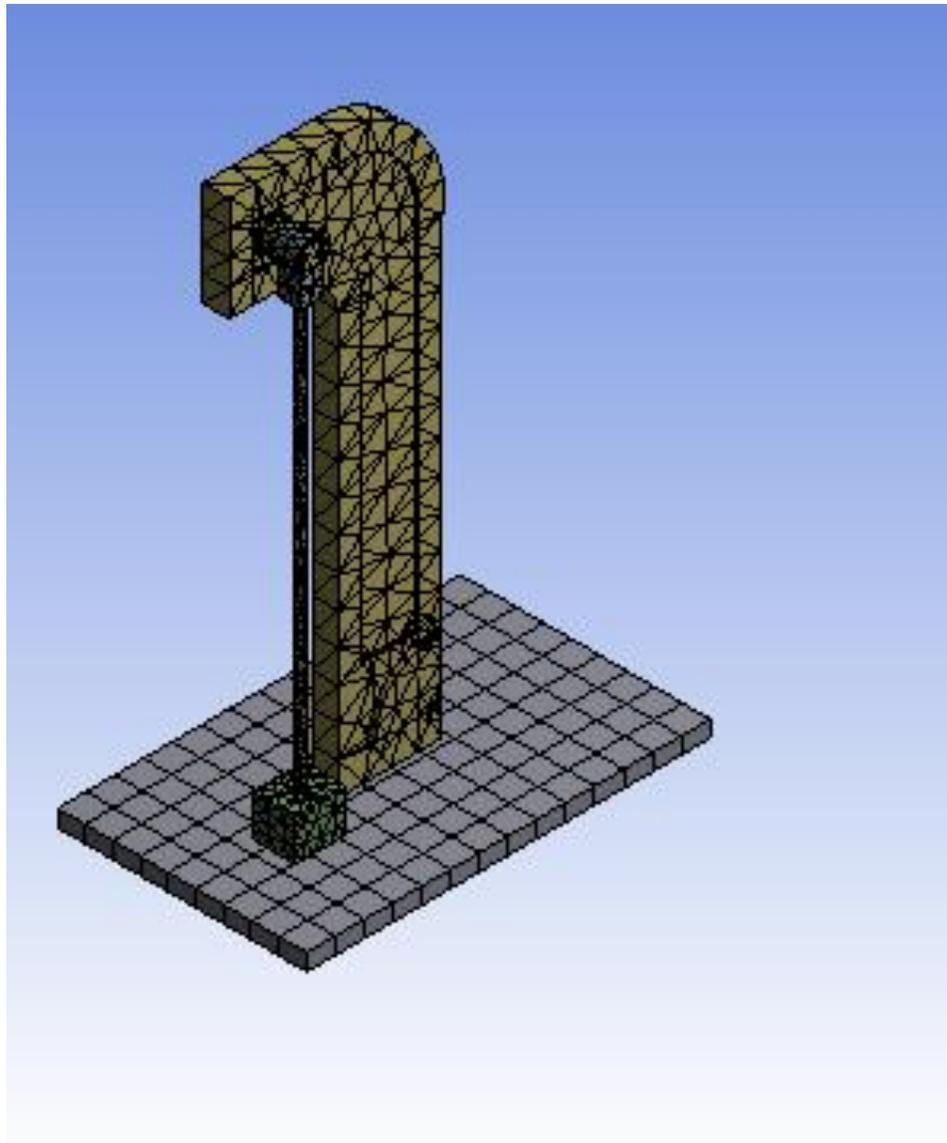
Para realizar el análisis mediante el Método de Elemento Finito (FEM) se utiliza el modelo que se obtuvo en SolidWorks® en el apartado anterior y se introduce en la

plataforma de ANSYS®. En la figura 2.16 se presenta el modelo del péndulo balístico.



**Figura 2. 16** Modelo del péndulo en ANSYS®.

En primer término se realiza la discretización del modelo del péndulo. La discretización se refiere a la red de elementos y nodos que “discretizan” una región y que también se le conoce como malla. Existen tres formas básicas de generar una malla de elementos: manual, semiautomática o completamente automatizada. En este caso se realiza una discretización completamente automatizada, generada por el programa, y se obtiene el mallado del péndulo balístico como se muestra en la figura 2.17.



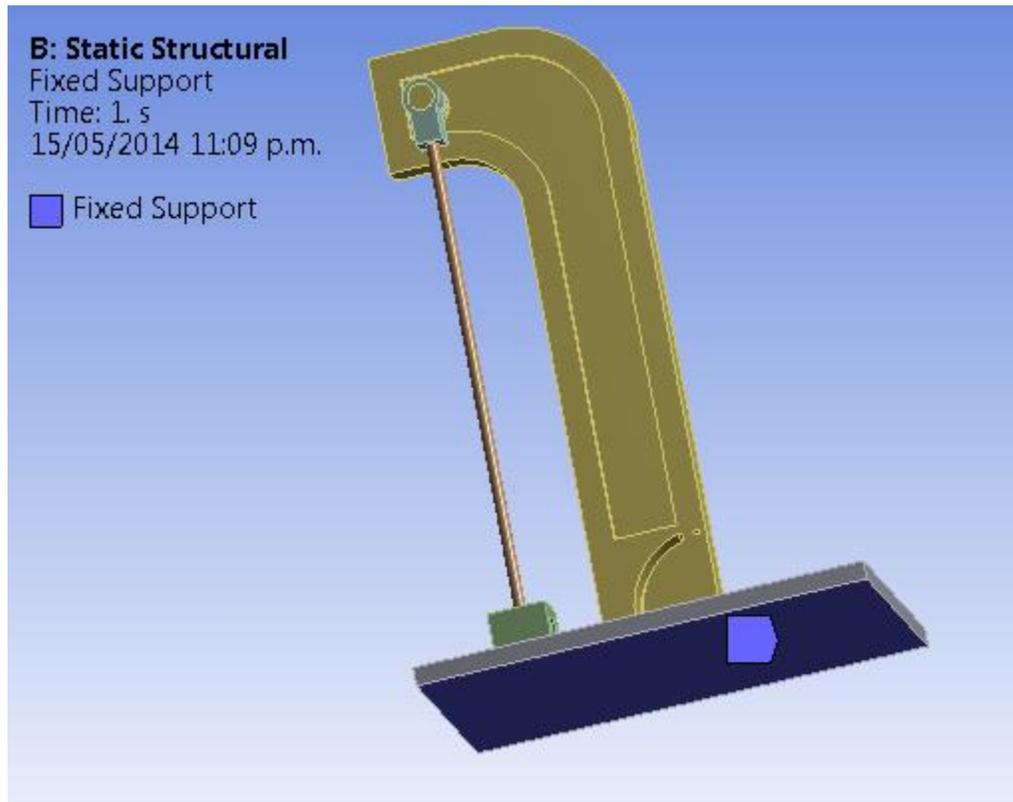
**Figura 2. 17** Mallado del modelo.

### **2.8.2 Establecimiento de las condiciones de frontera.**

A continuación se definen las condiciones de frontera en el sistema bajo las cuales se realizará la simulación.

La primera condición consiste en fijar la superficie inferior de la base, con la finalidad de restringir los desplazamientos a cero en todas las direcciones de los nodos que se encuentran sobre esta superficie. En la figura 2.18 se muestra la

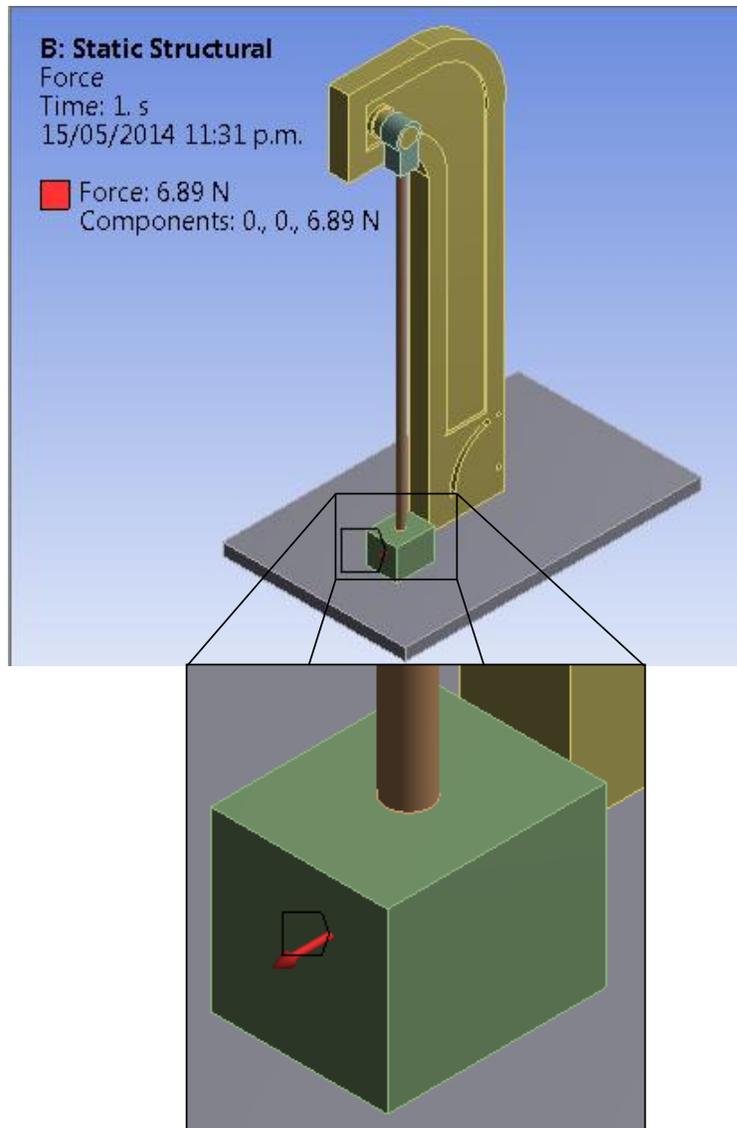
fijación de la cara inferior de la base, y que en este caso se aplica un soporte fijo (Fixed Support).



**Figura 2. 18** Condición de frontera "soporte fijo".

La otra condición de frontera está relacionada con la fuerza aplicada al modelo y la dirección en que actúa dicha fuerza.

Para la obtención de la fuerza que se aplica sobre el péndulo, durante el choque del proyectil contra la masa del péndulo, se asume que el trabajo para llevarlo hasta la altura " $h$ " desde la posición de equilibrio, es igual, al energía potencial. La magnitud del trabajo por lo tanto es:  $W = 0.434$  J, valor obtenido con la ecuación 2.33 en el apartado 2.6, por otro lado, sabiendo que el trabajo se define como el producto de la fuerza y la distancia, al operar para la fuerza con  $h = 0.063$  m, y  $\theta = 28.66^\circ$ , se determina que la magnitud es:  $F = 6.89$  N. Este valor de  $F$  se aplica horizontalmente, directamente en la masa del péndulo en el punto donde se el contacto con la bala de acero, como se ilustra en la figura 2.19.

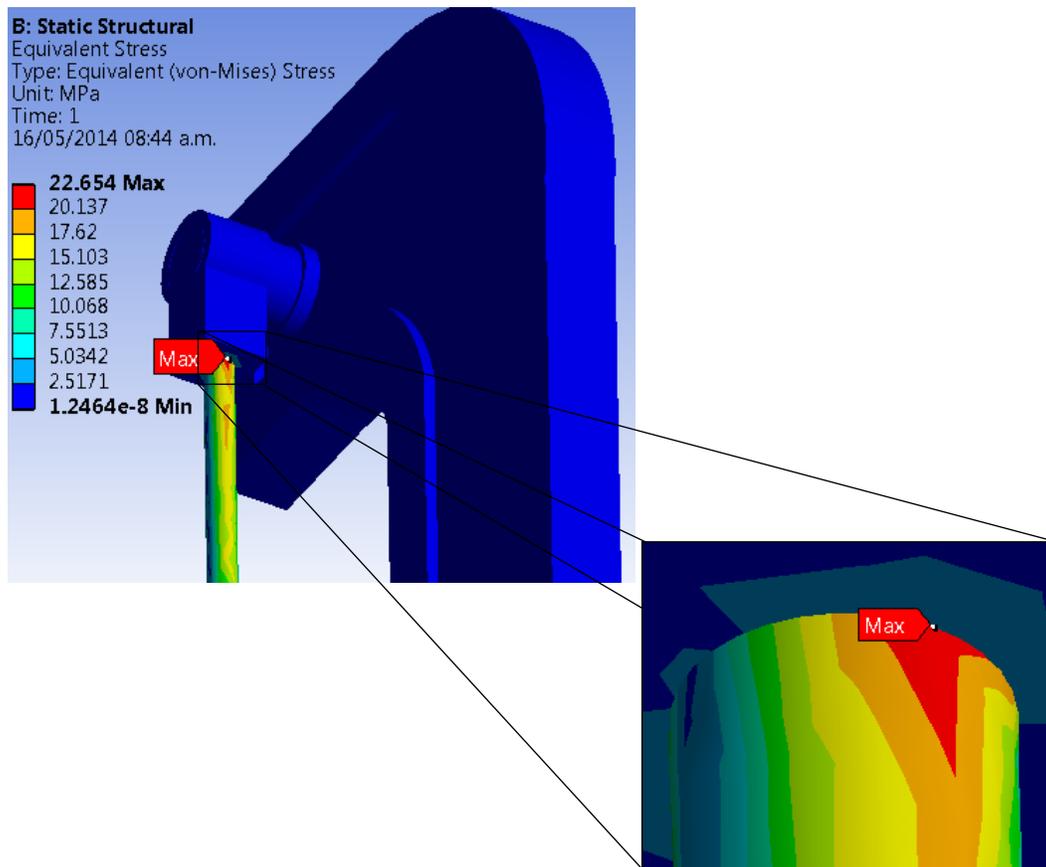


**Figura 2. 19** Carga aplicada al modelo.

Por otro lado, para el proceso de simulación en este diseño, se consideran nulos los movimientos relativos (condición Bonded en el software) en los contactos entre la masa y la barra, entre la barra y el soporte del balero y entre éste último y el eje en el soporte principal. Con estas consideraciones se realiza el análisis estructural en cada uno de los componentes críticos del sistema péndulo, obteniendo los esfuerzos y deformaciones generados por el programa, éstos resultados se muestran en las siguientes figuras.

### 2.8.3 Resultados generados en el análisis estructural.

En el primer análisis se considera al conjunto péndulo. En la figura 2.20 se observa que el esfuerzo de Von-Mises  $\sigma$  registrado es de 22.65 MPa y, se presenta en la barra, en la unión entre el soporte del balero y dicha barra.



**Figura 2. 20** Esfuerzo de Von-Mises en el modelo.

Aunque el esfuerzo máximo ocurre en la barra del péndulo, la deformación máxima no se produce en ella, la deformación ocurre en las dimensiones del paralelepípedo, en la zona donde se produce el impacto entre la bala y la masa, como se puede ver en la figura 2.21. La deformación  $\delta_t$  en la masa es de 0.00451 m.

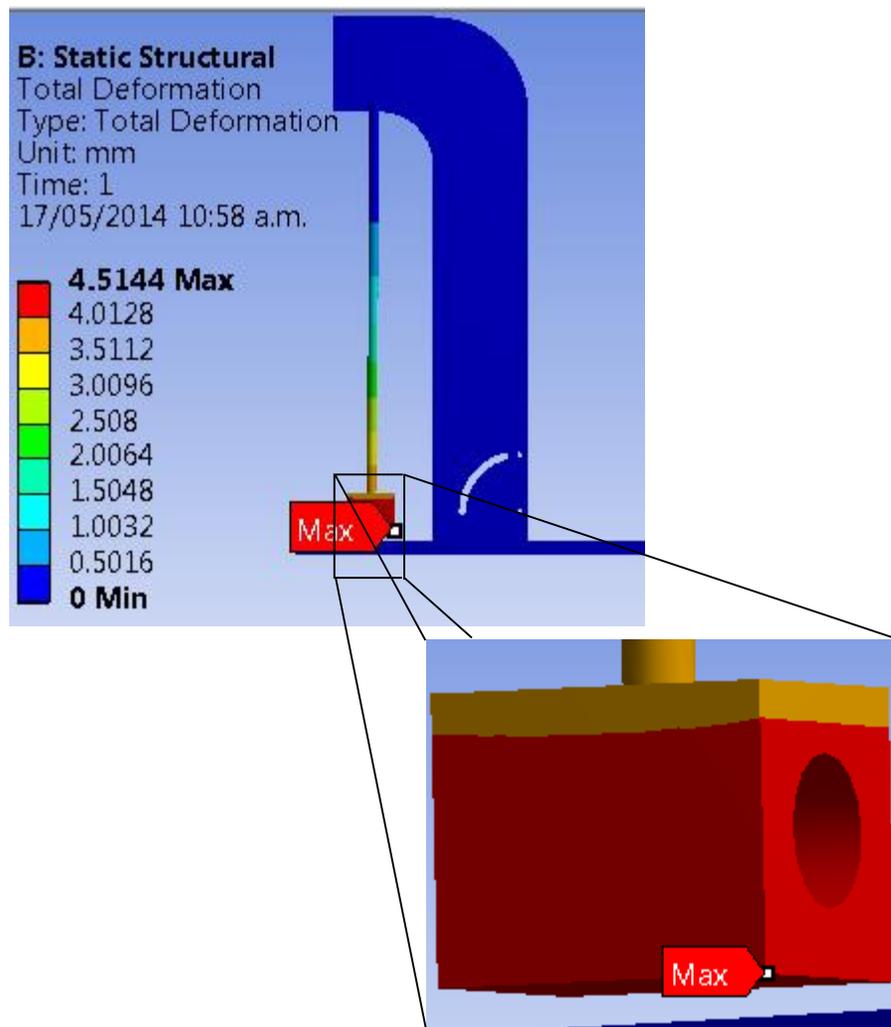
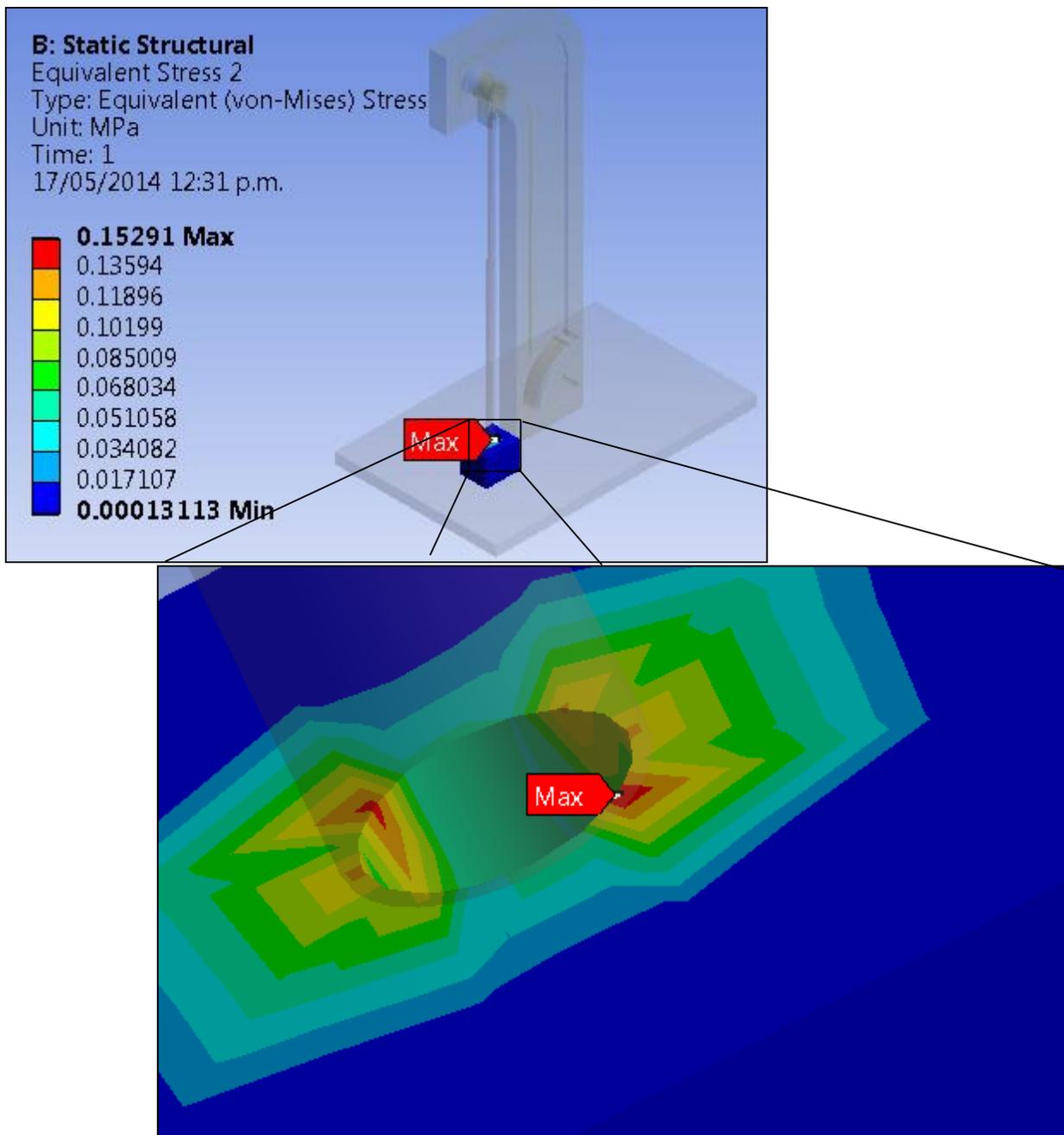


Figura 2. 21 Deformación máxima en el conjunto péndulo.

A continuación con el fin de tener un mejor criterio de diseño, se revisa por separado el estado esfuerzo y de deformación en cada uno de los componentes que conforman al conjunto del péndulo.

Al realizar el análisis estructural en el paralelepípedo el esfuerzo  $\sigma$  de Von Mises registrado es de 0.15291 MPa, figura 2.22. El esfuerzo aparece en la zona de contacto entre la barra y la masa.



**Figura 2. 22** Esfuerzo de Von Mises en el paralelepípedo.

La deformación total  $\delta_t$  que se presenta en la masa del péndulo, vale 0.00451 m, pudiéndose constatar que, en este componente se presenta la máxima deformación, pese a que el esfuerzo de Von Mises no es precisamente el máximo en dicha parte, figura 2.23.

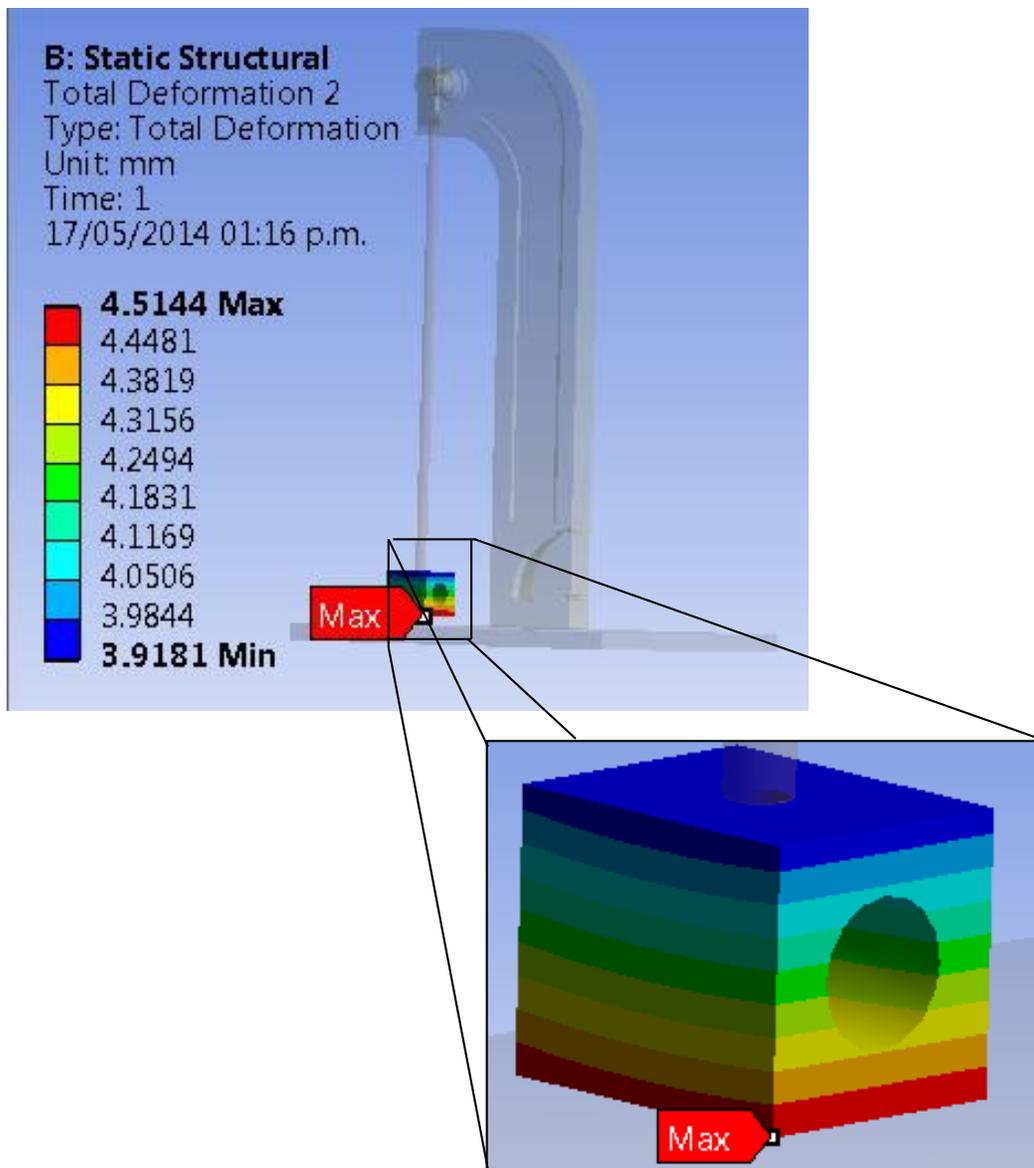
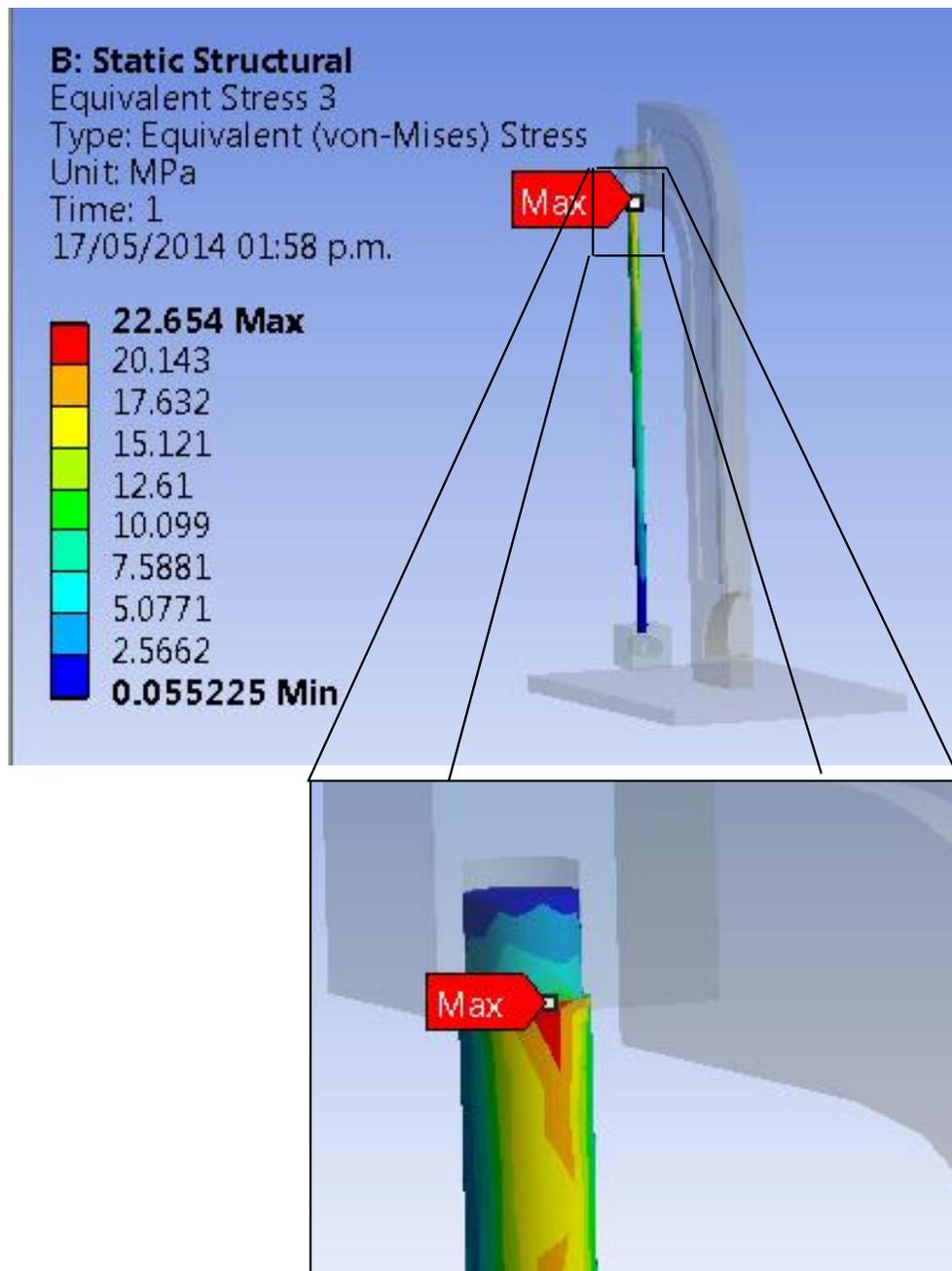


Figura 2. 23 Deformación máxima en el paralelepípedo.

Al llevar a cabo el ensayo en la barra de manera aislada, figura 2.24, se puede distinguir la zona en donde ocurre el máximo esfuerzo, siendo el valor del esfuerzo de Von Mises  $\sigma$  de 22.65 MP<sub>a</sub> coincidiendo con el resultado obtenido en el primer análisis estructural del conjunto péndulo.



**Figura 2. 24** Esfuerzo de Von Mises "máximo" en la barra.

La deformación  $\delta_t$  en la barra se presenta en el extremo opuesto de donde sucede el esfuerzo máximo, pero no se da la máxima deformación en esa región, figura 2.25.

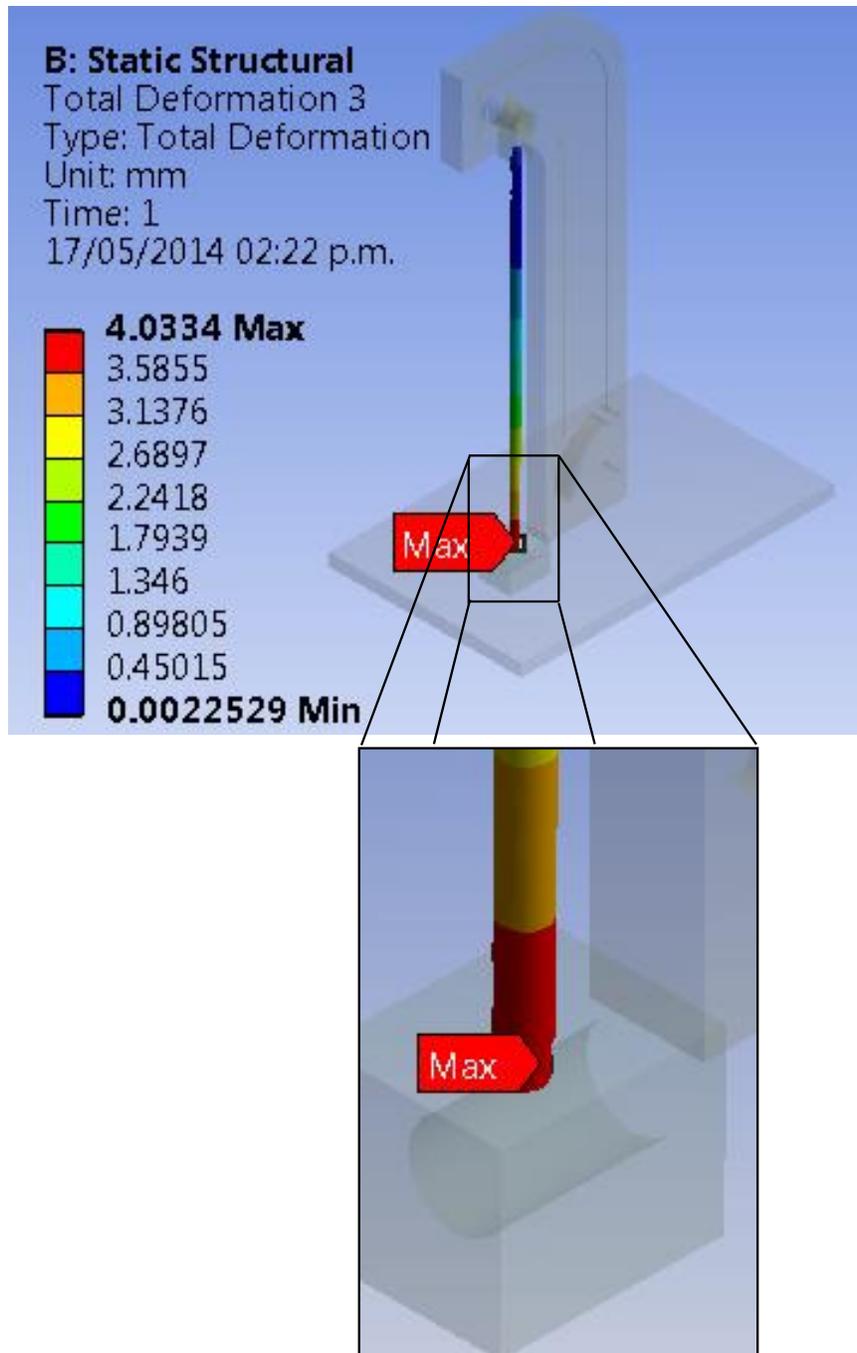


Figura 2. 25 Deformación en la barra.

Finalmente se obtiene el esfuerzo de von Mises mediante el análisis estructural para el soporte del péndulo, como se muestra en la figura 2.26. Aunque el esfuerzo máximo se ha presentado en la barra, es importante incorporar el estado

de esfuerzos de este elemento. El esfuerzo  $\sigma$  se ve que ocurre en la zona inferior del eje del brazo del péndulo y tiene un valor de 1.069 MPa

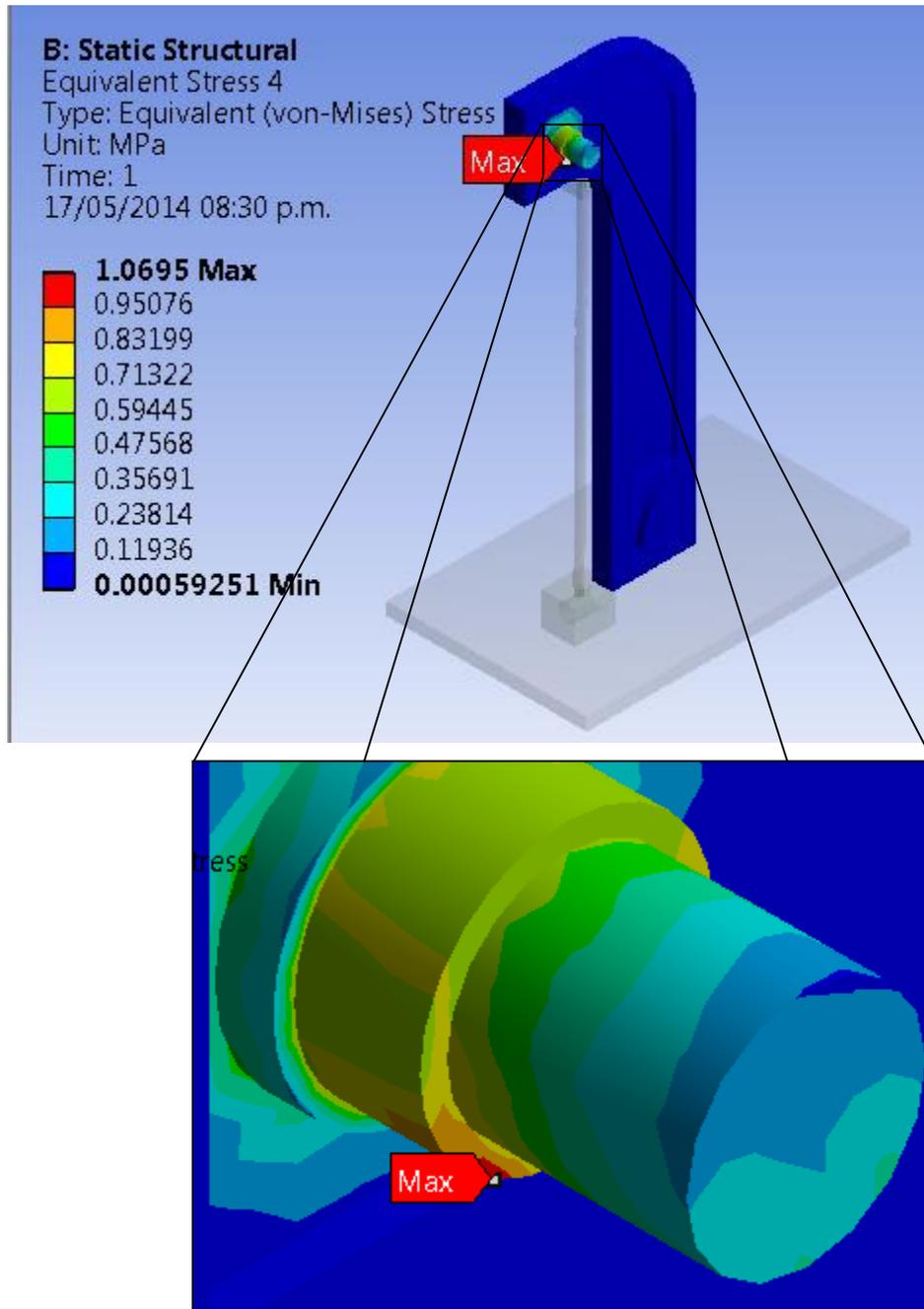


Figura 2. 26 Esfuerzo de von Mises en el soporte.

Así mismo se obtiene la máxima deformación  $\delta_t$  en el soporte del péndulo cuyo valor es muy pequeño en comparación con la deformación crítica del paralelepípedo y, se ilustra en la figura 2.27.

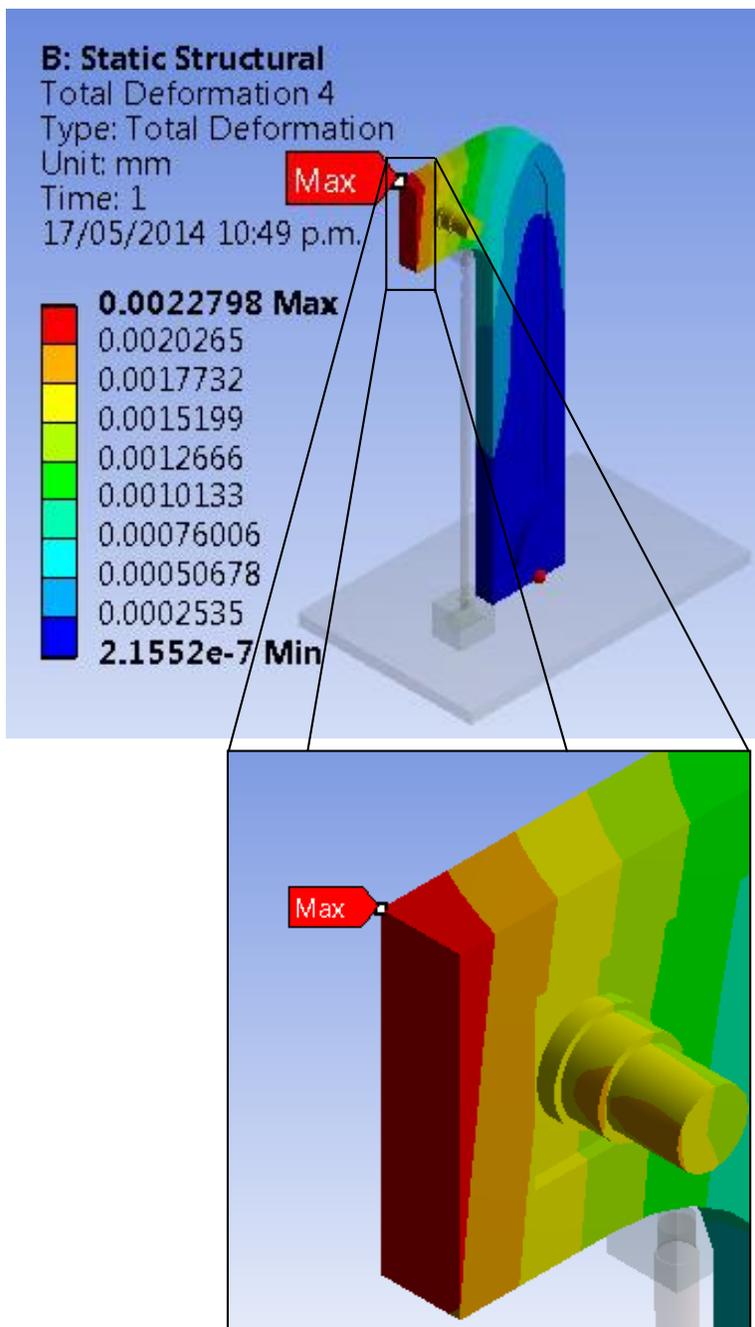


Figura 2. 27 Deformación en el soporte.

## 2.9 Piezas complementarias del Péndulo Balístico.

Para el funcionamiento del péndulo además de las piezas fundamentales que lo conforman lo complementan los siguientes elementos.

**Tabla 2. 4** Piezas complementarias del péndulo.

No	Cantidad	Descripción de componente	Dimensiones (m)	Marca
1	2	Rodamiento de bola	$\varnothing_{int}= 0.012, \varnothing_{ext}= 0.028$	SKF
2	1	Tornillo Allen std	0.079 x 0.0508	-
3	1	Tornillo Allen std	0.079 x 0.031	-
3	4	Tornillo Allen std	0.00635 x 0.020	
4	4	Tornillo Allen std	0.00635 x 0.035	
5	2	Rondana de bronce	0.022 x 0.001 x 0.019	-
6	1	ResorteDWC – 085 – 16	0.02857 x 0.102	Diamond
7	1	Bala de acero	0.0254	
8	1	Pieza de caucho	0.0508 x 0.0508 x 0.013	
9	1	Seguro Omega	0.011 x 0.0015	

### 3 Instrumento para medir la Fuerza Centrífuga.

Todos los cuerpos del universo siguen una trayectoria que puede ser recta o circular. En los movimientos rectilíneos la aceleración puede cambiar pero no así la dirección del movimiento. Para que un cuerpo se mueva de manera circular, necesita que se ejerza una fuerza dirigida hacia el centro. Existen dos fuerzas circulares: la centrífuga y la centrípeta. La fuerza que tiende a que los cuerpos en rotación traten de alejarse de su eje es la centrífuga y la que hace que los componentes de un sistema en rotación traten de acercarse a su eje es la centrípeta. La fuerza centrífuga es la más conocida de las fuerzas circulares [2.1].

Cuando un objeto es sometido a un movimiento circular parece que ese objeto esté intentando escapar y alejarse del centro del movimiento. De ahí el nombre que recibe esta fuerza, centrífuga, que significa huir del centro. La fuerza centrífuga se puede observar en diferentes casos de la vida cotidiana, por ejemplo un vehículo cuando toma una curva o el movimiento de la luna alrededor de la tierra.

Objetivo:

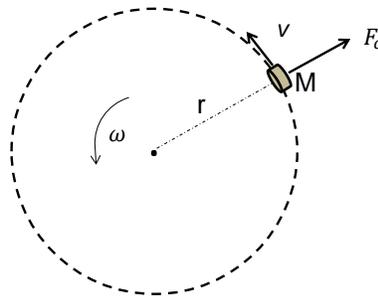
“Medir y analizar la fuerza centrífuga utilizando un dispositivo seguro, preciso y de bajo costo que permita la realización de prácticas de laboratorio de física”.

#### 3.1 Marco teórico.

La fuerza centrífuga  $F_c$  se determina empleado la Segunda Ley de Newton para el movimiento circular [2.2]. Las fórmulas siguientes expresan ésta ley, en función de las magnitudes consideradas en la figura 3.1.

$$F_c = m v^2 / r \quad (3.1)$$

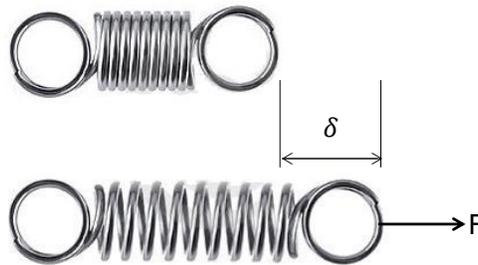
$$F_c = m \omega^2 r \quad (3.2)$$



**Figura 3. 1** Fuerza centrífuga  $F_c$ .

Donde,  $M$  es la masa en rotación en kg,  $\omega$  es la velocidad angular en rad/s,  $v$  es la velocidad tangencial medida en m/s y,  $r$  es el radio de giro, cuya unidad de medida es el metro en el sistema internacional de unidades “m”, por lo que la fuerza centrífuga  $F_c$  tiene como unidad el Newton  $N$ . La relación entre la fuerza aplicada a un resorte y la deformación que experimenta, figura 3.2, se conoce como Ley de Hooke [2.2], la cual se expresa con la siguiente ecuación.

$$F = K \delta \tag{3.3}$$



**Figura 3. 2** Deformación del resorte  $\delta$  por la fuerza  $F$ .

La relación entre la constante del resorte  $k$ , el módulo de rigidez  $G$ , el diámetro  $d$  del alambre,  $D$  diámetro medio del resorte y  $N$  el número de espiras [2.3], se determina con la ecuación (3.4), es decir:

$$N = \frac{Gd^4}{64kR^3} \tag{3.4}$$

### 3.2 Especificaciones de diseño.

Para el aparato para medir la fuerza centrífuga considera la precisión, la seguridad y el ajuste inicial (calibración) como características importantes para el desarrollo del diseño. En la tabla 3.1 se enumeran todas las necesidades a satisfacer con el proyecto de medición de fuerza centrífuga.

**Tabla 3.1** Necesidades de diseño del dispositivo para medir la fuerza centrífuga.

No	Necesidades	Importancia
1	Medir la fuerza centrífuga con precisión	1
2	Medir la fuerza centrífuga de forma segura	2
3	El dispositivo para medir la fuerza centrífuga se calibra fácilmente	3
4	El instrumento para medir la fuerza centrífuga tiene costo bajo \$15000 (Quince mil pesos 00/100)	4
5	El aparato para medir la fuerza centrífuga es versátil	5
6	El dispositivo requiere procesos de fabricación estandarizados	6
7	El instrumento se construye con materiales estándar	7
8	El dispositivo para medir la fuerza centrífuga requiere poco mantenimiento.	8
9	El aparato para medir la fuerza centrífuga funciona con poca energía eléctrica.	9
10	La vida útil del dispositivo es de 10 años.	10
11	El peso del instrumento es de 15 Kg	11
12	Las dimensiones generales del equipo son: 0,35mx0,35mx0,30m	12

En la tabla 3.2 se indica el dimensionamiento de las necesidades del aparato para medir la fuerza centrífuga para considerarlas como parámetros de diseño.

**Tabla 3.2** Dimensionamiento de necesidades y unidades de diseño del dispositivo para medir la fuerza centrífuga.

Métrica No	Necesidad	Métrica	Importancia	Unidad
1	1	El dispositivo para medir la fuerza centrífuga funciona con precisión	1	\$
2	4	El instrumento de medición es seguro.	2	\$
3	5	El aparato de medición se calibra fácilmente.	3	\$
4	8	El dispositivo de medición tiene bajo costo de diseño	4	\$
5	7	El aparato para medir la fuerza centrífuga es versátil	5	$h$
6	6	El dispositivo requiere procesos de fabricación estandarizados	6	$m^3$
7	9	El instrumento se construye con materiales estándar.	7	\$
8	2	El dispositivo para medir la fuerza centrífuga requiere poco mantenimiento.	8	$\theta$
9	3	El aparato para medir la fuerza centrífuga funciona con poca energía eléctrica.	9	$h$
10	10	La vida útil del dispositivo es de 10 años.	10	$^{\circ}C$
11	11	El instrumento tiene poco peso 15 kg	11	kg

### 3.3 Diseño preliminar.

Considerando la operación del dispositivo para medir la fuerza centrífuga, con tres masas, brazo " $r$ " radio de giro y velocidad de angular  $\omega$ .

#### 3.3.1 Caracterización del resorte.

Suponiendo los valores siguientes, para las masas, el radio de giro

$$m_1 = 0.1 \text{ kg},$$

$$m_2 = 0.252 \text{ kg},$$

$$m_3 = 0.5 \text{ kg},$$

$$r = 0.15 \text{ m}$$

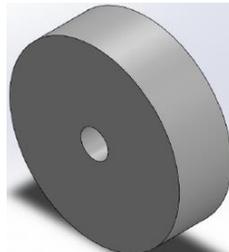
Masa  $m_1$ 

Figura 3. 3 Masa del dispositivo Fuerza Centrífuga.

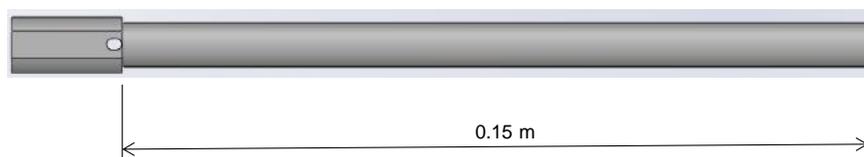


Figura 3. 4 Brazo del dispositivo Fuerza Centrífuga.

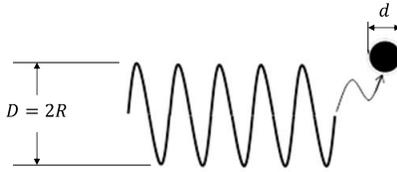
Aplicando la ecuación 3.2 para la masa mayor  $m_3$  con la velocidad angular  $\omega = 31.42 \text{ rad/s}$  y radio de giro, prestablecidos, se determina que la fuerza generada en el resorte es:

$$F = 0.5 \text{ kg} \left( 31.42 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)^2 (0.15 \text{ m})$$

$$F = 74 \text{ N}$$

De la ecuación 3.3 con la fuerza  $F = 74 \text{ N}$  y una deformación de tensión máxima  $\delta$  de 0.1 m, se obtiene la constante del resorte  $K$ , cuyo valor es:

$$K = 740 \text{ N/m} .$$



**Figura 3. 5** Parámetros del resorte.

De aquí que, con la constante  $K = 740 \text{ N/m}$ , diámetro en el alambre  $d = 0.003\text{m}$ , diámetro medio del resorte  $D = 0.02 \text{ m}$  y con un módulo de rigidez  $G$  de  $79.3 \times 10^9 \text{ Pa}$ , se determinó que el número de espiras de este resorte es:

$$N = 17$$

Por lo tanto se selecciona de catálogo de fabricante, un dinamómetro distribuido por Proveedor Comercial del Norte SA de CV. “Proconsa”, modelo D22 digital, con una capacidad de hasta  $100 \text{ N}$ , ver la figura 3.4.

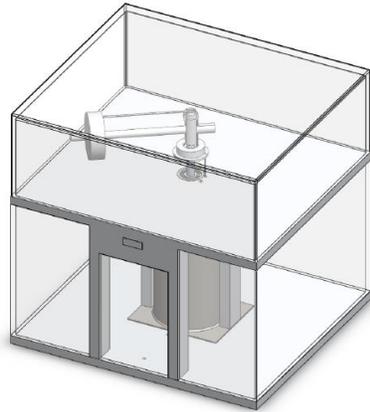


**Figura 3. 6** Dinamómetro digital “Tournament Choice® 50 lb”.

### **3.4 Modelo del dispositivo para medir la fuerza centrífuga con herramienta de diseño asistido por computadora.**

El modelo aquí propuesto, se muestra en la figura 3.7, el instrumento consta de un motor de CA con RPM variables, montado sobre una base rectangular (aleación de aluminio 1060) con  $0,33 \text{ m}$  de ancho,  $0,375 \text{ m}$  de largo y  $0,0127 \text{ m}$  de espesor, acoplado al motor se tiene un eje de transmisión  $0,088 \text{ m}$  de longitud.

El soporte de acero inoxidable con una longitud de  $0,05 \text{ m}$  y diámetro de  $0,019 \text{ m}$ , está ensamblado en el eje de transmisión, y sujeta a la vez, el brazo (radio) de  $0,15 \text{ m}$  de longitud.



**Figura 3. 7** Modelo del dispositivo para medir la fuerza centrífuga.

Las masas de prueba deslizan sobre el brazo al girar. Por medio del eslabón que une a la masa y al mecanismo de interfase, éste último, por la acción de la fuerza centrífuga generada, sube y baja alrededor del eje de transmisión, otro eslabón unido al mecanismo de interfase acciona el dinamómetro.

## 4 Dilatómetro.

Un dilatómetro es un dispositivo para medir el cambio “dilatación o contracción” en las dimensiones de una sustancia o cuerpo a diferentes temperaturas. La medición en el laboratorio de Física sirve para determinar el coeficiente de dilatación lineal o la expansión en los cuerpos. Este instrumento se utiliza en control de calidad en materiales o en producción [1.4].

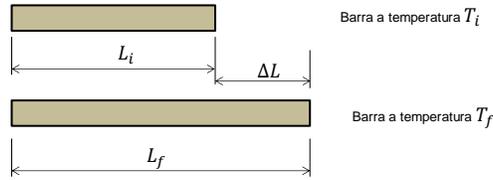
Cuando se comunica calor a los cuerpos, éstos experimentan, cambios en su temperatura, la cual a su vez genera cambios de tamaño en dichos cuerpos. Al incrementarse la temperatura se aumenta la distancia promedio entre los átomos registrándose un aumento de dimensión (dilatación) en todo el sólido. La dilatación es un cambio producido en cualquier dimensión de un sólido cuando aumenta su temperatura. Dependiendo de la geometría del cuerpo la dilatación se considera como dilatación lineal, dilatación superficial o dilatación cúbica.

En un cuerpo sólido las dimensiones son tres, largo, ancho y espesor o altura, si una de ellas sobresale, por ejemplo en una barra, varilla o alambre el cambio de la dimensión del sólido, se denomina “dilatación lineal”.

### 4.1 Marco teórico.

En el laboratorio de Física se ha comprobado que al utilizar varillas de igual longitud y de distintos materiales (acero, aluminio, cobre), la variación en su longitud  $\Delta L$  es diferente, dependiendo así, de la naturaleza del material.

Para el análisis de la dilatación lineal en el presente proyecto se considera una barra de longitud inicial  $L_i$  a una temperatura inicial  $T_i$ . Si se calienta esa barra de manera que sufra una variación de temperatura  $\Delta T$  se puede observar que su longitud aumenta, siendo ahora  $L_f$ , lo que se puede ver en la figura 4.1.



**Figura 4. 1** Fenómeno de dilatación de un sólido.

El incremento en la longitud de una varilla  $\Delta L$  es la diferencia entre la longitud final  $L_f$  y la longitud inicial  $L_i$ , es decir:

$$\Delta l = L_f - L_i \tag{4.1}$$

Se ha observado que al calentar dos solidos del mismo material pero de diferentes longitudes el elemento de mayor longitud, sufre una mayor dilatación, de donde se concluye que esta dilación varía en proporción directa con la longitud inicial.

Por otro lado si se calientan dos barras de igual longitud pero de distinto material, se puede notar que, como se dijo anteriormente, la dilación es diferente en las barras [2.2]. Por lo que se puede afirmar que:

La variación total de longitud  $\Delta l$  en la dimensión lineal de una barra depende de la longitud inicial  $L_i$ , la naturaleza del material y el incremento en la temperatura  $\Delta T$  lo cual se puede expresar en la ecuación (4.1).

$$\Delta l = \alpha L_i \Delta T \tag{4.2}$$

Donde:

$\Delta T$  = incremento en la temperatura =  $T_f - T_i$ .

$\Delta l$  =dilatación ( $\Delta l > 0$ ) o contracción ( $\Delta l < 0$ ).

$L_i$ , es a longitud inicial de la barra.

$L_f$ , = longitud final de la barra.

$\alpha$  = coeficiente térmico de dilatación lineal, depende de la naturaleza del material.

Combinando la ecuación 4.1 con 4.2 y despejando  $L_f$  se genera la fórmula:

$$L_f = L_i(1 + \alpha \Delta T) \tag{4.3}$$

La ecuación 4.3 es útil para determinar la longitud lineal final de una barra o varilla considerando su longitud inicial, el cambio de temperatura y el coeficiente de dilatación lineal.

De la ecuación 4.2 se puede obtener  $\alpha$  “**coeficiente de dilatación lineal**” el cual se mide en  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ , mediante la expresión siguiente:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{L_i \Delta T} \quad (4.2)$$

En la tabla 4.1 se presenta el coeficiente de dilatación lineal para diferentes materiales, los cuales servirán de referencia para la experimentación con el prototipo aquí propuesto [2.3].

**Tabla 4.1** Coeficiente de dilatación lineal  $\alpha$  para algunos materiales.

<b>Material</b>	$\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	<b>Material</b>	$\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Plomo	$2.9 \times 10^{-5}$	Fundición gris	$1.05 \times 10^{-5}$
Cinc	$2.5 \times 10^{-5}$	Vidrio ordinario	$0.9 \times 10^{-5}$
Aluminio	$2.4 \times 10^{-5}$	Grafito	$0.79 \times 10^{-5}$
Plata	$2 \times 10^{-5}$	Tungsteno	$0.4 \times 10^{-5}$
Latón	$1.9 \times 10^{-5}$	Vidrio Pyrex	$0.32 \times 10^{-5}$
Cobre	$1.7 \times 10^{-5}$	Cuarzo	$0.04 \times 10^{-5}$
Oro	$1.5 \times 10^{-5}$	Diamante	$0.09 \times 10^{-5}$
Acero	$1.3 \times 10^{-5}$	Bronce	$1.8 \times 10^{-5}$

## 4.2 Especificaciones de diseño del dilatómetro.

En la tabla 4.2 se enumeran las necesidades más importantes que se desean satisfacer con el dilatómetro de este proyecto y que sirven de parámetros de diseño. Se plantean nueve necesidades básicas para el proyecto de diseño del dilatómetro. Se establecen las dimensiones de las probetas de ensayo en base al tamaño de probetas de los dispositivos de laboratorio existente en el mercado, también se seleccionaron para estas probetas materiales como el aluminio, bronce, acero los cuales tienen múltiples aplicaciones en equipo y maquinaria para iniciar el diseño del dilatómetro en este trabajo.

**Tabla 4.2** Necesidades de diseño del dilatómetro.

No	Necesidades	Importancia
1	Medir la dilatación lineal con precisión	1
2	El aparato para medir la dilatación lineal es útil para medir la dilatación lineal de varios materiales.	2
3	Medir el coeficiente de dilatación lineal	3
4	Medir la dilatación lineal de forma segura	4
5	El aparato de medición funciona con probetas de 0.15 m de largo por 0,0127 m de diámetro.	5
6	El aparato para medir la dilatación lineal térmica funciona con poca energía.	6
7	El dispositivo para medir la dilatación lineal térmica requiere poco mantenimiento.	7
8	La de fabricación del dispositivo requiere procesos estandarizados	8
9	Las dimensiones generales del equipo son: 0,25 m x 0,30 m x 0,15 m	9

En la tabla 4.3 se presenta el dimensionamiento de cada una de las necesidades del dinamómetro.

Tabla 4.3 Dimensionamiento de necesidades y unidades de diseño del dilatómetro.

Métrica No.	Necesidad	Métrica	Importancia	Unidad
1	1	El dispositivo para medir la dilatación lineal térmica funciona con precisión	1	\$
2	2	El aparato es útil para medir la dilatación lineal de varios metales.	2	\$
3	3	El instrumento sirve para determinar el coeficiente de dilatación lineal.	3	\$
4	5	El dispositivo de medición funciona con probetas estandarizadas.	4	\$
5	7	El aparato para medir la dilatación lineal consume poca energía.	5	\$
6	8	El dispositivo requiere procesos de fabricación estandarizados	6	\$
7	7	El dispositivo que mide la expansión lineal requiere poco mantenimiento.	7	\$
8	9	El dispositivo ocupa poco espacio	8	m <sup>3</sup>
9	4	El aparato de medición es seguro.	9	\$

También en la tabla 4.3 se indica la importancia que posee la precisión como característica principal de diseño, pero no por ello dejan relevantes el resto de parámetros, en este caso la versatilidad del dispositivo se pone de manifiesto, pues debe funcionar para varios tipos de metales.

### 4.3 Diseño preliminar del dilatómetro.

Los objetivos que se pretenden al diseñar el prototipo aquí propuesto son: Comprobar la variación de la longitud de los sólidos que experimentan cambios de temperatura y medir la dilatación lineal, así como el coeficiente de dilatación de algunos materiales.

#### 4.3.1 Probetas.

Las barras de prueba (probetas) son piezas que utilizarán para realizar los experimentos de dilatación, figura 4.2. Las dimensiones de las probetas son 0,23 m de largo y 0,0127 m de diámetro, los materiales que se utilizan para estas probetas son: aluminio, bronce, cobre y acero.

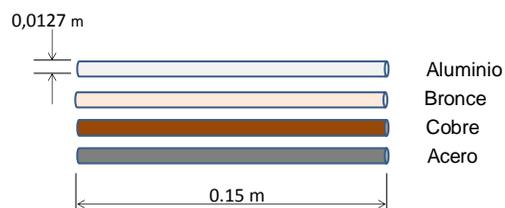
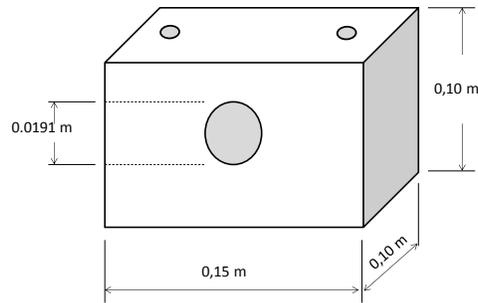


Figura 4. 2 Barras de prueba.

#### 4.3.2 Soporte fijo.

Considerando que las barras de prueba deben sujetarse firmemente de uno de sus extremos, se elige un soporte, en forma de prisma rectangular recto cuyas dimensiones son: 0,15m x 0,1m x 0,1m, figura 4.3, se construye de fundición gris, con coeficiente de dilatación lineal  $\alpha_i = 1,05 \times 10^{-5}$  en el rango entre 0°C Y 100°C<sup>[4.1]</sup>, de acuerdo con esta característica “coeficiente de dilatación lineal de la fundición gris, es bajo”, se supone que los cambios de temperatura durante el

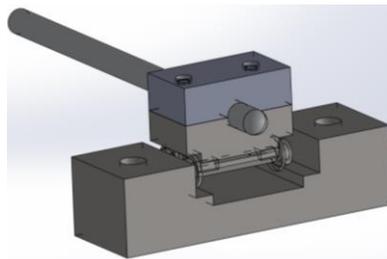
calentamiento de las probetas no ocasionarían deformaciones importantes en las dimensiones del soporte, además para el calentamiento de dichas probetas se utilizarán bobinas de inducción electromagnética, las que producen un efecto de transferencia de calor [2.2]. El bloque-soporte se ensambla a la base principal que integrará el conjunto dilatómetro.



**Figura 4. 3** Soporte fijo.

#### 4.3.3 El soporte intermedio.

Esta pieza de fundición gris, sostiene horizontalmente a la probeta durante el ensayo mediante el soporte móvil, figura 4.4, la muestra del experimento atraviesa al soporte móvil, permitiendo el contacto con el instrumento de medición. El soporte intermedio posee las medidas siguientes 0.10 m x 0.12 m x 0.015 m y se fija a la base principal por medio de dos tornillos.



**Figura 4. 4** Soporte intermedio.

#### 4.3.4 Soporte del instrumento de medición.

Este soporte tiene las siguientes medidas:  $0.05\text{ m} \times 0.10\text{ m} \times 0.10\text{ m}$ , figura 4.5, sirve para fijar el dispositivo que registra el alargamiento en la probeta, el material para su fabricación es fundición gris, se fija con dos tornillos a la base principal y contiene un buje de porcelana para aislar del soporte al indicador de carátula. El indicador de la dilatación se sujeta firmemente con el buje con un tornillo de  $0.006\text{ m}$ .

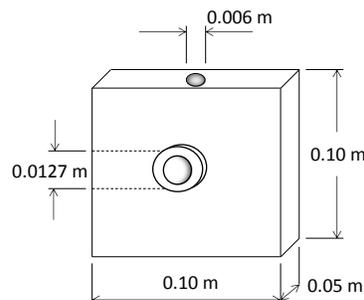


Figura 4. 5 Soporte del instrumento de medición.

#### 4.3.5 Bobina de calentamiento por inducción.

El calentamiento por inducción se utiliza para generar calor de forma rápida y controlada. Este método usa las corrientes de Foucault en el inducido (pieza de trabajo) para generar calor. El calentamiento en la probeta se generará con la bobina por inducción, la cual es de forma cilíndrica, con  $0.0254\text{ m}$  de diámetro interno y con longitud de  $0.11\text{ m}$  de largo, se determinó de ese tamaño y forma para aprovechar mejor la concentración del flujo magnético [2.2], en la región que se desea calentar. El inductor es de cobre y cuenta con 8 espiras, ver figura 4.6.

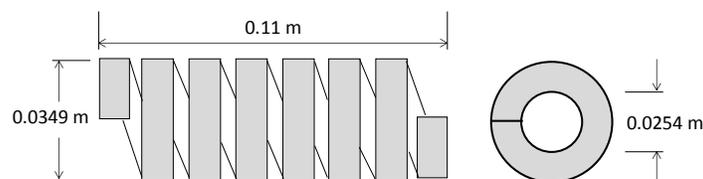


Figura 4. 6 Bobina de inducción.

#### 4.3.6 Base principal del dilatómetro.

En la base principal hecha de fundición gris, figura 4.7, se ensambla el soporte fijo, el soporte intermedio, el soporte del indicador de la dilatación y la bobina de calentamiento, sus dimensiones son:  $0,25\text{ m} \times 0,40\text{ m} \times 0,025\text{ m}$ .

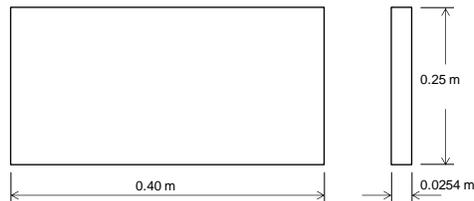


Figura 4. 7 Base principal del dilatómetro.

#### 4.3.7 Indicador de carátula.

Para los ensayos que se realizarán con el dilatómetro se requiere de un indicador de carátula con un rango de operación de  $0 - 0.0127\text{ m}$  con resolución de  $0.0000254\text{ m}$ , para leer las deformaciones durante la práctica con temperaturas de hasta  $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con lo cual se asegura precisión en las lecturas durante los ensayos.



Figura 4. 8 Indicador de carátula.

#### 4.3.8 Termómetro con sonda.

Para el rango de temperaturas  $0 - 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  considerado para el desarrollo de los ensayos en el dilatómetro, se selecciona un termómetro de sonda de penetración, como el mostrado en la figura 4.9, para medir la temperatura en las superficies de la probeta durante el ensayo, el termómetro debe tener un rango de operación de  $0 - 150\text{ }^{\circ}\text{C}$  con resolución de  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



Figura 4. 9 Termómetro digital.

#### 4.4 Modelo del dilatómetro mediante software SolidWorks®.

En la figura 4.10 se representa el dilatómetro generado con el programa de diseño asistido por computadora SolidWorks®. Las partes que intervienen en el proceso son la fuente de corriente alterna, la bobina inductora y la pieza que se desea calentar montadas en soportes y estos a la vez sobre la base principal. Alrededor de la bobina se instala una protección para evitar el contacto accidental de los usuarios con las partes calientes, dicha protección se fija al soporte fijo y al soporte del indicador.

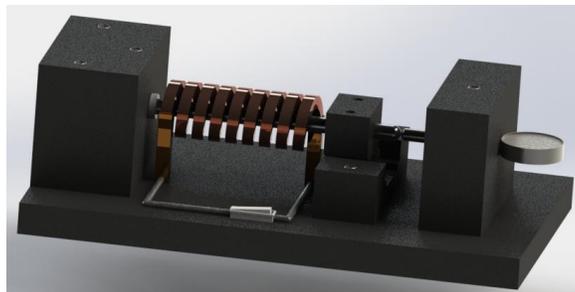


Figura 4. 10 Modelo del dilatómetro mediante CAD.

## 5 Otros dispositivos de medición y Banco de Pruebas.

En este apartado se describen otros aparatos de medición con los que cuenta el banco, así mismo, se muestra el diseño del banco de pruebas con sus diferentes dispositivos de medición.

### 5.1 Equipo de ensayo de Estática en dos dimensiones.

En ingeniería, para diseñar una máquina o estructura se deben conocer las fuerzas y movimientos que se producen durante su operación. La forma y el tamaño se pueden determinar mediante el análisis estructural y además ayuda a seleccionar los materiales idóneos para el correcto funcionamiento del diseño.

#### 5.1.1 Marco teórico.

La parte de la Mecánica que estudia a las fuerzas que se le aplican a un sistema en equilibrio se denomina Estática. Ésta se apoya básicamente en la primera Ley Newton mediante dos condiciones de equilibrio.

Primera condición de equilibrio ( Equilibrio de traslación).

Para que un cuerpo sometido a varias fuerzas esté en equilibrio de estático la suma algebraica de dichas se debe anular, ésta condición se expresa matemáticamente con las siguientes ecuaciones:

$$\sum F_X = 0 \quad (5.1)$$

$$\sum F_Y = 0 \quad (5.2)$$

Segunda condición de equilibrio (Equilibrio de rotación).

El equilibrio de rotación se presenta cuando la suma de los momentos de torsión es cero, es decir:

$$\sum M_O = 0 \tag{5.3}$$

En conclusión, un cuerpo está en equilibrio de traslación y de rotación cuando se cumplan las dos condiciones de equilibrio antes mencionadas.

El equipo desarrollado para el banco de pruebas es útil para mostrar los principios de mecánica, principalmente el estudio de cuerpos en reposo, esto es, fuerzas en equilibrio, descomposición de fuerzas, figura 5.1, y momentos, figura 5.2.

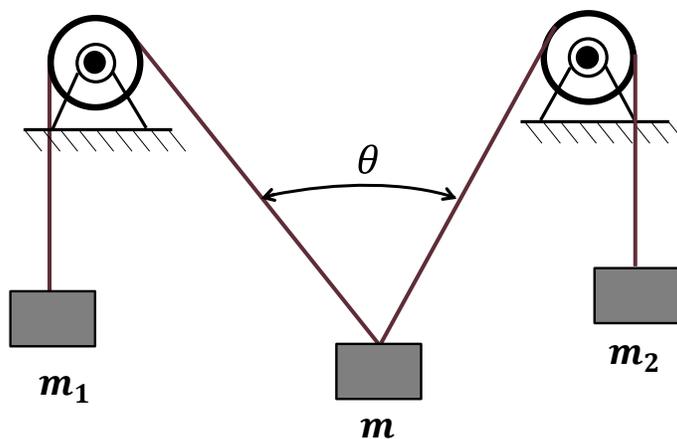


Figura 5. 1 Fuerzas coplanares.

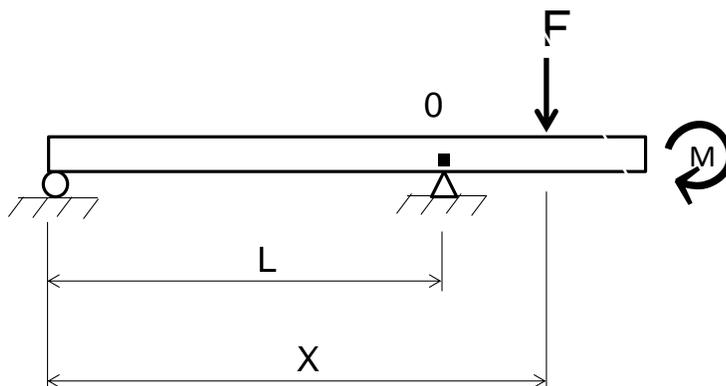


Figura 5. 2 Momento de una fuerza.

Las mediciones que se pueden desarrollar con el conjunto que lo integran son, entre otros:

- a) Adición de fuerzas por el método del paralelogramo-
- b) Determinación de momentos
- c) Reacciones en los apoyos.

### **5.1.2 Diseño preliminar del equipo de ensayo de estática.**

Para el dispositivo desarrollado se consideran los componentes del dispositivo de ensayo de estática son: un tablero de  $0.8\text{ m}$  de ancho y  $1.0\text{ m}$  de largo,  $0.16\text{ m}$  de espesor. El dispositivo se monta verticalmente sobre dos bases de acero cuyas dimensiones son:  $0.15\text{ m} \times 0.35\text{ m} \times 0.16\text{ m}$ . se puede ensayar sobre la mesa del banco de pruebas o también realizar el experimento sobre otra mesa.

El tablero tiene un peso aproximado de  $10\text{ kg}$ . Se realiza un cuadrículado, para facilitar el montaje y la localización de los diferentes componentes que se utilizan en los experimentos de estática. Entre los componentes están; poleas, cables, barras, pesas, dinamómetros. El dinamómetro que se utilizará para medir esfuerzos requiere de una capacidad de entre  $-50\text{ a }50\text{ N}$ . Las pesas son de  $0.75\text{ kg}$  y  $1\text{ kg}$ . El equipo de estática es versátil dado que con componentes adicionales se pueden realizar experimentos relacionados con otros conceptos como plano inclinado, la fricción, polipastos, etc. El tablero del equipo de Ensayo de Estática mide  $0.795\text{ m}$  de alto por  $0.954\text{ m}$  ancho con un espesor de  $0.016\text{ m}$ , está cuadrículado de modo que permita el montaje preciso de los componentes y facilite las mediciones en cada experimento, el equipo está compuesto por pesas, barras, poleas, cuerdas, cables, dinamómetros.

### **5.1.3 Modelo del equipo mediante CAD.**

En la figura 5.3 se presenta el modelo del equipo, se ensambla en dos bases de acero que le dan la estabilidad necesaria durante los ensayos además de permitir que pueda almacenarse fácilmente dentro del banco de pruebas.

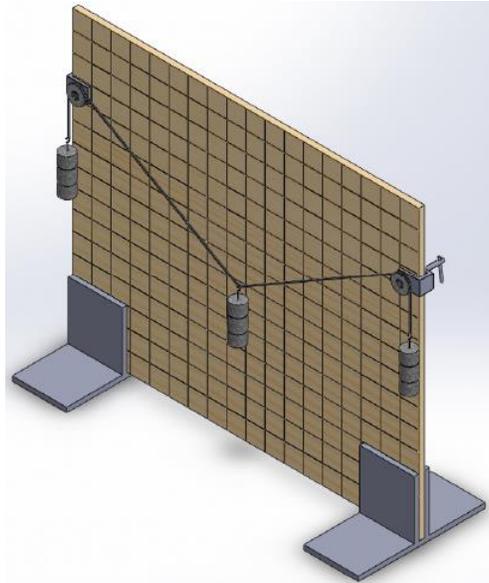


Figura 5. 3 Modelo de Equipo de Ensayo de Estática.

## 5.2 Aparato para observar la Segunda Ley de Newton.

Sir. Isaac Newton 1642-1672 considerado uno de los más importantes genios científicos de la humanidad, estableció las bases de las leyes de la mecánica clásica, en las llamadas Leyes de Newton. En su primera ley plantea que; todo cuerpo en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, tiende a permanecer así, a menos que, un agente externo lo modifique. El agente externo capaz de variar el estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme es llamado “Fuerza” y da origen a la Segunda Ley, la cual se puede expresar de la siguiente manera, “la aceleración que experimenta un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza que se le aplica e inversamente proporcional a la masa de dicho cuerpo”. Con las aportaciones de Einstein en la teoría de la relatividad se demostró que un cuerpo no puede ser acelerado hasta el infinito, pero la relación de proporcionalidad entre “masa y fuerza” sigue vigente para la masa en un instante dado [5.1].

### 5.2.1 Teoría sobre la Segunda Ley de Newton.

La segunda ley de Newton se presenta mediante la siguiente relación:  $a \propto \frac{f}{M}$  se debe mencionar que, la aceleración "a" y la fuerza "f" son vectores y ambas tienen la misma dirección y sentido. Esta ley se utiliza para el análisis de los movimientos en la vecindad de la tierra y en el estudio de los cuerpos celestes.

La Segunda Ley de Newton para un cuerpo de masa "M", al que se aplica un sistema de fuerzas, durante un cierto tiempo, se expresa como sigue:

$$\sum f = Ma \tag{5.4}$$

La segunda Ley de Newton, sirve para calcular la aceleración del sistema cuando se suelta un cuerpo que está suspendido, figura 5.4, el sistema formado por el cuerpo de masa  $M_1$  sobre el plano horizontal, está unido por medio de una cuerda al cuerpo suspendido de masa  $M_2$ .

Del diagrama de cuerpo libre, haciendo  $\sum f_x$ , y  $\sum f_y$  para cada cuerpo, se obtienen las ecuaciones, 5.5 y 5.6:

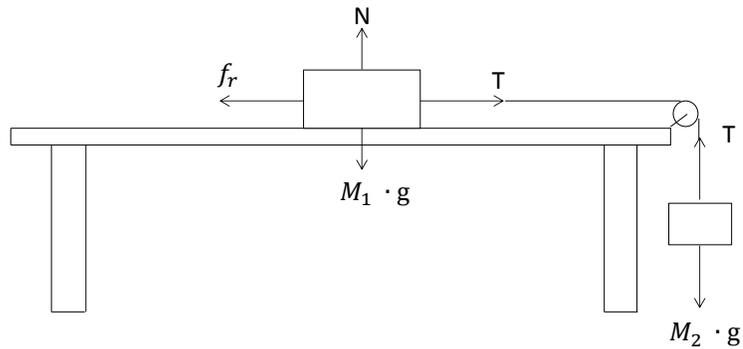


Figura 5. 4 Cuerpo en plano horizontal.

$$T = \frac{M_1 M_2 (1 + \mu)}{M_1 + M_2} g \tag{5.5}$$

La tensión es la misma en ambos lado de la cuerda que une los cuerpos y la aceleración tiene la misma magnitud pero de signo contrario.

$$a = \frac{M_2 - \mu M_1}{M_1 + M_2} g \quad (5.6)$$

Mediante la ecuación (5.7) se puede estudiar el concepto de rozamiento, pudiéndose obtener la fuerza de fricción o el coeficiente de fricción.

$$f_r = \mu N \quad (5.7)$$

### 5.2.2 Diseño preliminar “aparato Segunda Ley de Newton”.

El dispositivo para observar la Segunda Ley de Newton propuesto para el banco de pruebas, se consideran dos prismas rectangulares de madera, cuyas masas son:  $M_1 = 0.50kg$  y  $M_2 = 0.250kg$ . Las dimensiones de la masa  $M_1$  se muestran en la figura 5.5.

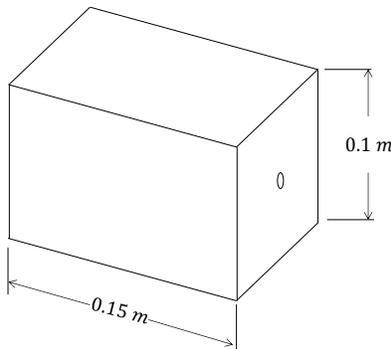
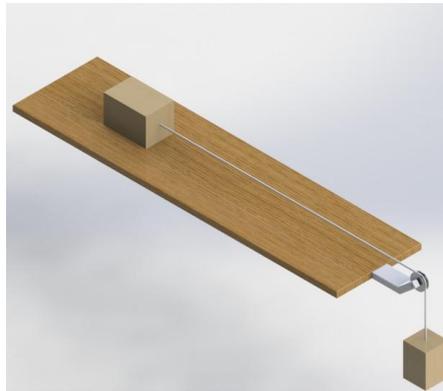


Figura 5. 5 Masa  $m_1$  de 0.5 kg.

La superficie sobre la que se realizará el experimento también de madera, tiene las medidas siguientes, 0.0185m de espesor, 0.30m de largo y 1.15m de ancho.

### 5.2.3 Modelo del dispositivo mediante software SolidWorks®.

El modelo obtenido en el programa SolidWorks® se muestra en la figura 5.6



**Figura 5. 6** Dispositivo para observar la segunda Ley de Newton.

### 5.3 Dispositivos para medir el Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado, MRUV.

El movimiento de los cuerpos en general, ha llamado la atención del hombre, como ejemplos se tienen; el movimiento de los planetas, la caída de un cuerpo desde una cierta altura, la carrera reina del atletismo (100 *m* planos), solo por nombrar algunos. En física el movimiento de una partícula, objeto, cuerpo o punto se describe por medio de vectores que especifican su posición, velocidad y aceleración [5.1]. En el movimiento rectilíneo uniforme se puede decir que un cuerpo recorre distancia iguales en tiempos iguales, es decir, la velocidad del objeto es constante durante el movimiento, a diferencia del movimiento rectilíneo uniformemente variado en el que la magnitud de la velocidad cambia al transcurrir el tiempo. Esta variación de la velocidad con respecto al tiempo se le llama aceleración, de aquí que el movimiento rectilíneo uniformemente variado puede ser acelerado o retardado dependiendo de si la rapidez aumenta o disminuye respectivamente, en el primer caso la aceleración es positiva y en el movimiento retardado es negativa.

### 5.3.1 Marco teórico del MRUV.

La expresión matemática de la aceleración se presenta en la ecuación siguiente:

$$a = \frac{v_f - v_o}{t} \quad (5.8)$$

Conviene analizar el MRUV considerando la velocidad media  $v_m$  como el cociente de la distancia recorrida entre el tiempo, ecuación (5.9) o sacando el promedio de la velocidad inicial  $v_o$  y velocidad final  $v_f$ , ecuación (5.10).

$$v_m = \frac{v}{t} \quad (5.9)$$

$$v_m = \frac{v_o + v_f}{2} \quad (5.10)$$

De la ecuación (5.8) se puede deducir la ecuación (5.11).

$$v_f = v_o \pm a \cdot t \quad (5.11)$$

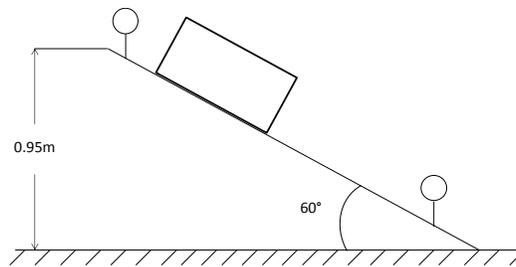
$$v_f^2 = v_o^2 \pm 2 \cdot a \cdot d \quad (5.12)$$

$$d = v_o t \pm \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad (5.13)$$

Para el banco de pruebas, se presentan dos dispositivos, para el análisis del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado.

### 5.3.2 Plano inclinado.

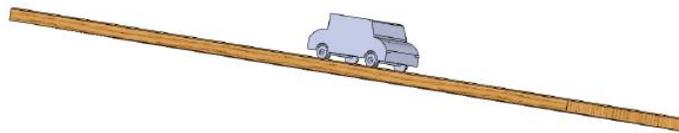
Primero se considera un móvil de masa  $M = 0.250 \text{ kg}$  que recorre una rampa de madera que forma un ángulo de  $60^\circ$  aproximadamente respecto de un plano horizontal, al inicio y al final del movimiento se acciona en forma sincronizada, un cronómetro para medir el tiempo que tarda el móvil en hacer el recorrido, figura 5.7.



**Figura 5. 7** Esquema del ensayo del MRUV.

### 5.3.3 Modelo del dispositivo en el plano inclinado.

El modelo del móvil generado desplazándose en el plano inclinado se puede observar en la figura 5.8



**Figura 5. 8** Modelo para estudiar el MRUV.

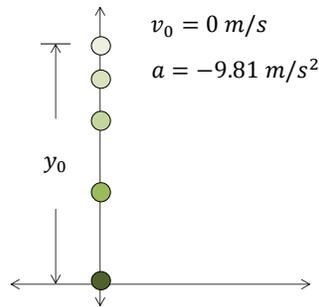
### 5.3.4 Caída libre.

El otro aparato para el estudio del MRUV se trata de un móvil en caída libre, este movimiento se caracteriza por ser rectilíneo, vertical con aceleración constante cuando el móvil se deja caer en las cercanías de la tierra y la resistencia del aire por ser pequeña no afecta el movimiento del cuerpo [5.2], figura 5.9.



**Figura 5. 9** Objeto en caída libre, torre de Pisa.

Para el análisis de la caída libre normalmente se utiliza un sistema de referencia con el origen en el pie de la vertical del punto a una altura  $y_0$  desde el que se suelta un objeto, por lo que el movimiento sigue la vertical hacia abajo, con velocidad inicial  $v_0 = 0 \text{ m/s}$ , su aceleración  $g = -9.81 \text{ m/s}^2$  es constante pero de signo negativo, debido a que el desplazamiento es opuesto al sentido convencional del sistema de referencia, figura 5.10.



**Figura 5. 10** Cuerpo en caída libre.

La posición del móvil en la caída libre durante un determinado tiempo " $t$ ", se obtiene adecuando a las condiciones del fenómeno la ecuación (5.13), por lo que adquiere la siguiente forma:

$$y = y_0 - \frac{1}{2}g \cdot t^2 \quad (5.14)$$

Con la ecuación (5.11) se puede determinar la velocidad del móvil después de un cierto tiempo  $t$ , tomando en cuenta las condiciones de un cuerpo cayendo libremente, es decir.

$$v = -g \cdot t \quad (5.15)$$

El tiempo que tarda en caer un objeto desde una altura " $y$ " se puede calcular con la fórmula siguiente:

$$t = \sqrt{\frac{2y}{g}} \quad (5.16)$$

### 5.3.5 Modelo de “Instrumento de Caída Libre” mediante software CAD.

En la figura 5.11 se muestra el dispositivo para el análisis del movimiento de caída libre, generado con el programa de diseño asistido por computadora SolidWorks®. En el anexo F de dibujo de detalles, se indican las piezas que integran el modelo.



Figura 5. 11 Modelo del dispositivo para estudiar la caída libre.

### 5.4 Aparato para medir la “Tensión Superficial” en los líquidos.

La tensión superficial es una propiedad de los líquidos que se experimenta sólo en su superficie. Es una fuerza de tensión distribuida a lo largo de la superficie de un líquido figura 5.12.

#### 5.4.1 Marco teórico.

Se utilizan varios métodos para medir la tensión superficial, los cuales se clasifican de acuerdo al método que utilizan [5.3]:

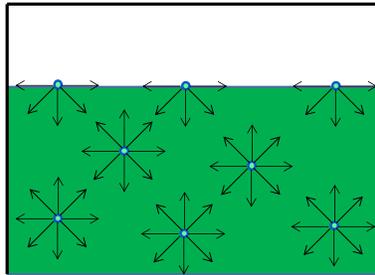
a) Métodos basados sobre la medición de una fuerza.

-Método de la placa (Whilhelmy)

-Método del anillo (Nouy)

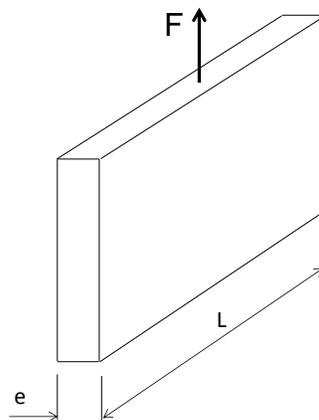
b) Métodos basados sobre la medición de una presión.

c) Métodos basados sobre una propiedad geométrica.



**Figura 5. 12** Tensión en las moléculas de un líquido.

Existen diferentes dispositivos usados para medir la tensión superficial basados en el principio de medición de una fuerza uno de los más usados es el de la placa de Wilhelmy, el cual utiliza una placas rectangular suspendida de una balanza de precisión, figura 5.13. La superficie inferior de la placa se pone horizontalmente en contacto con la superficie del líquido para que se moje. Luego se aplica una fuerza vertical en la placa para separarla del líquido la cual se levanta poco a poco, observándose que a los lados de la cara de la placa se forma una interfase curva.



**Figura 5. 13** Método de la placa (Wilhelmy).

En la posición justo antes de la separación de la placa del líquido se puede determinar el equilibrio de fuerzas del sistema.

Realizando la suma de fuerzas en la dirección "y",  $\sum F_Y = 0$  obteniendo la fuerza aplicada en la placa, mediante la ecuación siguiente:

$$F = 2(L + e)\sigma\cos\theta \quad (5.17)$$

En donde:

$e$ .- es el espesor de la placa.

$L$ .- es la longitud de la placa.

$\theta$ .- es el ángulo entre la cara de la placa y la superficie del líquido.

Como:  $e \ll L$  y  $\theta = 0$

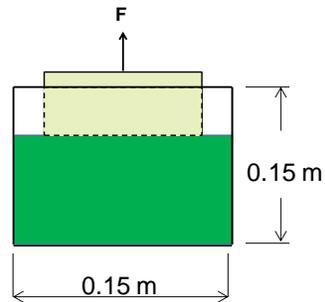
$$\sigma = \frac{F}{2L} \quad (5.18)$$

La ecuación (5.18) es la tensión superficial que se presenta en la superficie del líquido en  $N/m$ .

#### 5.4.2 Diseño preliminar Instrumento de la "Tensión Superficial".

Para el dispositivo que se considera en este proyecto la placa tiene una longitud  $L$  de  $0,1\text{ m}$ , con un espesor de  $0.001\text{ m}$  y el ancho mide  $0.05\text{ m}$ . La placa es de aleación de aluminio 6061 con una densidad  $2,700\text{ Kg/m}^3$  en donde su peso es  $0.13\text{ N}$ .

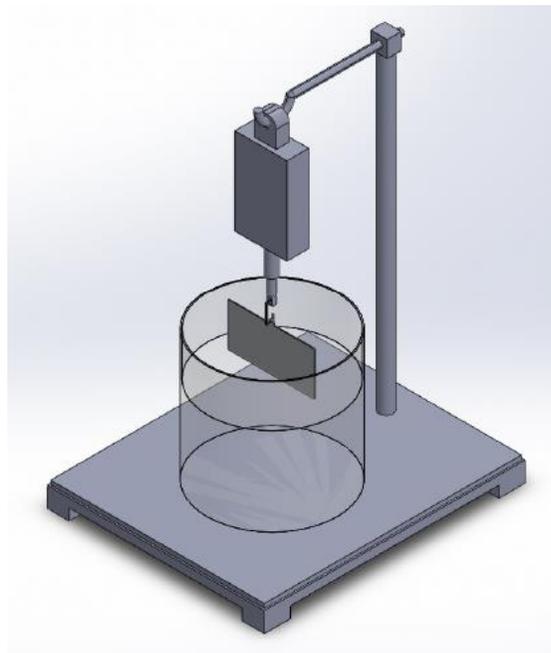
Considerando que al suspender la placa se requiere una fuerza igual a su peso, entonces, la tensión que se genera en la interfase, es de  $0.65\text{ N}$ . De acuerdo con esta tensión, para el aparato que se presenta, se requiere un dinamómetro con una capacidad de  $0$  a  $2\text{ N}$ . El recipiente útil para el ensayo es un envase de vidrio con un diámetro en la boca de  $0.15\text{ m}$  y de  $0.15\text{ m}$  de alto, figura 5.14.



**Figura 5. 14** Envase de vidrio para ensayo de tensión superficial.

### 5.4.3 Modelo el dispositivo mediante software CAD.

El modelo del aparato para medir la tensión superficial propuesto, elaborado mediante el software SolidWorks®, figura 5.15.



**Figura 5. 15** Modelo de dispositivo de medir la tensión superficial.

## **5.5 Diseño del Banco de pruebas.**

El banco de pruebas es un equipo que se diseñó para medir magnitudes físicas desde el laboratorio con el uso de ocho dispositivos de medición. Los dispositivos pueden ensamblarse, operarse y almacenarse adecuadamente porque el banco se diseñó en función de las características y dimensiones de los aparatos. El banco dispone de las conexiones y aditamentos necesarios para el funcionamiento del banco como estación de medición y aplicación didáctica, que facilita la comprensión de las leyes que siguen los fenómenos físicos,

### **5.5.1 Marco teórico del banco de pruebas.**

Actualmente los dispositivos de medición ensamblados en un banco de pruebas no se han desarrollado para los laboratorios de Física, al menos, no con los instrumentos considerados en este trabajo. La consecución y expresión de los resultados de los experimentos contemplados en los programas de estudio de Física del nivel medio superior requieren de aparatos y métodos adecuados para lograr la exactitud de manera que, valide los ensayos hechos en el banco. Por lo que el objetivo principal de este proyecto es el diseño total del banco.

### **5.5.2 Diseño preliminar del banco de pruebas.**

Las dimensiones requeridas del banco son  $1.22m$  de ancho por  $2.30m$  de alto, incluyendo  $0.13m$  de zoclo. El banco en conjunto se compone de dos cuerpos, el cuerpo superior cuyas dimensiones son:  $0.35m \times 1.22m \times 1.22m$  en fondo, ancho y alto respectivamente, y el cuerpo inferior de  $0.70m \times 1.22m \times 0.95m$  en fondo, ancho y alto respectivamente. El material seleccionado para la construcción es madera triplay de pino de  $0.016m$  de espesor cuyas propiedades mecánicas le confieren la resistencia y durabilidad necesaria durante la vida útil de este equipo.

### 5.5.3 Modelo del banco de pruebas mediante el software CAD.

El banco de pruebas es de madera figura 5.16, posee una estructura compacta y resistente, así como capacidad para almacenar los dispositivos de medición con los que se diseñó.



**Figura 5. 16** Modelo del banco de pruebas generado mediante CAD.

#### 5.5.4 Banco de pruebas con péndulo balístico.

En la figura 5.17 se muestra el ensamble del Péndulo balístico con el banco de pruebas en la posición ideal para realizar los experimentos propios de éste dispositivo.



**Figura 5. 17** Péndulo balístico en el banco de pruebas.

### 5.5.5 Banco de pruebas con Dilatómetro.

El ensamble del Dilatómetro en el banco de pruebas se muestra en la figura 5.18, se observa con protección, con lo que se impide el contacto accidental del usuario con las partes calientes del equipo durante el ensayo, la lectura si puede ser leída desde el indicador que sobresale por el extremo derecho del dispositivo.



**Figura 5. 18** Dilatómetro en el banco de pruebas.

### 5.5.6 Banco de pruebas con Aparato de Fuerza Centrífuga.

El montaje del dispositivo para el experimento de Fuerza Centrífuga en el banco de pruebas se indica en la figura 5.19.



**Figura 5. 19** Dispositivo para medir fuerza centrífuga en el banco de pruebas.

### 5.5.7 Banco pruebas con el Equipo de Ensayo de Estática.

El equipo de Ensayo de Estática ensamblado en el banco de pruebas se presenta en la figura 5.20.



**Figura 5. 20** Dispositivo de Ensayo de Estática en el banco de pruebas.

### 5.5.8 Banco de pruebas con equipo de Segunda Ley de Newton.

El ensamble del banco de pruebas con el instrumento para el análisis de a Segunda Ley de Newton se muestra en la figura 5.21.



**Figura 5. 21** Equipo de Segunda Ley de Newton en el banco de pruebas.

### 5.5.9 Banco de pruebas con tensiómetro.

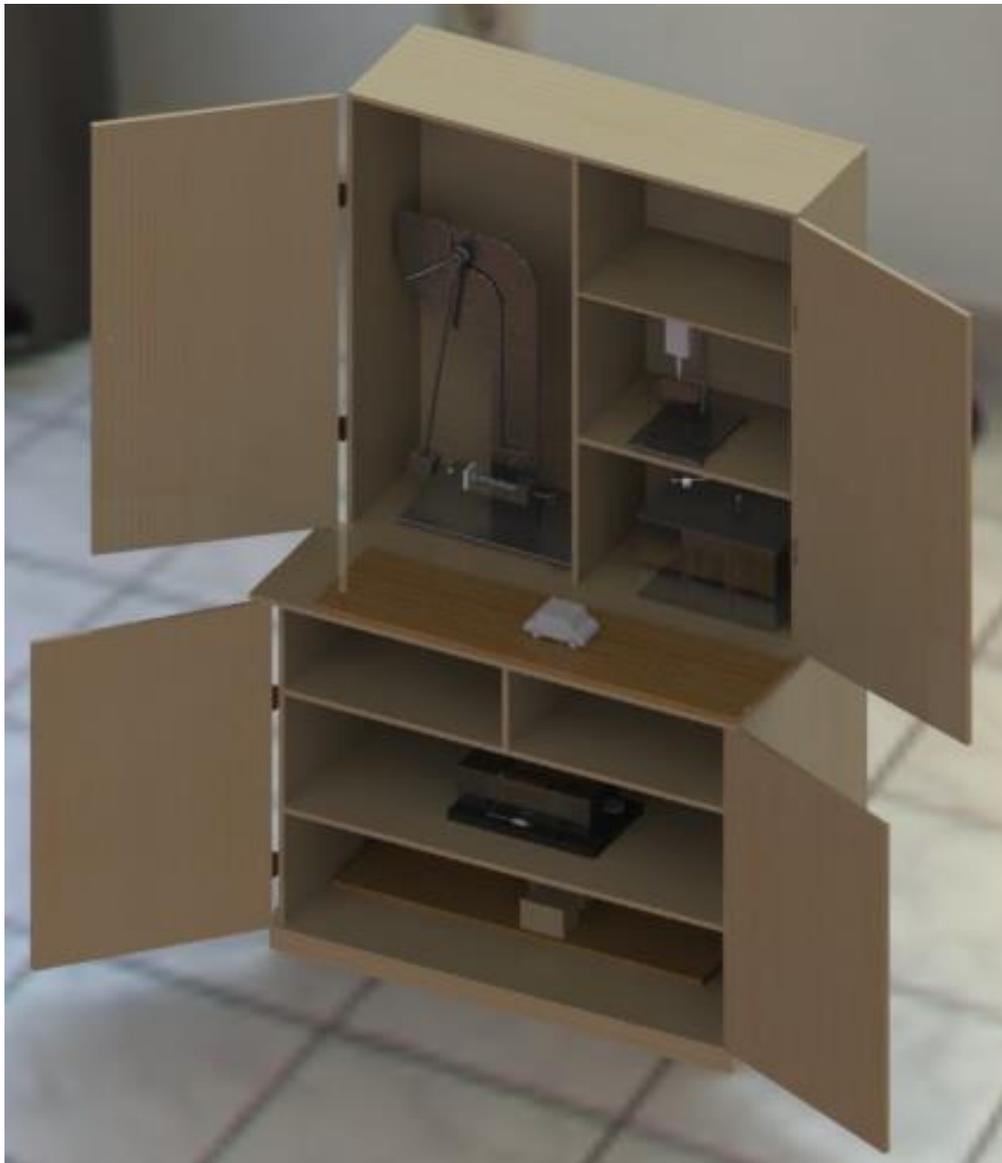
En la figura 5.22 muestra el ensamble del Tensiómetro con el banco de pruebas.



**Figura 5. 22** Tensiómetro en el banco de pruebas.

### 5.5.10 Banco de pruebas con dispositivos almacenados.

El diseño del banco considera cuatro espacios en el cuerpo superior con las dimensiones acorde a los dispositivos que albergará y cuatro espacios en la parte inferior del banco, para el almacenamiento de los equipos de medición de dimensiones grandes y de mayor peso, además la mesa de trabajo cuenta con el área necesaria para realizar los experimentos con cada aparato de medición.



**Figura 5. 23** Aparatos de medición en el banco de pruebas.

## 5.6 Prácticas que podrán desarrollarse en el banco de pruebas.

Algunas de las prácticas que podrán realizarse con los dispositivos que integran el banco de pruebas se enumeran en la tabla 5.1, en la cual se describe el nombre de la práctica por aparato y el semestre en el que podría llevarse a cabo dicha práctica en el nivel medio superior dependiendo del marco curricular de cada subsistema. El desarrollo de algunas de las prácticas de laboratorio que se mencionan en la tabla 5.1 se describen en el anexo I.

**Tabla 5.1** Prácticas por aparato.

No	Práctica	Aparato	Semestre
1	Velocidad inicial de un proyectil.	Péndulo balístico	Tercero
2	Alcance máximo.		
3	Tiempo de vuelo		
4	Tiro vertical		
5	Movimiento rectilíneo uniforme	Rampa para el MRUV	
6	Movimiento rectilíneo uniformemente variado.		
7	Estudio de la fricción.	Dispositivo para observar la Segunda ley de Newton.	
8	Obtención del coeficiente de fricción		
9	Segunda Ley de Newton.		
10	Fuerza centrífuga.	Dispositivo para medir la fuerza centrífuga	
11	Movimiento circular.		
12	Caída libre	Dispositivo para estudiar la caída libre	
13	Vectores colineales y concurrentes, momentos.	Equipo de ensayo de estática.	
14	Tensión superficial.	Tensiómetro	Cuarto.
15	Principio de Arquímedes		
16	Dilatación lineal.	Dilatómetro	
17	Obtención del coeficiente de dilatación lineal.		
18	Buenos y malos conductores de calor		

## 6 Resultados e impacto económico.

El diseño de cada uno de los dispositivos de medición que integran el banco de pruebas se logró en cada una de las etapas del diseño óptimo, cumpliendo con los parámetros establecidos, para ser usados en el laboratorio de Física.

Inicialmente se pensó el banco de pruebas como un conjunto portable, armado con diez dispositivos de medición, de fácil operación y que ocupara poco espacio en el área del laboratorio. En el proyecto final se respetaron las dimensiones del banco para lograr las condiciones mencionadas arriba, pero los requerimientos de diseño de cada instrumento de medición permitieron acondicionar el banco de pruebas con ocho aparatos de medida. A continuación se describe las consideraciones iniciales y resultados del diseño del péndulo balístico, lo cual se hizo en forma similar para el resto de dispositivos incluyendo la estructura del banco.

Las dimensiones del péndulo balístico se plantearon de acuerdo al espacio requerido montaje, operación y almacenamiento en el banco de pruebas y a las prácticas a realizar a realizar. Las dimensiones finales del péndulo se obtuvieron conforme se fueron realizando adecuaciones en el diseño para su funcionamiento adecuado, (espacio, montaje, manejo y almacenamiento), también se hicieron modificaciones tomando en cuenta los cálculos analíticos y el análisis estructural. En la tabla 6.1 se muestran las medidas iniciales y finales del diseño del péndulo.

**Tabla 6.1** Dimensión inicial y final del péndulo.

No	Pieza	Ancho(m)	Largo(m)	Alto(m)
1	Ensamble del péndulo diseño inicial	0.2	0.3	0.6
2	Ensamble del péndulo diseño final	0.3	0.495	0.786

Se seleccionó aleación de aluminio 1050 [6.1], como material para el diseño del péndulo, El aluminio y sus aleaciones poseen una gran conductividad térmica y eléctrica y una excelente actitud a las deformaciones. Su utilización está muy extendida: industria eléctrica, química, petroquímica, edificación, decoración, montajes de aviones o piezas de motores, esta aleación de aluminio, respecto a

otros materiales, tiene varias ventajas, como se mencionó en el apartado 1.5; otras consideraciones para la elegirlo en el diseño del péndulo, son la facilidad conseguirlo en el mercado, su buena maquinabilidad, el costo de fabricación es bajo en relación otros materiales y requiere poco mantenimiento..

El diseño del modelo del péndulo desarrollado en el presente trabajo se considera factible desde el punto de vista funcional, el modelado con el software de SOLIDWORK® se pudo observar un comportamiento correcto del conjunto y cada uno de sus componentes. El análisis estructural del péndulo realizado con el software ANSYS®, indica que el conjunto y cada uno de los componentes del diseño cumplen con las exigencias de esfuerzo y deformación a los que se sometió.

En la tabla 6.2 se muestran los resultados del análisis estructural en los componentes, en los que, son críticos el esfuerzo y la deformación máxima y se puede observar que los elementos del sistema y las características del material elegido para el péndulo cumplen con los parámetros de diseño.

**Tabla 6.2** Resultados de análisis ANSYS®.

Análisis No	Componente	Figura	Característica	Resultado obtenido
1	Conjunto péndulo	3.18	Esfuerzo Von Mises	$\sigma = 22.65 \text{ Mpa}$
		3.19	Deformación total	$\delta_t = 4.51 \times 10^{-3} \text{ m}$
2	Paralelepípedo	3.20	Esfuerzo Von Mises	$\sigma = 22.65 \text{ Mpa}$
		3.21	Deformación total	$\delta_t = 4.51 \times 10^{-3} \text{ m}$
3	Barra	3.22	Esfuerzo Von Mises	$\sigma = 0.15291 \text{ Mpa}$
		3.23	Deformación total	$\delta_t = 4.03 \times 10^{-3} \text{ m}$
4	Soporte	3.24	Esfuerzo Von Mises	$\sigma = 1.069 \text{ Mpa}$
		3.25	Deformación total	$\delta_t = 2.27 \times 10^{-6} \text{ m}$

El cálculo de los costos del conjunto péndulo, contempla los materiales (aluminio, aceros de diferentes aleaciones, madera, etc.), accesorios (conexiones,

rodamientos, herrajes, elementos de sujeción), otros gastos (transporte, teléfono, etc.), mano de obra de maquinado, montaje y pruebas. A continuación se hace el desglose del presupuesto de construcción para el péndulo. El presupuesto vigente a la fecha de cotización del “Péndulo” incluyendo materiales, maquinado, montaje y ajustes, gastos varios (transporte, embalaje, teléfono, etc.) y precio de piezas complementarias que se adquieren en el mercado, se indican en la tabla 6.3.

**Tabla 6.3** Presupuesto total del péndulo.

No	Cantidad	Unidad	Material	Precio unitario (M/N)	Subtotal (M/N)
1	11.5	Kg	Aluminio 1060	125.00	1437.50
2	2	Pza.	Rodamiento de bola	76.00	152.00
3	2	Pza.	Tornillo Allen (0.079 x 0.050)	5.00	10.00
4	2	Pza.	Tornillo Allen (0.079 x 0.031)	4.00	8.00
5	4	Pza.	Tornillo Allen (0.00635 x 0.020)	4.00	16.00
6	4	Pza.	Tornillo Allen (0.00635 x 0.035)	5.00	20.00
7	2	Pza.	Roldana de bronce (0.022 x 0.001 x 0.019)	36.00	72.00
8	2	Pza.	Balín de acero inoxidable (0.0254)	262.00	262.00
9	1	Pza.	Pieza de caucho (0.0508 x 0.0508 x 0.013)	96.00	96.00
10	1	Pza.	Seguro Omega (0.011 x 0.0015)	15.00	15.00
11	1	Pza.	Resorte DWC-085-16	325.00	325.00
12	2	Pza.	Tornillo Allen (0.00635 x 0.012)	4.00	8.00
13	11.5	kg	Maquinado del sistema péndulo	325.00	3 37.50
14	3	Hr	Montaje y ajuste	260.00	780.00
15	1		Gastos varios		664.85
<b>Monto total</b>				<b>7 313.35</b>	

El costo total de construcción del péndulo que se proyecta, a la fecha de cotización de materiales y mano de obra, es de \$7 313.35 (Siete mil trescientos pesos con 35/100 M/N). Este costo resulta ser más menor, comparado con otros

aparatos disponibles en el mercado con similar calidad y de la misma naturaleza, como es el caso del Péndulo balístico “PASCO” modelo ME 6831, cotizado en \$ 22 740 .00 (Veintidós mil pesos con 00/100 M/N), o el Péndulo balístico Beck (EB-03) cuyo precio es de \$12 000.00 (Doce mil pesos con 00/100 M/N).

De manera similar se analiza y realiza el cálculo para los otros dispositivos de medición. El costo total de construcción de cada instrumento y del banco de pruebas en conjunto, se muestra en la tabla 6.4.

**Tabla 6.4** Presupuesto total del banco de pruebas.

No	Dispositivo de medición	Precio unitario (\$)	Observaciones
1	Péndulo balístico.	7,400.00	
2	Dispositivo para Fuerza Centrífuga.	12,000.00	
3	Dilatómetro.	15,000.00	
4	Equipo de Ensayo de Estática.	8,000.00	
5	Instrumento para estudiar la 2da. Ley Newton.	4,000.00	
6	Dispositivo para el estudio de Caída Libre	10,000.00	
7	Tensiómetro	7,500.00	
8	Banco de pruebas	12,000.00	
<b>Presupuesto total</b>		<b>87,900.00</b>	

El diseño y construcción del banco de pruebas con 8 dispositivos de medición es alcanzable, el dispositivo de mayor costo es el dilatómetro por el precio de la bobina de inducción, el costo total del banco de pruebas es de **87,900.00** pesos. Se cuenta en la región con los recursos necesarios; técnicos, materiales, equipo y maquinaria, accesorios y mano de obra calificada, para hacer realidad el proyecto.

**Conclusiones.**

El funcionamiento de cada uno de los dispositivos de medición es preciso y fue posible verificarlo en virtud de los adelantos técnicos actuales tales como, los softwares de modelación y simulación.

Con el diseño del banco de pruebas que se presenta en este trabajo se pueden realizar al menos dieciocho experimentos, lo que permite que el banco sea un equipo versátil y útil en el laboratorio de física. Las dimensiones generales del banco permiten que se puedan instalar cada uno de los equipos de medición, operarlos y almacenarlos dentro del laboratorio. La naturaleza de los materiales de diseño considerados en la construcción de los dispositivos que conforman el banco, requieren poco mantenimiento. Las condiciones de temperatura y humedad a las que pueden operar los aparatos de medición y la estructura del banco, cubren un amplio rango, haciendo que este equipo en su conjunto sea confiable y se ajuste con facilidad a distintas condiciones de operación. A partir del diseño del banco se infiere que su construcción requiere de maquinados estándares: desbastados, barrenados, redondeos y pulido por lo que, no es necesario aplicar procesos especiales de alto costo.

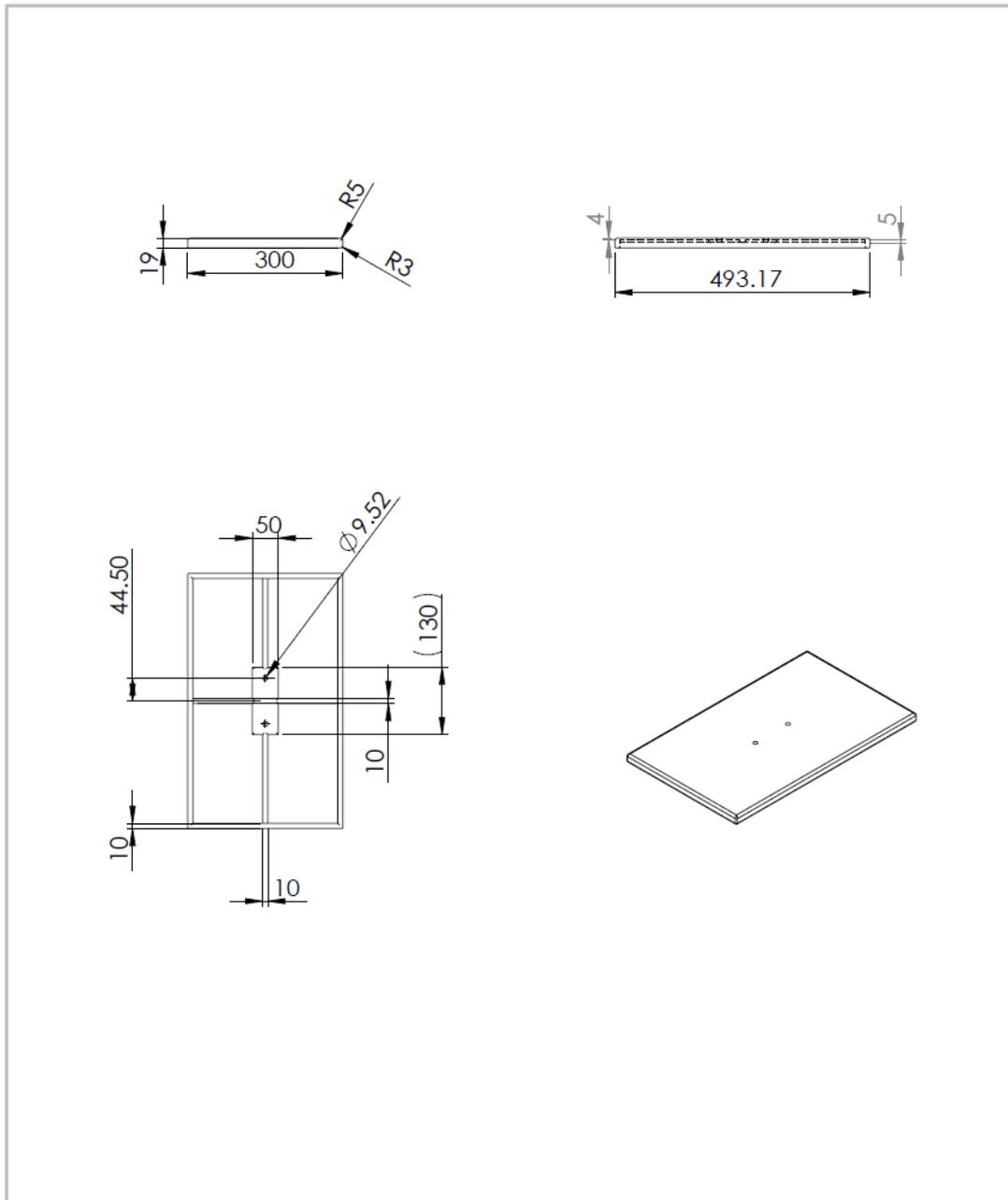
Actualmente el equipamiento de los laboratorios de Física en las instituciones de educación en el nivel medio superior es escaso, el aprovechamiento escolar de las ciencias naturales, en particular de la Física, implica asimilación de la teoría, la comprobación de sus leyes en el laboratorio y la resolución de problemas, es por ello que dotar a los laboratorios de Física con equipo experimental, beneficia directamente al estudiante bachillerato, reforzando la comprensión de la Física en el laboratorio.

Con el presente proyecto se podrían equipar muchos de los 132 planteles educativos del Colegio de Bachilleres del Estado de Hidalgo, institución donde se concibe la idea original del proyecto para beneficio de la matrícula. El costo del banco de pruebas hace que sea una inversión factible, considerando el presupuesto anual con que cuentan los planteles del Colegio de Bachilleres del Estado de Hidalgo. Por la importancia educativa que tiene, la adquisición de este

banco de pruebas es muy recomendable ya que permitiría satisfacer un segmento del mercado potencial de instituciones de educación del nivel medio superior e inclusive a nivel superior.

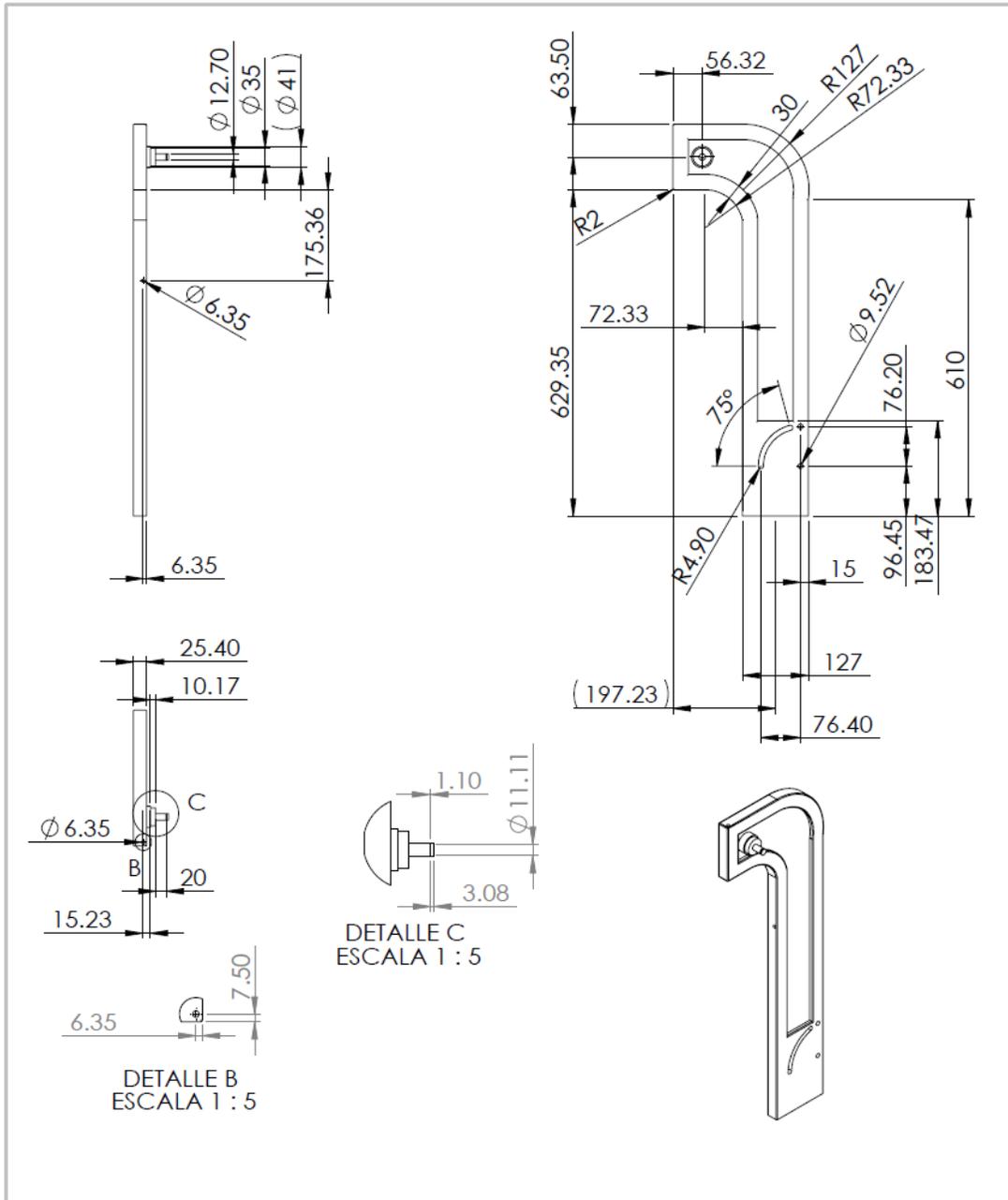
**Anexo A. Dibujos de detalle del Péndulo Balístico.**

**A-1 Base del péndulo.**



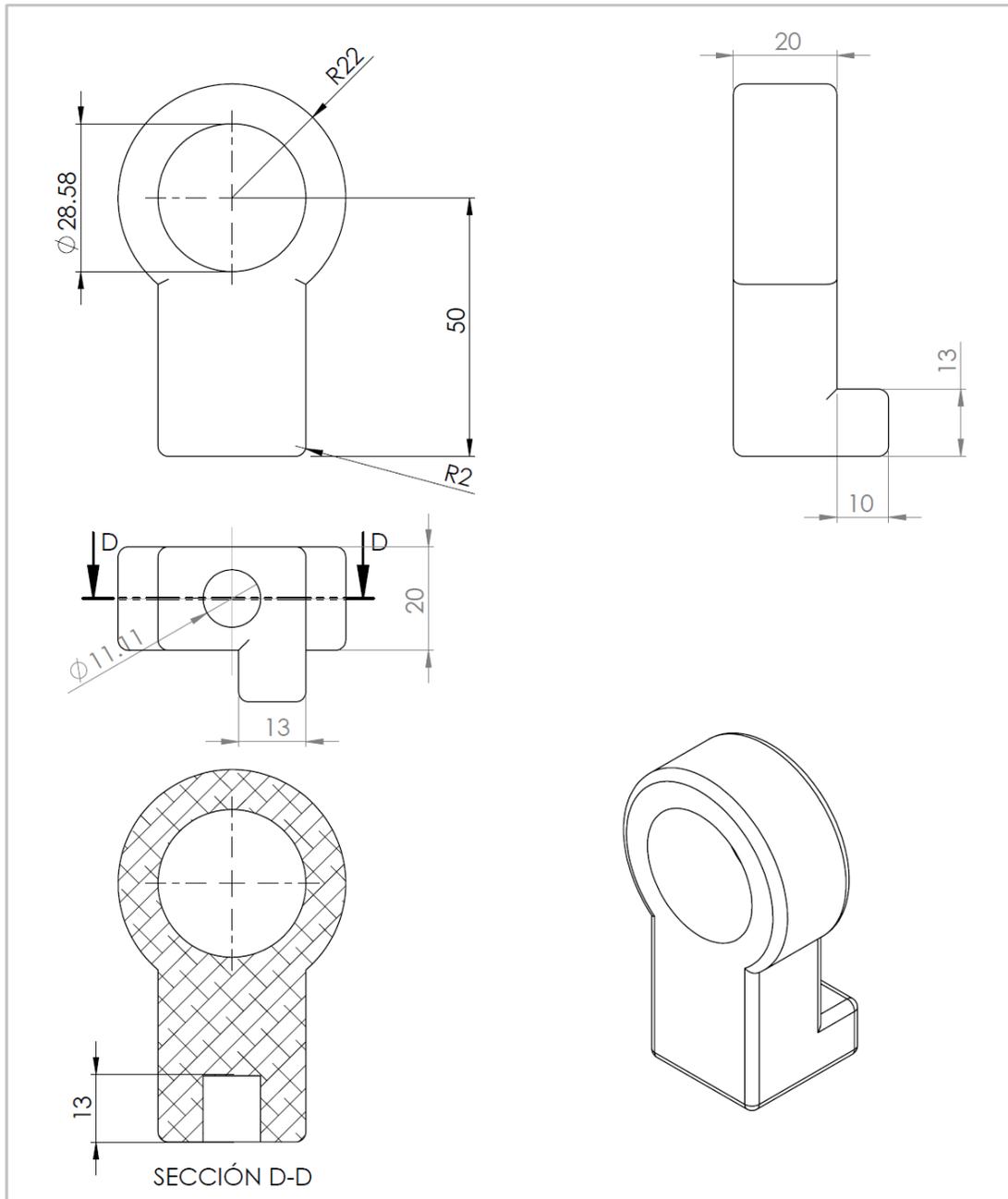
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO:	NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
ACABADO SUPERFICIAL:			Instituto Tecnológico de Pachuca		
TOLERANCIAS:					
LINEAL:		DIBUJ. <b>José Antonio Amador Cerda</b> VERIF. <b>Dr Luis Manuel Palacios Pineda</b> APROB. _____ FABR. _____ CALID. _____			
ANGULAR:		MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
		Aluminio		A-1	
		Peso: 2343.05 g		Escala: 1.10 Acotación: mm	
				A4	
				1/1	

**A-2 Soporte del péndulo.**



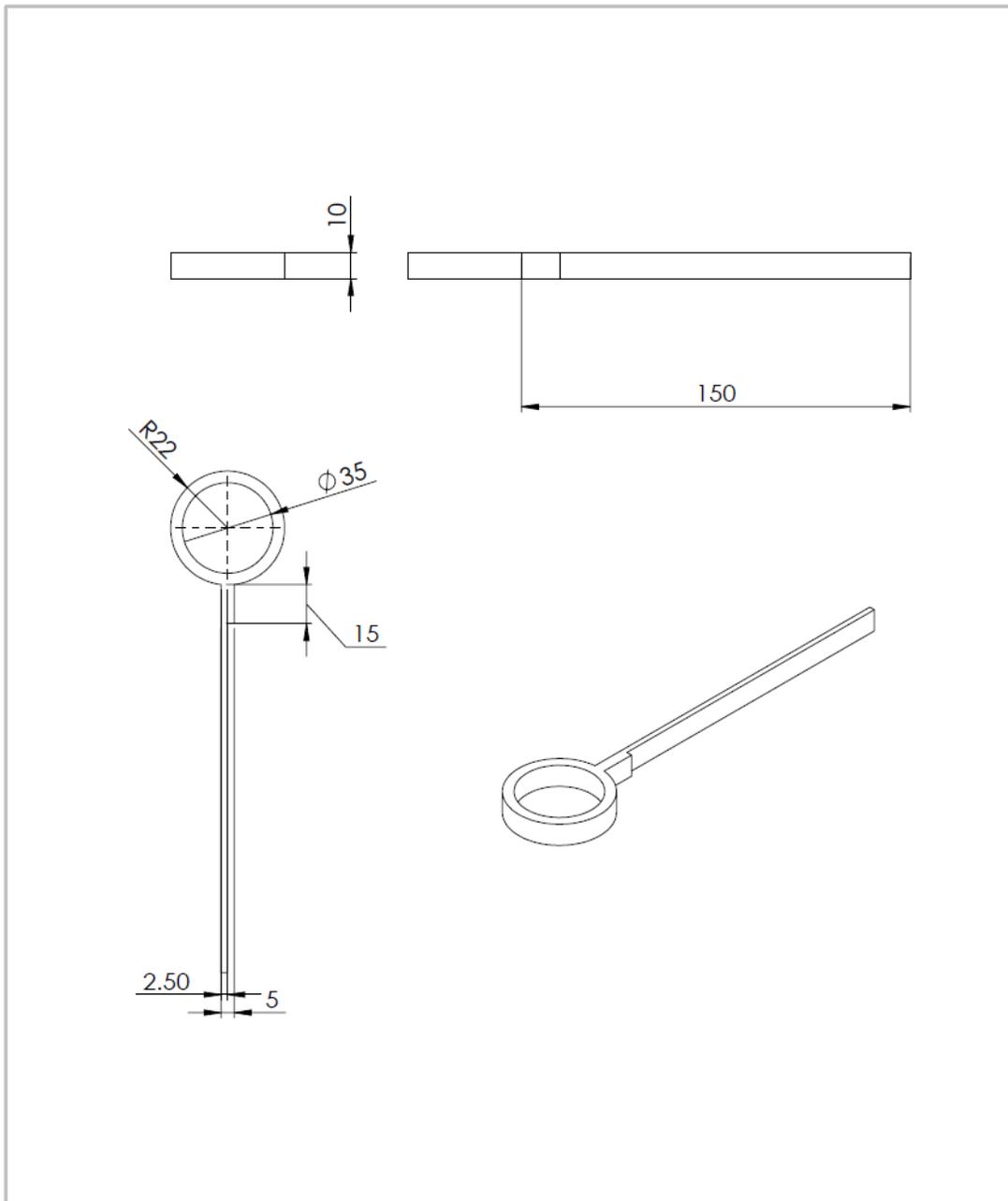
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REVISIÓN
NOMBRE José Antonio Amador Cerda				TÍTULO: <b>Soporte del péndulo</b>
DIBUJ.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda		MATERIAL: <b>Aluminio</b>	N.º DE DIBUJO <b>A-2</b>
VERIF.			Peso: 5684.03 g	A4
APROB.			Escala: 1:10 Acotación: mm	1/1
FABR.				
CALID.				

**A-3 Soporte de balero.**



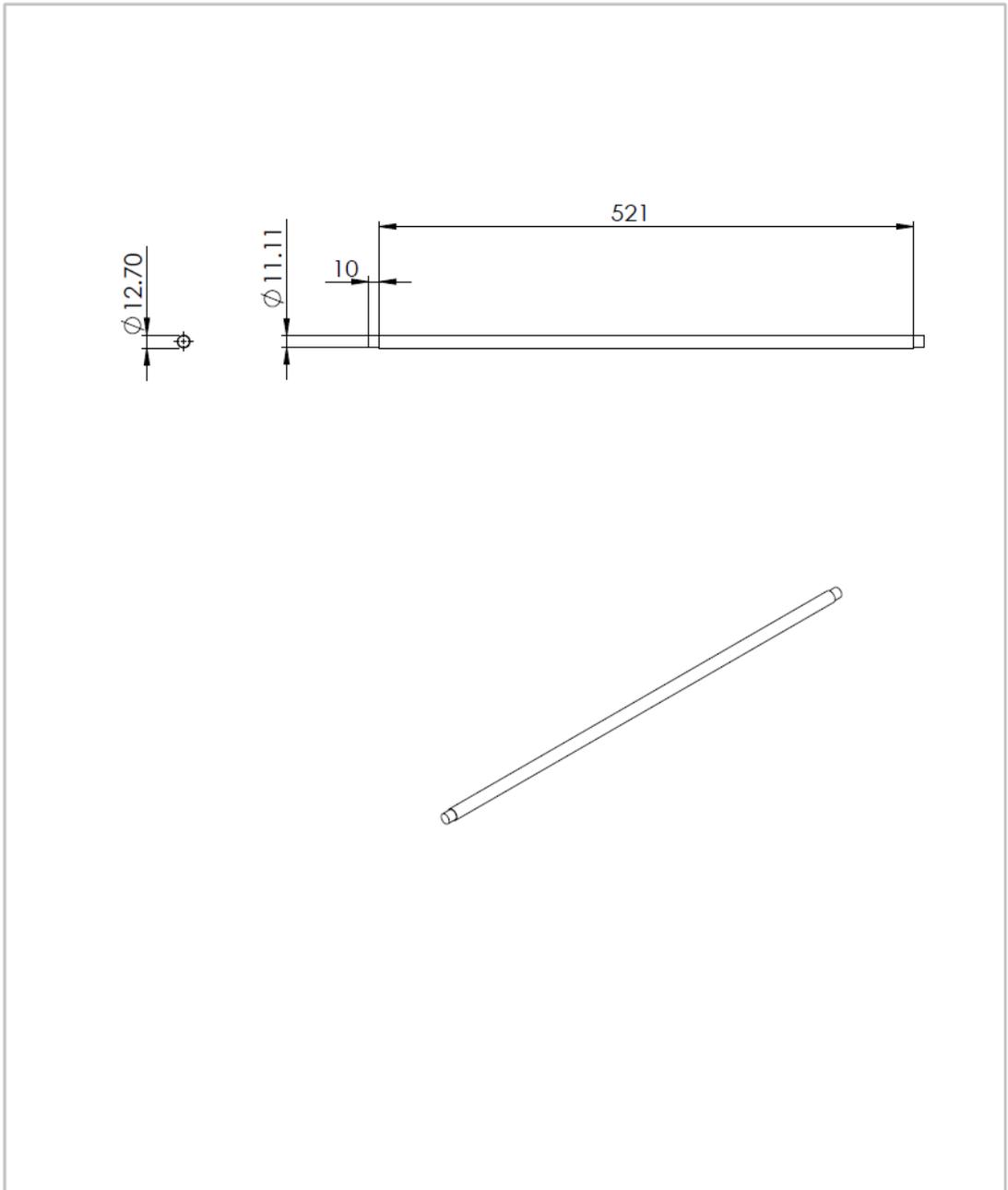
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				<b>Instituto Tecnológico de Pachuca</b>	
<b>Soporte del balero</b>					
NOMBRE				<b>A-3</b>	
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda			A4	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.					
		Material: Aluminio			
		Peso: 92.92 g		Escala: 1:10 Acotación: mm	

**A-4 Indicador de ángulo.**



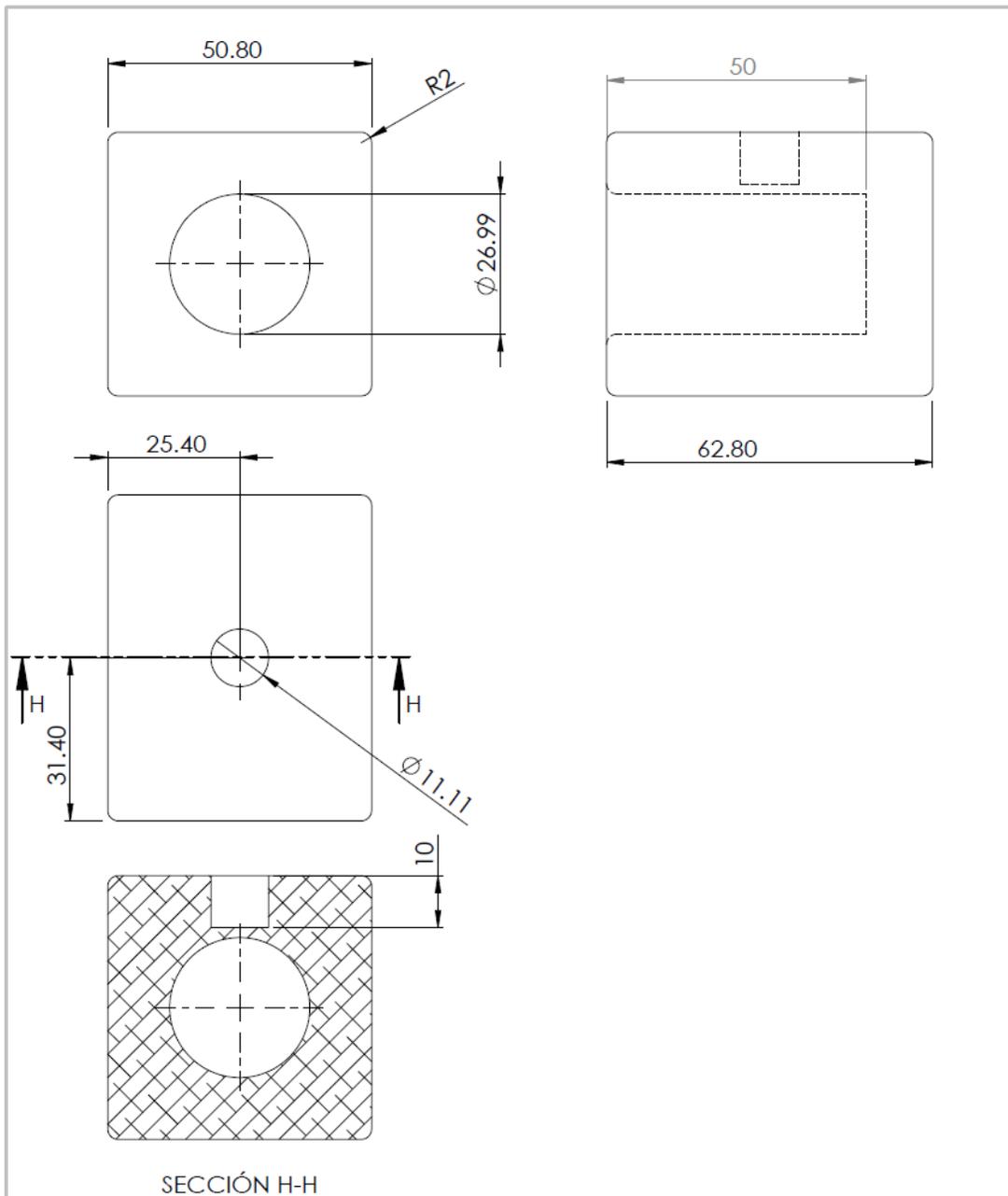
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO:	NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
ACABADO SUPERFICIAL:			Instituto Tecnológico de Pachuca		
TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			Indicador		
NOMBRE					
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda				
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CAUID.					
Material: Aluminio			A-4		A4
Peso: 9.7 g			Escala: 1:10 Acotación: mm		1/1

**A-5 Barra del péndulo.**



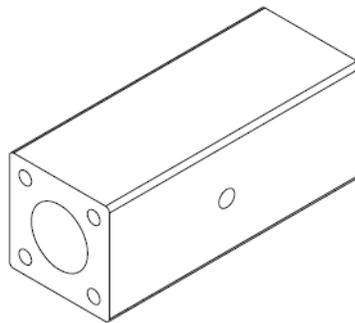
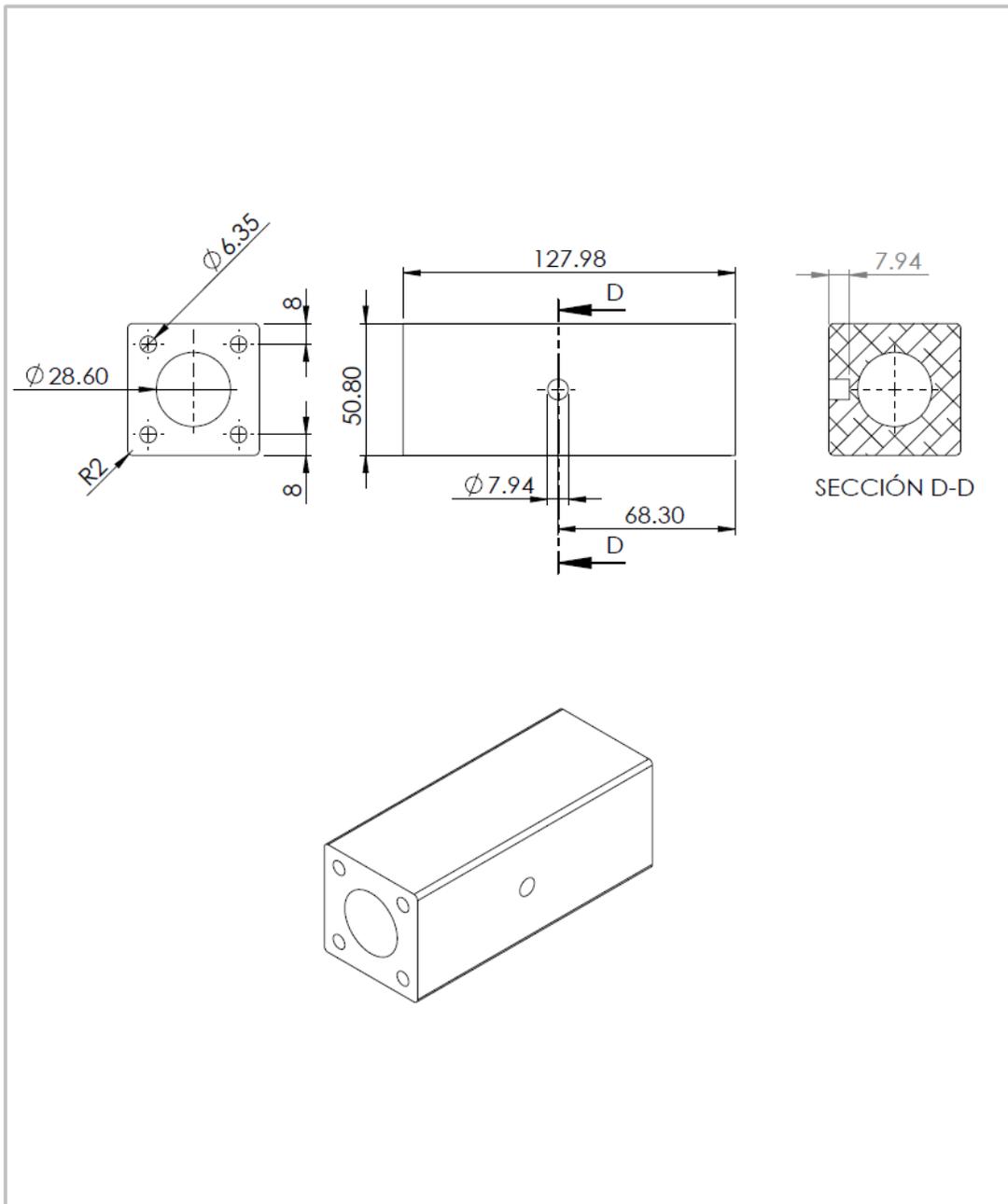
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:			REVISIÓN
DIBUJ. José Antonio Amador Cerda VERIF. Dr Luis Manuel Palacios Pineda APROB. FABR. CALID.		NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:  <b>Barra del péndulo</b>
Material: Aluminio Peso: 183.42 g					
		<b>A-5</b>		Escala: 1.10 Acotación: mm	
				A4 1/1	

**A-6 Cubo del péndulo.**



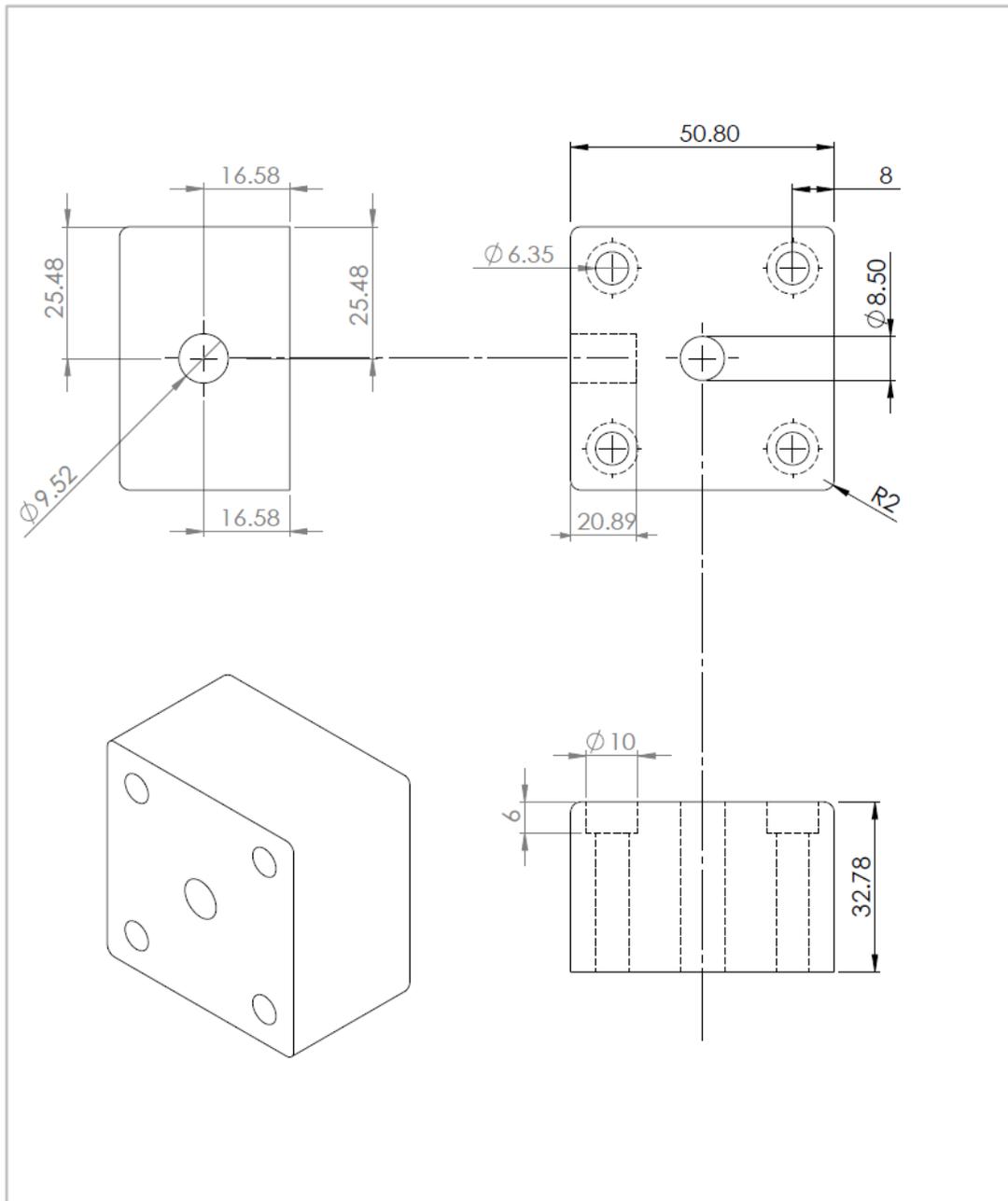
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA CUBO DEL PÉNDULO				INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA Cubo del péndulo A-6 Escala: 1.10 Acotación: mm	
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda	FECHA			A4
VERIF.	Dr Luis Manuel Palaciód Pineda				1/1
APROB.					
FABR.					
CALID.			Material:Aluminio		
			Peso: 356.03 gr		

**A-7 Cuerpo del cañón.**



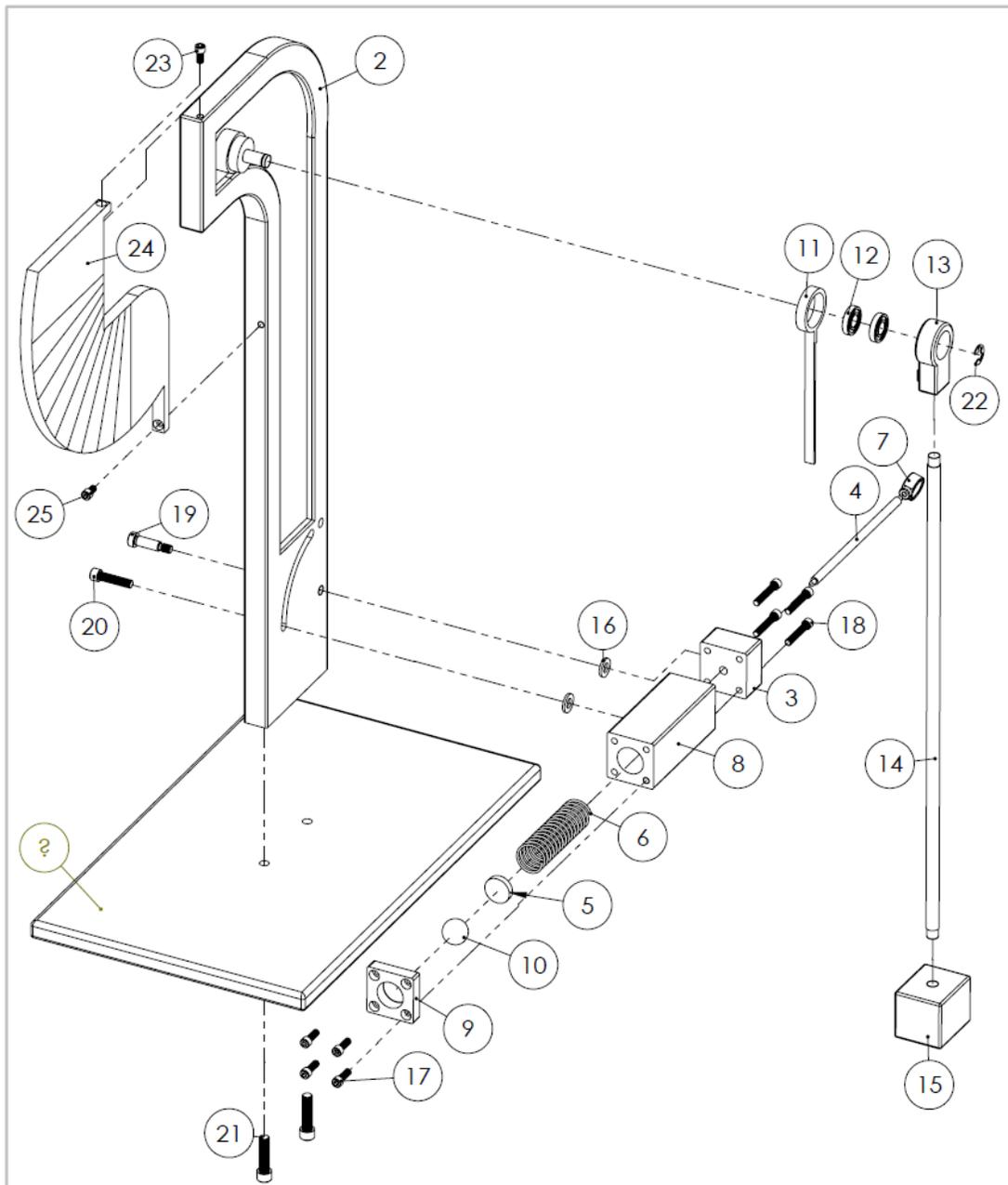
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				Instituto Tecnológico de Pachuca	
Cuerpo del cañón					
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda				
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.					
CALID.					
Material: Aluminio			<b>A-7</b>		A4
Peso: 658.81 g			Escala: 1.10 Acotación: mm		1/1

**A-8 Tapa del cañón.**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE DIBUJ.: José Antonio Amador Cerda VERIF.: Dr. Luis Manuel Palacios Pineda APROB.: FABR.: CALID.:				Instituto Tecnológico de Pachuca TÍTULO: <b>Tapa del cañón</b>	
Material: Aluminio			<b>A-8</b>		A4
Peso: 205.93 g			Escala: 1.10 Acotación: mm		1/1

**A-9 Despiece del péndulo.**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE				Instituto Tecnológico de Pachuca	
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		TÍTULO:		
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda		Despiece del péndulo		
APROB.					
FABR.	MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	A-9	
CALID.					A4
PESO:			ESCALA:1:20	HOJA 1 DE 1	

**A-10 Lista de materiales.**

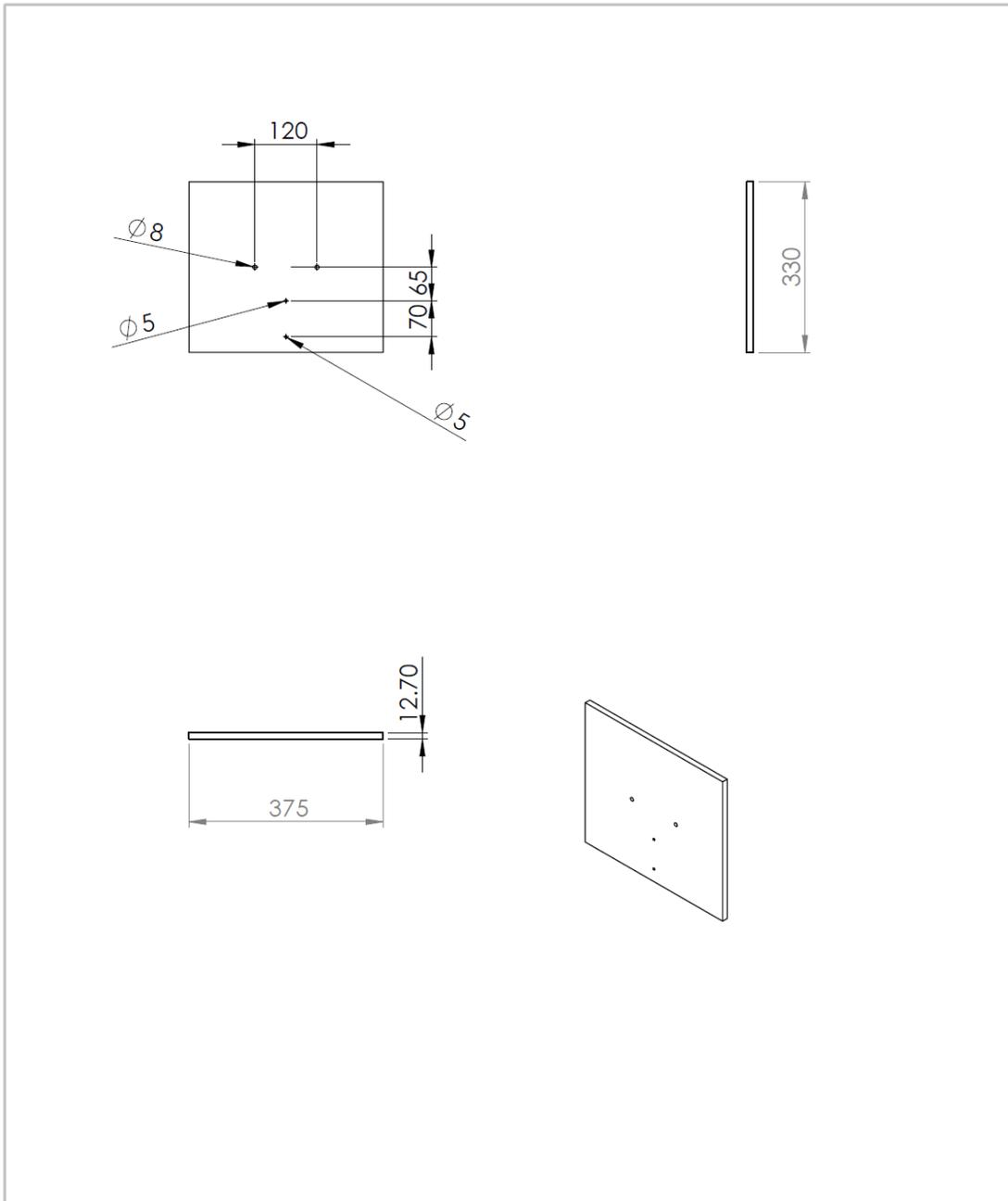
# Lista de materiales

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		Base	1
2		Soporte	1
3		Tapa del cañón	1
4		Flecha-percutor	1
5		Percutor del cañón	1
6		Resorte	1
7		Asa del percutor	1
8		Cañón del péndulo	1
9		Pieza de caucho	1
10		Bala de acero	1
11		Indicador	1
12		AFBMA12.2-0.5000-1.125-0.2500-10,SI,NC,10	2
13		Soporte-balero	1
14		Barra del cañón	1
15		Paralelepípedo	1
16		Buje del cañón	2
17		SHCS0.25-28X0.75X0.75-S	4
18		SHCS0.25-28X1.5X1.5-S	4
19		SHSCREW0.375X1-S	1
20		HX-SHCS0.3125-24X1.375X1.375-S	1
21		HX-SHCS0.375-24X1.5X1.5-S	2
22		XH-SHCS0.25-20X0.5X0.5-S	1
23		HX-SHCS0.25-20X0.4375X0.4375-S	1
24		Pieza graduada	1
25		B27.1NA3-50	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
<b>Instituto Tecnológico de Pachuca</b>					
<b>Lista de materiales del péndulo</b>					
NOMBRE					
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda				
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.					
CALID.		MATERIAL:	Nº DE DIBUJO	<b>A-10</b>	
				A4	
		PESO:	ESCALA:1.5	HOJA 1 DE 2	

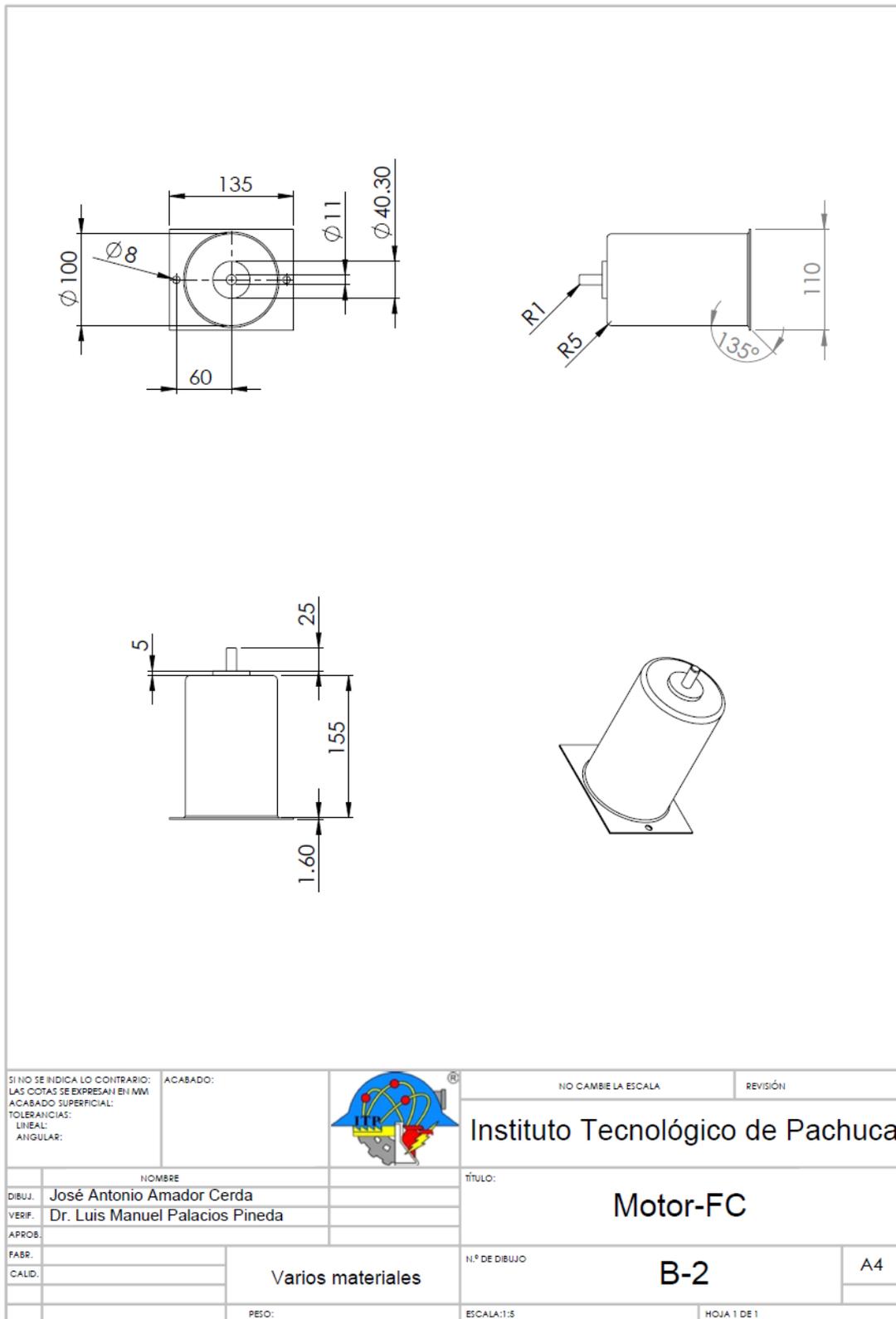
**Anexo B: Dibujos de detalle del dispositivo para medir la Fuerza Centrífuga.**

**B-1 Base centrada.**

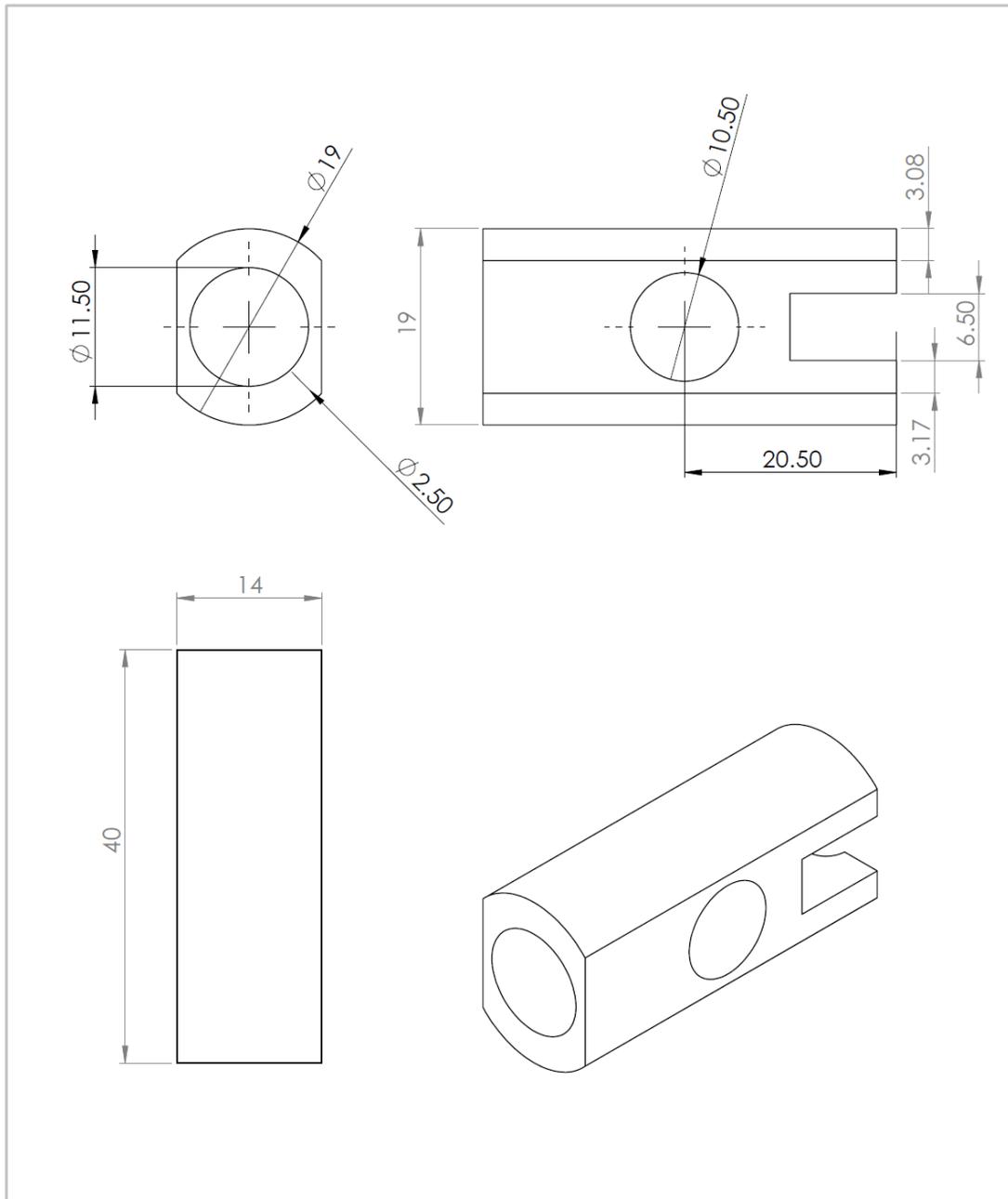


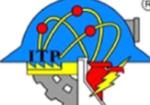
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA				TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Base centrada</h2>	
NOMBRE: DIBUJ. José Antonio Amador Cerda VERIF. Dr. Luis Manuel Palacios Pineda APROB. FABR. CALID.			Aleación de aluminio 1060	N.º DE DIBUJO <h3 style="text-align: center;">B-1</h3>	A4
PESO: 4.24kg			ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1	

**B-2 Motor del dispositivo para medir la fuerza centrífuga.**

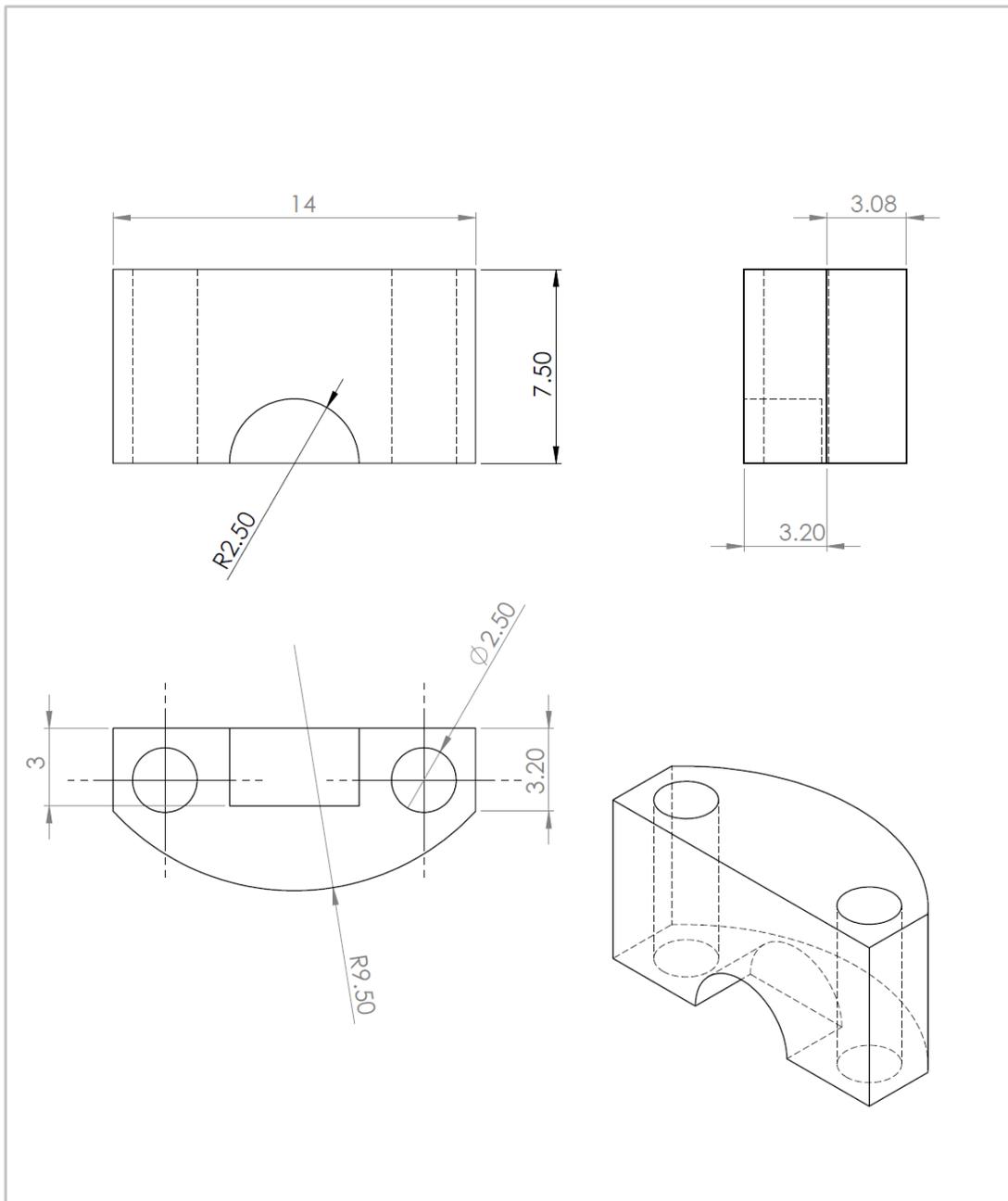


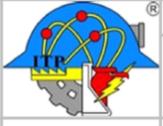
**B-3 Soporte de brazo de dispositivo para medir la Fuerza Centrífuga.**



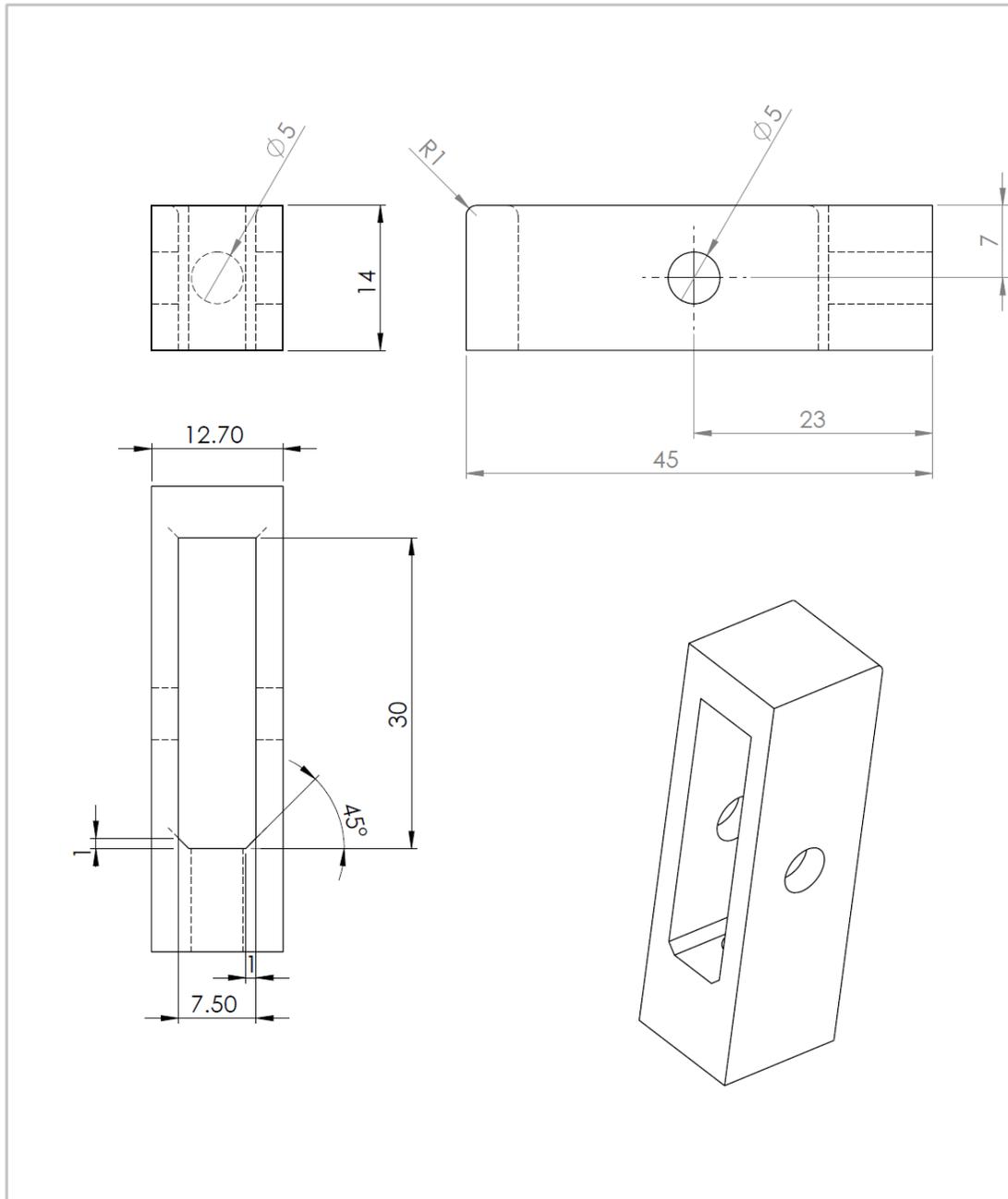
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN
			Instituto Tecnológico de Pachuca		
			TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Soporte de brazo</h2>		
NOMBRE DIBUJ. José Antonio Amador Cerda VERIF. Dr. Luis Manuel Palacios Pineda APROB.			N° DE DIBUJO <h1 style="text-align: center;">B-3</h1>		A4
FABR.			ESCALA: 2:1		HOJA 1 DE 1
CALID.			PESO: 0.0485 kg		

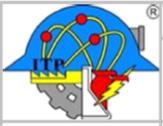
**B-4 Chumacera.**



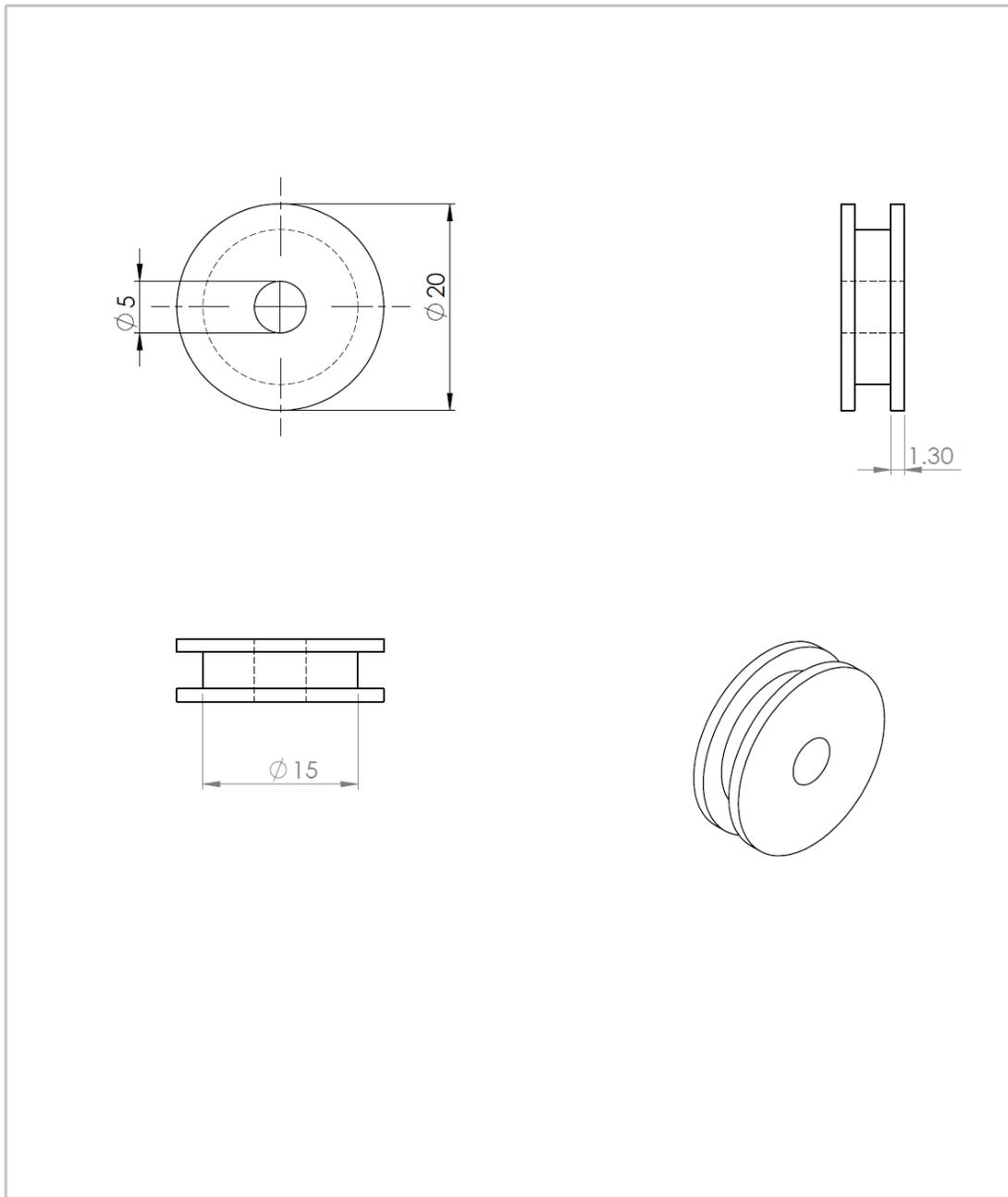
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				Instituto Tecnológico de Pachuca	
NOMBRE			TÍTULO:		
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		Chumacera		
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.			N.º DE DIBUJO		
FABR.			B-4		A4
CALID.					
PESO:			ESCALA: 5:1		HOJA 1 DE 1

**B-5 Soporte de la polea.**



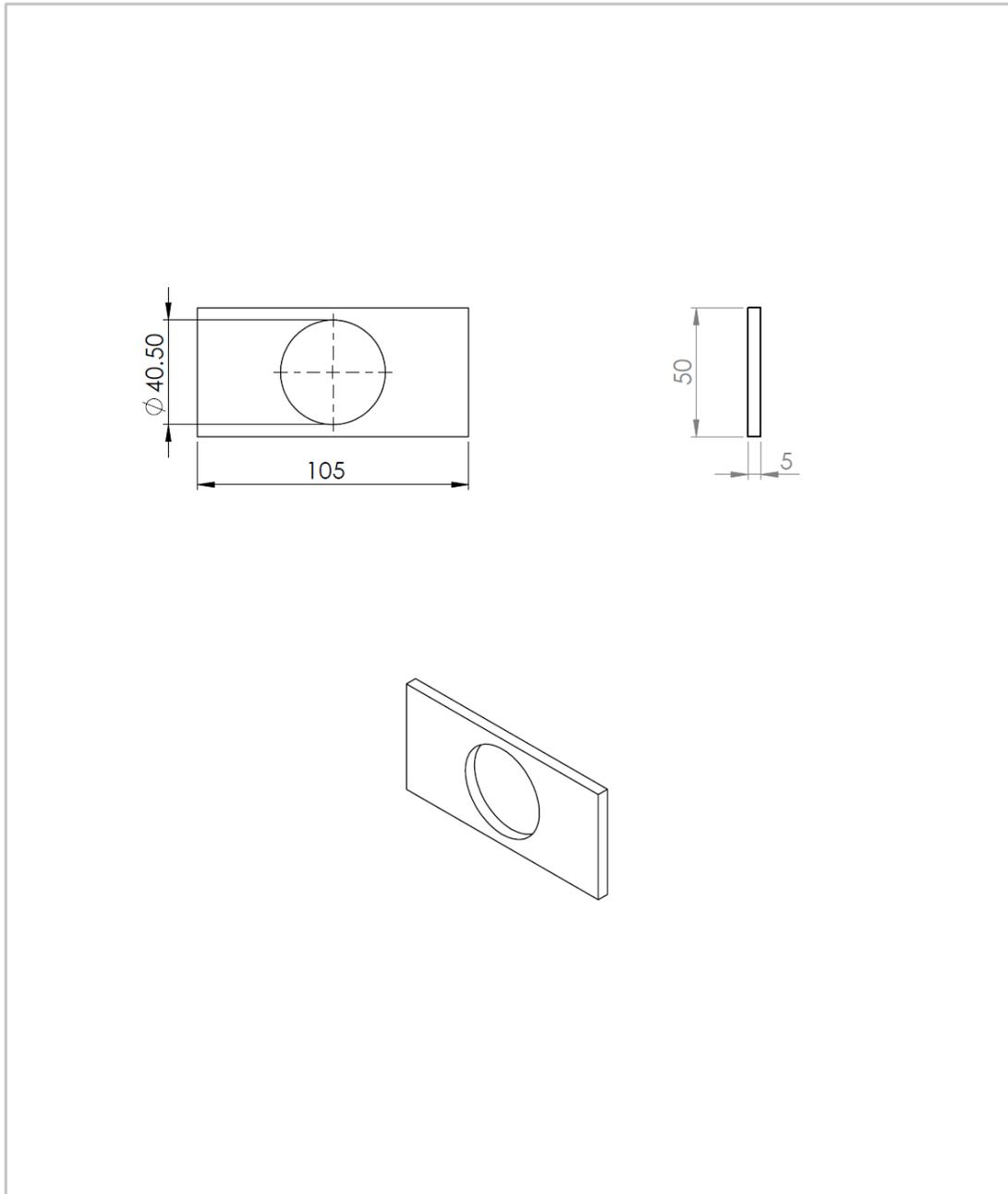
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Soporte de la polea</h2>					
NOMBRE			TÍTULO:		
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		N.º DE DIBUJO		
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda		B-5		
APROB.			A4		
FABR.			ESCALA:2:1		
CALID.	Aleación de aluminio 1060		HOJA 1 DE 1		
0.01kg					

**B-6 Polea.**



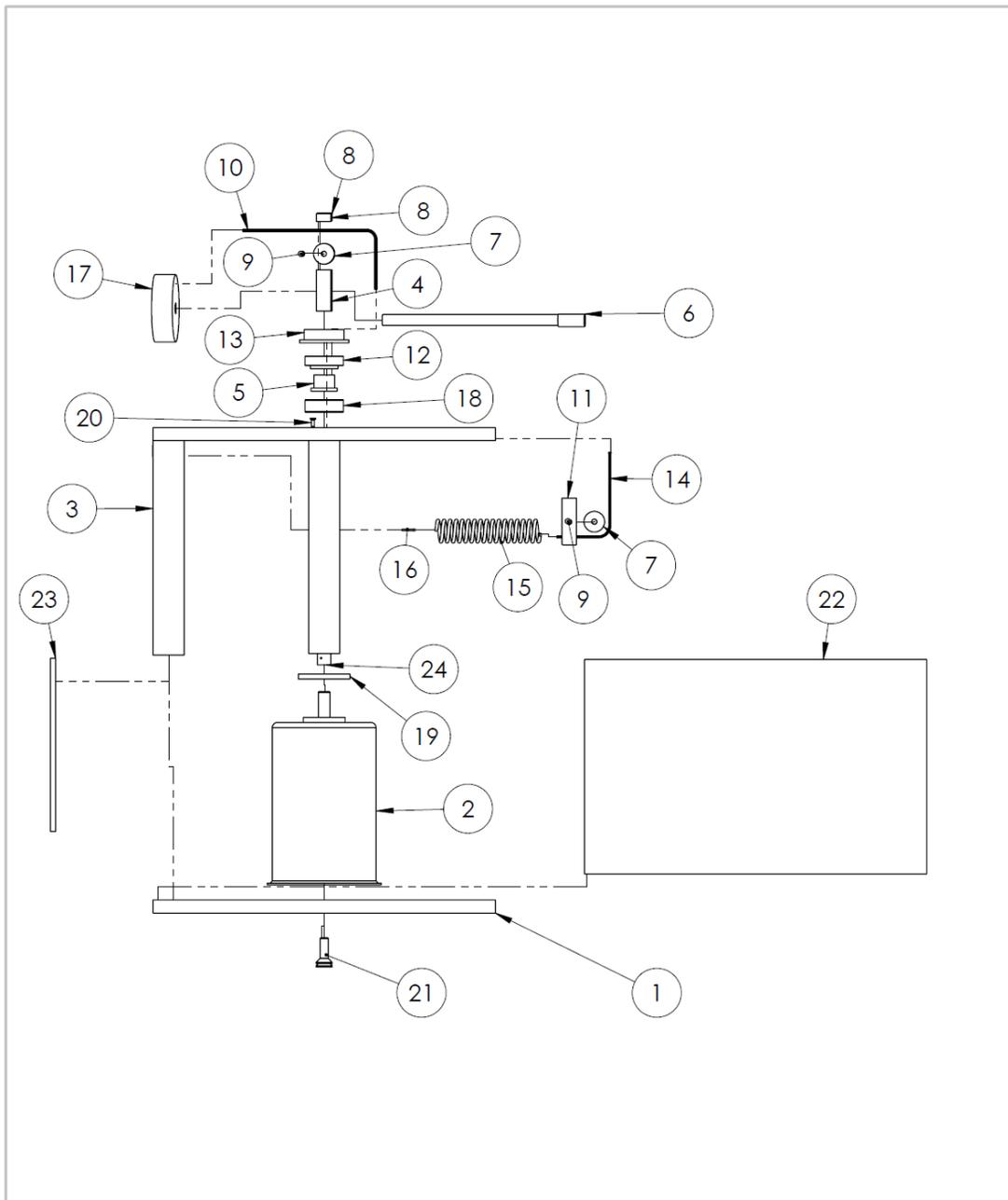
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA				TÍTULO: <h2 style="text-align: center;">Polea</h2>	
NOMBRE: <b>José Antonio Amador Cerda</b>			N.º DE DIBUJO: <h2 style="text-align: center;">B-6</h2>		
VERIF.: <b>Dr. Luis Manuel Palacios Pineda</b>			ESCALA: 2:1		
FABR.			HOJA 1 DE 1		
CALID.			A4		
Aleación de aluminio 1060			PESO:		

**B-7 Mecanismo de interfase.**



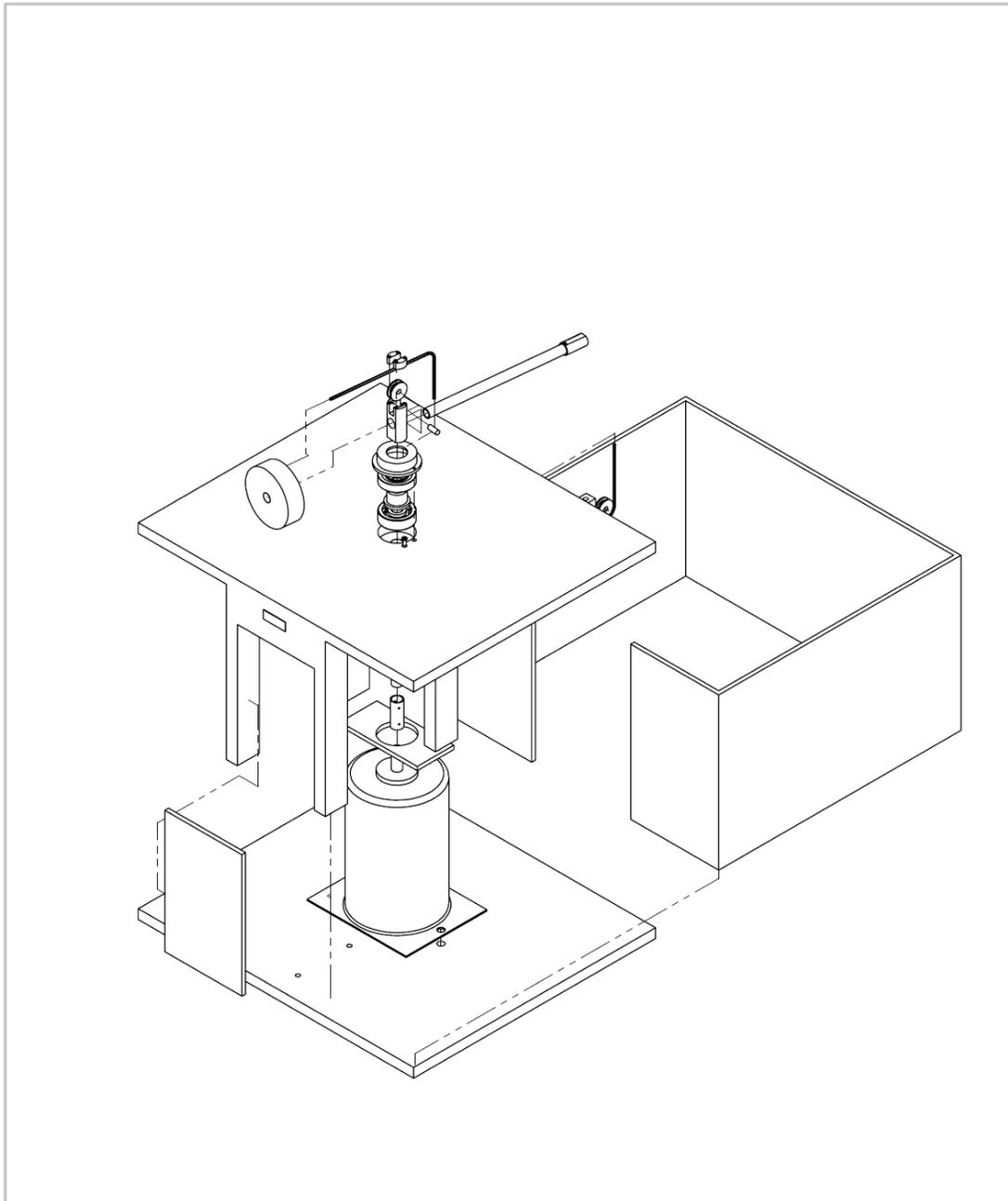
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				<b>Instituto Tecnológico de Pachuca</b>	
NOMBRE			TÍTULO:		
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		<b>Mecanismo de interfase 3</b>		
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.			N.º DE DIBUJO		A4
CALID.			<b>B-7</b>		
PESO:			ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1	

**B-8 Despiece dispositivo para medir Fuerza Centrífuga-A.**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:			NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE			<b>Instituto Tecnológico de Pachuca</b>			
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		TÍTULO:			
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda		Despiece del dispositivo de FC-A			
APROB.			N.º DE DIBUJO		A4	
FABR.	Varios materiales		B-8			
CALID.			ESCALA: 1:20		HOJA 1 DE 1	
PESO:						

**B-9 Despiece dispositivo para medir Fuerza Centrífuga.**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA				TÍTULO: <b>Despiece del dispositivo de FC</b>	
NOMBRE: DIBUJ. <b>José Antonio Amador Cerda</b> VERIF. <b>Dr. Luis Manuel Palacios Pineda</b> APROB.: FABR.: CALID.:			Varios materiales	N° DE DIBUJO <b>B-9</b>	A4
PESO:			ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1	

**B-10 Lista de materiales del dispositivo para medir la fuerza centrífuga.**

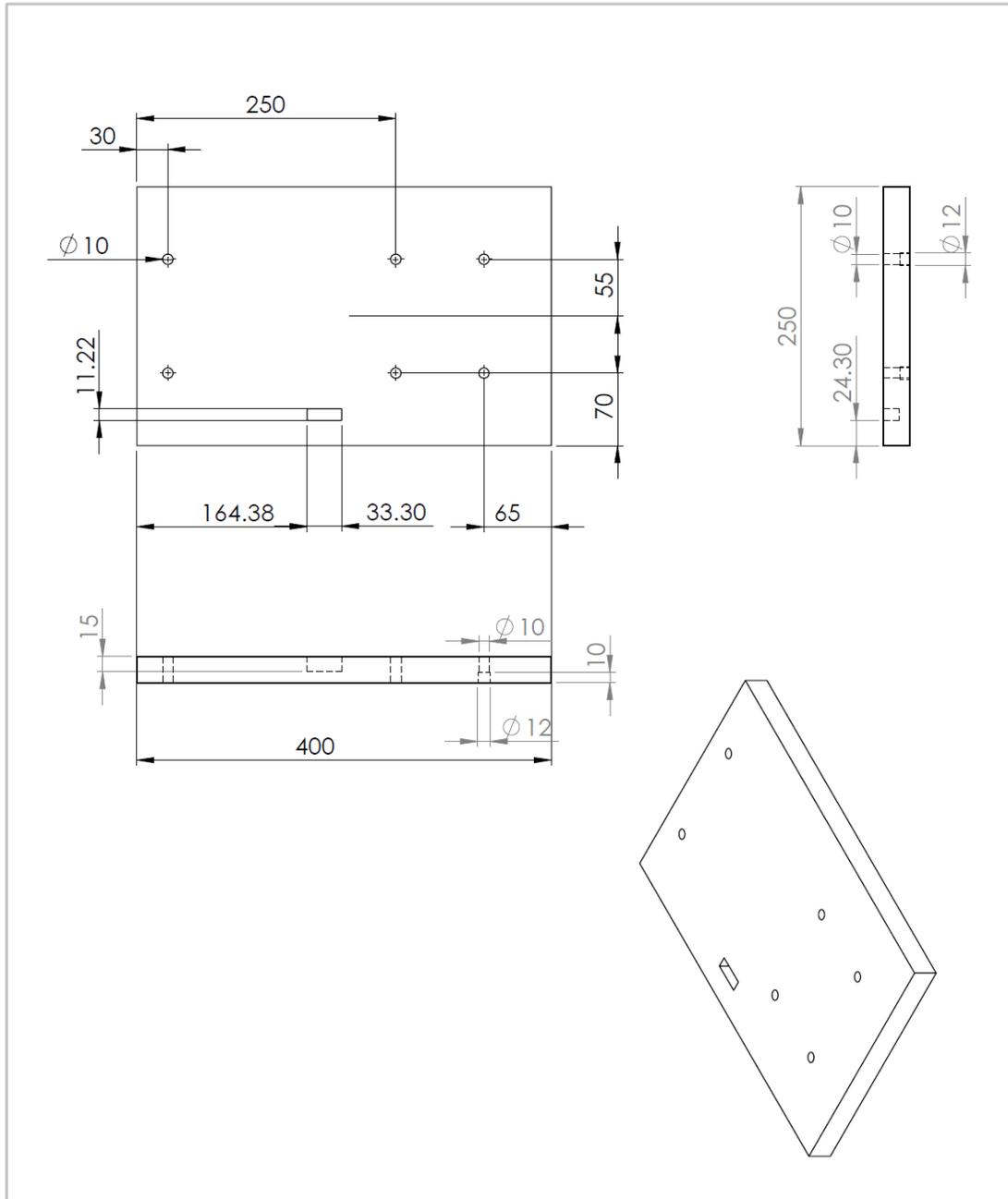
Lista de materiales del dispositivo para medir la Fuerza Centrífuga

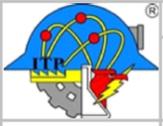
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PZA.	DESCRIPCIÓN	CANT.
1		Base centrada	1
2		Motor FC	1
3		Tapa de la base	1
4		Soporte brazo	1
5		Mecanismo interfase 1	1
6		Brazo-2	1
7		Polea-1-FC-4	2
8		Chumacera	2
9		Eje de la polea	2
10		Eslabón pesa- dinamómetro-FC-8	1
11		Soporte de la polea-1-FC-5	1
12		AFBMA 19.1.2 - J2BD020 - 18,SI,NC,18	1
13		Cubre rodamiento	1
14		Eslabón_2	1
15		Resorte- FC-7	1
16		Esalabón_3	1
17		Pesa-0.5kg-FC-3	1
18		AFBMA 20.1 - 04-10 - 6,DE,AC,6_68	1
19		Mecanismo interfase_3	1
20		B18.3.5M - 3 x 0.5 x 8 Socket FCHS -- 8N	1
21		B18.3.5M - 8 x 1.25 x 25 Socket FCHS -- 25N	2
22		Cubierta_1	1
23		Cubierta_frontal	1
24		Cople motor-eje	1
25		Cubierta_1	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA				INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA	
NOMBRE DIBUJ. José Antonio Amador Cerda VERIF. Dr. Luis Manuel Palacios Pineda APROB. FABR. CALID.			TÍTULO: Lista de materiales FC		
PESO:			N.º DE DIBUJO B-10		A4
ESCALA: 1:50			HOJA 1 DE 1		

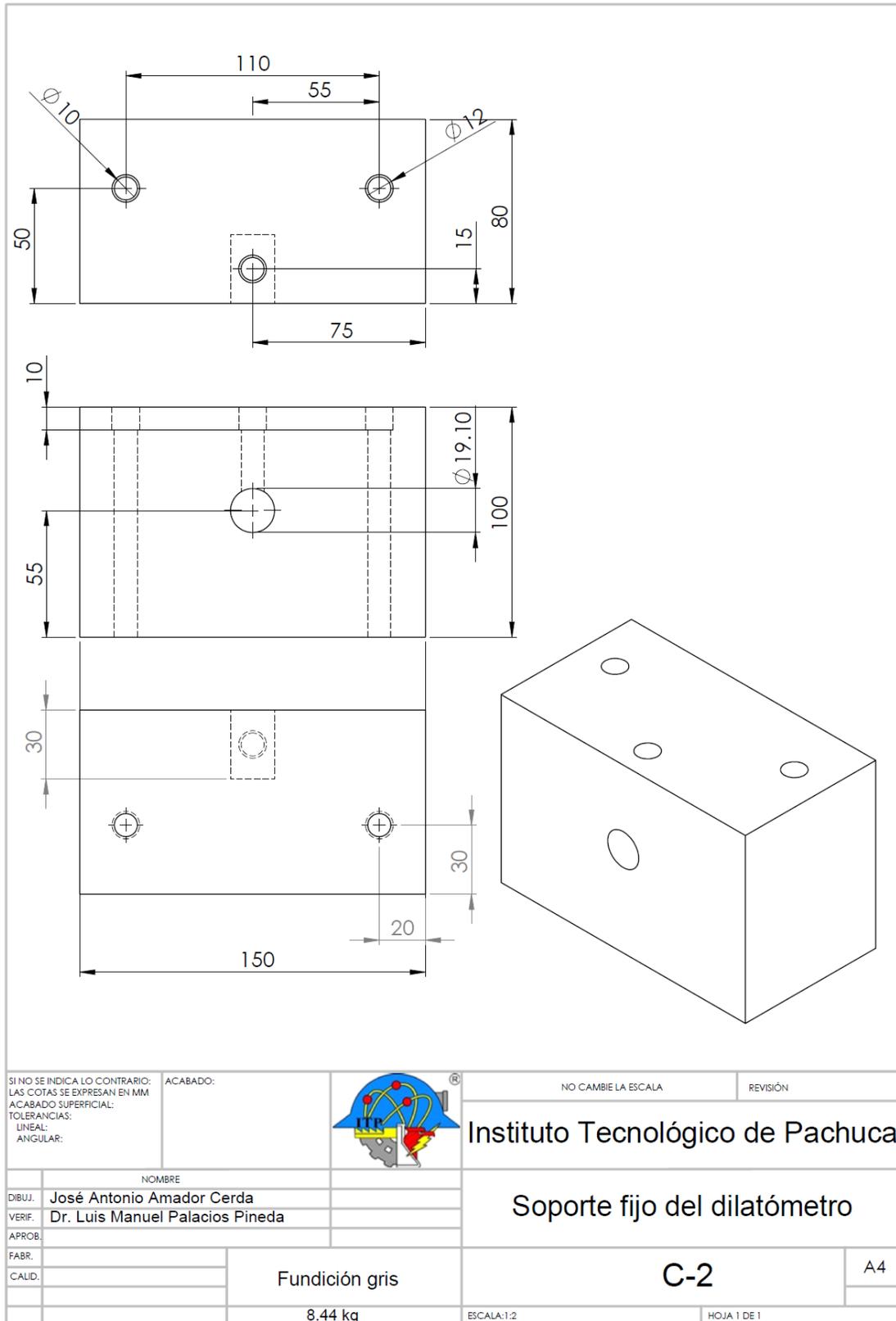
**Anexo C: Dibujos de detalle del dilatómetro.**

**C-1 Base del dilatómetro.**

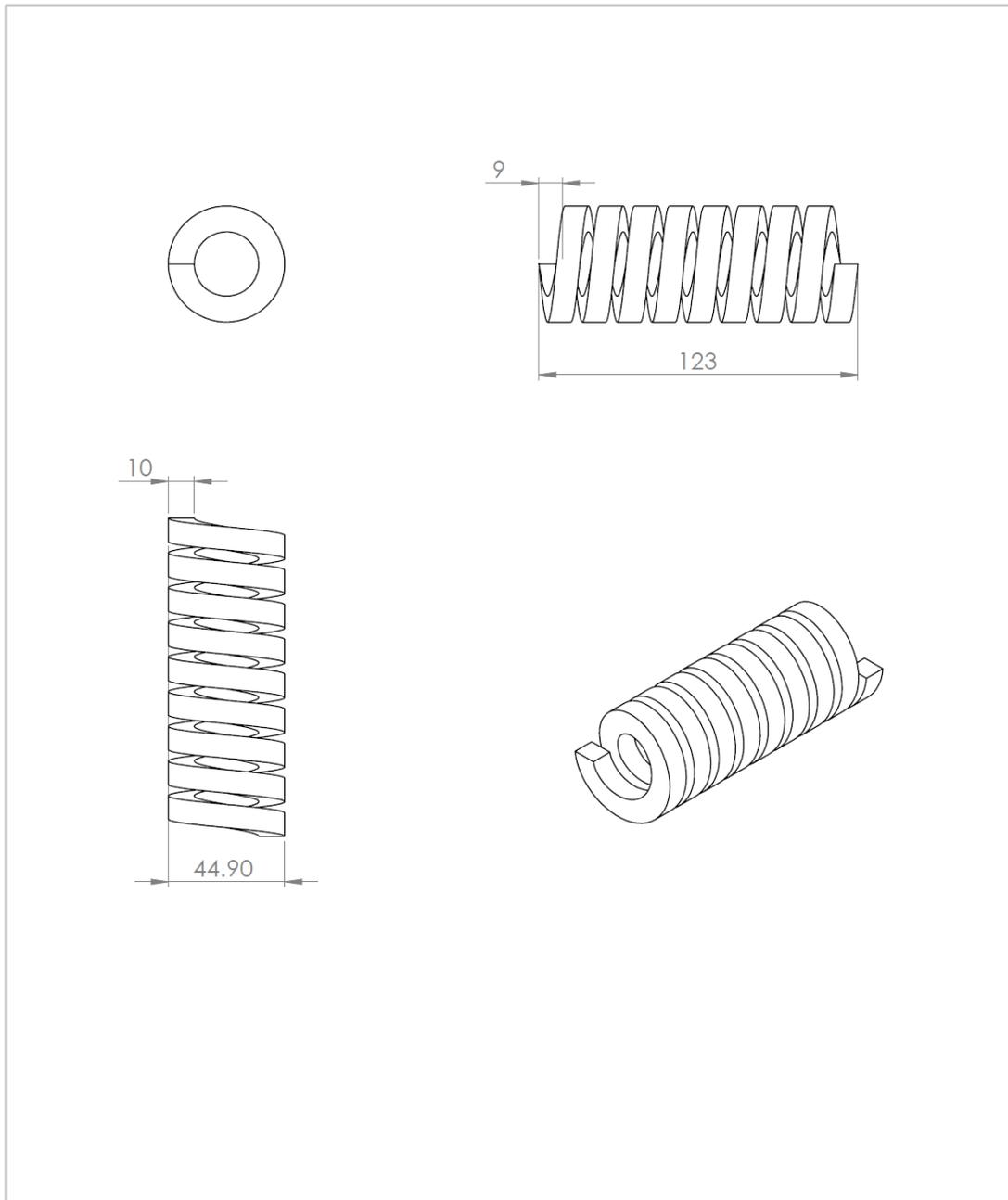


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				<b>Instituto Tecnológico de Pachuca</b>	
NOMBRE			<b>Base del dilatómetro</b>		
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda				
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.					
CALID.					
Fundición gris			<b>C-1</b>		A4
18.16 kg			ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1

**C-2 Soporte fijo del dilatómetro.**

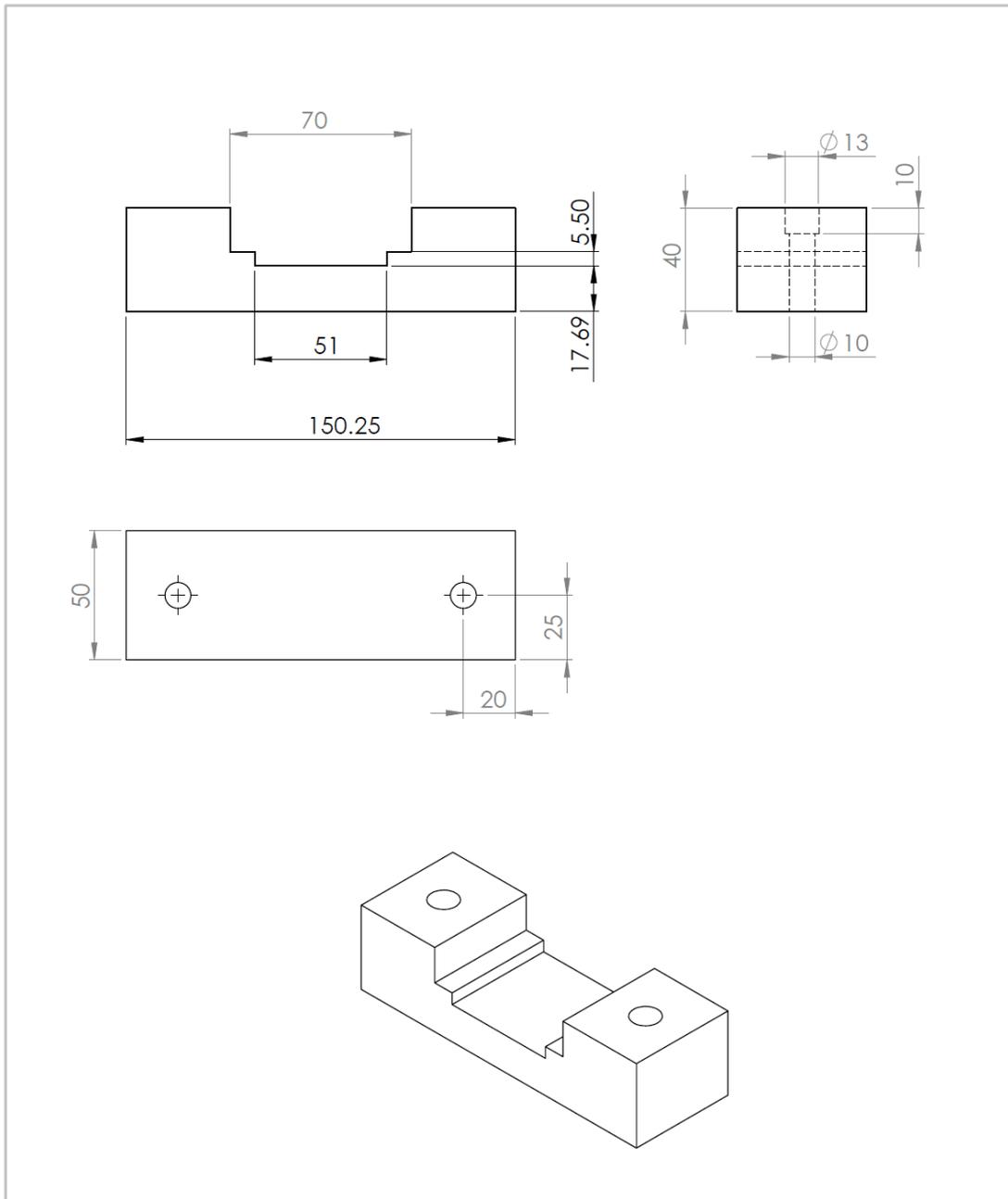


**C-3 Bobina de inducción.**



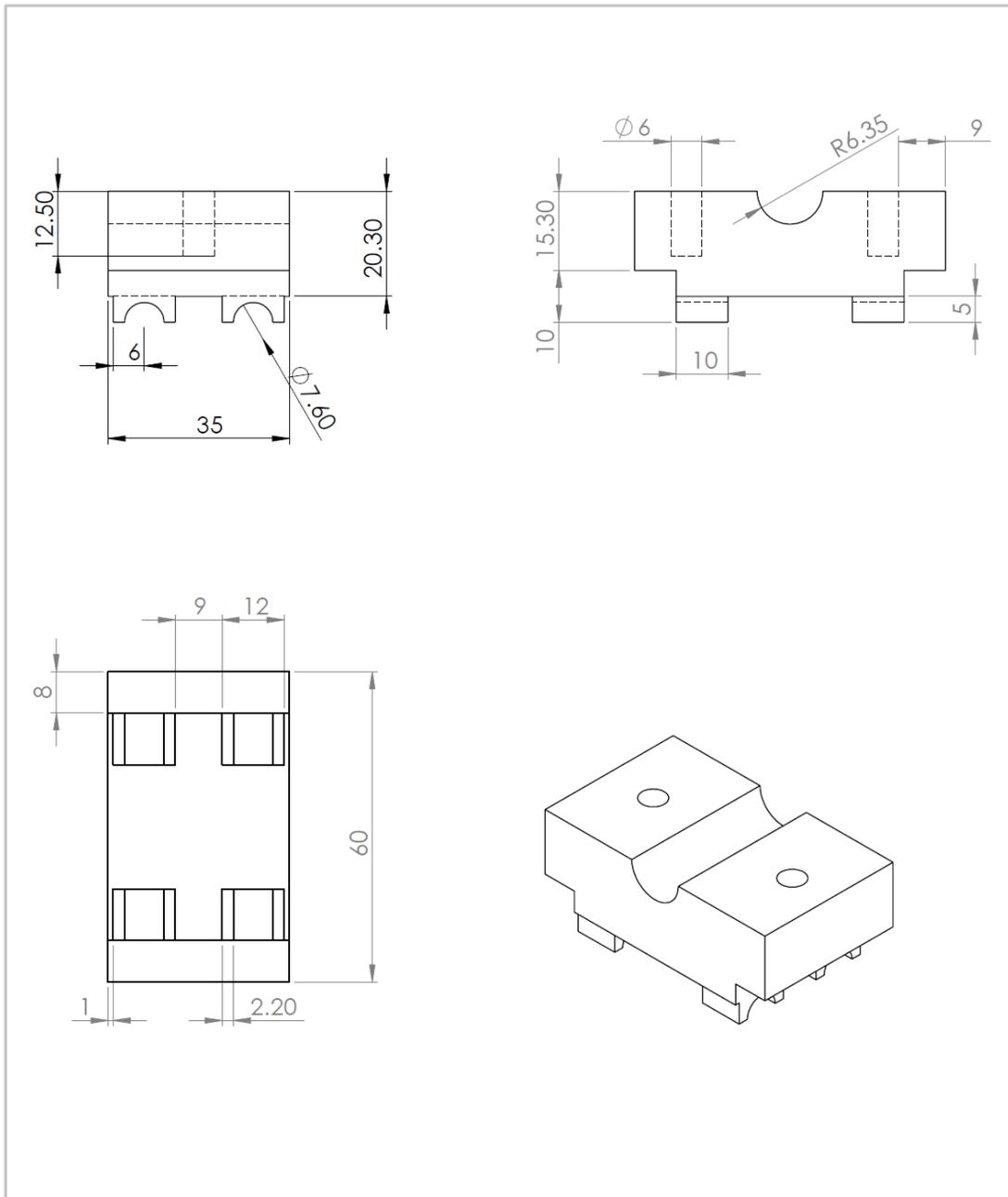
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA				INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA	
NOMBRE					
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		Bobina de inducción		
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.					
CAUID.	Cobre		C-3		A4
		0.746 kg	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1	

**C-4 Soporte intermedio.**



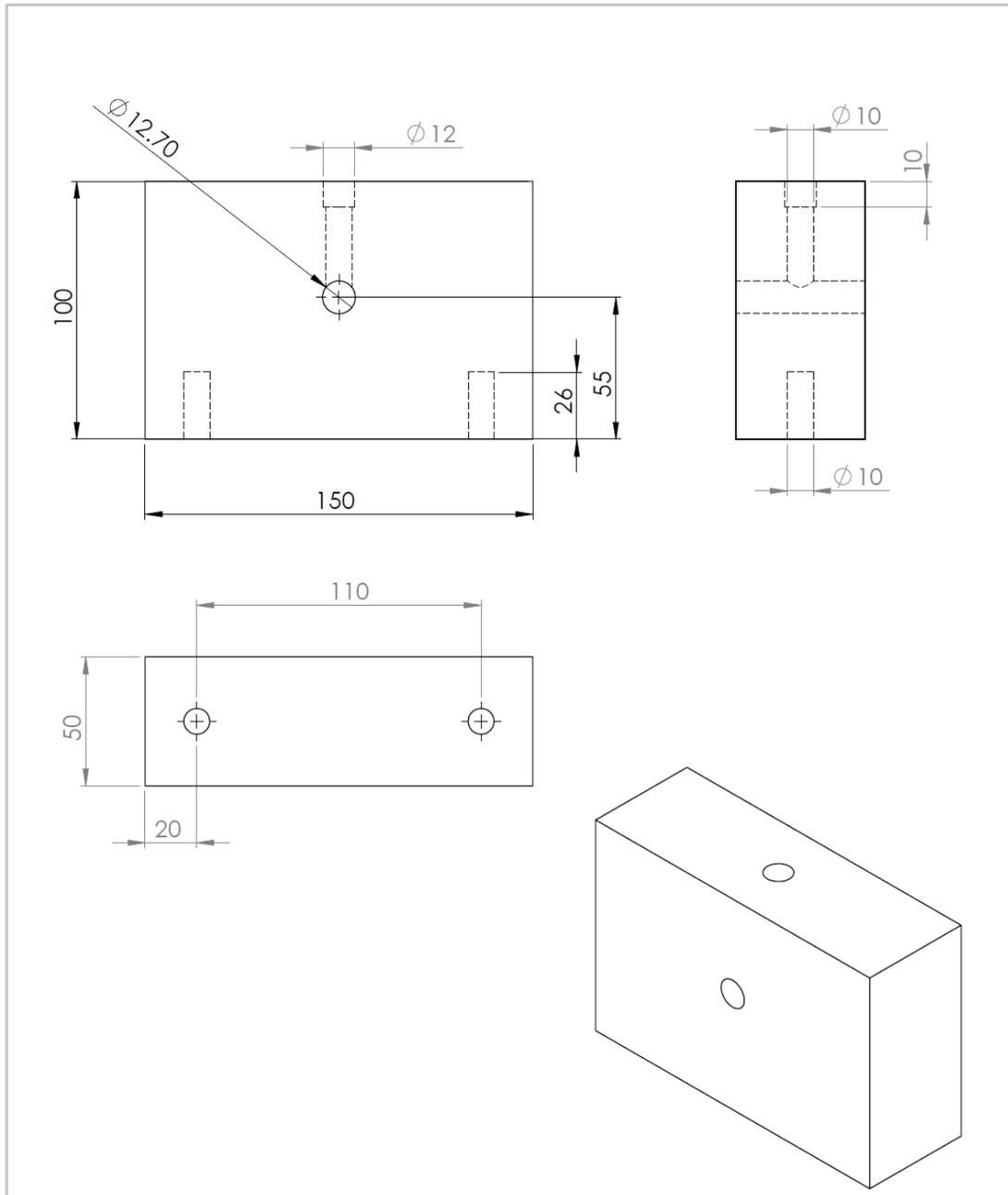
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				<b>Instituto Tecnológico de Pachuca</b>	
NOMBRE			<b>Soporte intermedio</b>		
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda				
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.					
CALID.	Fundición gris		<b>C-4</b>		A4
			1.59 kg	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1

**C-5 Soporte móvil.**



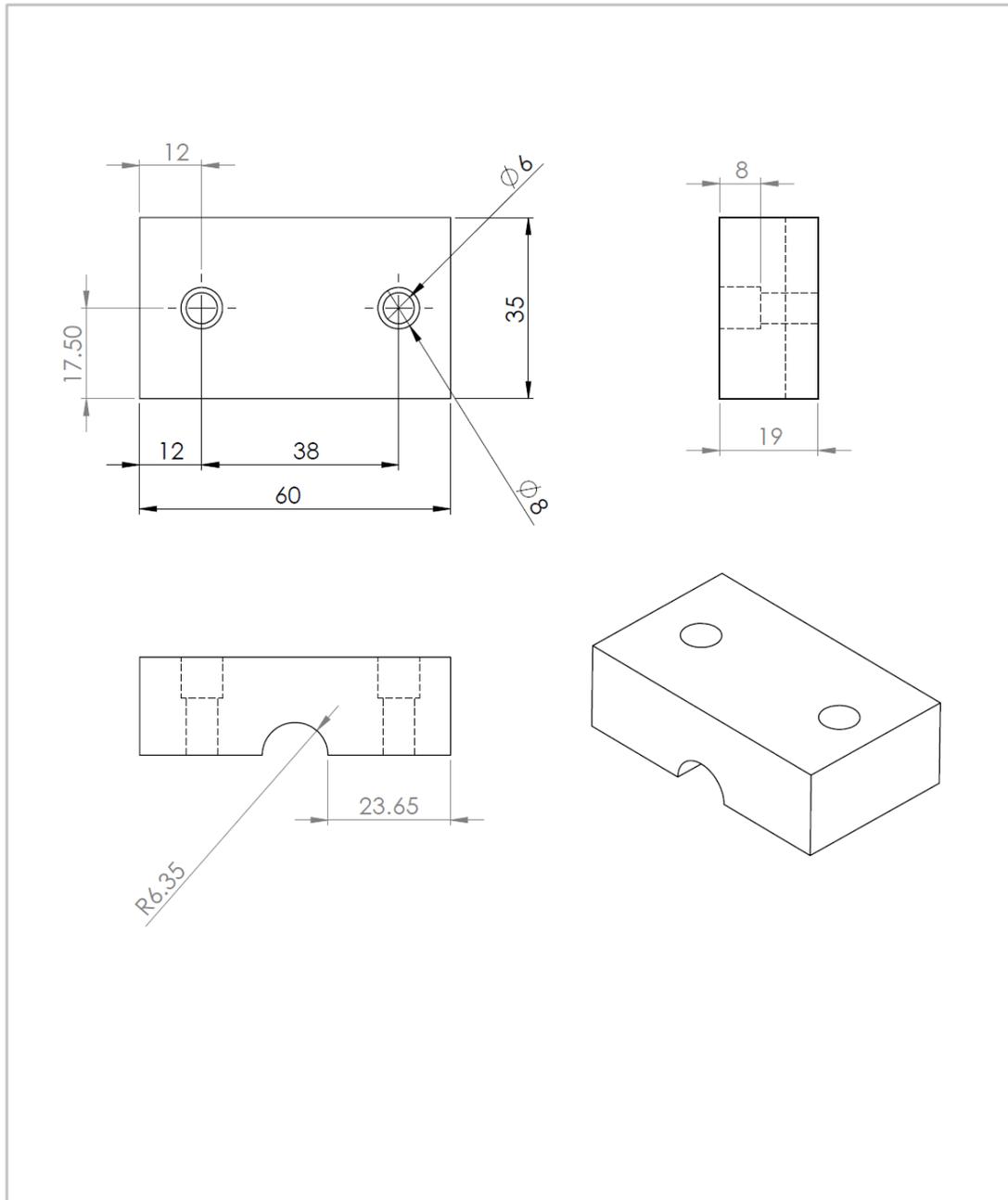
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA Soporte móvil					
NOMBRE					
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda				
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.					
CALID.	Fundición gris		C-5		A4
		0.28 kg	ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1	

**C-6 Soporte del indicador.**



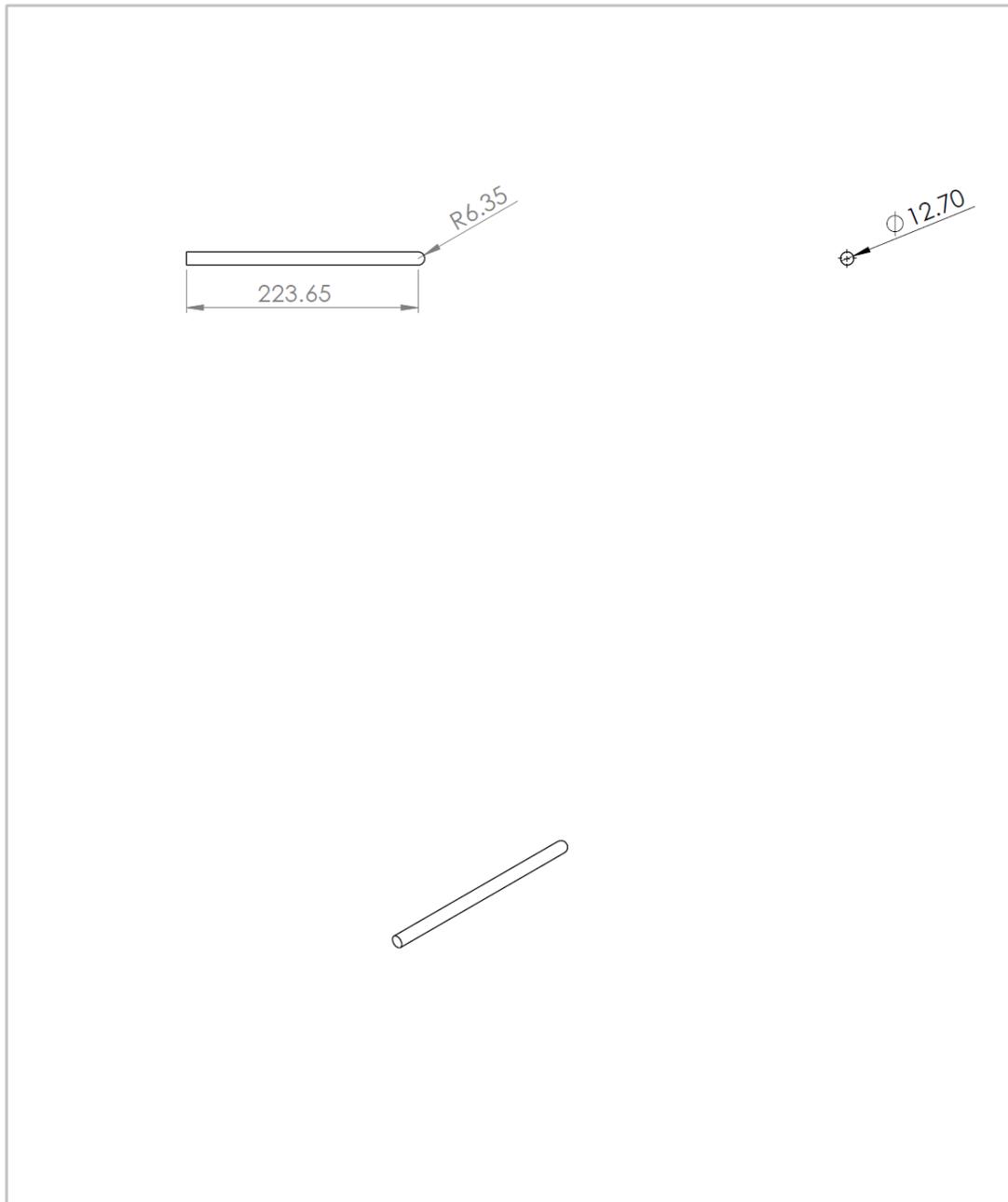
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA				INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA	
NOMBRE					
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda				
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.	_____				
FABR.	_____				
CALID.	Fundición gris		C-6		A4
5.30 kg			ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1	

**C-7 Tapa del soporte móvil.**



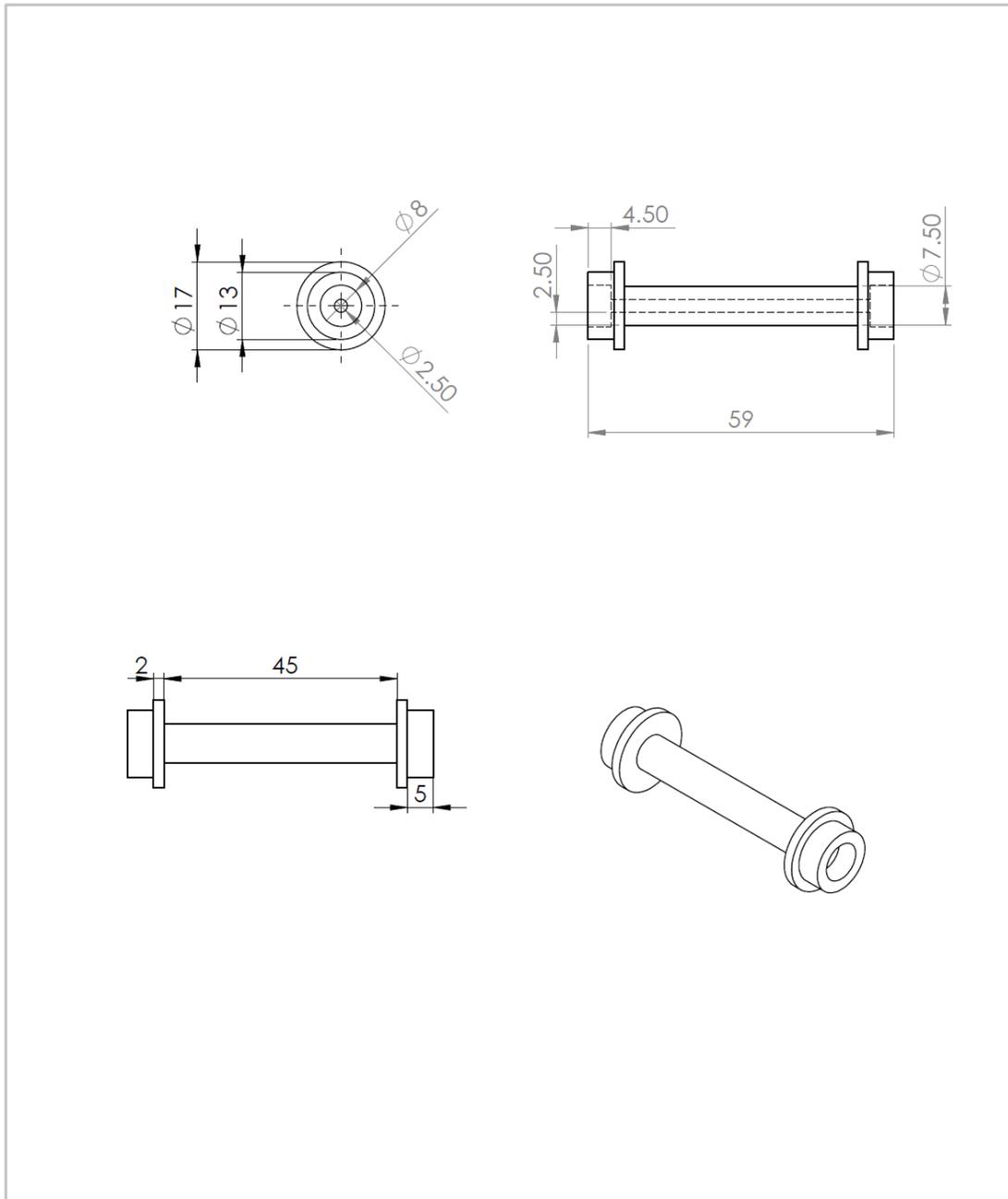
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE DIBUJ. José Antonio Amador Cerda VERIF. Dr. Luis Manuel Palacios Pineda APROB. FABR. CALID.				Instituto Tecnológico de Pachuca  Tapa de soporte móvil	
Fundición gris			C-7	A4	
0.26 kg			ESCALA: 1:1	HOJA 1 DE 1	

**C-8 Probeta del dilatómetro.**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE				Instituto Tecnológico de Pachuca	
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		Probeta del dilatómetro  <b>C-8</b>		
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.					
CALID.	Aleación de aluminio 1060		A4		
			0.08 kg	ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1

**C-9 Ruedas del soporte móvil.**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				<b>Instituto Tecnológico de Pachuca</b>	
<b>Ruedas del soporte móvil</b>					
NOMBRE		Acero AISI 1021		<b>C-9</b>	A4
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda				
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.					
CALID.					
			0.028 kg	ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1

**C-10 Despiece del dilatómetro.**

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA			Despiece del dilatómetro	
NOMBRE DIBUJ. José Antonio Amador Cerda VERIF. Dr. Luis Manuel Palacios Pineda APROB. FABR. CALID.			C-10	A4
Varios			ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1

**C-11 Lista de materiales del dilatómetro.**

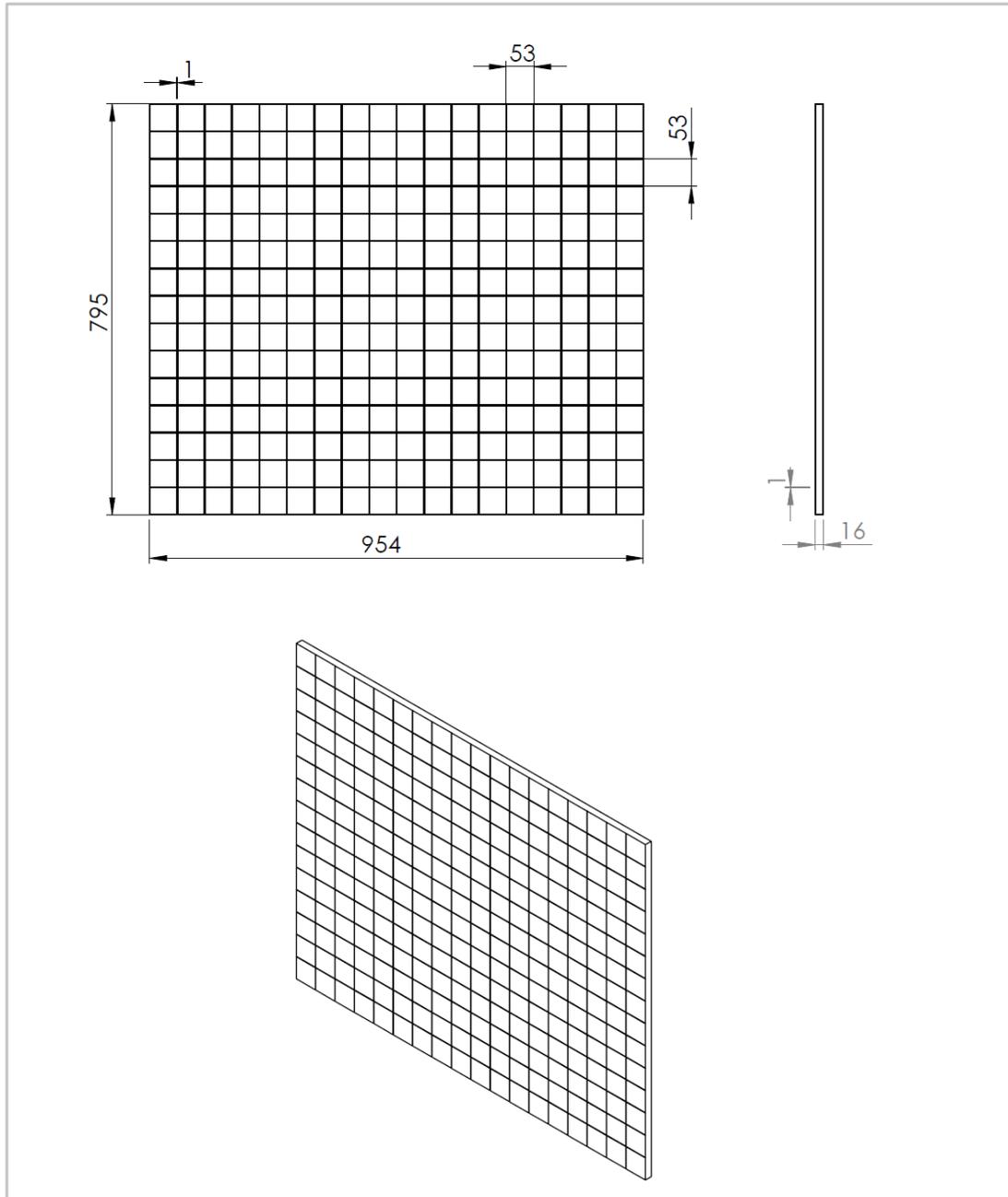
<b>Lista de materiales del dilatómetro</b>			
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		Base principal	1
2		Soporte fijo	1
3		Soporte intermedio	1
4		Ruedas	2
5		Soporte móvil	1
6		BujeSF1	1
7		Probeta de aluminio_1	1
8		Bobina de inducción	1
9		Terminal de la bobina	2
10		Indicador de carátula	1
11		BujeSI2	1
12		Instalación eléctrica	1
13		Inst.eléct.2	1
14		Interruptor	1
15		Tapa del int.	1
16		Protección	2
17		B18.3.1M - 10 x 1.5 x 100 Hex SHCS -- 100SHX	2
18		B18.3.1M - 10 x 1.5 x 50 Hex SHCS -- 50SHX	2
19		B18.3.1M - 10 x 1.5 x 55 Hex SHCS -- 32SHX	2
20		B18.3.1M - 10 x 1.5 x 55 Hex SHCS -- 32SHX	2
21		Tapa de soporte móvil	1
22		B18.3.1M - 6 x 1 x 25 Hex SHCS -- 25SHX	2
23		Soporte del indicador	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA			INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA	
NOMBRE: José Antonio Amador Cerda			<b>Lista de materiales</b>	
VERIF.: Dr. Luis Manuel Palacios Pineda			<b>C-11</b>	
FABR.:			A4	
CALID.:			ESCALA:1:1	
Varios			HOJA 1 DE 1	

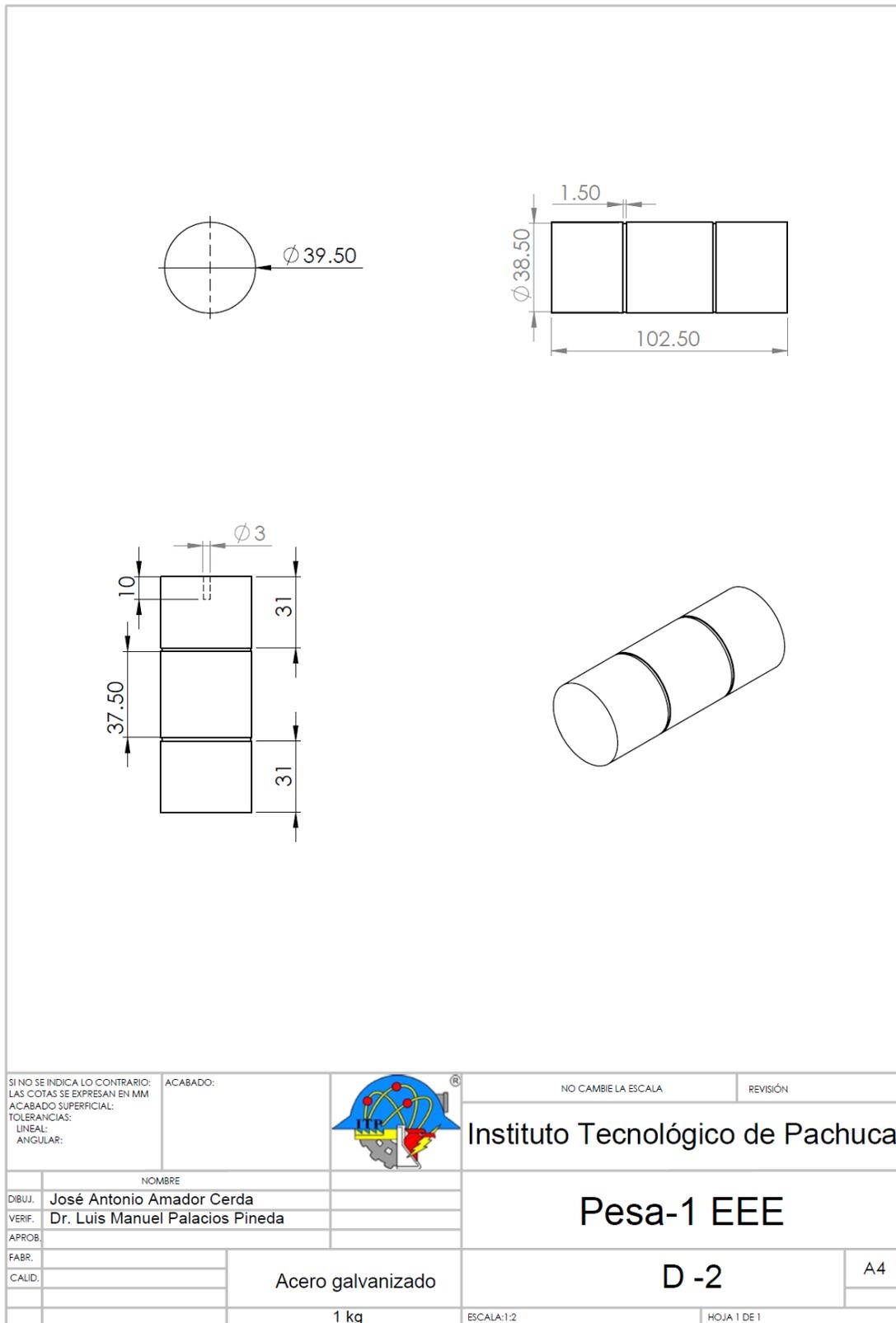
**Anexo D: Dibujos de detalle del Equipo de Ensayo de Estática.**

**D-1 Tablero del equipo de ensayo de estática.**

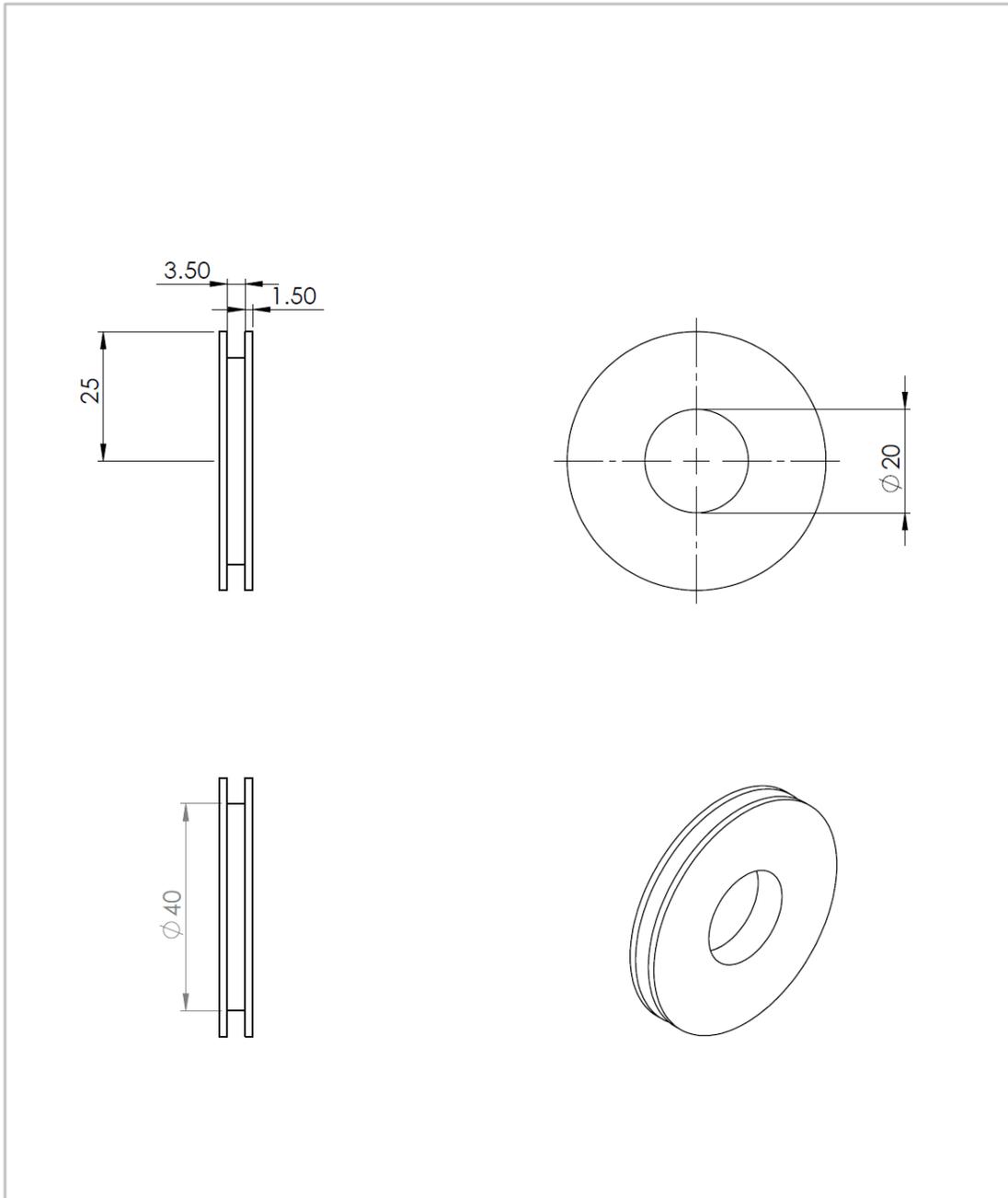


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE				Instituto Tecnológico de Pachuca	
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		Tablero del EEE		
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.			D - 1		
FABR.					
CALID.	Madera		A4		
		4.12 kg			
			ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1	

**D-2 Pesa para ensayo de estática.**

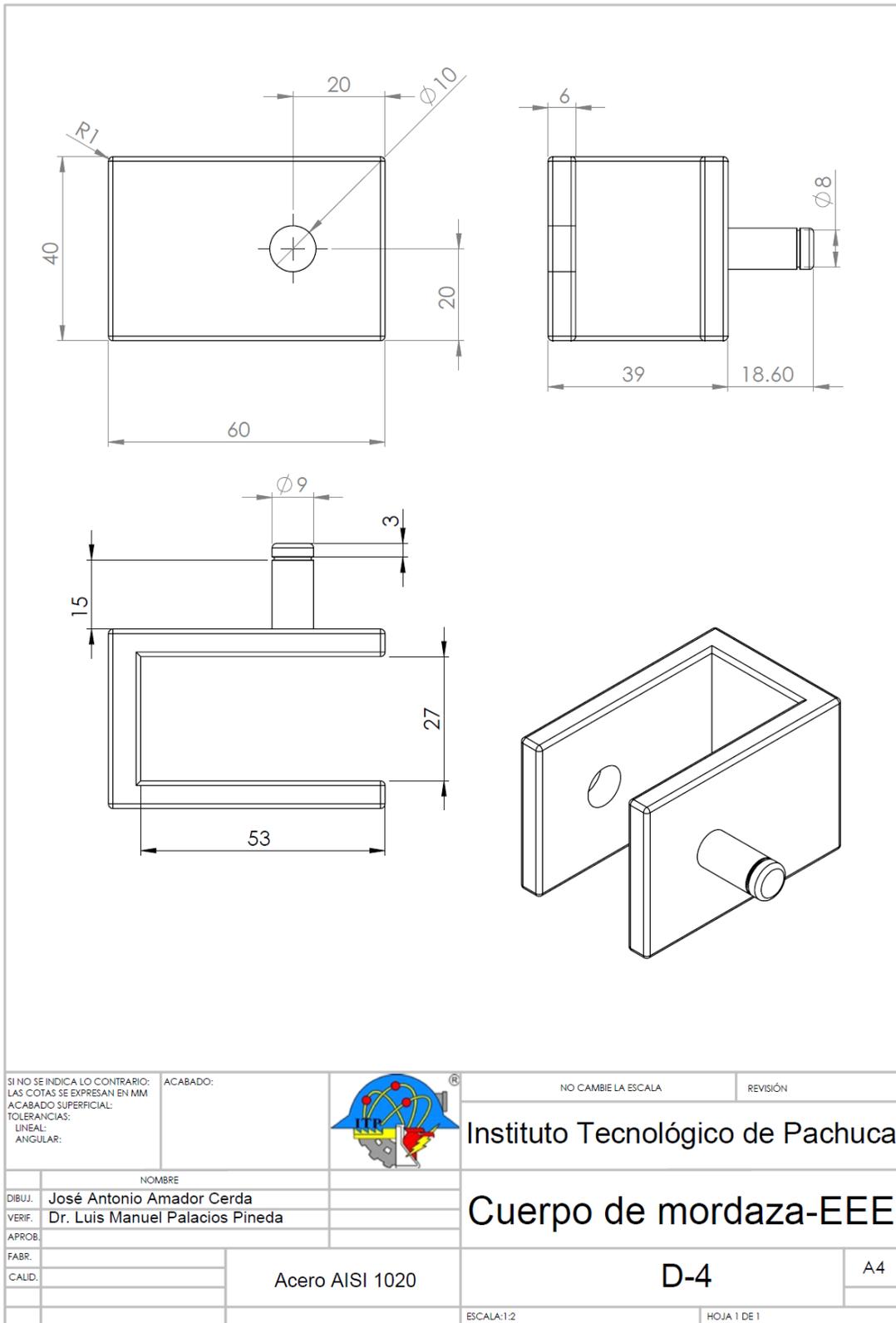


D-3 Polea.

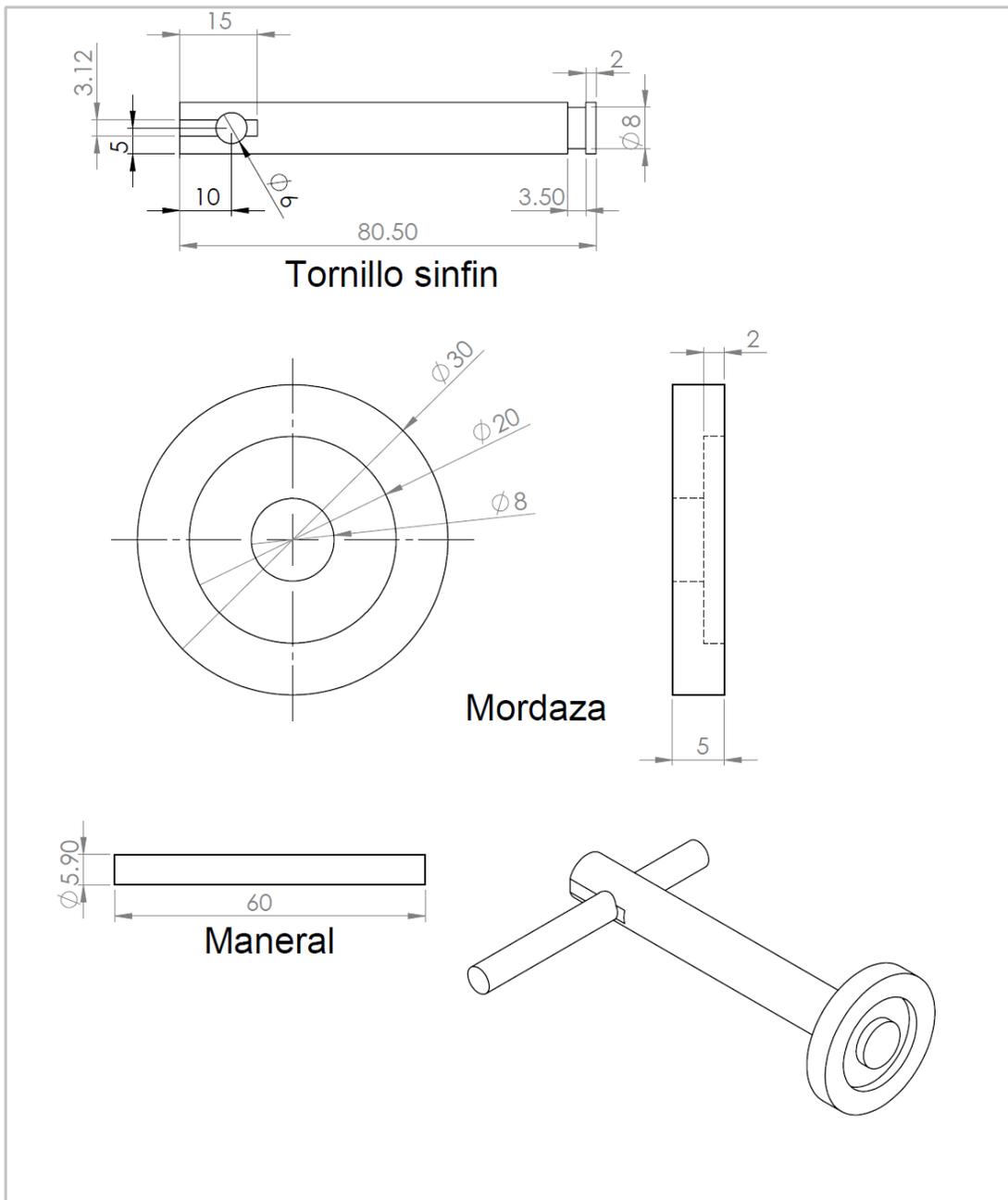


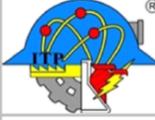
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA				INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA	
NOMBRE					
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda			<b>Polea-EEE</b>	
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.				<b>D -3</b>	A4
CALID.	Acero AISI 1020				
	0.07 kg			ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1

**D-4** Cuerpo de la mordaza.

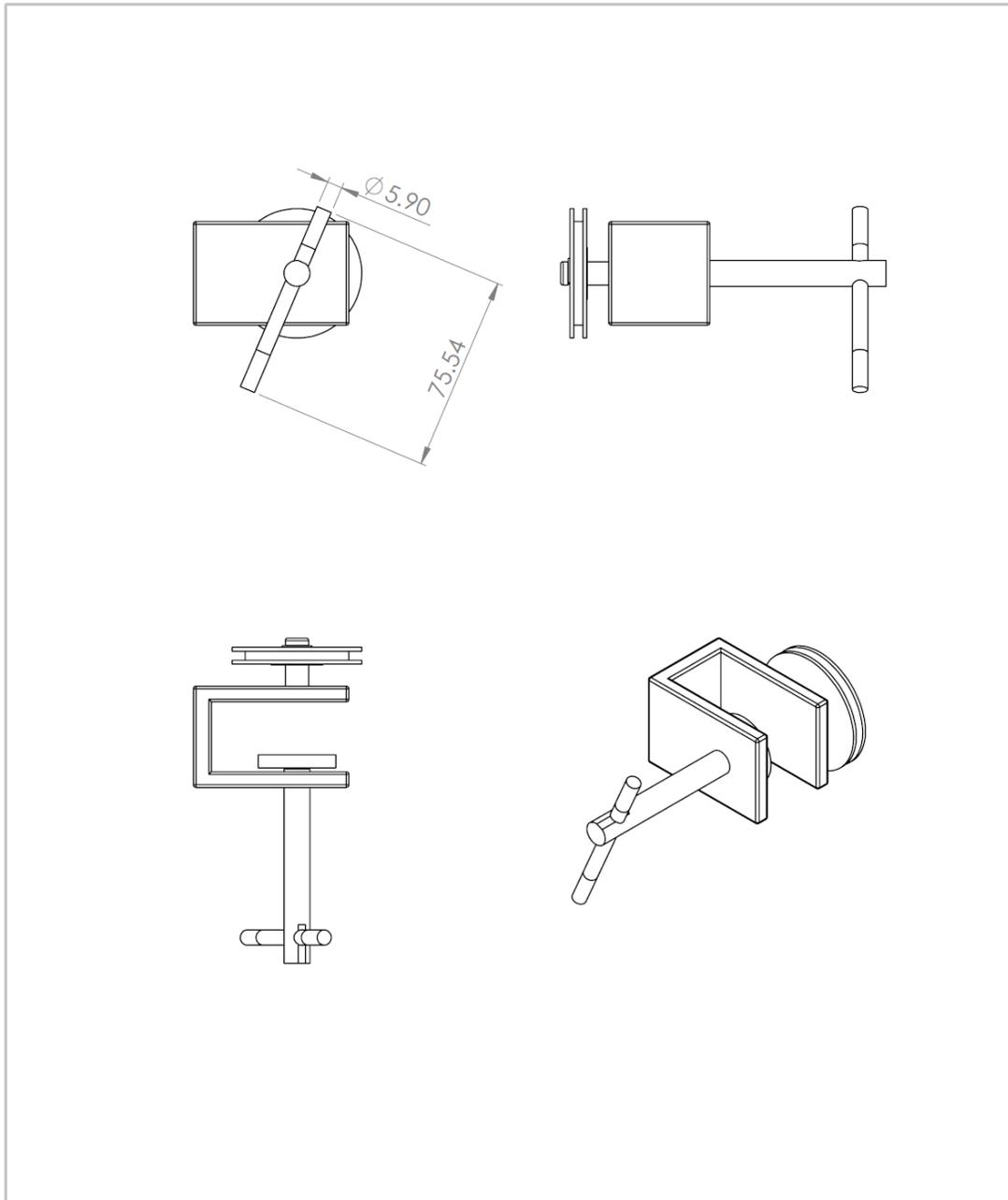


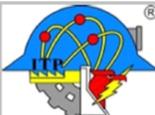
**D-5 Ensamble sinfín-mordaza-maneral.**



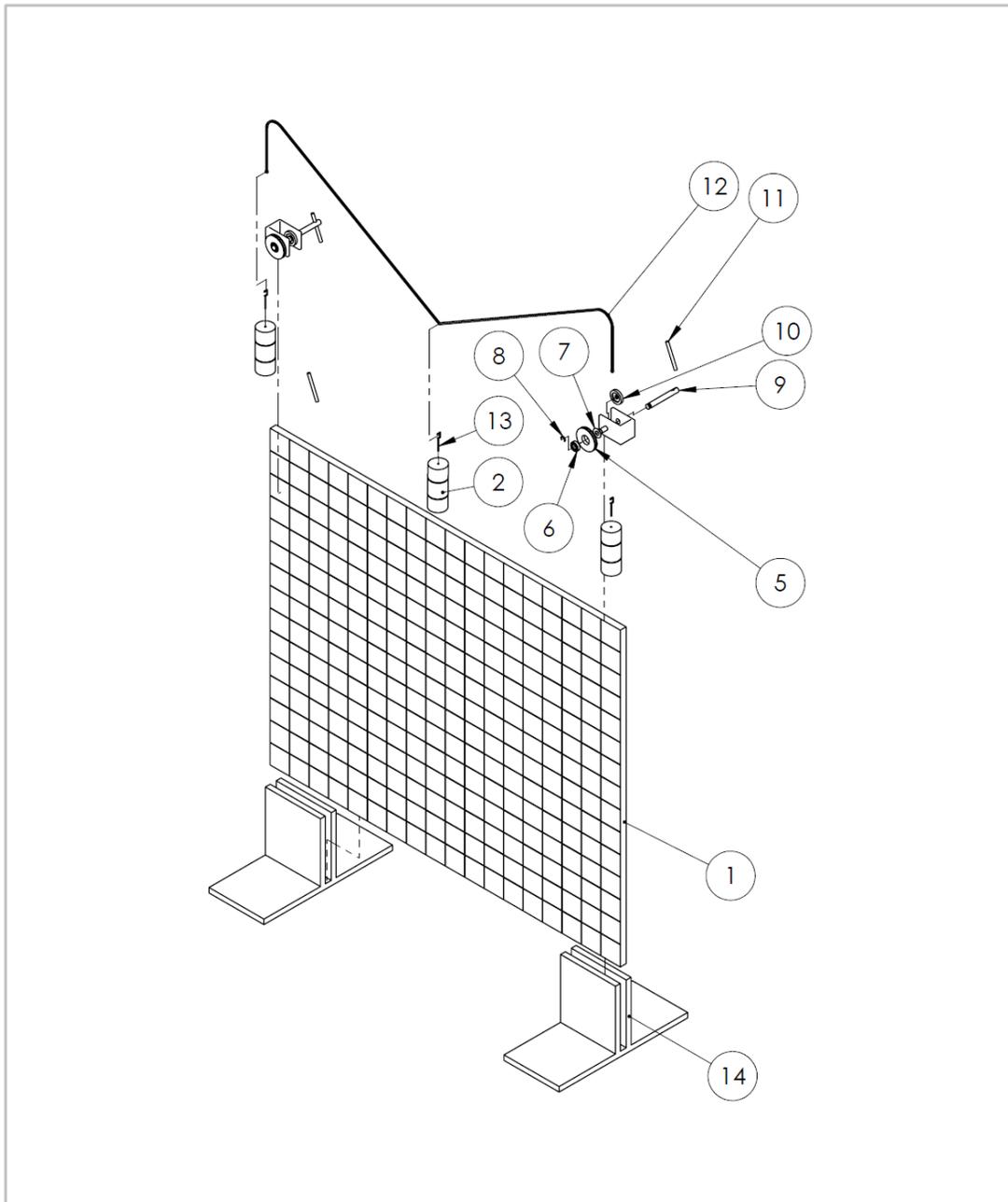
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA CONJUNTO SINFIN-MORDAZA-MANERAL					
NOMBRE					
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda				
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.					
CALID.	Acero AISI 1020		D-5		A4
ESCALA:1:1				HOJA 1 DE 1	

**D-6 Conjunto polea.**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:			NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE			Instituto Tecnológico de Pachuca			
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		Conjunto polea-EEE			
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda					
APROB.						
FABR.						
CALID.	Acero AISI 1020		D-6		A4	
			ESCALA: 1:2		HOJA 1 DE 1	

**D-7 Despiece del Equipo de Ensayo de Estática.**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA				INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA	
NOMBRE					
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		Despiece-EEE		
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.					
CALID.	Acero AISI 1020		D-7		A4
				ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1

**D-8 Lista de materiales.**

**Lista de materiales del equipo de ensayo de estática**

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		Tablero de Estática	1
2		Pesa 1.0Kg	1
3		Pesa 0.75Kg	2
4		Conjunto polea_EE_1.SLDPRT	2
5		Cable_EE	1
6		Gancho_2	3
7		Base del tablero	2

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:  
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM  
ACABADO SUPERFICIAL:  
TOLERANCIAS:  
LINEAL:  
ANGULAR:

ACABADO:



NO CAMBIE LA ESCALA

REVISIÓN

Instituto Tecnológico de Pachuca

**Lista de materiales-EEE**

NOMBRE	
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda
APROB.	
FABR.	
CALID.	

**D-8**

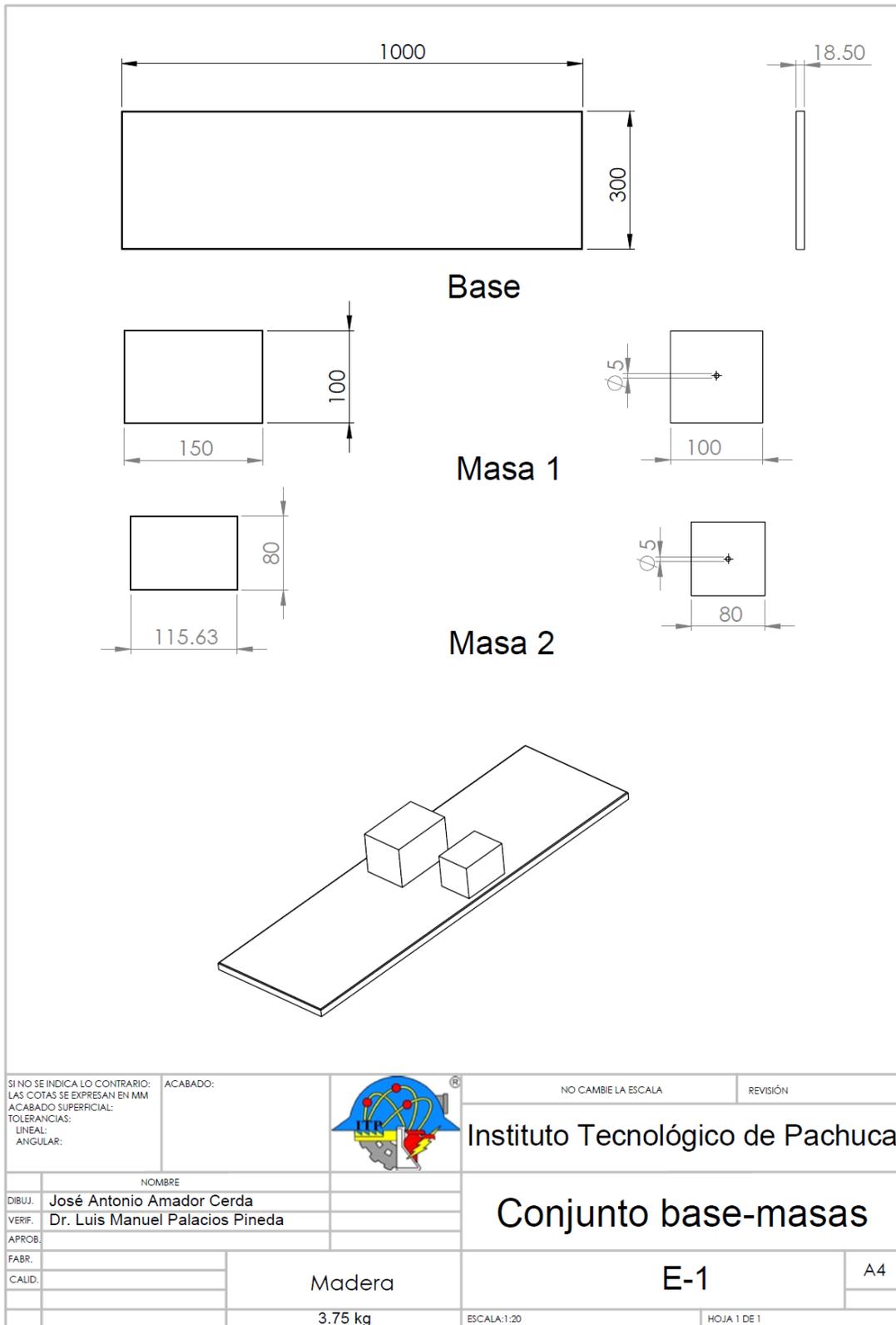
A4

ESCALA:1:20

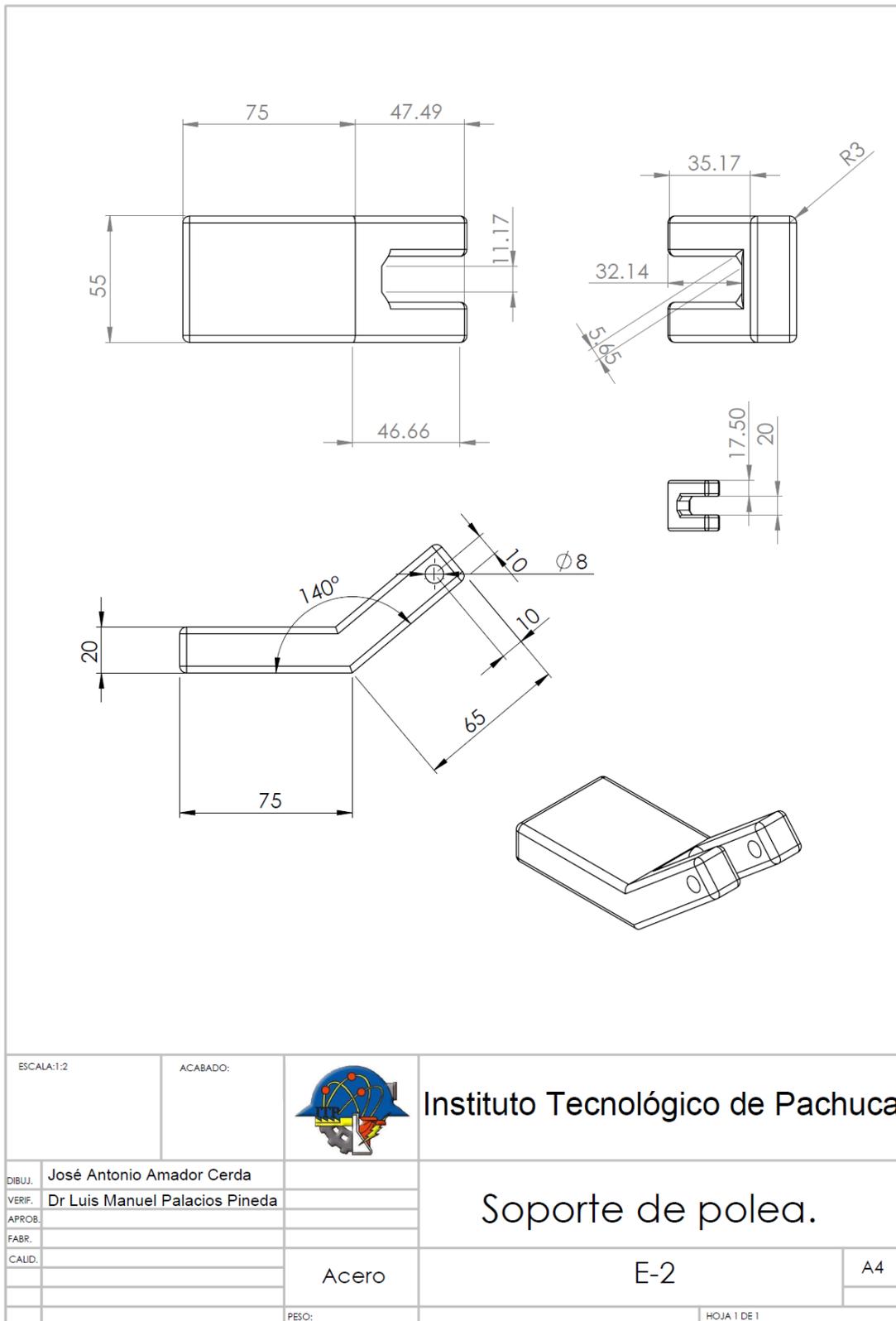
HOJA 1 DE 1

**Anexo E Dispositivo para observar la Segunda Ley de Newton.**

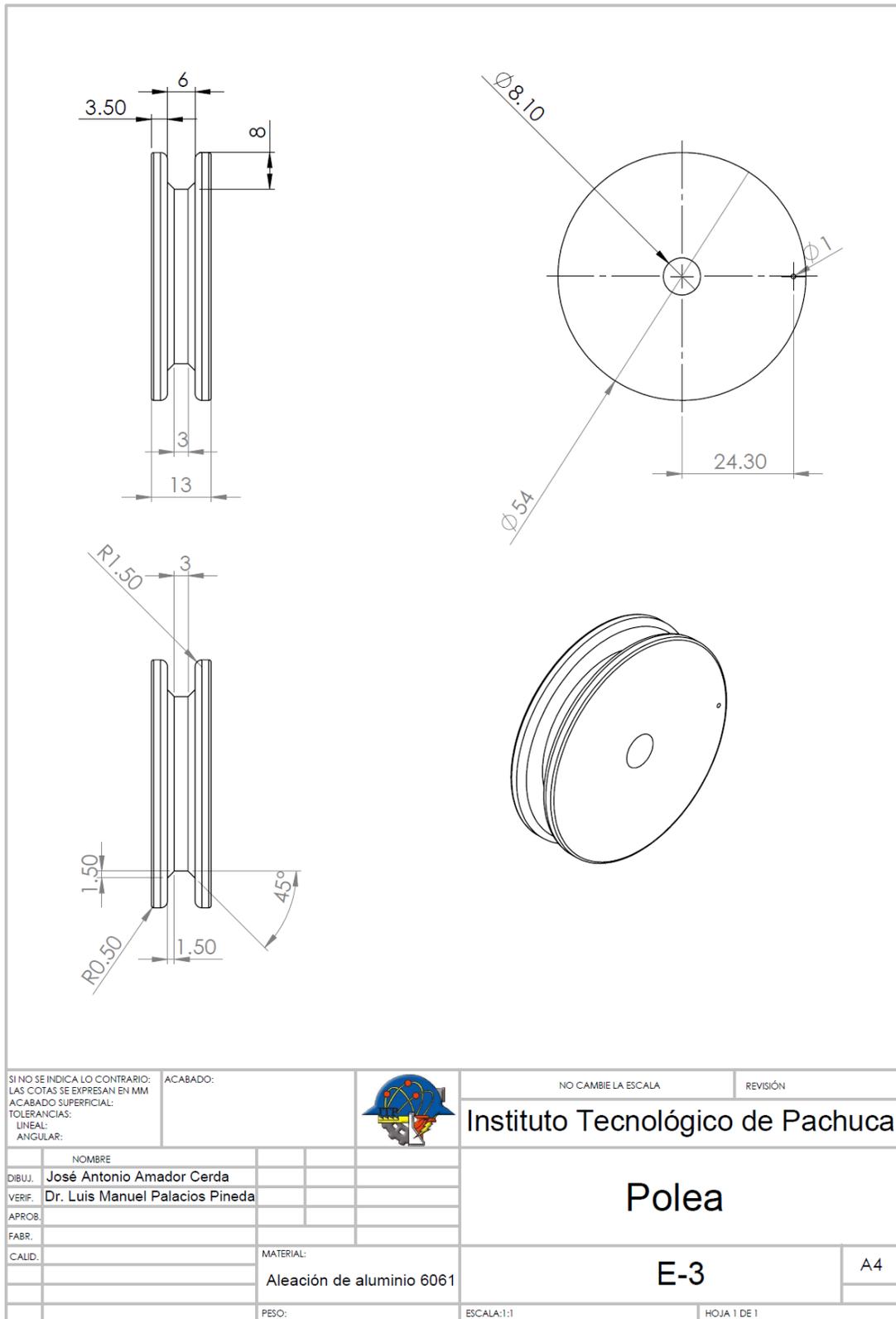
**E-1 Conjunto base-masas.**



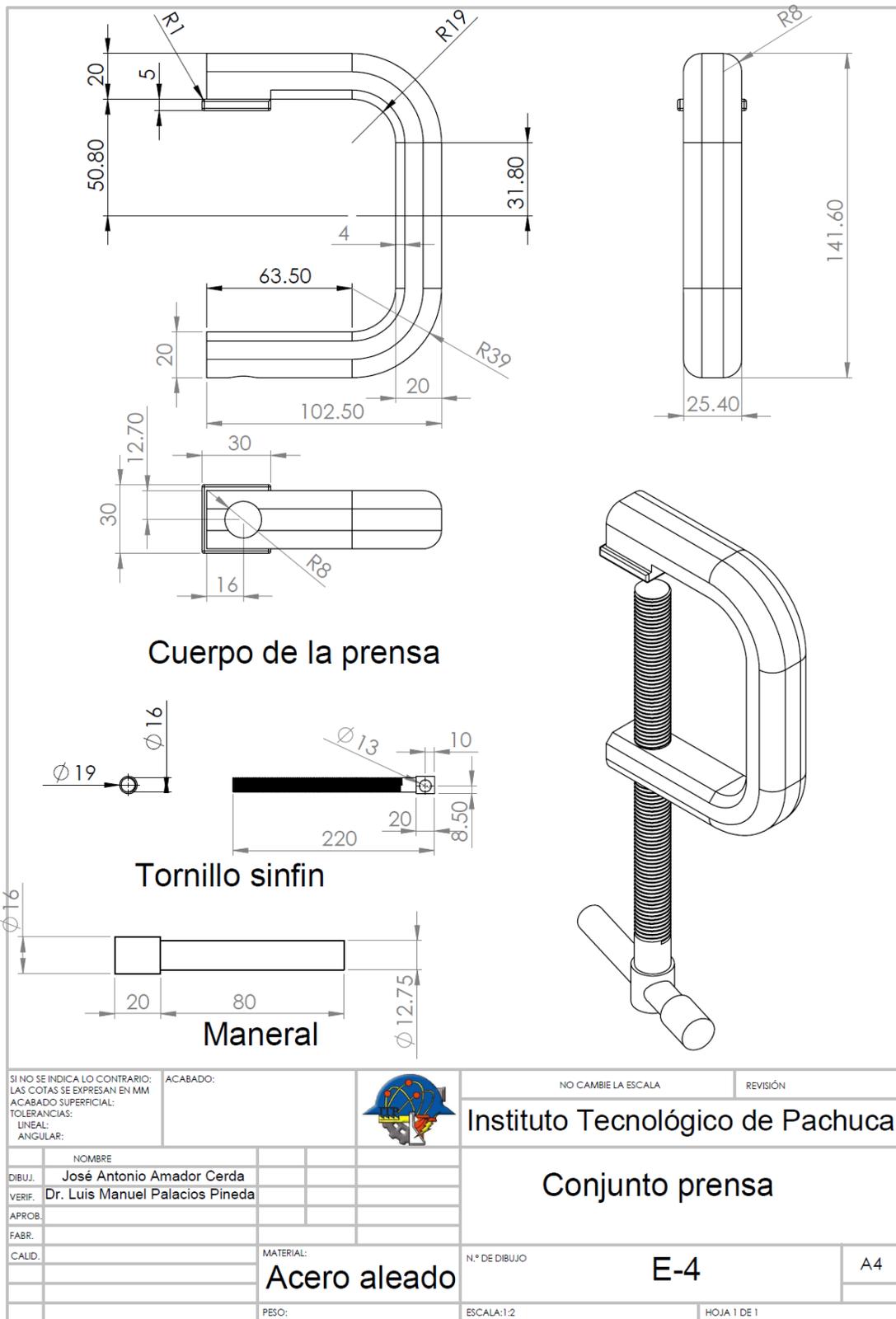
**E-2 Soporte de polea.**



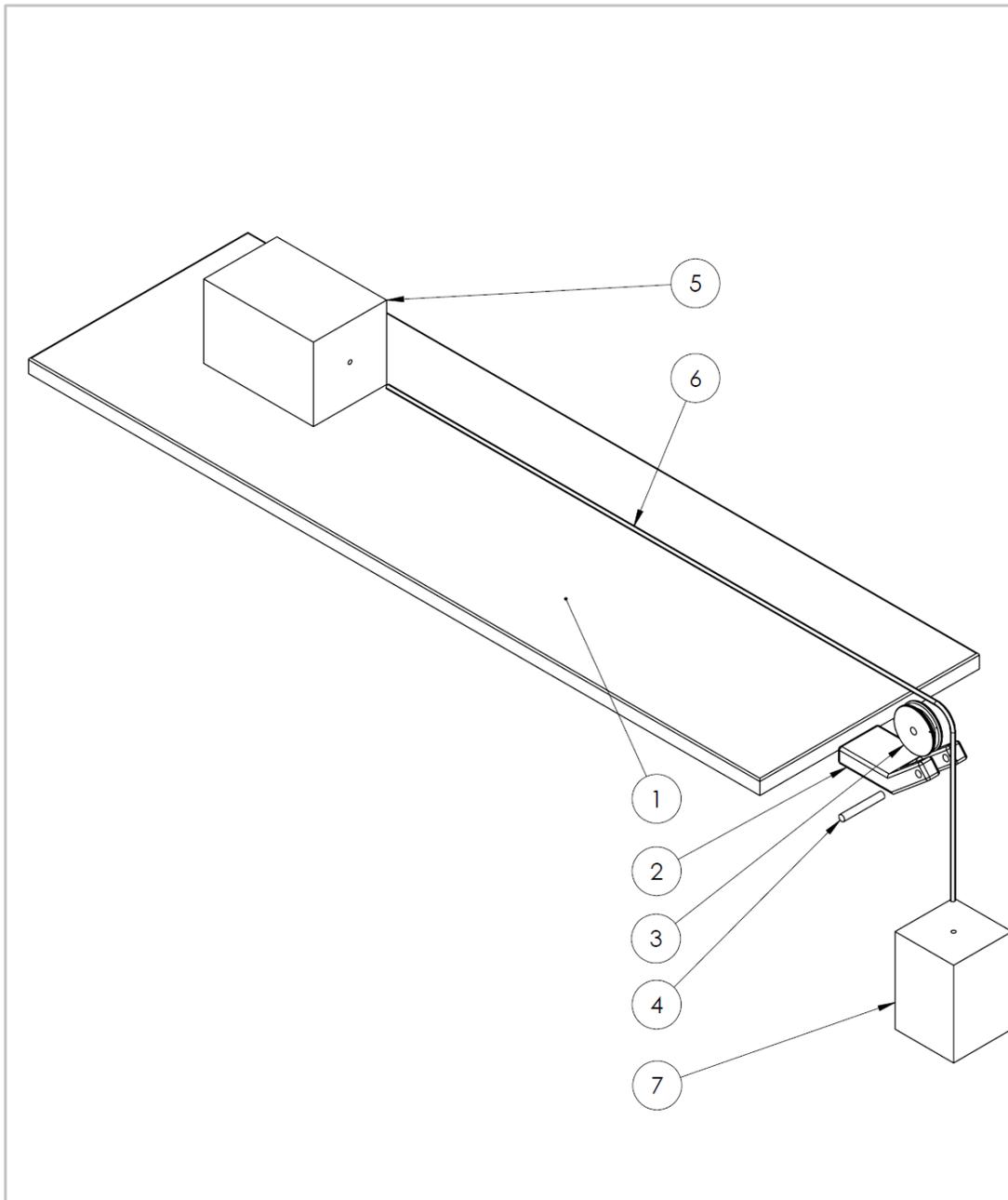
**E-3 Polea.**



**E-4 Prensa.**



**E-5 Despiece aparato para observar Segunda Ley de Newton.**

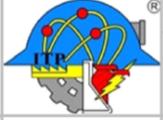


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA				INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA	
NOMBRE					
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		Despiece de dispositivo SLN		
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.			Varios		E-5
CALID.					A4
			ESCALA:1:1	HOJA 1 DE 1	

**E-6 Lista de materiales.**

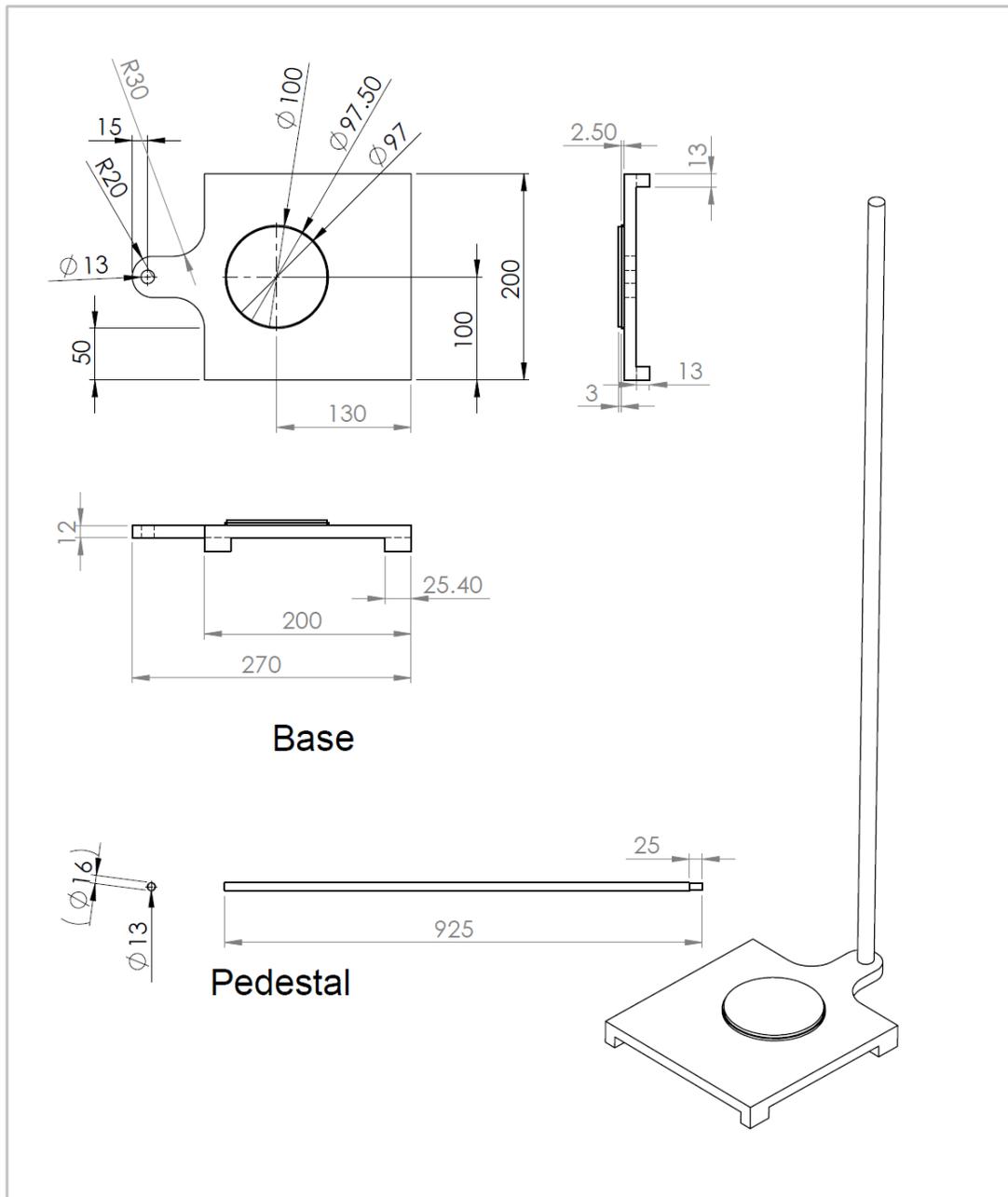
**Lista de materiales del dispositivo para observar la Segunda Ley de Newton.**

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		Base-2LN	1
2		Soporte de polea-2LN	1
3		Polea-2LN	1
4		Eje de polea-2LN	1
5		Masa_1	1
6		Eslabón_a	1
7		Masa-2	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA				INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA	
NOMBRE					
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		Lista de materiales		
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.					
CALID.			Varios		E-6
			ESCALA:1:20		HOJA 1 DE 1
					A4

**Anexo F Dibujo de detalle del dispositivo para el estudio del movimiento  
en caída libre.**

**F-1 Ensamble base-pedestal.**

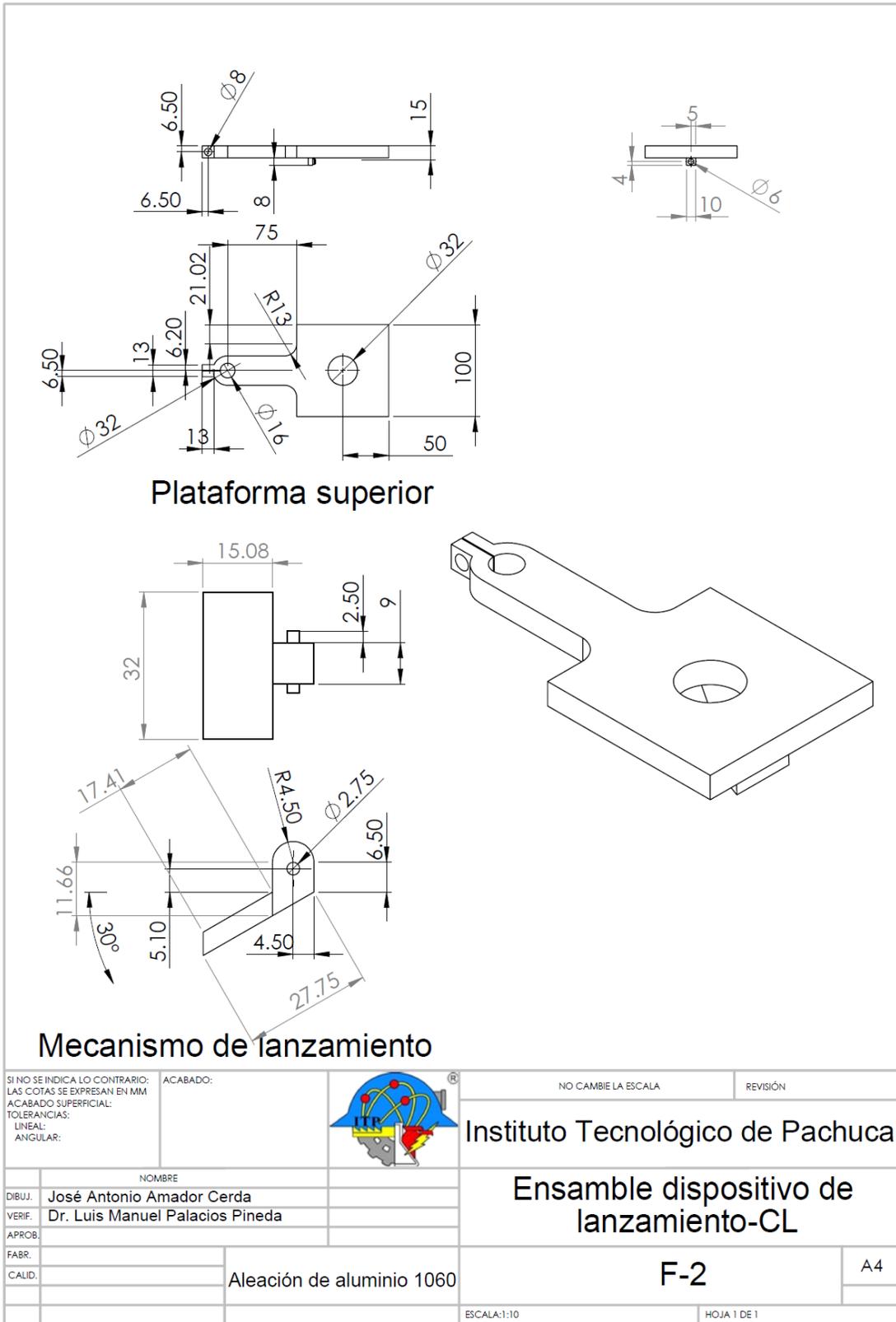


**Base**

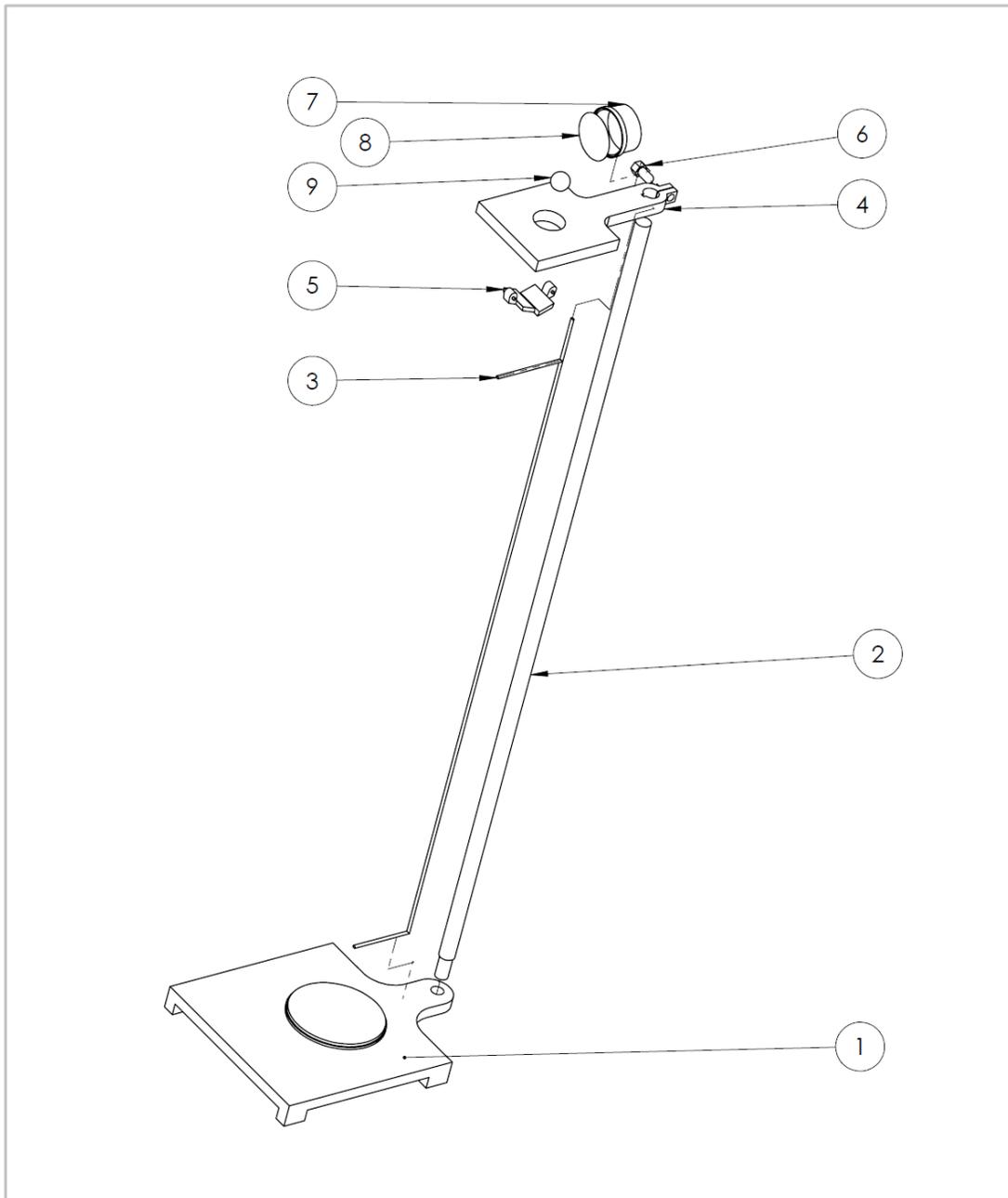
**Pedestal**

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
			<b>Instituto Tecnológico de Pachuca</b>	
<b>Ensamble base-pedestal</b>				
NOMBRE		Varios		
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda			
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda			
APROB.	Varios			
FABR.	Varios			
CALID.	Varios			
1.6 kg		ESCALA: 1:5		HOJA 1 DE 1

**F-2 Ensamble dispositivo de lanzamiento.**



**F-3 Despiece de dispositivo para estudio del movimiento en caída libre.**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:			NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE			Instituto Tecnológico de Pachuca			
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		Lista de materiales dispositivo de movimiento-Caída Libre			
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda					
APROB.			Varios		F-4	A4
FABR.						
CALID.						
			ESCALA:1:20		HOJA 1 DE 1	

**F-4 Lista de materiales dispositivo estudio movimiento en caída libre.**

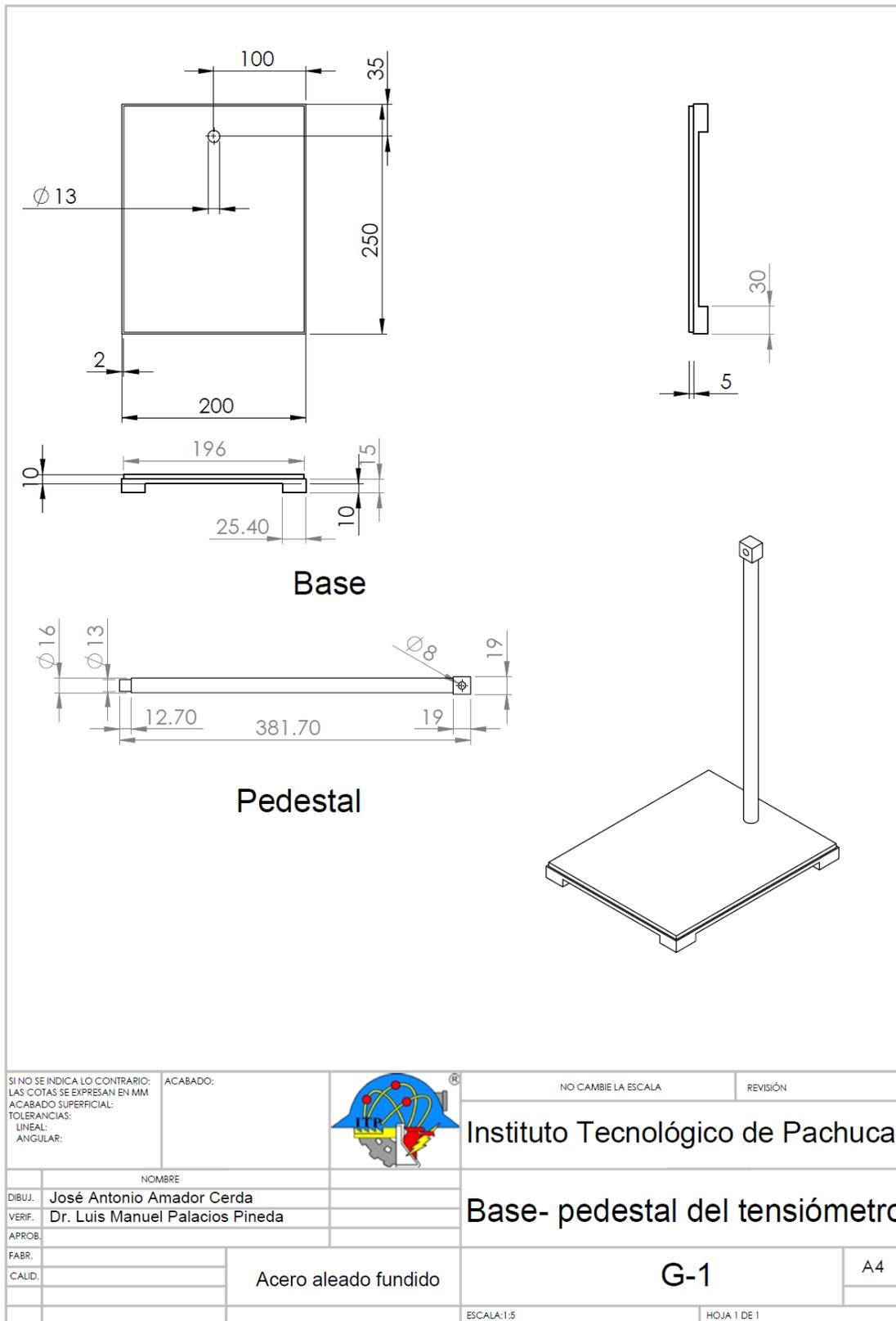
Tabla de Lista de materiales			
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		Base-dispositivo_CL	1
2		Pedestal_CL	1
3		Conductor eléctrico	1
4		Plataforma superior_CL	1
5		Mecanismo de lanzamiento	2
6		Tornillo	1
7		Cronómetro_CL	1
8		Carátula_CL	1
9		Bala de acero inox.	1

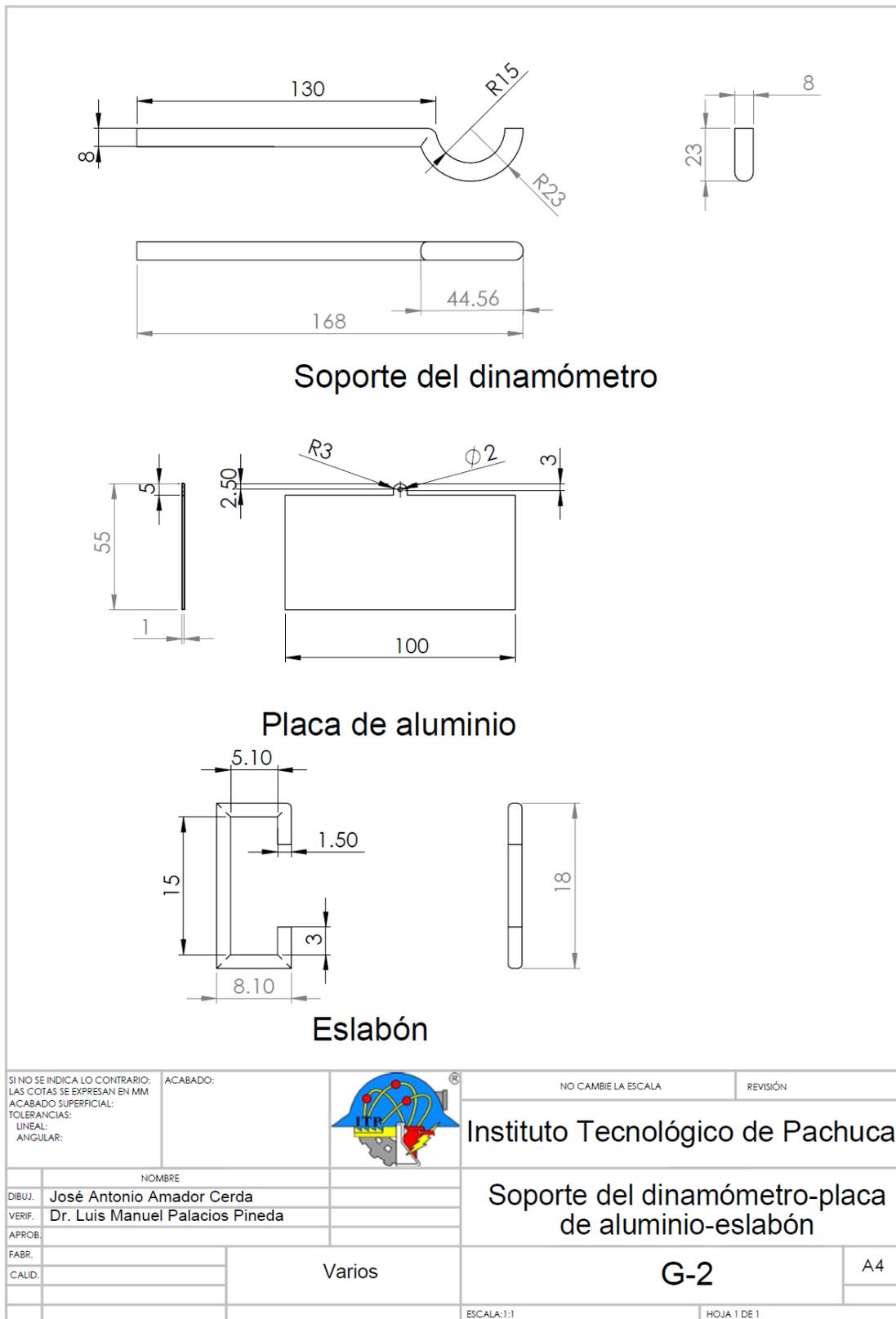
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA			INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA	
NOMBRE			Lista de materiales dispositivo de movimiento-Caída Libre	
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda			
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda			
APROB.				
FABR.				
CALID.	Varios		F-4	A4
			ESCALA:1:20	HOJA 1 DE 1

**Anexo G Dibujo de detalle del dispositivo para medir la tensión superficial.**

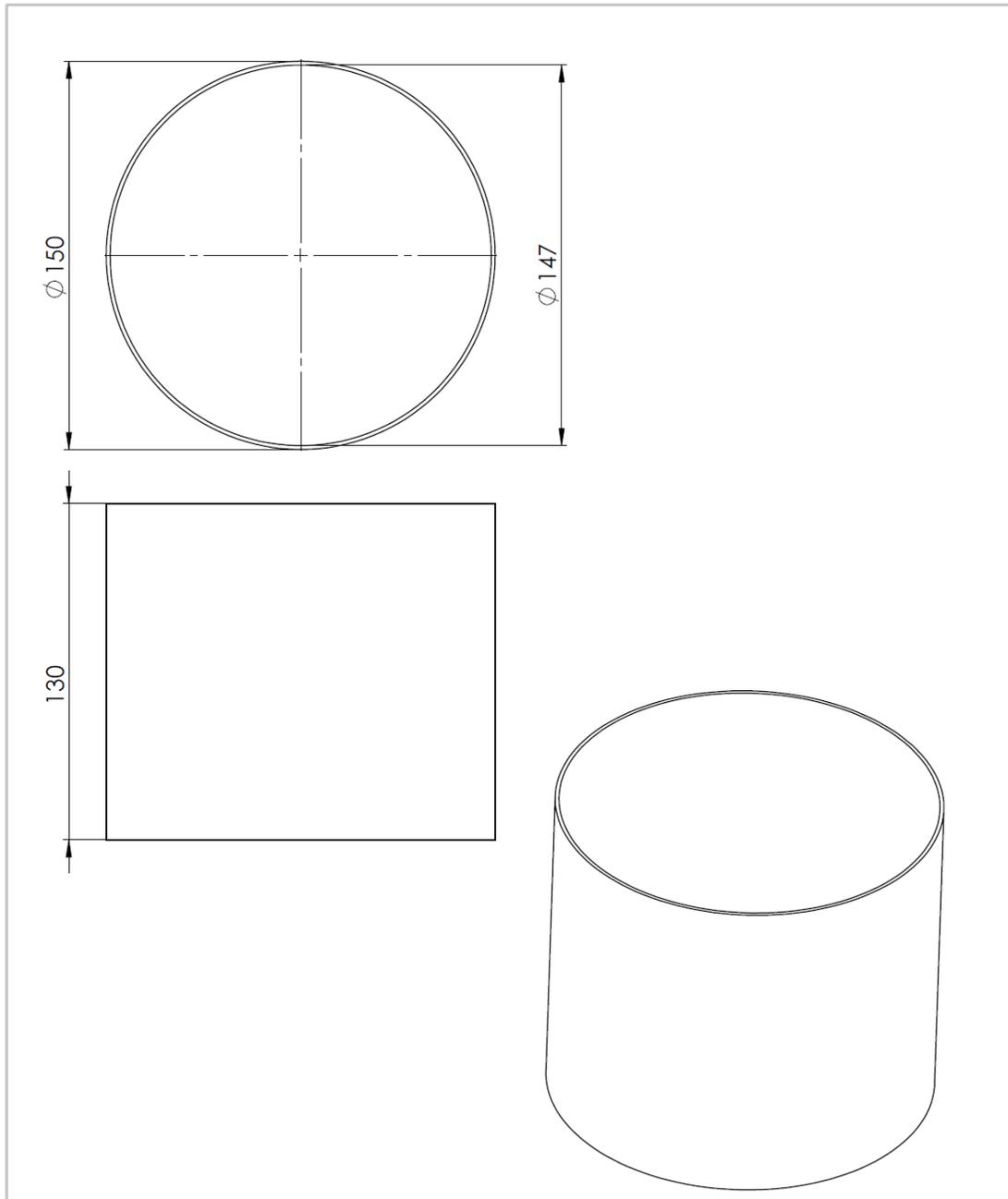
**G-1 Ensamble base-pedestal.**

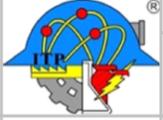


**G-2 Soporte del dinamómetro, placa de aluminio y eslabón.**

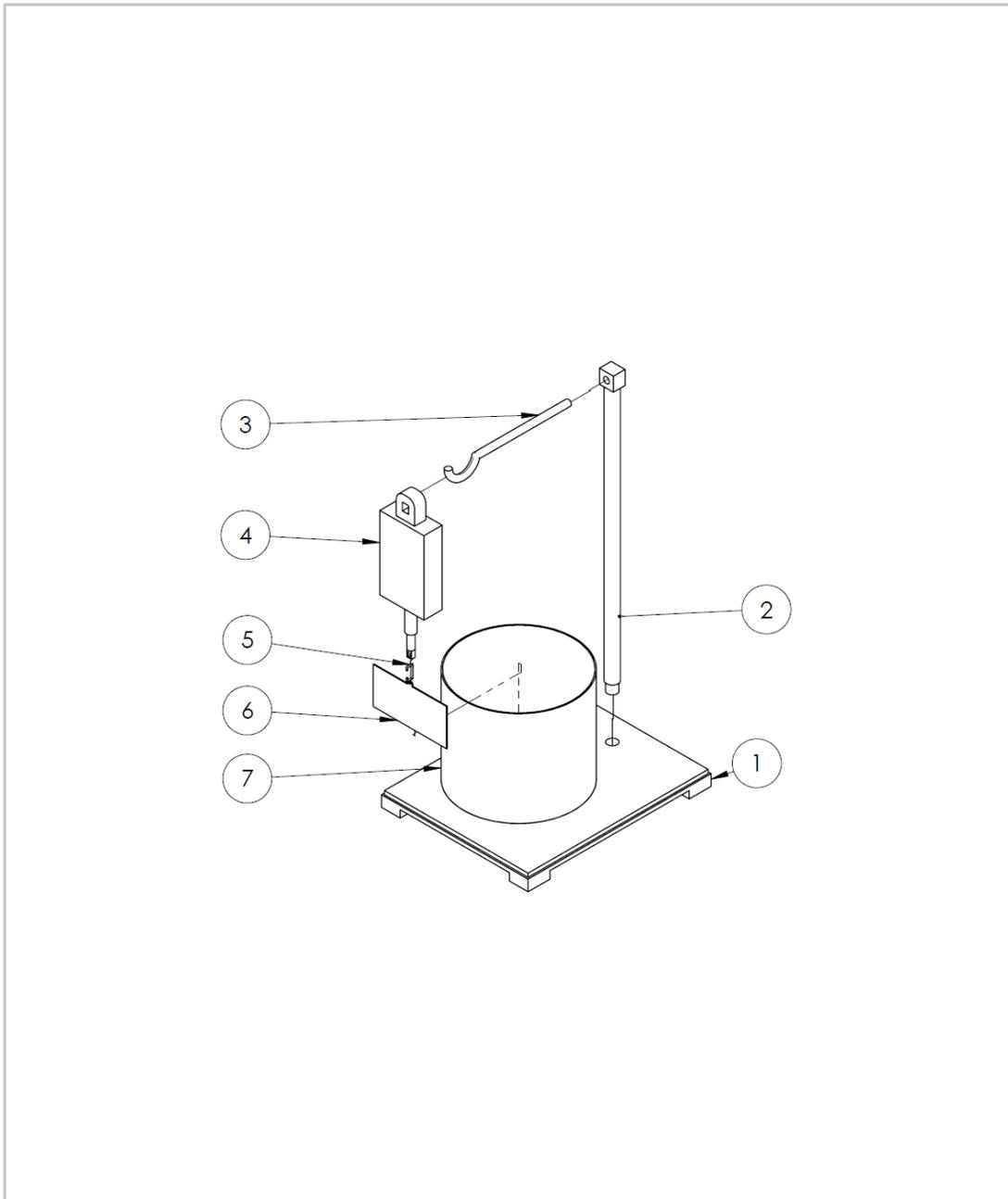


**G-3 Recipiente de vidrio tensiómetro.**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA				INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA	
NOMBRE DIBUJ. José Antonio Amador Cerda VERIF. Dr. Luis Manuel Palacios Pineda APROB. FABR. CALID.			Vidrio	Recipiente de vidrio tensiómetro	
				G-3	A4
			ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1	

**G-4 Despiece del Tensiómetro.**

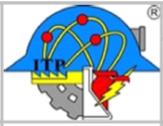


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
				Instituto Tecnológico de Pachuca	
NOMBRE					
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		Despiece del tensiómetro		
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				
APROB.					
FABR.					
CALID.	Varios		G-4		A4
				ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1

**G-5 Lista de materiales del Tensiómetro.**

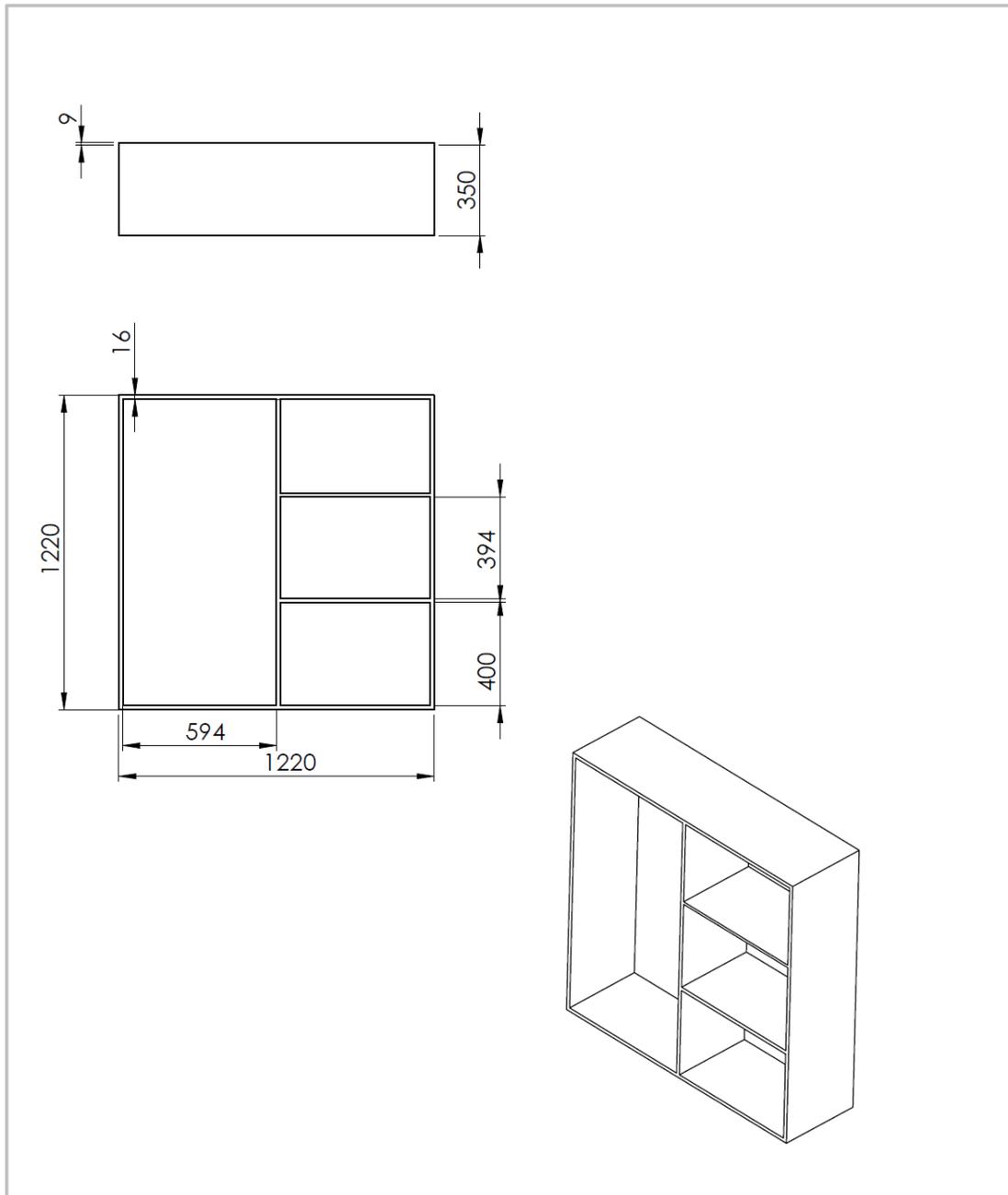
Tabla de lista de materiales del tensiómetro			
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		Base del dispositivo TS	1
2		Pedestal del dispositivo TS	1
3		Soporte del dinamómetro TS	1
4		Dinamómetro	1
5		Eslabón	1
6		Placa de aluminio	1
7		Recipiente_TS	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:	ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA			INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA	
NOMBRE			Lista de materiales del tensiómetro	
DIBUJ.	José Antonio Amador Cerda		<b>G-5</b>	
VERIF.	Dr. Luis Manuel Palacios Pineda			
APROB.				
FABR.				
CALID.	Varios		A4	
			ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1

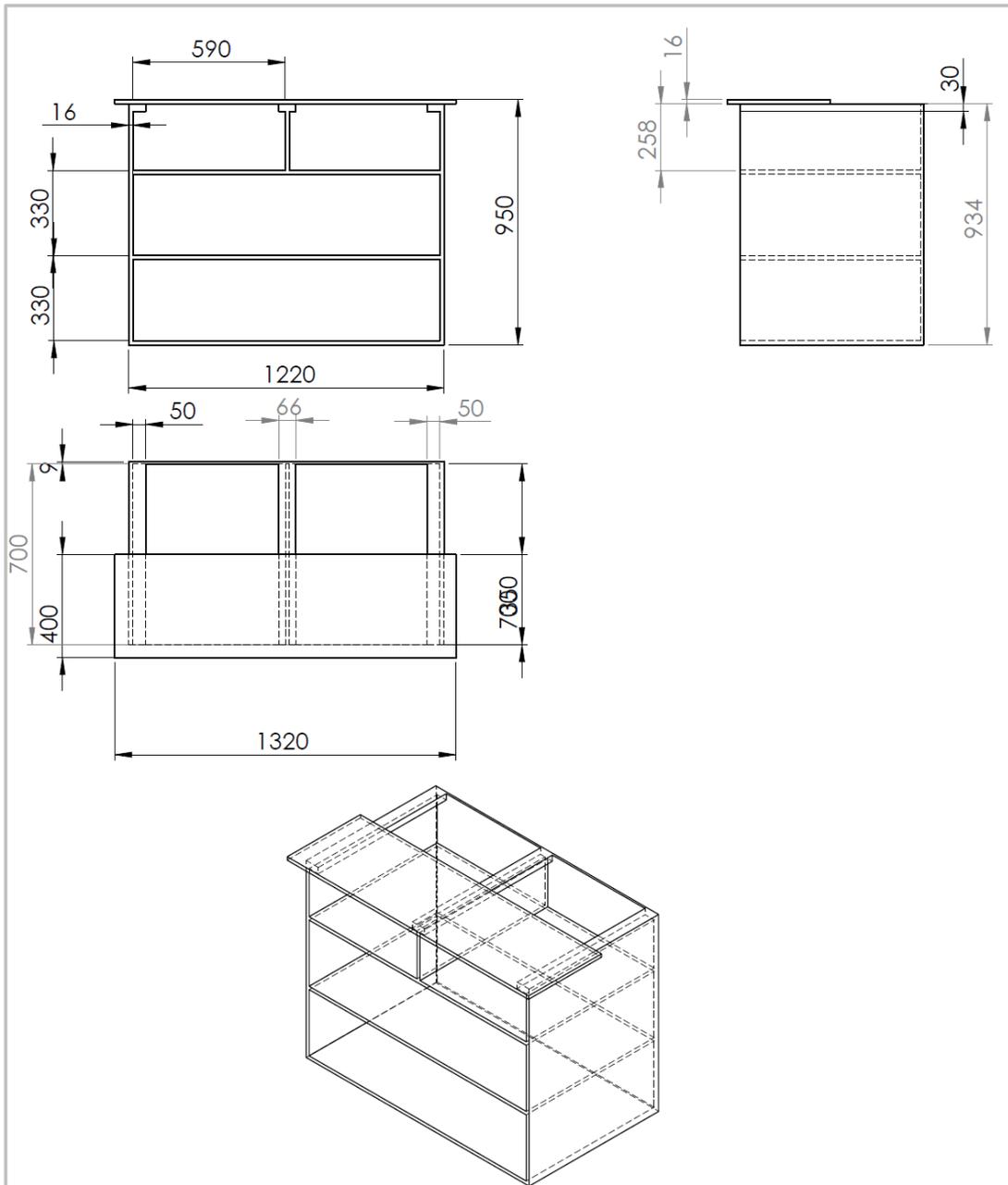
**Anexo H: Dibujos de detalle del banco de pruebas.**

**H-1 Cuerpo superior del banco de pruebas.**



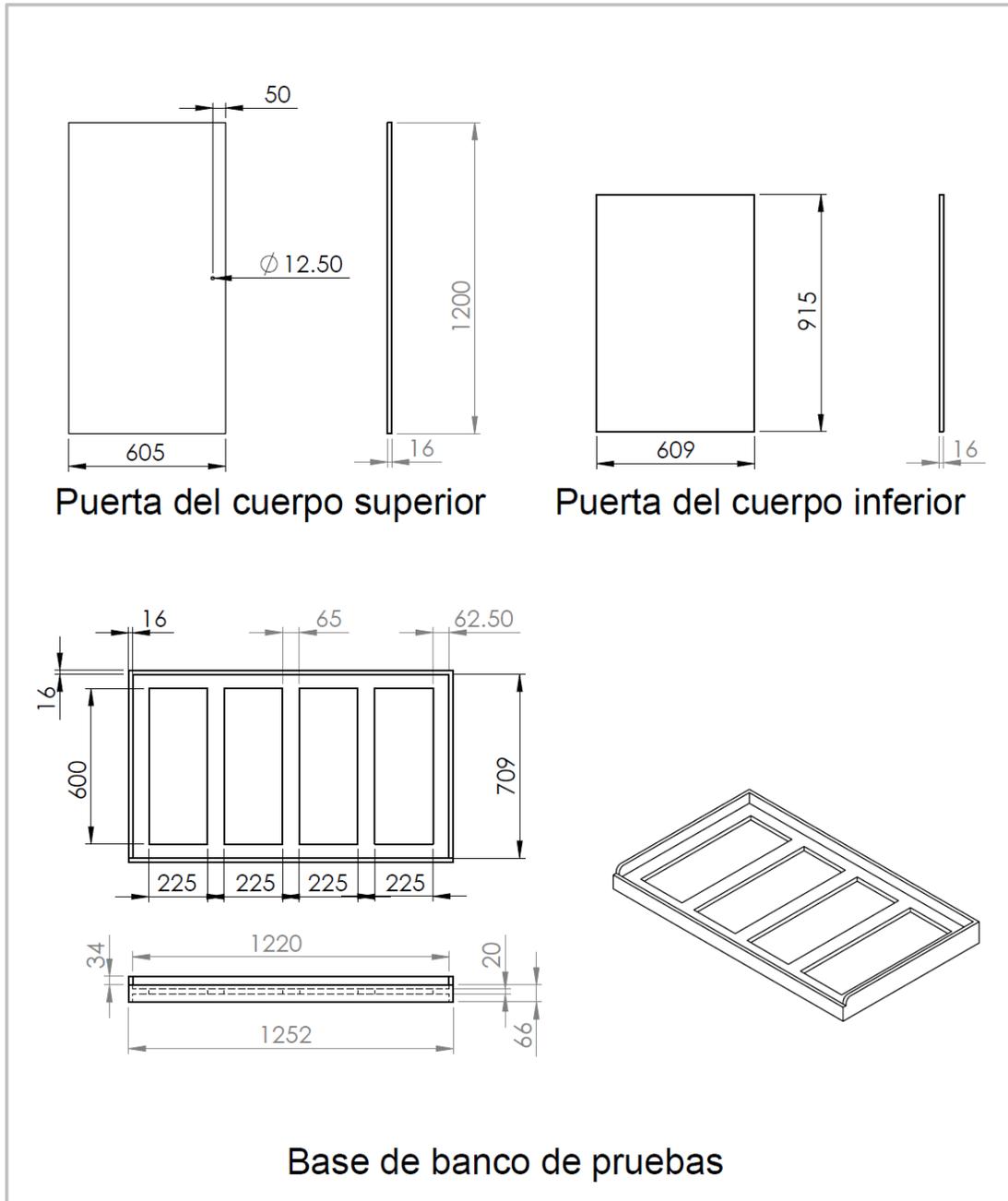
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA CUERPO SUPERIOR DEL BANCO DE PRUEBAS H-1					
NOMBRE Dibujo José Antonio Amador Cerda Aprobó Dr. Luis Manuel Palacios Pineda					
		Madera 9 y 16 mm		H-1	A4
	PESO:		ESCALA:1:20	HOJA 1 DE 1	

**H-2 Cuerpo inferior del banco de pruebas.**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA				Cuerpo inferior del banco de pruebas	
NOMBRE Dibujó José Antonio Amador Cerda Aprobó Dr. Luis Manuel Palacios Pineda		Madera 9 y 16 mm		H-2	
PESO:		ESCALA: 1:20		HOJA 1 DE 1	

**H-3 Puertas y base del banco de pruebas.**



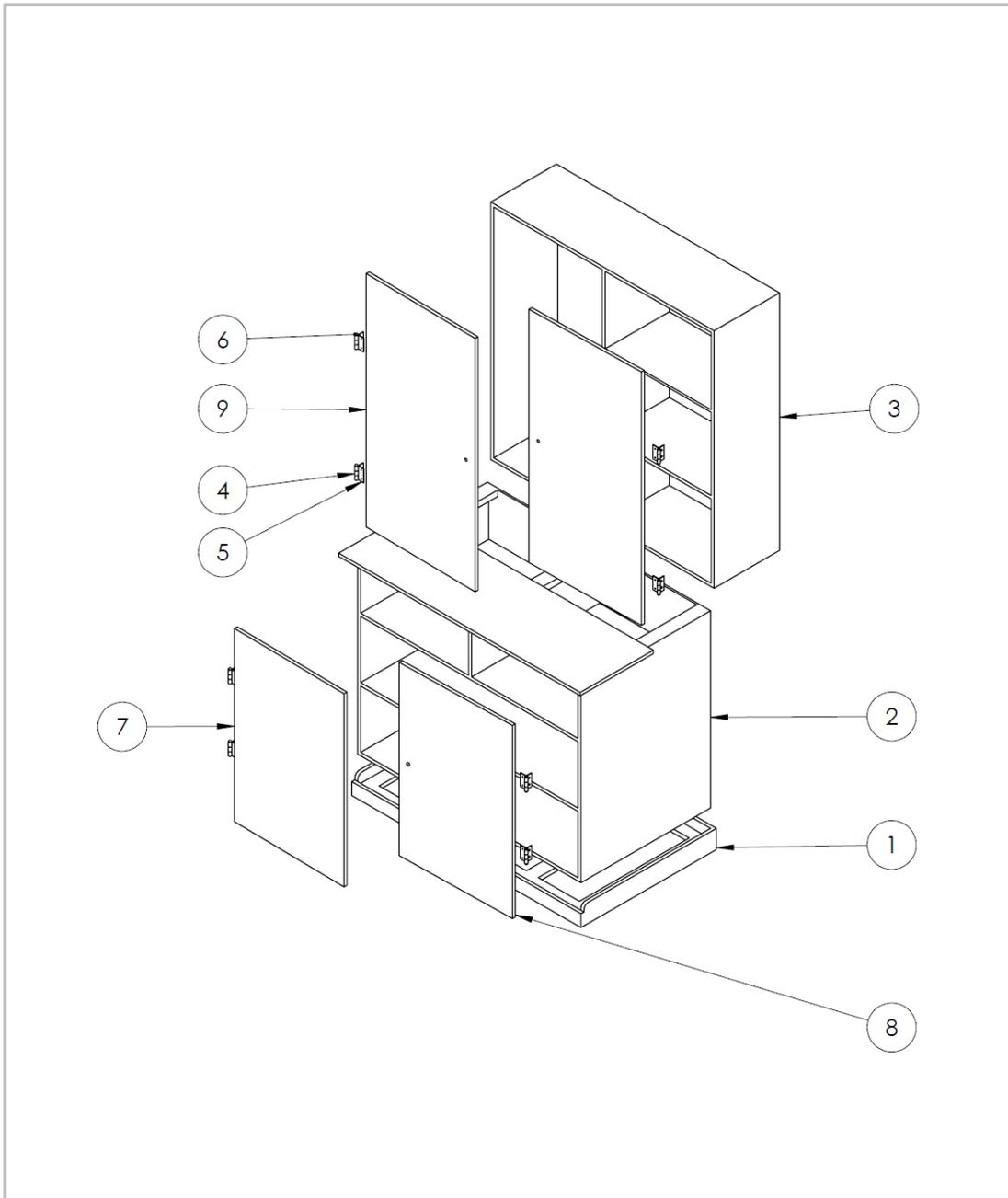
Puerta del cuerpo superior

Puerta del cuerpo inferior

Base de banco de pruebas

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
Dibujo: José Antonio Amador Cerda Aprobó: Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				Instituto Tecnológico de Pachuca.  <b>Puertas y base del banco de pruebas</b>	
		Madera 16 mm	H-3		A4
PESO:			ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1	

**H-4 Despiece del banco de pruebas.**



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
Instituto Tecnológico de Pachuca.				Despiece del banco de pruebas	
NOMBRE Dibujó José Antonio Amador Cerda Aprobó Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				H-4	A4
PESO:		Varios	ESCALA: 1:1		HOJA 1 DE 1

**H-5 Lista de materiales del banco de pruebas.**

Tabla de lista de materiales del banco de pruebas.			
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1		base del banco	1
2		Cuerpo inferior del banco	1
3		Cuerpo superior del banco	1
4		Bisagra-M1	8
5		Bisagra-H1	8
6		Pasador-bisagra	8
7		Puerta inferior-I	1
8		Puerta inferior	1
9		Puerta superior	2

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
Dibujo: José Antonio Amador Cerda Aprobó: Dr. Luis Manuel Palacios Pineda				Instituto Tecnológico de Pachuca <b>Lista de materiales del banco de pruebas</b>	
			Varios	H-5	A4
PESO:		ESCALA:1:50		HOJA 1 DE 1	

**Anexo I Prácticas de laboratorio.**

**Práctica I-1: Vectores colineales y concurrentes [I.1].****Objetivo:**

Determinar experimentalmente la resultante de un sistema de fuerzas angulares o concurrentes.

**Aspectos teóricos.**

Para definir las magnitudes escalares solo se requiere la cantidad expresada en números y el nombre de la unidad de medida, ejemplos: longitud, masa y volumen. Las magnitudes vectoriales son aquellas en las que para ser definidas, además de la cantidad expresada en números y el nombre de la unidad, necesitan que se señale la dirección y el sentido. Ejemplos: desplazamiento, velocidad, aceleración y fuerza.

Se tiene un sistema de vectores colineales cuando dos o más vectores se encuentran en la misma dirección o línea de acción.

Un vector colineal será positivo si su sentido es hacia la derecha o hacia arriba, y negativo si su sentido es hacia la izquierda o hacia abajo.

Un sistema de vectores es concurrente, cuando la dirección o línea de acción de los vectores se cruza en algún punto, llamado punto de aplicación de los vectores.

La resultante de un sistema de vectores es aquel vector que produce el mismo efecto de los demás vectores del sistema. El vector capaz de equilibrar un sistema de vectores recibe el nombre de equilibrante.

**Hipótesis:**

¿Qué condición se debe cumplir para que un cuerpo este en equilibrio?

Explica si es posible o no, que cualquiera de las fuerzas concurrentes puede considerarse como la equilibrante de las otras fuerzas que forman el sistema.

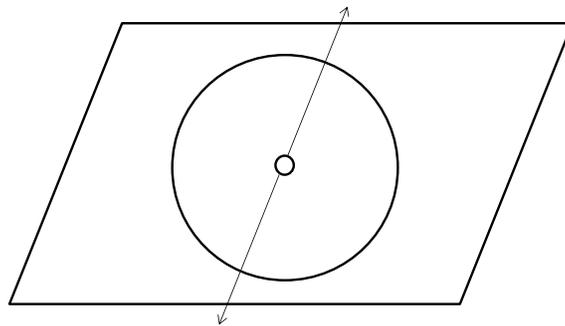
**Material y equipo.**

Tabla I. 1 Materiales y equipo.

Cantidad	Material y equipo.	Observaciones
3	Dinamómetros	
1	Regla graduada	
1	Transportador	
1	Argolla	
3	Trozos de cordón	
1	Tablero de ensayo de estática	

**Experimento 1.**

1.- Coloque la cartulina sobre la mesa de trabajo, dibuja una circunferencia y en su centro coloca la argolla, ver figura I.1.

**Figura I. 1** Croquis del experimento 1

2.- Coloque dos dinamómetros en sentidos opuestos.

3.- Pide a un compañero que sujete uno de los extremos del dinamómetro y tira del otro extremo evitando mover la argolla.

4.- Para cuantificar el valor de las fuerzas, registra las lecturas de los dinamómetros en la tabla I.2.

**Tabla I. 2** Registro de lecturas.

Número de Lectura	Dinamómetro A (N)	Dinamómetro B (N)	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			

5.- Aumenta la fuerza con la que jalas los cordones hasta volver a centrar la argolla. Registra las lecturas de los dinamómetros en la tabla I.2. Repite el proceso tres veces más y registra tus datos en la tabla I.2.

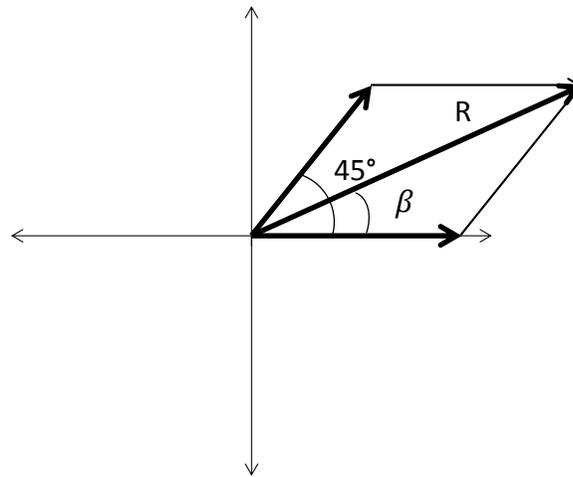
### Cuestionario de experimento 1

1. Representa el sistema realizado con un diagrama vectorial.
2. ¿Qué nombre recibe el sistema de fuerzas que construiste?
3. ¿Cómo lograste que la argolla no se moviera?

### Experimento 2.

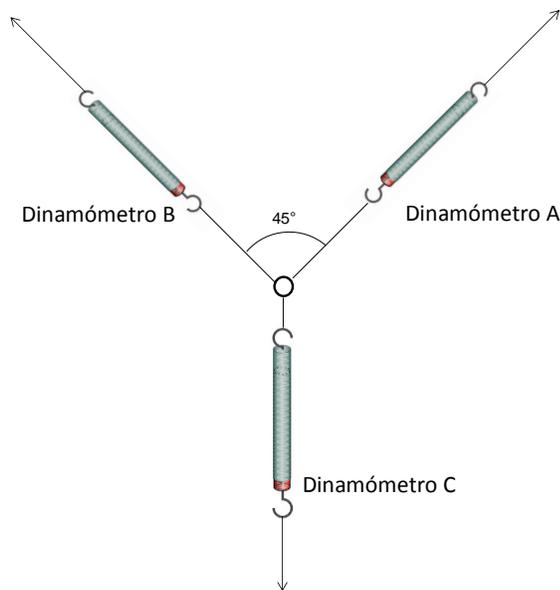
1. En una cartulina traza en un plano cartesiano e indica un sistema de vectores concurrentes  $A = 5\text{N}$  y  $B = 8\text{N}$ , utilizando una escala adecuada, como se muestra en la figura I.2, formando un ángulo entre los vectores de  $45^\circ$ . Obtén la resultante del sistema por el método analítico.

Resultante:  $R = \underline{\hspace{2cm}}\text{N}$ ,  $\beta = \underline{\hspace{2cm}}\text{ grados}$ .



**Figura I. 2** Vectores A y B con su resultante.

2. Construye el dispositivo como se muestra en la figura C.



**Figura I. 3** Arreglo de dinamómetros del experimento 2.

3. Con ayuda de dos compañeros, cada uno tire de un extremo de los cordones, de tal manera que la argolla no se mueva, procurando que entre dos dinamómetros quede formado un ángulo de  $45^\circ$ . Registra la lectura de cada dinamómetro en la tabla 2, cuando el sistema quede en equilibrio.

**Tabla I. 3** Lecturas registradas en los dinamómetros A, B y C.

Ángulo entre A y B	Dinamómetro A (N)	Dinamómetro B (N)	Dinamómetro C (N)	Observaciones
45°				
60°				
90°				
120°				

4 Varía el ángulo de la figura 3, como se indica en la tabla 2 y repite el proceso cuatro veces más.

Cuestionario de experimento 2

1. Representa el sistema realizado con un diagrama vectorial
2. ¿Qué nombre recibe el sistema de fuerza que construiste?
3. ¿Cuál es el valor de las fuerzas aplicadas en la argolla cuando entre los dinamómetros A y B, hay un ángulo de 60°?
4. ¿Cuál de los dinamómetros A, B o C; actúa como equilibrante del sistema?

Conclusiones

Explica si las respuestas que diste a las preguntas de la hipótesis son correctas o no.

Evaluación de la práctica 2 “Vectores colineales y concurrentes”

Plantel:	Semestre:	Grupo:
Profesor:		Asignatura:
Alumno y/o Equipo:		Fecha:

En caso de tratarse de una coevaluación	Nombre del alumno o equipo coevaluador

**Instrucciones de aplicación:** De acuerdo con las acciones a evaluar en la guía de observación y lista de cotejo, marque con una x el registro de cumplimiento correspondiente y de acuerdo a la ponderación asigne los puntos obtenidos en la columna de calificación; la calificación final es la suma de dichos puntos asignados. En caso de ser necesario hay un espacio de las observaciones para retroalimentación.

Guía de observación.

Desempeño a evaluar: Desarrollo de la práctica.

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	Asiste puntualmente a la practica				1 punto	
2	Cumple con su bata				1 punto	
3	Cumple con su manual				1 punto	
4	Cumple con el material que le fue solicitado para la realización de la practica				2 puntos	
5	Aporta ideas al equipo para la realización de la practica				1.5 puntos	
6	Ayuda a realizar las mediciones y a contestar los cuestionarios				1 punto	
7	Monta adecuadamente los dispositivos como se indican en las figuras				1 punto	
8	Realiza correctamente la lectura de los dinamómetros				0.5 puntos	
9	Se comporta correctamente y con responsabilidad en el desarrollo de la práctica				1 punto	
<b>Calificación total:</b>						

## Lista de cotejo.

Producto a evaluar: Reporte de la práctica

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	El manual se encuentra cuidado y limpio				1 punto	
2	Las preguntas de la hipótesis están contestadas de acuerdo a las ideas previas del alumno				1 punto	
3	Los datos de la tabla 1 son correctos				1 punto	
4	El cuestionario del experimento 1 es completo y correcto				2 puntos	
5	Los datos de la tabla 2 son correctos				1 punto	
6	El cuestionario del experimento 2 es completo y correcto				2 puntos	
7	Las conclusiones comparan las respuestas de la hipótesis con los resultados de la práctica.				2 puntos	
Calificación total:						

**Práctica I-2: Movimiento Rectilíneo Uniforme y Uniformemente Variado [I.1].****Objetivo:**

Determinar la velocidad de un cuerpo en función de la distancia recorrida y el tiempo empleado para recorrer dicha distancia

**Aspectos teóricos.**

La cinemática es la parte de la física que se encarga de estudiar los diferentes tipos de movimientos, sin importar la causa que los origina.

Si un cuerpo se mueve y mantiene su velocidad constante, su aceleración es igual a cero; cuando esto sucede, se dice que el cuerpo se encuentra en movimiento rectilíneo uniforme MRU. En general, cuando una partícula se desplaza a lo largo de una línea recta, recorriendo desplazamientos iguales en tiempos iguales, su movimiento se denomina rectilíneo uniforme. Por lo contrario, si un cuerpo experimenta cambios uniformes de velocidad, entonces su movimiento será uniformemente acelerado MRUA y por lo tanto la aceleración será constante.

**Cuestionario**

Define los conceptos:

- a) Distancia
  
- b) Desplazamiento.
  
- c) Rapidez
  
- d) Velocidad
  
- e) Aceleración

**Material y equipo.****Tabla I. 4** Equipo y materiales.

Cantidad	Material o equipo
1	Equipo de plano inclinado
1	Cronómetro
1	Flexómetro o cinta métrica
4	Balines para bicicleta de diferentes diámetros

**Experimento 3.**

- Colocar marcas con ayuda del flexómetro cada 50 cm sobre la tabla del equipo del plano inclinado.
- Un integrante posiciona el carro en la parte superior del plano inclinado.
- Otro integrante del equipo tomará la lectura del tiempo que tarda el móvil en pasar por cada marca.
- Realizar tres veces la lectura del tiempo en cada marca para calcular el tiempo promedio de cada lectura. Anotar los datos en la tabla I.5.

**Tabla I. 5** Datos obtenidos en el experimento 3.

Distancia (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$t_3$ (s)	Tiempo promedio $t = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$	Velocidad (m/s) $v = \frac{distancia}{tiempo}$
0.5					
1.0					
1.5					
2.0					
2.5					
3.0					

- Determina para cada uno de los datos de distancia y tiempo, el tiempo promedio y la velocidad correspondiente utilizando las ecuaciones indicadas en la tabla 1.
- Realiza una gráfica de distancia contra tiempo y calcula el valor de la pendiente. Si realizaste correctamente las mediciones, la gráfica será una

recta. En caso de que la gráfica no sea la esperada, verificar y/o repetir el proceso.

Recuerda que para encontrar la pendiente de una recta se utiliza la fórmula:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

La pendiente de la recta es: \_\_\_\_\_

### Cuestionario del experimento 3.

1. ¿Cómo varia la distancia recorrida por el móvil respecto al tiempo transcurrido?
2. ¿Qué relación tiene la pendiente de la recta con la velocidad del móvil?
3. ¿La velocidad del móvil es constante o variable?
5. ¿Qué tipo de movimiento realizó el móvil, MRU o MRUV?
6. Al graficar la distancia en función del tiempo, ¿obtuviste una línea recta o una curva?

Para determinar la velocidad del móvil en este tipo de movimiento, debemos considerar que la velocidad media es:

$$v_m = \frac{d}{t}$$

Pero se sabe, también que:

$$v_m = \frac{v_{final} + v_{inicial}}{2} .$$

Igualando estas dos expresiones, tenemos que:

$$\frac{d}{t} = \frac{v_{final} + v_{inicial}}{2} .$$

Considerando que la *velocidad inicial* =  $v_0$  con la cual el balón comienza su recorrido es cero y despejando la *velocidad final* =  $v_f$  tenemos que:

$$v_f = \frac{2d}{t}$$

Con esta última formula podemos calcular la velocidad a la que pasa el balón por cada una de las marcas realizadas a la manguera. Completa la tabla I.6 utilizando el tiempo promedio.

**Tabla I. 6** Calculo de la velocidad y aceleración.

Distancia $d$ ( $m$ )	Tiempo $t$ ( $s$ )	Velocidad $v_f$ ( $m/s$ ) $v_f = \frac{2d}{t}$	Aceleración $a$ ( $m/s^2$ ) $a = \frac{v}{t}$
0.5			
1.0			
1.5			
2.0			
2.5			
3.0			

1. Realiza una gráfica de velocidad en función del tiempo
2. ¿Qué tipo de grafica obtuviste al utilizar los datos de la velocidad contra los del tiempo transcurrido? Si obtuviste una línea recta, calcula su pendiente
3. ¿Qué relación tiene la pendiente de la recta con la aceleración?

**Conclusiones.**

Las respuestas a las siguientes preguntas, te ayudaran a generar conclusiones.

1. ¿Cuál es la diferencia entre movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente variado?
2. ¿Existe aceleración alguna en un movimiento rectilíneo uniforme?
3. ¿Cómo es el comportamiento de la velocidad en un MRU?
4. ¿Cómo es el comportamiento de la aceleración en un MRUV?

5. Menciona 2 ejemplos cotidianos donde se manifieste el MRU y el MRUV.

**Evaluación de la practica I-2 “Movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente variado”**

Plantel:	Semestre:	Grupo:
Profesor:	Asignatura:	
Alumno y/o Equipo:	Fecha:	

En caso de tratarse de una coevaluación	Nombre del alumno o equipo coevaluador

**Instrucciones de aplicación:** De acuerdo con las acciones a evaluar en la guía de observación y lista de cotejo, marque con una x el registro de cumplimiento correspondiente y de acuerdo a la ponderación asigne los puntos obtenidos en la columna de calificación; la calificación final es la suma de dichos puntos asignados. En caso de ser necesario hay un espacio de las observaciones para retroalimentación.

Guía de observación.

Desempeño a evaluar: Desarrollo de la práctica.

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	Asiste puntualmente a la práctica				1 punto	
2	Cumple con su bata				1 punto	
3	Cumple con su manual				1 punto	
4	Cumple con el material que le fue solicitado para la realización de la practica				2 puntos	
5	Aporta ideas al equipo para la realización de la practica				1 punto	
6	Ayuda a realizar las mediciones y a contestar los cuestionarios				2 puntos	
7	Monta adecuadamente los dispositivos como se indican en las figuras				1 punto	
8	Se comporta correctamente y con responsabilidad en el desarrollo de la práctica				1 punto	
					Calificación total:	

## Lista de cotejo.

Producto a evaluar: Reporte de la práctica.

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	El manual se encuentra debidamente cuidado y limpio				1 punto	
2	La grafica distancia contra tiempo del experimento 1 es una línea recta				1.5 puntos	
4	El cuestionario del experimento 1 se encuentra completo y correcto				1.5 puntos	
5	La grafica distancia contra tiempo del experimento 2 es una curva				1.5 puntos	
6	El cuestionario del experimento 2 se encuentra completo y correcto				1.5 puntos	
7	La gráfica de velocidad contra tiempo es una recta				1.5 puntos	
8	Las preguntas de las conclusiones se encuentran correctamente contestadas				1.5 puntos	
Calificación total:						

---

### Práctica I-3 Tiempo de reacción y tiempo de vuelo [I.1].

**Objetivo:**

Aplicar las ecuaciones de caída libre y tiro vertical para determinar el tiempo de reacción y tiempo de vuelo de una persona.

**Aspectos teóricos**

**El tiempo de reacción** es el tiempo que necesita una persona para notar, pensar y actuar en respuesta a una situación; por ejemplo, el tiempo que transcurre entre que se observa por primera vez una obstrucción en el camino cuando se conduce un automóvil, y se responde a ella. El tiempo de reacción varía con la complejidad de la situación (y con el individuo). En general, la mayor parte del tiempo de reacción de una persona se gasta en pensar, pero la práctica en el manejo de una situación dada puede reducir ese tiempo.

Se considera que el tiempo requerido en las personas para que un mensaje viaje de los ojos al cerebro y luego a los dedos (tiempo de reacción) es de menos 1/7 de segundo.

**El tiempo de vuelo** es el intervalo de tiempo en que una persona saltando verticalmente permanece en el aire (con los pies son tocar el suelo). Los jugadores de basquetbol y los bailarines de ballet, entre otras personas están dotados de una gran capacidad para saltar. Cuando saltas hacia arriba, la fuerza que te impulsa se aplica solo mientras tus pies permanecen en contacto con el suelo, tan pronto como tus pies dejan de tocar el suelo, cualquiera que sea la rapidez de ascensión que alcances, la misma disminuye de inmediato de manera constante a razón de la gravedad. Alcanzas la altura máxima cuando tu rapidez de ascensión se reduce a cero. Después, comienzas a caer y adquieres rapidez exactamente a la misma razón de cambio (**gravedad**). Si aterrizas en la misma posición en la que iniciaste el salto, el tiempo de ascensión es igual al tiempo de caída. El “tiempo de vuelo” es la suma de los tiempos de ascensión y caída.

**Cuestionario de conocimientos previos.**

1. ¿Qué significa que un cuerpo éste en “caída libre”?
2. ¿Qué distancia recorrerá en 5 segundos un objeto en caída libre que parte de una posición de reposo?
3. ¿Cuál es la diferencia entre un objeto en caída libre y otro en tiro vertical?
4. Cuando una pelota se lanza hacia arriba, ¿Qué velocidad y aceleración tiene en su punto más alto?

**Hipótesis:**

1. ¿Qué relación encuentras entre la caída libre de un cuerpo y el tiempo de reacción de una persona?
2. ¿Qué relación encuentras entre un objeto que se encuentre en un movimiento de tiro vertical y el tiempo de vuelo de un jugador de basquetbol?

**Material y equipo:****Tabla I. 7** Equipo y materiales.

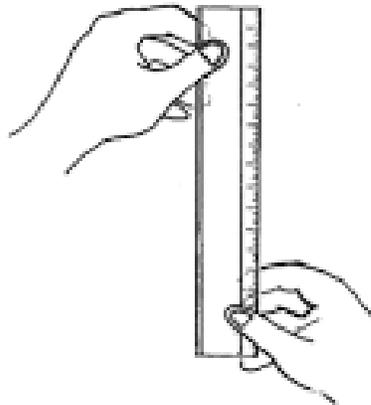
Cantidad	Material o equipo
1	Regla de 30 cm
1	Hoja de papel
1	Billete
1	Cinta adhesiva

## Experimento 1 “Medición del tiempo de reacción”

1. Toma un billete y colócalo entre los dedos pulgar e índice de alguno de tus compañeros, como se muestra en la imagen siguiente.



2. Procurar que la parte media del billete se encuentre entre los dedos. En estas condiciones reta a un compañero que capture el billete entre sus dedos cuando tú lo sueltes sin avisarle.
3. Para medir el tiempo de reacción de una persona colocar la regla entre sus dedos, como se ilustra en la figura 2, de manera que el cero de la escala esté a la misma altura que los dedos. En estas condiciones pedirle a la persona que atrape la regla cuando vea que es soltada.



4. El número de centímetros que aparece antes de atraparla, a partir de que se soltó, dependerá del tiempo de reacción de la persona.
5. Determinar el tiempo de reacción en segundos despejando  $t$  de la ecuación:  
$$d = \frac{1}{2} gt^2$$
. Anotar este valor en la tabla 1.

Repetir lo anterior para todos los integrantes del equipo y registrar los resultados en la tabla I.8.

**Tabla I. 8** Tiempo de reacción de personas.

Nombre del participante	No. de cm.	Tiempo de reacción

**Experimento 2. “Tiempo de vuelo”**

1. Ponte de pie frente a un muro y, con los pies bien asentados en el piso y los brazos extendidos hacia arriba haz una marca en el muro en el punto más alto que alcances.
2. Salta en seguida y haz otra marca en el punto de altura máxima. La distancia entre estas dos marcas es la medida de tu salto vertical, regístrala en la tabla 2.

A partir de la ecuación  $d = \frac{1}{2} gt^2$ , encontrar el tiempo de vuelo de todos los integrantes del equipo y registrar los resultados en la tabla I.9.

**Tabla I. 9** Tiempo de vuelo.

Nombre del participante	Distancia	Tiempo de vuelo

**Conclusiones.**

1. ¿Por qué tu compañero no logro atrapar el billete cuando lo soltaste exactamente a la mitad?
2. Los mejores “rebotadores” de baloncesto profesional tienen un salto vertical de aproximadamente 1.2 m, ¿Cuánto tiempo permanecen en el aire?
3. Calcula tu rapidez de “despegue” inicial del piso a partir de los datos obtenidos.

## Practica I-4 Movimiento parabólico [I.1].

### Objetivo.

Mostrar experimentalmente el movimiento parabólico.

### Aspectos teóricos.

Tiro vertical: Este movimiento se presenta cuando un cuerpo se lanza verticalmente hacia arriba, observándose que su velocidad va disminuyendo hasta anularse al alcanzar su altura máxima.

El tiro vertical sigue las mismas leyes de la caída libre de los cuerpos, y, por tanto emplea las mismas ecuaciones.

Tiro parabólico: Es un ejemplo de movimiento realizado por un cuerpo en dos dimensiones o sobre un plano. El tiro parabólico es la resultante de la suma vectorial de un movimiento horizontal uniforme y de un movimiento vertical rectilíneo uniformemente acelerado.

Debido a estos dos movimientos la trayectoria del cuerpo es curva.

### Material y equipo.

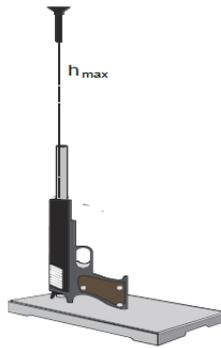
Tabla I. 10 Equipo y materiales.

Cantidad	Material o equipo
1	Cronómetro
1	Flexómetro
1	Soporte universal Pinza de sujeción
1	Pistola de dardos (que sirva perfectamente y con dos dardos incluidos) ** Se puede utilizar también un disparador de resorte.
1	Plano inclinado

Nota: Los materiales marcados con doble asterisco deben ser proporcionados por los integrantes del equipo.

Experimento 1. "Obtención de la velocidad inicial del proyectil"

- a) Fija la pistola al soporte universal, de tal manera que apunte verticalmente hacia arriba (como se observa en la figura 1).



**Figura I. 4** Pistola en posición vertical.

Dispara el proyectil y mide el tiempo que tarda en el aire (desde que sube hasta que regresa al mismo nivel de donde fue disparado)

Repite lo anterior 5 veces, llena la tabla 1 y saca el promedio de los tiempos registrados, éste será el tiempo que tarda el proyectil en el aire.

**Tabla I. 11** Registro de tiempo del proyectil en el aire y tiempo promedio.

$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_p = \frac{t_1 + \dots + t_5}{5}$

- b) Para saber el tiempo  $t_s$  que tarda en subir el proyectil hasta su máxima altura divide el tiempo en el aire  $t_p$  entre 2.

$$t_s = \frac{t_p}{2}$$

$$t_s =$$

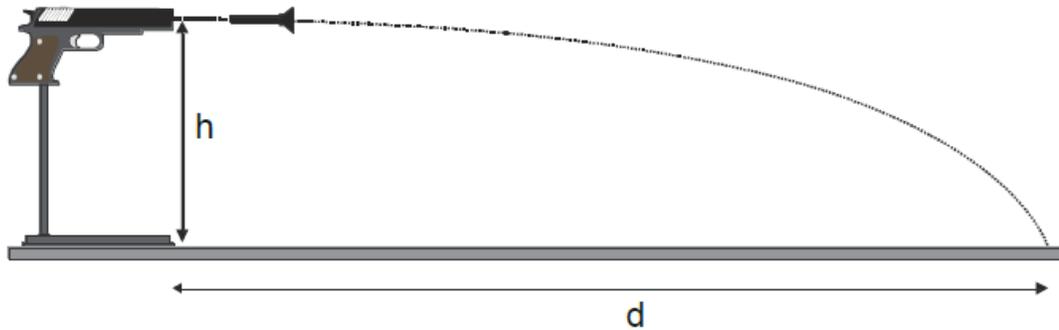
- c) Conociendo el tiempo que tarda en subir el proyectil y además considerando que la velocidad final del proyectil al llegar a su máxima altura, es cero, podemos determinar la velocidad inicial con que fue disparado, utilizando la siguiente fórmula:

$$v_i = -g \cdot t ,$$

$$\text{con, } g = -9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$\text{Por tanto: } v_i =$$

- a) Fija la pistola al soporte universal, de tal manera que apunte horizontalmente a una altura conocida (como se muestra en la figura 2), anotar el valor de la altura a la que se encuentra el cañón de la pistola, respecto al piso.



**Figura I. 5** Pistola en posición horizontal.

- b) Dispara el proyectil y mide la distancia a la que llega
- c) Repite lo anterior 5 veces, llena la tabla I. 12 y calcula el promedio de las distancias  $d_p$  registradas, ésta será la distancia a la que llega el proyectil, anótala a continuación:

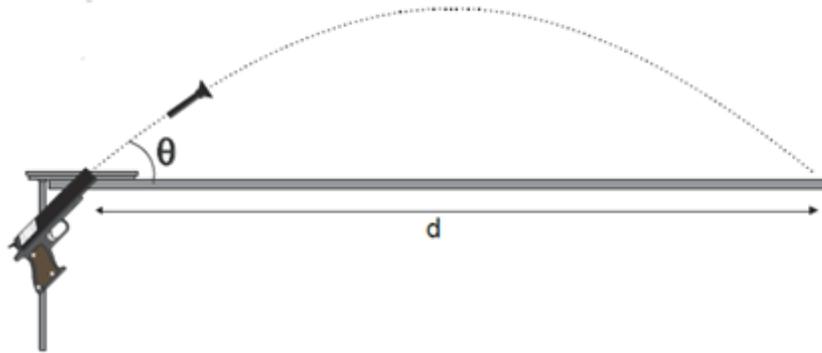
**Tabla I. 12** Distancia promedio.

$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_p = \frac{d_1 + \dots + d_5}{5}$

- d) Calcula el valor teórico, al que debería llegar el proyectil, tomando como datos la  $v_{ix}$  (obtenida en el inciso e) del experimento 1, la  $v_{iy} = 0 \frac{m}{s}$ , la "h" a la que se realizó el disparo y el valor de  $g = 9.8 \frac{m}{s^2}$ .
- ¿Es muy diferente el valor de distancia obtenido en la práctica al determinado teóricamente?
- ¿Entonces se cumplen o no las ecuaciones del movimiento parabólico?

**Experimento 3. “Verificación del tiro oblicuo”**

- a) Fija la pistola al soporte universal, de tal manera que apunte a un ángulo “ $\theta$ ” de 15 grados (procura que el cañón esté al nivel del suelo), como se muestra en la figura 3:



**Figura I. 6** Pistola en posición para realizar el tiro oblicuo.

- b) Dispara el proyectil y mide la distancia a la que llega, (repite esto 3 veces y calcula la distancia promedio a la que llega)
- c) Aumenta la inclinación de la pistola otros 15 grados, de tal manera que ahora apunte a un ángulo de 30 grados y dispara el proyectil (repite esto 3 veces y calcula la distancia promedio a la que llega)
- d) Repite lo anterior de 15 grados en 15 grados hasta llegar a los 90 grados.

**Tabla I. 13** Registros de lanzamientos.

$\theta$ (grados)	$d_1$ (m)	$d_1$ (m)	$d_1$ (m)	$d_p$ (m)
15				
30				
45				
60				
75				
90				

- e) Observa tus resultados y anota en cual ángulo se obtuvo el mayor alcance (mayor distancia).

$\theta =$  \_\_\_\_\_

Verifica los resultados que obtuviste en la práctica, calculando teóricamente la distancia a la que debería llegar el proyectil en cada caso y tomando como datos: la velocidad inicial del proyectil  $v_i$  el ángulo del disparo " $\theta$ ".

$$d = \frac{v_i^2 \cdot \text{sen}(2\theta)}{g}$$

### **Cuestionario final**

1. ¿De qué manera afectó la velocidad y la dirección del aire sobre el movimiento del proyectil?
2. Menciona alguna aplicación del movimiento parabólico en la vida cotidiana.
3. ¿Por qué en el tiro parabólico, el movimiento vertical sigue las condiciones del MRUV?
4. ¿Por qué en el tiro parabólico el movimiento horizontal sigue las condiciones del MRU?
5. Considerando la velocidad inicial calculada en la práctica " $V_i$ ", y para un ángulo de  $30^\circ$ , calcula la velocidad inicial vertical y horizontal respectivamente.

## Práctica I-5 Movimiento circular “MC” [I.1].

### Objetivo:

Comprobar que una columna de agua cae tangencialmente, genera un movimiento circular sobre un móvil, e identificar la trayectoria y velocidad tangencial de un cuerpo con movimiento circular.

### Aspectos teóricos.

Cuando la trayectoria de un móvil describe una circunferencia, este movimiento es circular ya que dicho móvil, gira alrededor de un punto fijo central llamado eje de rotación.

Si el móvil recorre ángulos o arcos iguales en tiempos iguales, se tendrá un movimiento circular uniforme (MCU). En el movimiento circular uniforme es conveniente resaltar que el módulo de la velocidad no cambia, porque es uniforme y describe trayectorias concéntricas (circunferencia) de longitud diferente pero con radio igual a la distancia entre el objeto y el eje de rotación. Debido a ello, definiremos los siguientes conceptos:

Ángulo: Es la abertura comprendida entre dos radios cualesquiera que limitan un arco de circunferencia.

Radian: Es el ángulo central al que corresponde un arco de longitud igual al radio

$$2\pi \text{ radianes} = 360^\circ$$

Velocidad angular  $w$  ( $\frac{rad}{s}$ ): La magnitud de la velocidad angular representa el cociente entre el valor del desplazamiento angular de un cuerpo y el tiempo que tarda en efectuarlo. Las unidades de la velocidad angular son los radianes por segundo y la formula es:

$$w = \frac{\theta}{t}$$
$$w = \frac{2\pi}{T}$$

Periodo (T): Tiempo que tarda un cuerpo en dar una vuelta completa:  $T = \frac{1}{f}$

Frecuencia ( $f$ ): Es el número de revoluciones efectuadas por el móvil en la unidad de tiempo:  $f = \frac{1}{T}$

Si una partícula con un movimiento circular cambia su velocidad se tiene entonces un movimiento circular acelerado; y si los cambios de velocidad angular en la unidad de tiempo con uniformes, la aceleración angular es constante, por lo que se trata de un movimiento circular uniformemente variado.

Aceleración angular media  $\alpha$  ( $\frac{rad}{s^2}$ ): Es el cociente del cambio de velocidades angulares, inicial y final, con respecto al intervalo de tiempo, esto es:

$$\alpha = \frac{w_f - w_0}{t_f - t_0}$$

$$\alpha = \frac{\Delta w}{\Delta t}$$

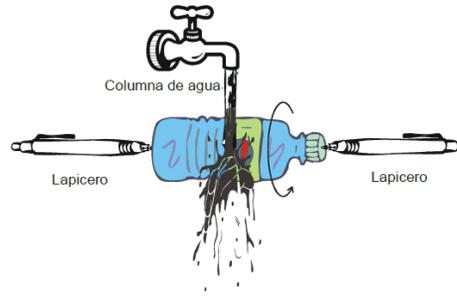
### Material y equipo.

**Tabla I. 14** Equipo y materiales.

Cantidad	Material y equipo
1	Botella desechable de plástico con su tapa (agua, refresco, etc.)
2	Lapiceros o lápices con punta afilada
1	Clavo
1	Recipiente cilíndrico (vaso desechable grande o lata de refresco o chiles sin tapa)
1	Carrete de hilo
1	Cronometro
1	Pedazo de tela o franela

### Experimento 1.

1. En los extremos de la botella marca dos pequeños puntos con la punta del clavo, los cuales serán puntos de apoyo donde colocarás las puntas de los lapiceros como muestra la figura I.7.



**Figura I. 7** Dispositivo experimento 1.

2. Sujetando la botella con los lapiceros, sitúala bajo la columna de agua, haciendo que dicha botella comience a girar hasta alcanzar el movimiento constante. Contesta las siguientes preguntas:
  - a) ¿Cuántas vueltas realiza la botella en un tiempo de 10 segundos?
  - b) ¿Cuánto tiempo tarda en dar 20 vueltas y 30vueltas?
  - c) Determina la velocidad angular para los incisos a y b.
  - d) Compara las velocidades que obtuviste en el inciso anterior y explica.
  - e)
3. Nuevamente coloca la botella bajo la columna de agua y en diferentes momentos haz que la fuerza de salida del agua sea mayor o menor, de tal forma que el movimiento de la botella varíe. Contesta lo siguiente:
4.
  - a) ¿Cuándo la caída del agua varía, que sucede con el movimiento de la botella?
5. En el grifo a una salida constante de agua, acerca la botella y justo en el momento que inicia su giro, activa el cronómetro. En el momento que observas una velocidad angular constante, detén el cronómetro. Este tiempo registrado será el tiempo de aceleración  $\Delta t$  (s). Una vez que la botella gira con velocidad angular constante  $w_f$  (rad/s), determina el tiempo

$t$  (s) que requiere para dar 20 vueltas y calcula la velocidad de giro, ésta será nuestra velocidad angular final  $\alpha$ .

$$\alpha = \frac{\Delta w}{\Delta t}$$

Completa la siguiente tabla I.15 y calcula la aceleración angular media. Considera la velocidad angular inicial  $w_0$  igual a cero.

**Tabla I. 15** Cálculo de aceleración angular.

Tiempo de aceleración $\Delta t$ .	Tiempo en dar 20 vueltas $t$	Velocidad angular final $w_f$	Aceleración angular $\alpha$

**Experimento 2.**

Toma el recipiente cilíndrico y haz una serie de orificios en línea (como indica la figura) en su superficie lateral. Y suspéndelo por medio de tres cordones. Coloca en su interior una tela muy mojada y gira el recipiente, de manera que los cordones se tuerzan fuertemente; enseguida suelta la lata a partir del reposo, observa.



**Figura I. 8** Dispositivo experimento 2.

Elabora un dibujo que indique la trayectoria de las gotas de agua que salen por los orificios.

**Conclusiones.**

Menciona algunas aplicaciones prácticas de la vida cotidiana de acuerdo a los experimentos realizados.

**Práctica I-6 Estudio de la fricción [I.1].****Objetivo:**

Identificar a la fricción como una fuerza que se opone al libre movimiento de los cuerpos y que ésta puede aumentarse o disminuir según sea conveniente.

**Aspectos teóricos.**

La fricción es la fuerza que actúa cuando dos superficies se encuentran en contacto, ella te ayuda de muchas formas, pero también te hace ir más despacio y produce calor.

La fricción entre tú y el aire disminuye la velocidad cuando montas en bicicleta. Al doblarte sobre el manubrio de la bicicleta, ayudas a disminuir la fricción del aire contra tu cuerpo. Las piezas del motor de un carro se calientan por la fricción entre ellas. La gente usa lubricantes para poder reducir la fricción.

El lubricante más común es el aceite. Si aplicas lubricante entre dos piezas que se mueven, las superficies de las piezas frotarán contra el aceite en vez de frotar una contra la otra. El aceite es resbaladizo y liso. Por tanto permite que un mayor número de piezas pueden moverse sin recalentarse.

Existen dos clases de fuerzas de fricción: estática y dinámica o de movimiento. La fuerza de fricción estática es la reacción que presenta un cuerpo en reposo oponiéndose a su deslizamiento sobre otra superficie. La fuerza de fricción dinámica tiene un valor igual a la que se requiere aplicar para que un cuerpo se deslice a velocidad constante sobre otro.

**Cuestionario de conceptos antecedentes.**

- 1.- ¿Cómo se define la fricción?
- 2.- ¿Cuáles son las dos clases de fuerza de fricción?
- 3.- Escribe cuando menos tres ventajas y tres desventajas de la fricción.
- 4.- ¿Cómo reducirías las fuerzas de fricción entre dos superficies en contacto?

5.-Menciona tres sustancias que son utilizadas como lubricantes.

**Hipótesis:**

Si tú quisieras reducir la fricción entre dos superficies en contacto sin utilizar lubricantes, ¿De qué manera podrías hacerlo?

**Materiales y sustancias**

**Tabla I. 16** Materiales y equipo.

Cantidad	Materiales y equipo
1	Liga de hule
1	Regla graduada de 30 cm.
1	Tarjeta de cartulina (10 cm por 8 cm)
1	Clip
3	Libros delgados o libretas
1	Bloque de madera de 7x14x28 cm (aproximadamente)
2	Hojas de lija
1	Clavo de 5 cm.
1	Dinamómetro
20 cm	De cuerda o hilo
10 ml	Aceite
10 ml	Crema liquida o talco

**Experimento 1**

**A)** Frotar las palmas de las manos una con otra con fuerza y explica lo que sucede y ¿por qué?

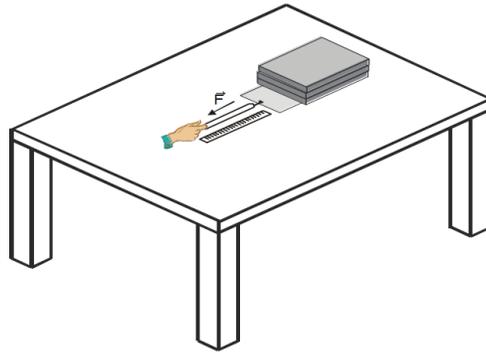


**Figura I. 9** Modo de frotar de las manos.

**B)** Repite el procedimiento anterior. Pero ahora lubrica tus manos con crema o talco y explica lo que sucede.

**Experimento 2**

- 1.-Haz una abertura de 1 cm. En la parte media de la tarjeta, a 2 cm de uno de sus extremos.
- 2.-Introduce la mitad del clip en la abertura y atora la liga en la parte del clip que queda sobre la tarjeta.
- 3.-Coloca uno de los tres libros sobre la tarjeta y jala con cuidado la liga.
- 4.-Con la ayuda de la regla graduada. Mide el alargamiento de la liga hasta el momento en que la tarjeta con el libro comience a moverse.
- 5.-Realiza el procedimiento anterior, pero ahora colocando dos y posteriormente tres libros sobre la tarjeta.



**Figura I. 10** Dispositivo experimento 2.

- 6.-Registra tus observaciones en la tabla de resultados.

**Reporte de resultados**

**Tabla I. 17** Registro de datos.

Prueba	No. De libros	Alargamiento de liga (cm)
1		
2		
3		

De acuerdo a lo observado en el experimento anterior contesta lo siguiente.

- a) ¿A qué se opone la fricción?

- b) Si a un objeto se le agrega mayor peso. ¿Su fricción será mayor o menor?  
c) La fricción que existe entre dos superficies sin movimiento se denomina:

### Experimento 3.

- 1.-Introduce un clavo aproximadamente 5 cm dentro del bloque
- 2.-Con la cuerda amarra el clavo en el bloque y engancha al otro extremo de la cuerda en el dinamómetro.
- 3.-Coloca las lijas sobre la mesa de trabajo, éstas serán la superficie de desplazamiento. Pide a tres de tus compañeros que te auxilien, uno detendrá las lijas para que no las arrastre el bloque y los otros dos las sostendrán lateralmente para formar una superficie.
- 4.-Coloca el bloque y para mantenerlo en movimiento. Anota los datos obtenidos en la tabla de registro de resultados I.18.

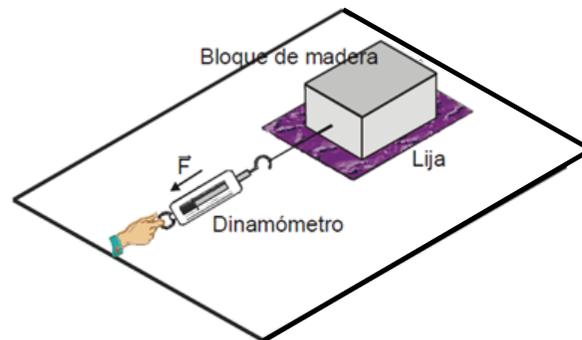


Figura I. 11 Dispositivo experimento 3.

- 5.-Repite la prueba en tu mesa de trabajo, o en el piso y registra tus resultados.
- 6.-Ahora aplica aceite en la superficie del bloque que desliza y en la lija, jala lentamente el dinamómetro y mide la cantidad de fuerza necesaria para mover el bloque y mantener su movimiento.
- 7.-Repite la prueba en tu mesa de trabajo, o en el piso según lo considere tu profesor.

**Tabla I. 18** Registro de resultados del experimento 3.

Prueba	Superficie	Fuerza de fricción estática	Fuerza de fricción dinámica
1	Lija		
2	Mesa		
3	Lija con aceite		
4	Mesa con aceite		

De acuerdo a lo observado contesta las siguientes preguntas.

- ¿Qué superficie presentó menor resistencia al movimiento?
- ¿Qué superficie presentó mayor resistencia al movimiento?
- ¿Cuál es la función del aceite en el experimento?

### Conclusiones.

Reflexionar acerca de la utilidad práctica que puedan tener las actividades realizadas, tanto en la vida cotidiana como en sus aplicaciones productivas y anótalas a continuación.

### Evaluación de la práctica I-6. “Estudio de la fricción”

Plantel:	Semestre: tercero	Grupo:
Profesor:	Asignatura: Física I	
Alumno y/o equipo	Fecha:	
En caso de tratarse de una coevaluación.	Nombre del alumno o equipo coevaluador	

**Instrucciones de aplicación:** De acuerdo con las acciones a evaluar en la guía de observación y lista de cotejo, marque con una x el registro de cumplimiento correspondiente y de acuerdo a la ponderación asigne los puntos obtenidos en la columna de calificaciones; la calificación final es la suma de dichos puntos asignados. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para retroalimentación.

**Guía de observación.**

**Desempeño a evaluar: Desarrollo de la práctica.**

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	Asiste a la práctica puntualmente				1 Punto	
2	Cumple con su bata				1 Punto	
3	Cumple con su manual				1 Punto	
4	Cumple con el material que fue solicitado para la práctica				1 Punto	
5	Diferencia entre la fricción estática y dinámica				1.5 Puntos	
6	Explica la influencia del peso sobre la fuerza de fricción.				1.5 Puntos	
7	Identifica la relación entre el tipo de superficie de contacto y la fuerza de fricción				1 Punto	
8	Ayuda a sus compañeros a realizar las mediciones				1 Punto	
9	Se comporta adecuadamente en el desarrollo de la práctica.				1 Punto	
<b>Calificación total:</b>						

**Lista de cotejo**

**Producto a evaluar: Reporte de la práctica**

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	El manual se encuentra debidamente cuidado y limpio				1 Punto	
2	El reporte se entrega en el tiempo estipulado				1 Punto	
3	El cuestionario previo se encuentra completo y correctamente contestado				1.5 Puntos	
4	El cuestionario del experimento 1 se encuentra contestado				1.5 Puntos	
5	El cuestionario del experimento 2 se encuentra contestado				2 puntos	
6	El cuestionario del experimento 3 se encuentra contestado				2 puntos	
7	Las conclusiones mencionan al menos dos aplicaciones prácticas de fricción				1 punto	
<b>Calificación total:</b>						

---

## Practica I-7 Primera y Segunda Ley de Newton [I.1].

### Objetivo:

- Comprobar que la inercia es una propiedad de los cuerpos que tienden a oponerse a un cambio en su estado de reposo o de movimiento.
- Determinar la relación entre la fuerza y la aceleración para obtener el valor de la masa inercial.

### Aspectos teóricos.

La primera ley de Newton nos indica que: Un cuerpo continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme a menos que una fuerza actúe sobre él. La tendencia que presenta un cuerpo en reposo a permanecer sin movimiento, o la de un objeto en movimiento a tratar de no detenerse, recibe el nombre de inercia. Toda la materia posee inercia, y una medida cuantitativa de ella es el concepto de masa, que a su vez se puede definir como una medida de la inercia.

La relación descrita por el físico Isaac Newton entre la fuerza ( $F$ ) que se le aplica a una masa ( $m$ ), provocando el cambio en su estado de movimiento, es decir un cambio en el valor de la velocidad en un tiempo determinado conocido como aceleración ( $a$ ), es descrita en la segunda ley de Newton  $F = ma$ . Sin embargo, también describe a la masa inercial como la razón existente entre la fuerza aplicada y aceleración provocada al objeto, esta razón es conocida como masa inercial  $m = F/a$ .

La ley de Newton de la acción indica que cuando se empuja un objeto, este empuja hacia atrás con una fuerza igual y opuesta. En términos generales, cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro cuerpo, este último reacciona sobre el primero ejerciendo una fuerza de la misma intensidad y dirección pero en sentido contrario.

**Material y Equipo.**

Tabla I. 19 Equipo y material.

Cantidad	Material o Equipo
1	Huevo crudo
1	Huevo cocido
1	Tijera
1	Carro carguero de juguete
3	Pesas de diferente medida
1	Cronómetro de pulsera
	hilo
1	Cinta métrica o flexómetro
1	Balanza
1	Polea con soporte
1	Platillo de cartón o plástico
	Arena fina

**Experimento 1.**

1.-Hacer girar rápidamente el huevo crudo sobre si y detenerlo con el dedo completamente, pero retirar inmediatamente el dedo una vez que se detuvo el giro del huevo, como se muestra en la figura 1 y observar lo que sucede.

2.-Tomar el huevo cocido, girarlo rápidamente sobre si y detenerlo con el dedo, de la misma forma que el anterior. Observar lo que sucede después de retirar el dedo y comparar este comportamiento con el que tuvo el huevo crudo.

**Figura I. 120** Dispositivo experimento 1.

3.- ¿Por qué razón el huevo crudo sigue girando cuando quitas el dedo inmediatamente?

4.- ¿Por qué razón el huevo cocido no vuelve a moverse cuando quitas el dedo inmediatamente?

### Experimento 2.

1.-Determina la masa del carro  $m$  (kg), utilizando la balanza.

2.-Arma el dispositivo de la figura 2.



Figura I. 13 Esquema del experimento 2.

3.-Cuando el platillo está vacío, el carro está en reposo, es decir, no se mueve, toda vez que la fuerza de fricción estática que hay entre las ruedas y la superficie de la mesa es mayor a la fuerza que debido a su peso en “N”, ejerce sobre el carro el platillo. Agrega poco a poco arena al platillo hasta que al empujar levemente el carro éste se desplace sobre la mesa a velocidad constante. El peso de la arena será el contrapeso de las fuerzas de rozamiento.

4.-Un compañero detendrá con una mano el carro y otro colocará en el platillo una pesa (previamente habrá que determinar su masa en la balanza y multiplicarla por la constante de gravedad. Esta pesa representara la fuerza neta o resultante que recibe el carro. Mide con cinta métrica la distancia  $d$  en  $m$  que recorre el carro desde su posición inicial (antes de iniciar su movimiento) a su posición final (antes de chocar con la polea).

5.-Al soltar el carro, midan con el cronómetro el tiempo que tarda en recorrer dicha distancia. Anota los datos en la tabla 1. Repitiendo tres veces el experimento para tener tres medidas de tiempo y poder promediarlas.

**Tabla I. 20** Registro de datos.

Masa en el platillo $m$	Peso $F = mg$	Distancia recorrida $d$	Tiempo de recorrido				Velocidad final del carrito $v = \frac{2d}{t}$	Aceleración del carrito $a = \frac{2d}{t^2}$	Masa del carrito $M = \frac{F}{a}$
			$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_p$			

6.-Repite los pasos 4 y 5 pero agregando una pesa más al platillo. Determinar la fuerza neta como la suma de la pesa anterior y la nueva que agregaste.

7.-Repite el experimento agregando una tercera pesa al platillo. Coloca los datos en la tabla 1.

8.-Determina la velocidad, aceleración y masa del carrito, como lo indica la tabla1.

**Cuestionario.**

- a) ¿Cómo cambia la aceleración cuando la fuerza neta aplicada al carro aumenta?

- b) Al comparar entre si los tres resultados de dividir la fuerza neta  $F$  entre la aceleración  $a$ , ¿se obtuvieron resultados iguales? Al comparar este resultado con la masa en  $kg$  del carro previamente determinada con la balanza, ¿Son aproximadamente iguales?

**Conclusiones:**

1.- ¿Qué relación tiene la inercia con lo que le sucede a los huevos (crudos y cocidos)?

2.- ¿Puedes afirmar con base en tus resultados que cuando se divide la fuerza neta que recibe un cuerpo entre la aceleración que experimenta, el resultado del cociente corresponde a la masa del cuerpo? Explica.

Evaluación de la practica I-7 Primera y Segunda Ley de Newton.

Plantel:	Semestre: tercero	Grupo:
Profesor:	Asignatura: Física I	
Alumno y/o equipo	Fecha:	
En caso de tratarse de una coevaluación	Nombre del alumno o equipo coevaluador	

**Instrucciones de aplicación:** De acuerdo con las acciones a evaluar en la guía de observación y lista de cotejo, marque con una x el registro de cumplimiento correspondiente y de acuerdo a la ponderación asigne los puntos obtenidos en la columna de calificaciones; la calificación final es la suma de dichos puntos asignados. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para retroalimentación.

**Guía de observación.****Desempeño a evaluar: Desarrollo de la práctica.**

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	Asiste puntualmente a la práctica				1 Punto	
2	Cumple con su bata				1 Punto	
3	Cumple con su manual				1 Punto	
4	Cumple con el material que fue solicitado para la práctica				1 Punto	
5	Realiza correctamente el giro de cada uno de huevos, tocando y soltando casi instantáneamente, para poder apreciar la diferencia de lo que sucede.				1 Punto	
6	Logra explicar correctamente por qué un huevo sigue girando y el otro no				1 Punto	
7	Realiza correctamente el procedimiento del experimento 2				1 Punto	
8	Identifica la relación existente entre la fuerza neta, masa y aceleración.				1 Punto	
9	Ayuda a sus compañeros a realizar las mediciones				1 Punto	
10	Se comporta correctamente y con responsabilidad en el desarrollo de la práctica.				1 Punto	
<b>Calificación total:</b>						

**Lista de cotejo**  
**Producto a evaluar: Reporte de la práctica**

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	El manual se encuentra debidamente cuidado y limpio				1 Punto	
2	El reporte se entrega en el tiempo estipulado				1 Punto	
3	Las preguntas del experimento 1 se encuentran debidamente contestadas				2Puntos	
4	La tabla 1 se encuentra completa y correcta				2 Puntos	
5	El cuestionario del experimento 2 se encuentra contestado				2 puntos	
6	Las preguntas de las conclusiones se encuentran contestadas de acuerdo al desarrollo de la práctica.				2 puntos	
<b>Calificación total:</b>						

## Práctica I-8 Relación del trabajo con la energía [I.1].

### Objetivo.

Conocer la relación entre el trabajo y la energía.

### Aspectos teóricos.

-Trabajo en física: es una magnitud escalar producida cuando una fuerza mueve un objeto en la misma dirección en que se aplica. Su modelo matemático es:

$$T = F \cdot d \cos\theta$$

Donde:

$T$ .- Trabajo realizado en Joules ( $J$ ).

$F \cos\theta$ .- Componente de la fuerza en la dirección del movimiento en Newtons ( $N$ ).

$d$ .- Magnitud del desplazamiento en metros ( $m$ ).

La energía se define como la capacidad de los cuerpos para producir un trabajo. Para su estudio la energía mecánica se divide en potencial y cinética.

Energía cinética: se define como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa determinada desde el reposo hasta la velocidad indicada. Una vez conseguida esta energía durante la aceleración, el cuerpo mantiene su energía cinética salvo que cambie su velocidad. Para que el cuerpo regrese a su estado de reposo se requiere un trabajo negativo de la misma magnitud que su energía cinética.

Energía potencial: es la energía que mide la capacidad que tiene un sistema físico para realizar un trabajo en función exclusivamente de su posición o configuración. Puede pensarse como la energía almacenada en el sistema o como una medida de trabajo que un sistema puede entregar. Suele abreviarse con la letra  $U$  ó  $E_p$ .

**Cuestionario sobre conocimientos previos.**

1. ¿Cómo se define el trabajo mecánico?
2. ¿Cómo se determina matemáticamente la componente de la fuerza que mueve a un cuerpo?
3. ¿Cuál es la expresión matemática que permite calcular el trabajo mecánico?
4. ¿Cuál es la medida del ángulo que se debe formar entre la fuerza que se aplica a un cuerpo y su desplazamiento para que el trabajo realizado sea máximo?
5. El hombre más fuerte del mundo es capaz de arrastrar 20 m una locomotora de tren, con una fuerza constante de 12 000 N.
  - a) ¿Qué trabajo ha realizado?
  - b) ¿Cuánta energía se transfiere?
6. Observa las siguientes figuras, ¿En cuál o cuáles se realiza trabajo? Explica.



- 7.- El hombre más fuerte del mundo es capaz de arrastrar 27 metros una locomotora de tren con una fuerza constante de 12000 N.

- a) ¿Qué trabajo ha realizado?

b) ¿Cuánta energía se transfiere?

### Hipótesis:

Lee la siguiente historia.

El ruido en la calle es insoportable, no permite la concentración en tus actividades, decidido sale a ver qué pasa, te das cuenta que el ruido sale de un edificio que están construyendo. Te quedas observado como una grúa enorme entierra unos pilotes, dejando caer pesos desde diferentes alturas sobre ellos. Al día siguiente en la clase de física, el profesor pide ejemplos donde se manifiesten los tipos de energía (de posición y movimiento). A ti se te ocurre mencionar el entierro de los pilotes, de acuerdo con tu anécdota, el profesor te realiza las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Cómo se relaciona la energía potencial con el trabajo?
- 2.- ¿De qué depende que toda la energía se convierta en trabajo?

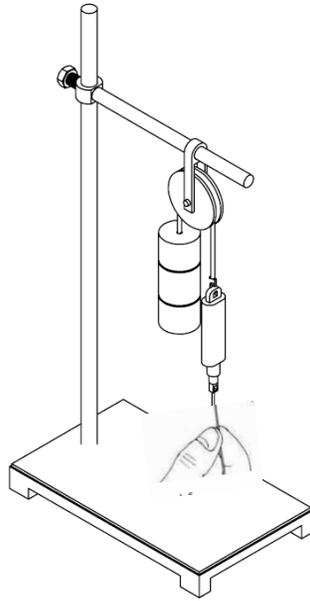
### Material y equipo.

Tabla I. 21 Equipo y material.

Cantidad	Material y equipo
1	Dinamómetro de 250 gr.
1	Soporte universal
1	Polea
3	Pesas de 50, 100 y 200 gr.

### Experimento 1

1.- Arma el sistema mostrado en la figura I.14, utiliza pesas de diferentes masas y súbelas a la misma altura utilizando la polea, registra la lectura en el dinamómetro en cada caso.



**Figura I. 14** Dispositivo experimento 1.

2.- Completa la tabla 1, considerando que para calcular el trabajo realizado  $T$  medido en  $J$  se utiliza la ecuación:

$$T = F \cdot d$$

mientras que para determinar la energía potencial  $E_p$  en  $J$ , se aplica la expresión:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

**Tabla I. 22** Registro de datos.

Fuerza ( $N$ )	Altura ( $m$ )	Trabajo ( $J$ )	Masa ( $kg$ )	Energía potencial ( $J$ )

Cuestionario del experimento 1.

1.- Al subir objetos de diferente masa a la misma altura. ¿Se realiza el mismo trabajo? Explica.

2.- ¿Si sostienes u nos instantes el objeto a determinada altura, a) aplicas alguna fuerza, b) en qué momento se realiza trabajo el objeto?

3.- Cuando la masa permanece constante, ¿qué relación existe entre la energía potencial y la altura?

4.- Cuando la altura permanece constante ¿qué relación existe en la energía potencial y la masa?

5.- Un portero lanza un balón de fútbol de 300 g hacia arriba y éste alcanza una altura de 3 m:

a) ¿Cuánto trabajo se realizó sobre el balón?

b) ¿Cuánta energía potencial tiene el balón a la altura de 3 m?

**Conclusiones.**

Con base en los resultados obtenidos de los conceptos antecedentes y la hipótesis formulada, discutir en equipos y de manera grupal, qué aplicaciones prácticas tiene esta actividad experimental.

Guía de observación.

Nombre de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre del docente: \_\_\_\_\_

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

INSTRUCCIONES: Marca con una X el registro de cumplimiento correspondiente.

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	Asiste puntualmente a la práctica				1 Punto	
2	Cumple con su bata				1 Punto	
3	Usa vale para solicitar material.				1 Punto	
4	Cumple con el material que fue solicitado para la práctica				1 Punto	
5	Respetar las normas de seguridad del laboratorio.				1 Punto	
6	Participa activamente en el desarrollo de la práctica.				1 Punto	
7	Comenta sus dudas durante el desarrollo de la práctica.				1 Punto	
8	Discute y concluye sus resultados de la práctica correctamente				1 Punto	
9	Comparte sus experiencias en el equipo.				1 Punto	
10	Guarda los materiales al término de la práctica.				1 Punto	
<b>Calificación total:</b>						

Lista de cotejo.

Nombre de la práctica: \_\_\_\_\_

Nombre del docente: \_\_\_\_\_

Nombre del alumno: \_\_\_\_\_

INSTRUCCIONES: Marca con una X el registro de cumplimiento correspondiente.

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	El reporte presenta orden y limpieza.				1	
2	El reporte se entrega en el tiempo estipulado.				1 Punto	
3	El cuestionario previo se encuentra completo y correctamente contestado.				1 Punto	
4	La tabla del experimento 1 se completó correctamente.				1Puntos	
5	Los esquemas son claros y acordes al desarrollo experimental				2 puntos	
6	El cuestionario del experimento 1 se encuentra completo.				1 puntos	
7	Las conclusiones están relacionadas con el tema.				1	
8	Las conclusiones mencionan al menos dos aplicaciones prácticas de la actividad experimental.				2	
<b>Calificación total:</b>						

**Práctica I-9 Comprobación experimental del Principio de Arquímedes**  
**[I.2].**

**Objetivo.**

Introducción al principio de Arquímedes.

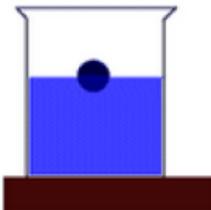
**Aspectos teóricos.**

Aspectos teóricos.

Principio descubierto por el científico griego Arquímedes, en donde estando un cuerpo sumergido en un fluido, se mantiene a flote por una fuerza igual al peso del fluido. Este principio, también conocido como la ley de hidrostática, se aplica a los cuerpos, tanto en flotación, como sumergidos; y a todos los fluidos. El principio de Arquímedes también hace posible la determinación de la densidad de un objeto de forma irregular, de manera que su volumen no se mide directamente. Si el objeto se pesa primero en el aire y luego en el en agua, entonces; la diferencia de estos pesos igualará el peso del volumen del agua cambiado de sitio, que es igual al volumen del objeto. Así la densidad del objeto puede determinarse prontamente, dividiendo el peso entre el volumen.

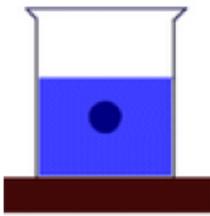
**Cuestionario de conceptos previos.**

1. ¿Cómo se enuncia el principio de Arquímedes?
2. A continuación se muestran las tres alternativas que pueden presentarse de acuerdo con el principio de Arquímedes. En cada caso señala la relación existente entre el peso del cuerpo y el empuje que ejerce el líquido.



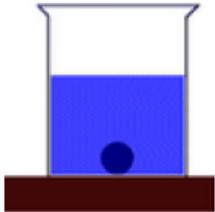
a) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b) \_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



c) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Pregunta Activadora:**

¿Por qué razón se hunde en el agua un tornillo de acero y no un barco, que es mucho más pesado?

**Hipótesis.**

Los cuerpos flotan porque su densidad es menor que la del agua a temperatura ambiente.

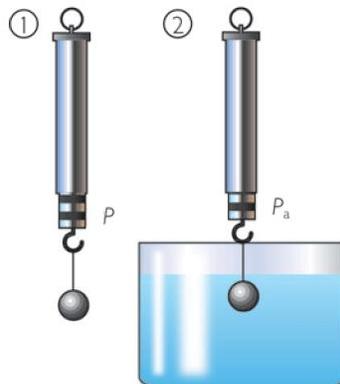
**Material y equipo.**

**Tabla I. 23** Equipo y materiales.

Material y/o equipo	Cantidad
Dinamómetro	1 pieza
Probeta	1 pieza
Vaso de precipitado	1 pieza
Piezas de un metal de distintos volúmenes	1 pieza
Hilo o cordón	0.3 m
Líquidos: agua, agua con sal, alcohol, glicerina, vinagre,...	1 litro

**Experimento 1.**

- a) Llena la probeta con agua hasta la mitad y anota su volumen inicial.
- b) Utilizando hilo, engancha la pieza metálica al dinamómetro para medir su peso en el aire, figura I.15.
- c) Sumerge la pieza en la probeta con agua, procurando no rozar con las paredes del recipiente, figura I.15. Mide ahora el nivel del líquido y anota el volumen de agua desplazado y el peso aparente de la pieza metálica.



**Figura I. 15** Dispositivo experimento 1.

- d) Registra los siguientes datos.
- Peso del trozo de acero en el aire: \_\_\_\_\_
- Peso aparente del objeto en agua: \_\_\_\_\_
- Fuerza de empuje: \_\_\_\_\_

- e) Empleando la expresión matemática, determina el valor de la Fuerza de Empuje y compara con el resultado anterior. Anota tus resultados.

$$E = P_e V$$

O bien

$$E = d \cdot g \cdot V$$

NOTA: Una experiencia opcional pero significativa es el poder recolectar el agua desplazada en una probeta, medir su masa en una balanza granataria y determinar su peso. De esta manera sencilla se puede comprobar también el principio de Arquímedes.

### Experimento 2.

a) Repite el procedimiento anterior utilizando piezas de un metal con distintos volúmenes. Anota tus resultados en la siguiente tabla I.24.

**Tabla I. 24** Registro de datos experimento 2.

Tabla 1			
Volumen ( $m^3$ )	Peso en el aire ( $N$ )	Peso aparente en el agua ( $N$ )	Fuerza de empuje ( $N$ )

b) Escribe tus observaciones en relación a la variación de la fuerza de empuje en función de los volúmenes empleados.

---



---

### Experimento 3.

a) Elige una pieza de metal para desarrollar lo siguiente.

b) Repite nuevamente el proceso pero esta vez utilizando líquido.

Completa la siguiente tabla I.25 con la información requerida.

**Tabla I. 25** Registro de datos experimento 3.

Sustancia	Volumen ( $m^3$ )	Peso del metal en el aire ( $N$ )	Peso del metal en el agua ( $N$ )	Fuerza de empuje ( $N$ )

c) ¿Cómo es la fuerza de flotación al utilizar la misma pieza de metal pero sumergida en líquidos distintos?

---

d) Escribe los valores de densidad de los líquidos empleados en orden ascendente.

---

e) Si comparamos el comportamiento de los datos, ¿Cómo influye la densidad del líquido en los resultados de la fuerza de empuje obtenidos?

---

### Cuestionario.

a) Se tienen tres objetos que ocupan en mismo volumen, un cilindro de cobre, una esfera de hierro y un cubo de aluminio. ¿Cuál de los tres objetos experimenta mayor empuje al introducirlos en agua? Justifica.

---



---

b) Consideremos un objeto de aluminio. Explica en qué momento experimenta un mayor empuje, si al introducirlo en agua o al introducirlo en alcohol.

---



---

c) Un cubo de 10 cm de arista flota en el agua de un estanque, sobresaliendo 2cm. Calcular el empuje ejercido por el agua sobre el cubo y determina la densidad del cubo.

---

**Conclusiones:**

Con base en los resultados obtenidos y a la hipótesis elaborada, reflexionar y discutir en forma grupal en relación al concepto de fuerza de empuje y las condiciones que la modifican. Relaciona los conocimientos adquiridos con situaciones cotidianas.

---



---

Evaluación de la práctica I-9 “Hundirse o flotar (Principio de Arquímedes)”.

Plantel:	Semestre: Cuarto	Asignatura: Física II	Grupo:
Profesor:	Alumno:		

Guía de observación.

Instrucciones: Marca con una X el registro de cumplimiento correspondiente.

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	Asiste puntualmente a la práctica				1 Punto	
2	Cumple con su bata				1 Punto	
3	Usa vale para solicitar material.				1 Punto	
4	Cumple con el material que fue solicitado para la práctica				1 Punto	
5	Respeto las normas de seguridad del laboratorio.				1 Punto	
6	Participa activamente en el desarrollo de la práctica.				1 Punto	
7	Comenta sus dudas durante el desarrollo de la práctica.				1 Punto	
8	Discute y concluye sus resultados de la práctica correctamente				1 Punto	
9	Comparte sus experiencias en el equipo.				1 Punto	
10	Guarda los materiales al término de la práctica.				1 Punto	
<b>Calificación total:</b>						

## Lista de cotejo.

INSTRUCCIONES: Marca con una X el registro de cumplimiento correspondiente.

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	El reporte presenta orden y limpieza.				1	
2	El reporte se entrega en el tiempo estipulado.				1 Punto	
3	El cuestionario previo se encuentra completo y correctamente contestado.				1 Punto	
4	La tabla del experimento 1 se completó correctamente.				1Puntos	
5	Los esquemas son claros y acordes al desarrollo experimental				2 puntos	
6	El cuestionario del experimento 1 se encuentra completo.				1 puntos	
7	Las conclusiones están relacionadas con el tema.				1	
8	Las conclusiones mencionan al menos dos aplicaciones prácticas de la actividad experimental.				2	
<b>Calificación total:</b>						

---

## Práctica I-10 Conductores y no conductores de calor [I.2].

### Objetivo:

Identificar los materiales que son buenos o malos conductores del calor mediante la realización de diferentes mediciones.

### Saberes previos.

El calor es una forma de energía y es una expresión del movimiento de las moléculas que componen un cuerpo. Por otro lado, la temperatura: es la medida del calor de un cuerpo (y no la cantidad de calor que este contiene o puede rendir). Los cambios de temperatura afectan el tamaño de los cuerpos, pues la mayoría de ellos se dilatan al calentarse y se contraen al enfriarse. El agua y el hule manifiestan un comportamiento contrario. Los gases se dilatan mucho más que los líquidos y estos más que los sólidos. En los gases y líquidos las partículas chocan unas con otras en forma continua, pero si se calientan chocan violentamente rebotando a mayores distancias y provocarán la dilatación. En los sólidos las partículas vibran alrededor de posiciones fijas; sin embargo, al calentarse aumenta su movimiento y se alejan de sus centros de vibración dando como resultado la dilatación. Por lo contrario, al bajar la temperatura las partículas vibran menos y el sólido se contrae. A la proporción en que puede aumentar un material su longitud, su superficie o su volumen, se le denomina coeficiente de dilatación lineal, superficial y cúbica respectivamente, este depende de cada sustancia.

Existen materiales que son buenos conductores del calor y otros malos. Esto depende del tipo de enlace químico de sus moléculas y de la facilidad para ceder electrones que se localizan en su último nivel de energía. Por ejemplo, los metales son excelentes conductores del calor y la electricidad; a diferencia de la madera, el asbesto, el corcho, la porcelana y la lana que son malos conductores. De la misma manera los líquidos y los gases son malos conductores del calor, por ejemplo el

aire provoca que la lana y las pieles sean buenos aislantes al tener espacios de aire en su interior.

**Questionario de conceptos antecedentes.**

1. ¿Qué es la dilatación?
2. ¿Es incremento de las dimensiones de un cuerpo por variación de un grado Celsius?
3. ¿Qué provoca la dilatación de los cuerpos?
4. ¿Por qué los líquidos se expanden en menor grado que los gases?
5. ¿De qué depende que los materiales sean buenos o malos conductores del calor?
6. Escribe los nombres de tres materiales que sean buenos conductores del calor.
7. Proporciona los nombres de tres materiales que sean malos conductores del calor.
8. ¿Por qué la lana y las pieles son buenos aislantes?

**Pregunta Activadora:**

En lugares donde comúnmente sufren de climas muy fríos con nevadas, ¿Qué problemas pueden tener con las tuberías hidráulicas domésticas?

**Hipótesis.**

- a) Los metales se calientan más rápidamente que otros materiales sólidos.
- b) Los metales al calentarse se deforman más que otros materiales sólidos.

**Materiales y sustancias.****Tabla I. 26** Materiales y equipo.

Elemento	Cantidad
Trozo de unigel * (alumno)	1
Bloque de madera * (alumno)	1
Soporte universal con anillo metálico	1
Bola de 6 cm de diámetro de papel periódico * (alumno)	1
Bola de 6 cm. de diámetro de papel aluminio * (alumno)	1
Suéter de Lana (alumno)	1
Lámpara de alcohol	1
Vela de parafina (alumno)	1
Termómetro de $-10$ a $+110$ °C	1
Varillas de diferentes metales del mismo diámetro aprox. (alumno)	

\* Nota: Todos los objetos deberán tener un orificio para introducir el bulbo del termómetro completamente.

a) Coloca sobre la mesa de trabajo los trozos de unigel y de madera, las bolas de papel periódico y de papel aluminio y el suéter de lana. Observar sin tocar y contestar lo siguiente: ¿Están a la misma temperatura todos los cuerpos, es decir, a la temperatura ambiente del lugar donde se encuentran? Hacer comentarios grupales y llegar a una conclusión al final del reporte.

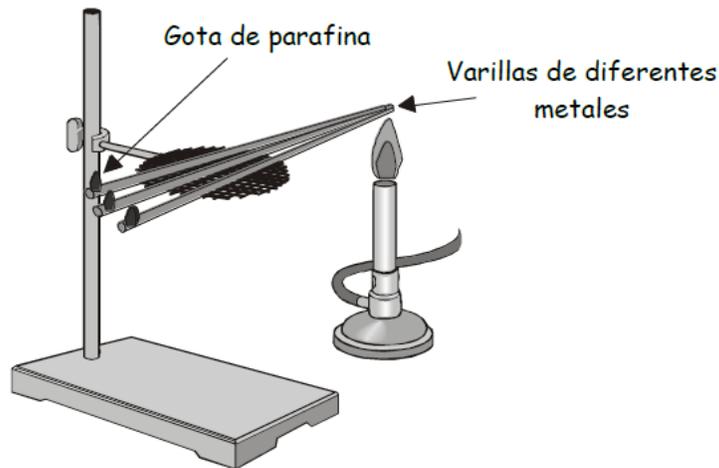
b) Tocar con la mano cada uno de los cuerpos y de acuerdo a la sensación percibida con el sentido del tacto, ordenarlos del más caliente al más frío y anotarlos en el reporte de resultados (I).

c) Determinar con el termómetro la temperatura real de los cuerpos, para ello introducir completamente el bulbo durante dos minutos en el orificio que se les hizo, en el caso del suéter de lana envolverlo con él. Evitar tocar los objetos para no transmitirles el calor del cuerpo humano, ya que este se encuentra a mayor temperatura (aproximadamente a  $37^{\circ}\text{C}$ ), reflexiona la siguiente pregunta: ¿Todos tienen la misma temperatura? Anota tus resultados en el reporte (II).

d) Coloca sobre el soporte universal, varillas de diferentes metales, de tal forma que todas queden juntas por un extremo y separadas por el otro. Coloca a cada

varilla en su extremo separado varias gotas de parafina. Acerca la lámpara de alcohol al extremo donde se juntaron todas las varillas de tal manera que todas reciban calor al mismo tiempo.

e) Observa como conducen el calor las varillas al derretir las gotas de parafina. ¿En cuál varilla se derritió primero?, ¿en cuál se derritió la gota al final? Anota en el reporte (III) el orden como se fueron derritiendo las gotas de parafina en las distintas varillas.



**Figura I. 16** Dispositivo experimento 1.

**Reporte de resultados.**

I. Empleando del sentido del tacto para ordenar los objetos de los cuerpos del más caliente al más frío:

- 1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_ 4. \_\_\_\_\_
- 5. \_\_\_\_\_ 6. \_\_\_\_\_

II. Uso del termómetro para ordenar los objetos de los cuerpos del más caliente al más frío:

- 1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_
- 3. \_\_\_\_\_ 4. \_\_\_\_\_
- 5. \_\_\_\_\_ 6. \_\_\_\_\_

III. Ordenar los metales de mayor a menor conducción de calor utilizando el dispositivo con las varillas:

1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_  
3. \_\_\_\_\_ 4. \_\_\_\_\_  
5. \_\_\_\_\_ 6. \_\_\_\_\_

Conclusiones.

a) ¿Qué diferencias se observaron entre el uso del termómetro y utilizando sólo el sentido del tacto, de acuerdo a los resultados obtenidos?

---

---

b) Explicar cuál es la forma más idónea para determinar cuáles materiales son buenos o malos conductores de calor.

---

---

**Evaluación de la práctica I-10 “Conductores y no conductores de calor”**

Plantel:	Semestre: Cuarto	Asignatura: Física II	Grupo:
Profesor:		Alumno:	

Guía de observación.

Instrucciones: Marca con una X el registro de cumplimiento correspondiente.

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	Asiste puntualmente a la práctica					
2	Cumple con su bata					
3	Usa vale para solicitar material.					
4	Cumple con el material que fue solicitado para la práctica					
5	Respeto las normas de seguridad del laboratorio.					
6	Participa activamente en el desarrollo de la práctica.					
7	Comenta sus dudas durante el desarrollo de la práctica.					
8	Discute y concluye sus resultados de la práctica correctamente					
9	Comparte sus experiencias en el equipo.					
10	Guarda los materiales al término de la práctica.					
<b>Calificación total:</b>						

## Lista de cotejo.

INSTRUCCIONES: Marca con una X el registro de cumplimiento correspondiente.

No	Acciones a evaluar	Registro			Ponderación	Calificación
		Si	No	NA		
1	El reporte presenta orden y limpieza.					
2	El reporte se entrega en el tiempo estipulado.					
3	El cuestionario previo se encuentra completo y correctamente contestado.					
4	La hipótesis se basa en una variable experimental y una predicción.					
5	Los cuadros fueron completados de acuerdo a las observaciones.					
6	Los esquemas son claros y acordes al desarrollo experimental					
7	El cuestionario se encuentra completo.					
8	Las conclusiones están relacionadas con el tema.					
<b>Calificación total:</b>						

---

**Referencias bibliográficas.**

- [1.1] Pérez M.H. Física para Bachillerato, Publicaciones Cultural, México.
- [1.2] Manual Pasco ME 6831.
- [1.3] Equipment for engineering education- home, G.U.N.T.
- [1.4] Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito”.
- [1.5] 3B Scientific, [www.a3bs.com](http://www.a3bs.com).
- [1.6] Lambda Scientific Systems, Physics Experiment Apparatus.
- [1.7] Equipo de ensayo de estática, G.U.N.T.
- [1.8] Ullman G. D. The mechanical design process. McGraw Hill. Fourth edition.
- [1.9] Cohen L. Quality function deployment How to make QFD work for you, Addison Wesley Longman Inc.
- [2.1] Peña Pedraza H. Manual del laboratorio de mecánica, Laboratorio de Mecánica - Universidad de Pamplona.
- [2.2] Resnick, Krane, Kenneth. Physics. John Wiley & Sons. New York: 2001.
- [2.3] Budynas R. G. and Nisbett K. Diseño de ingeniería mecánica de Shigley Series en ingeniería mecánica Novena edición.
- [2.4] Beer-Jhonston-Eisenberg, Mecánica vectorial para ingenieros, Dinámica McGraw Hill, Octava edición, México.
- [2.5] Catalogo de resortes Diamond, [www.diamondwire.com](http://www.diamondwire.com).
- [2.6] Mata D. A. Modelización analítica del impacto de proyectiles rígidos sobre placas de aleaciones de aluminio. Universidad Carlos III Madrid. 2012.
- [4.1] Beer-Jhonston-Eisenberg, Resistencia de materiales, McGraw Hill, Tercera edición, México.
- [5.1] Serway R. A., Biechner R. J Física para Ciencias e Ingeniería. Editorial McGraw Hill, México 2004.
- [5.2] Tiberius, M. M.J La Dinámica Global. [www.molwick.com](http://www.molwick.com).
- [5.3] White, Harvey E. Física Moderna. Van Nostrand. ISBN 0442294018.
- [6.1] <http://www.lumetalplastic.com>
- [1.1] Manual de Prácticas de Laboratorio Física I, Colegio de Bachilleres del Estado de Hidalgo.

[1.2] Manual de Prácticas de Laboratorio Física II, Colegio de Bachilleres del Estado de Hidalgo.

Otras fuentes de información.

Gil S. y Rodríguez E. Física Re-creativa 2001 – [www.fisicarecreativa.com](http://www.fisicarecreativa.com)

Cárdenas, G.C Fundamentos de Física. Editorial Trillas. México 2005.

Hewitt P. G. Física Conceptual. Editorial Trillas. México 2005.

Tippens P. E. Física Conceptos y Aplicaciones. Editorial Mc Graw Hill. México 2001.