



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

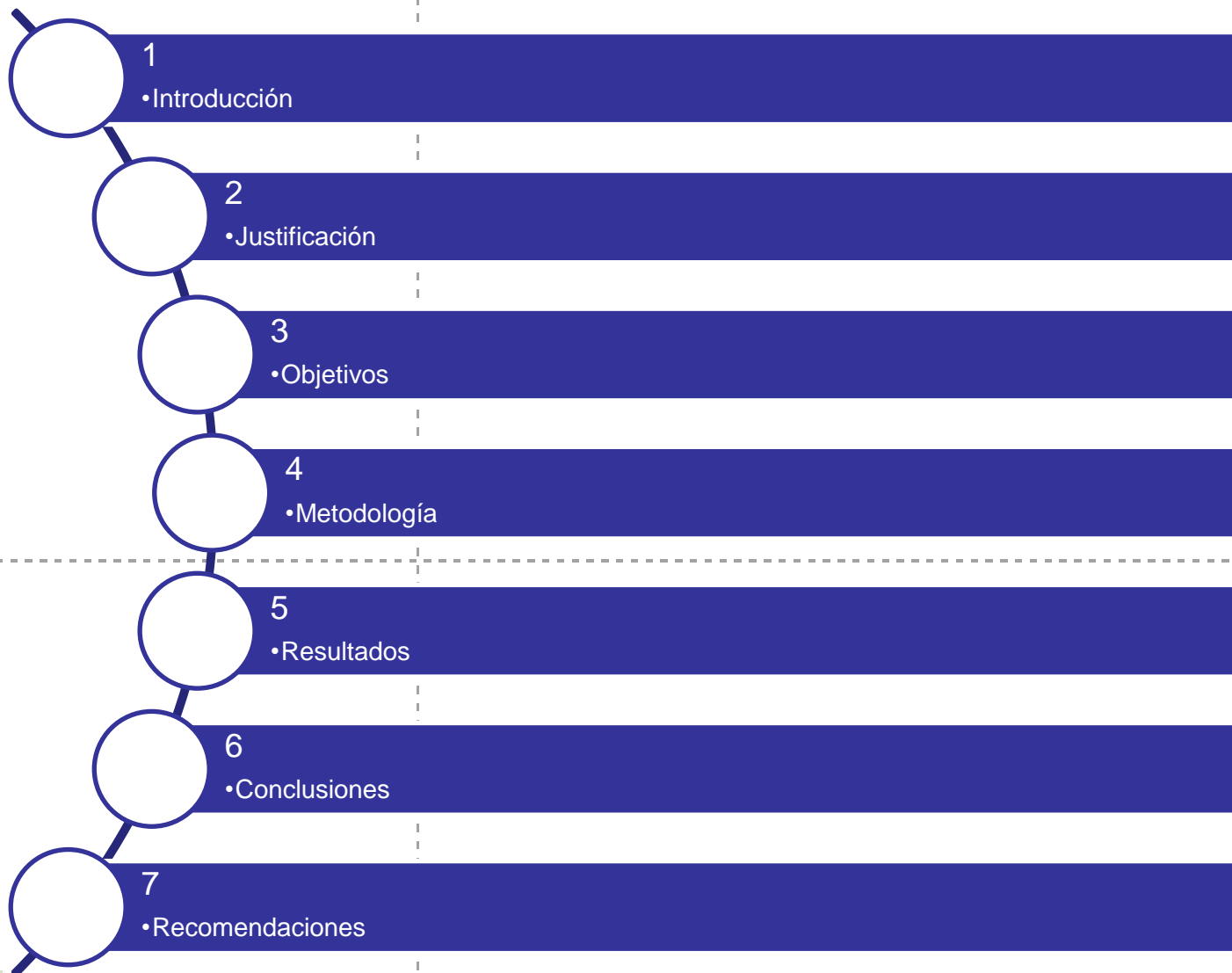
**TEMA: “ESTUDIO DEL ACERO DULCE Y MADERA SOMETIDOS A  
CORTE DIRECTO UTILIZANDO LABORATORIOS VIRTUALES Y  
SOFTWARE CAD BAJO NORMAS INTERNACIONALES”**

**AUTOR: MÉNDEZ SALAS, RICARDO MATHEW**

**TUTOR: ING. CARVAJAL NARANJO, MIGUEL ALBERTO**

**LATACUNGA, FEBRERO 2022**





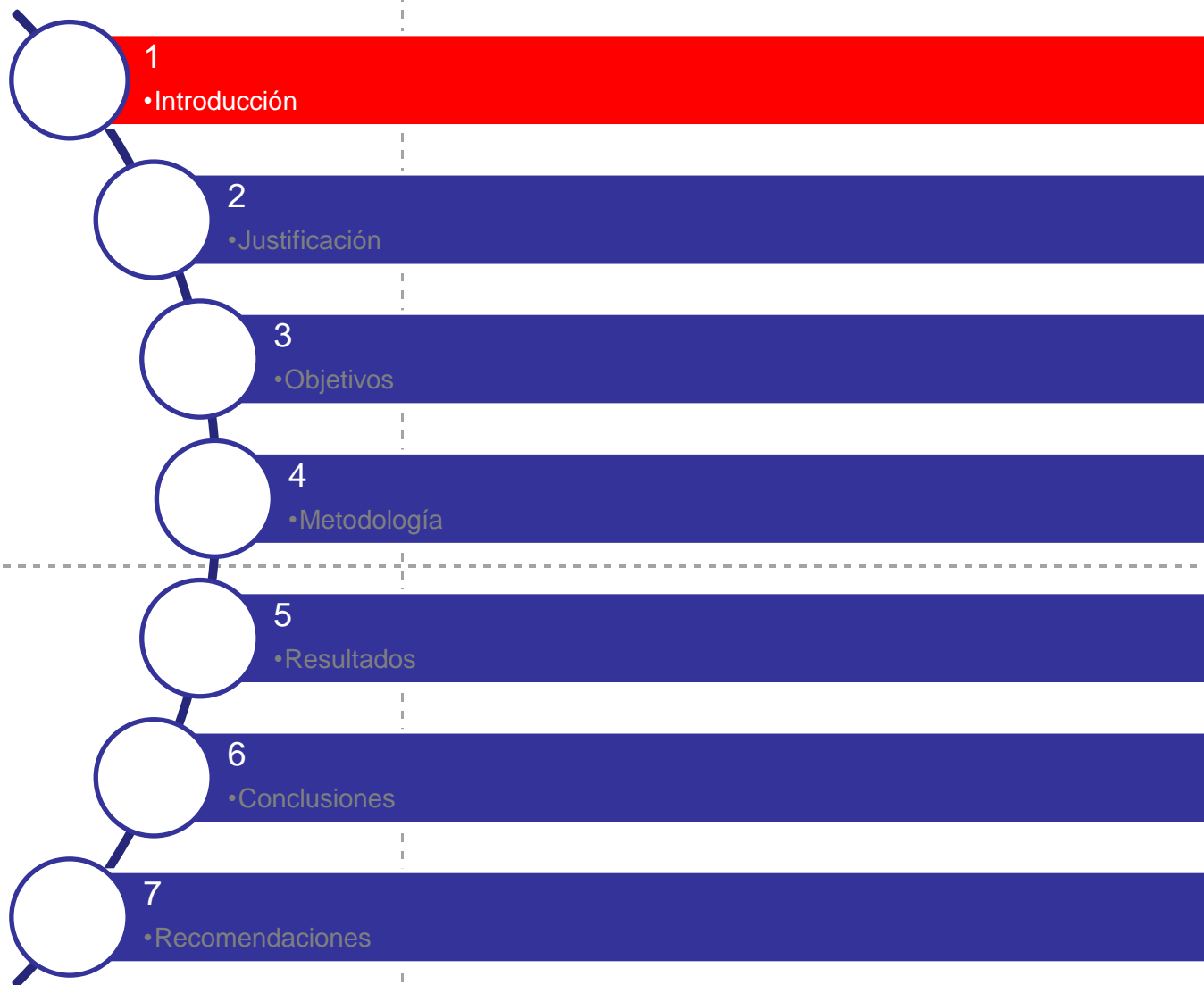


**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# CONTENIDO



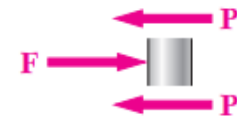
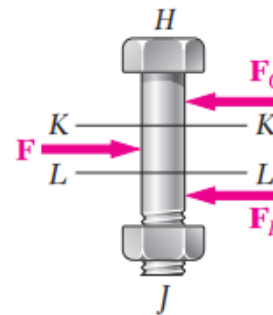
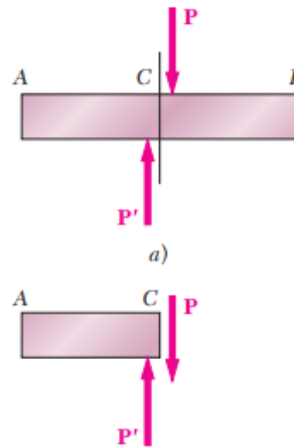
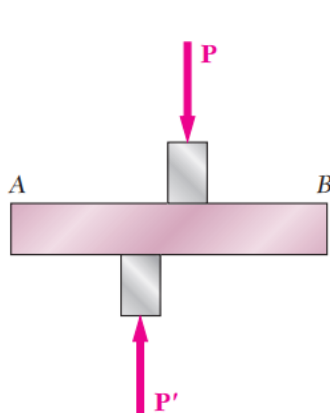
## Ensayo de corte directo

Simple

Doble

$$\tau_{prom} = \frac{P}{A}$$

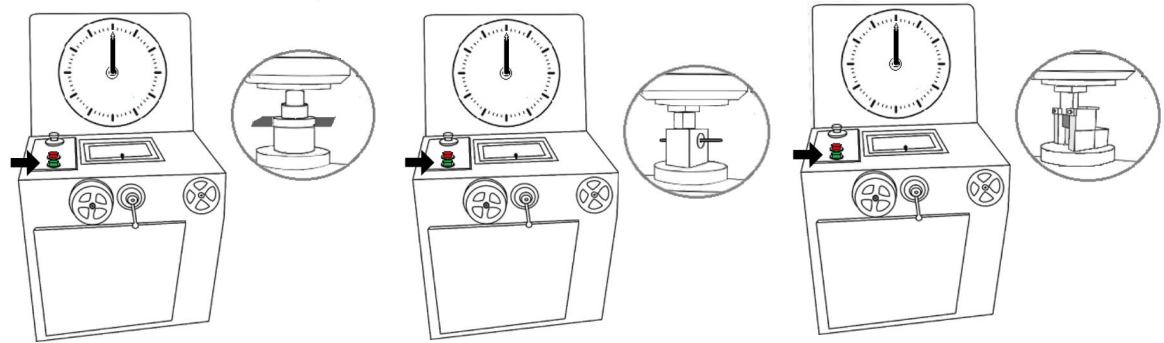
$$\tau_{prom} = \frac{P}{A} = \frac{F/2}{A} = \frac{F}{2A}$$



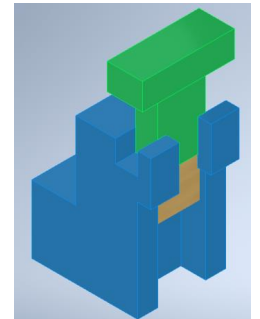
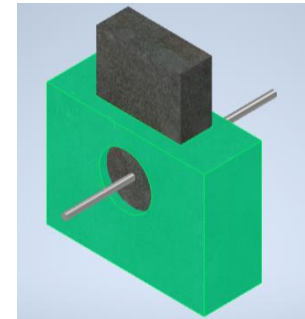
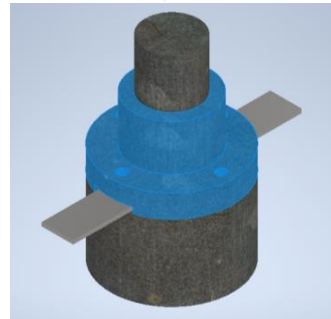


## Métodos de obtención de valores de resistencia al corte directo

Laboratorio Virtual

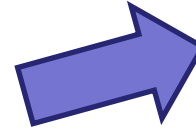


Software CAD Inventor

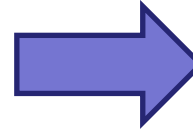




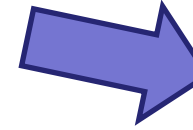
**Normativas  
Empleadas**



Placa de acero  
IS: 5242 – 1979



Varilla de acero  
IS: 5242 – 1979



Madera  
IS: 1708 (Parte 11)  
– 1986

**Parámetros que intervienen en el ensayos**

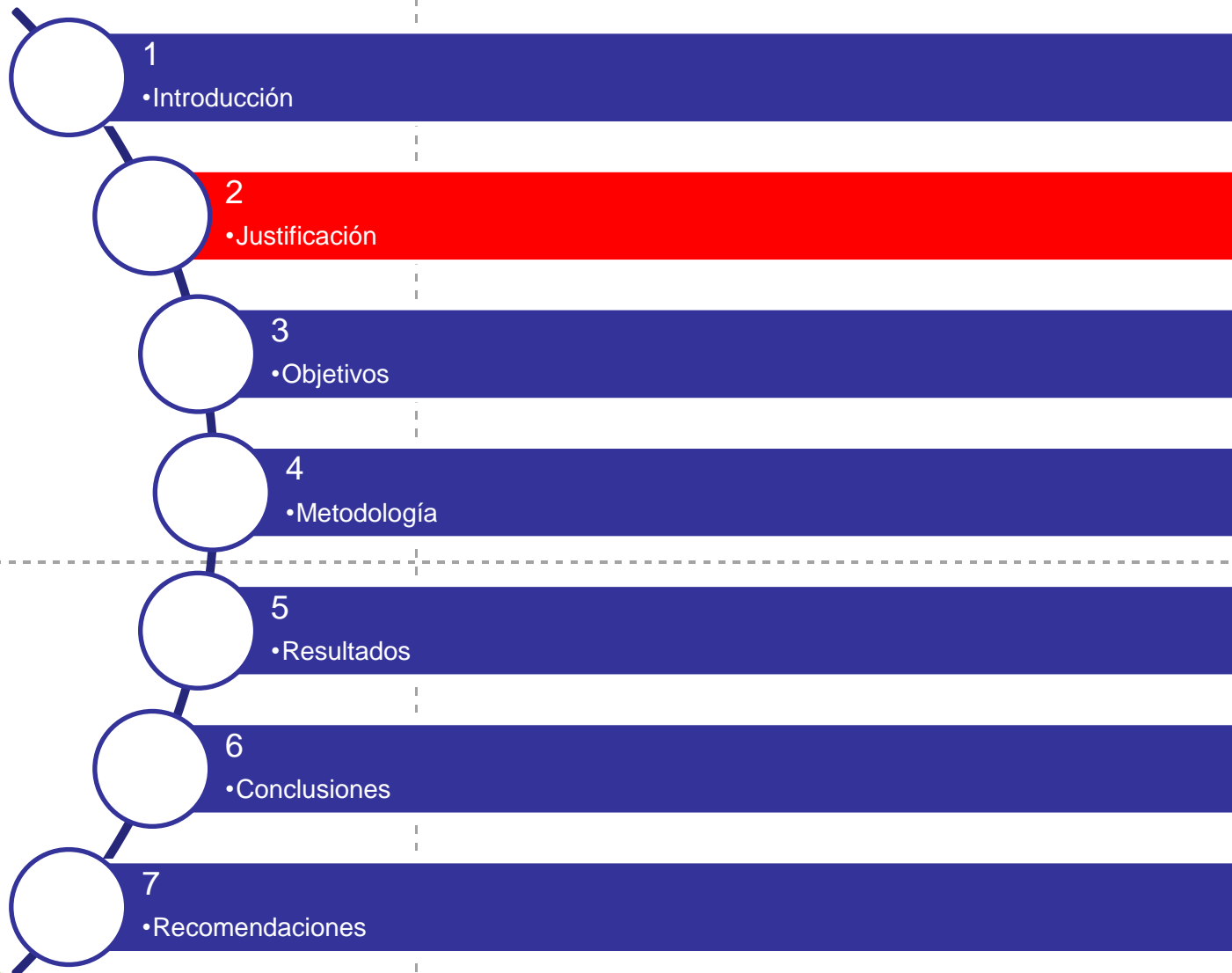
**Accesorios  
para ensayos  
de corte**

**Material de  
las probetas**

**Fórmula de  
Cálculo**

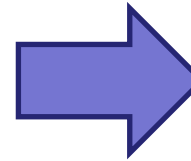
**Dimensiones  
de la probeta**

**Cargas**

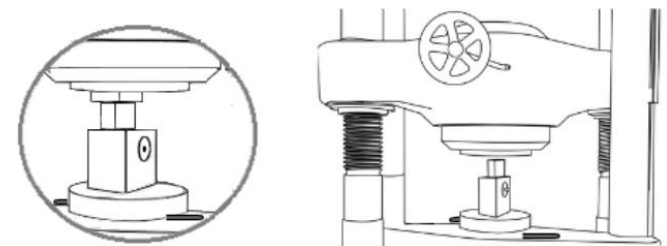
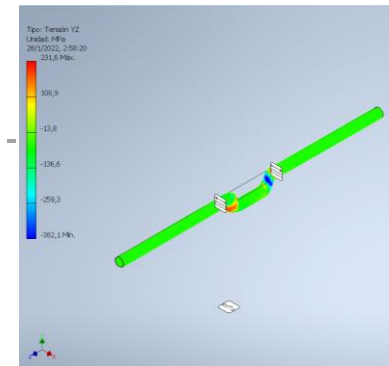
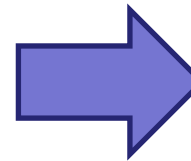




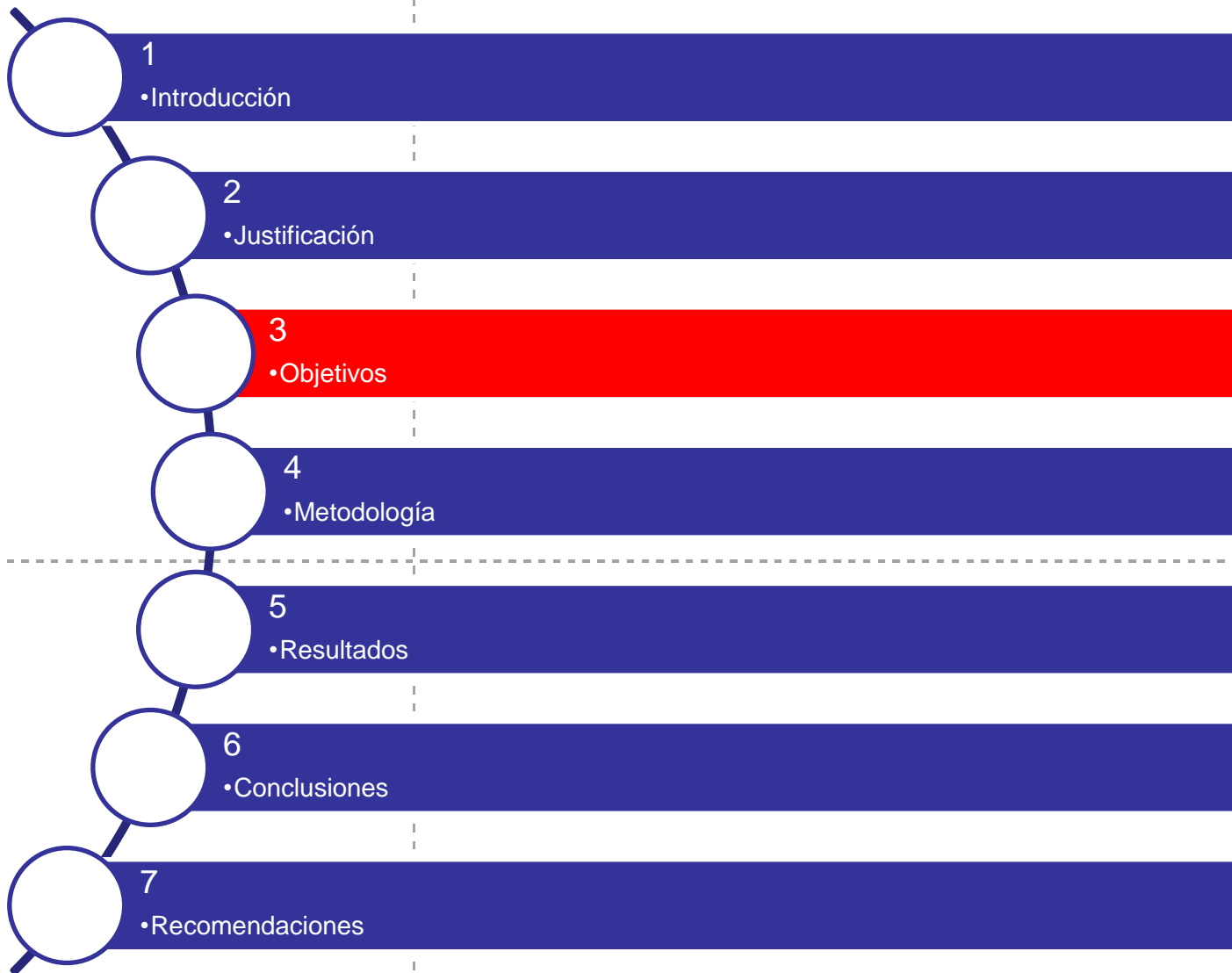
La importancia de realizar este proyecto de investigación se radica en la necesidad de crear nuevas herramientas profesionales y pedagogías dentro del área de ensayos de mecánica de los materiales.



Esta investigación podrá beneficiar a estudiantes e ingenieros con la realización de ensayos con valores bastante aproximados a los reales que al mismo tiempo servirá de capacitación acerca del procedimiento a realizar.







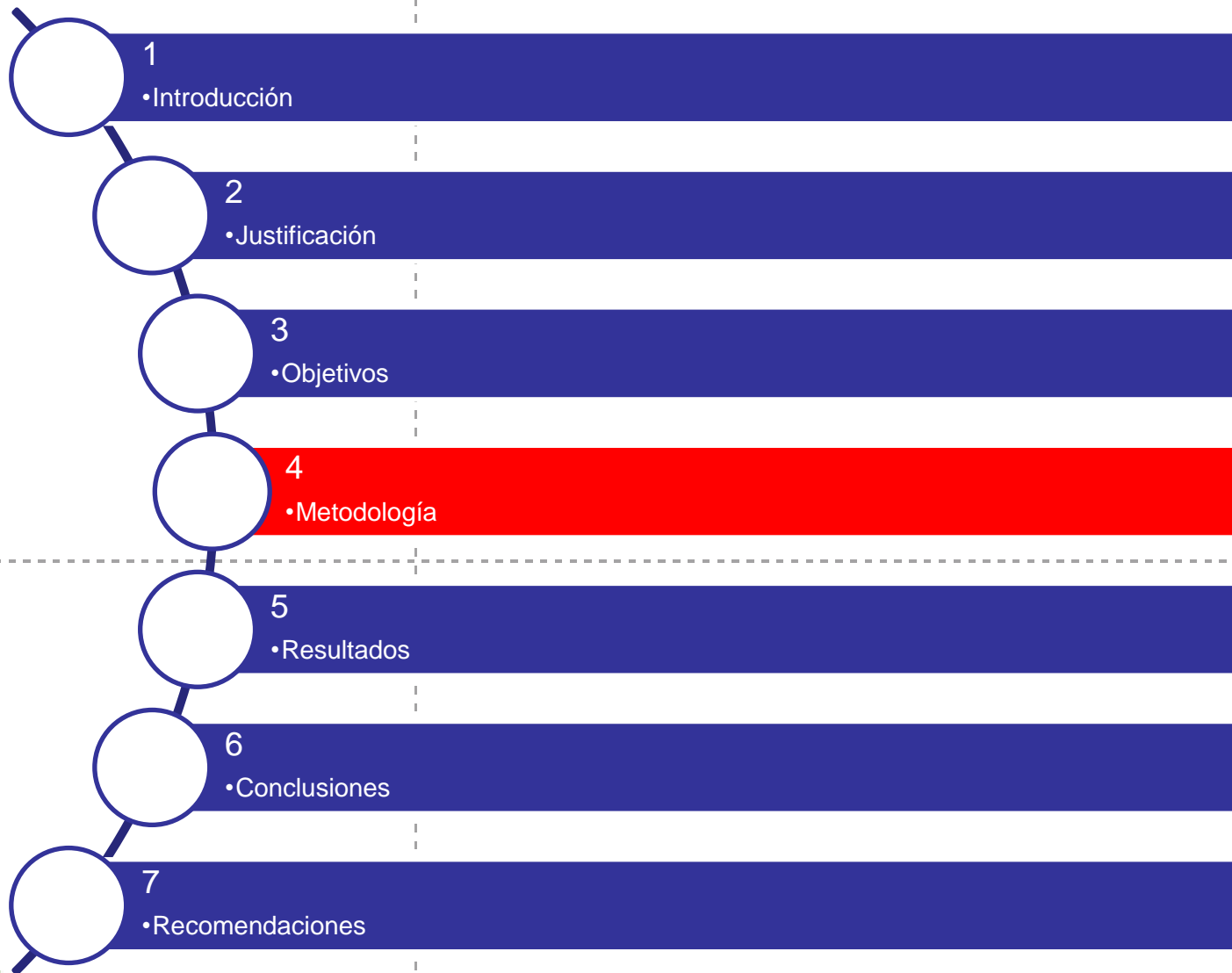


## Objetivo General

- Determinar las propiedades mecánicas de los materiales sometidos a corte directo bajo normas utilizando laboratorios virtuales y software CAD.

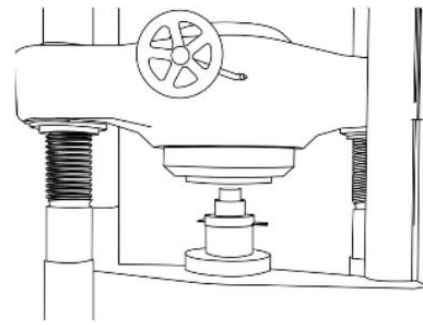
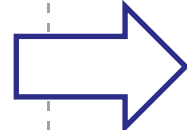
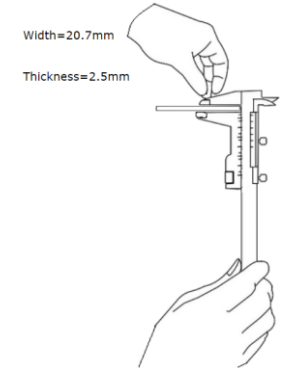
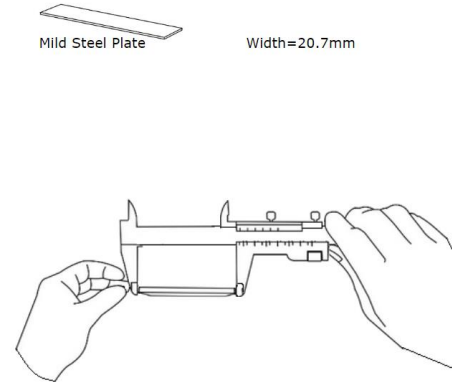
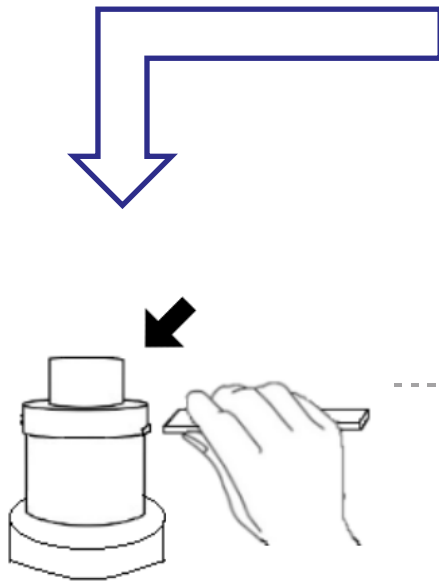
## Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades mecánicas del acero dulce y madera sometidos a corte directo bajo normas utilizando laboratorios virtuales.
- Determinar las propiedades mecánicas del acero dulce y madera sometidos a corte directo bajo normas utilizando software CAD.



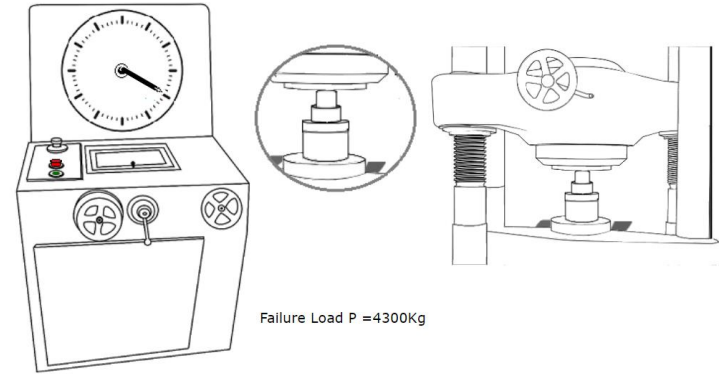
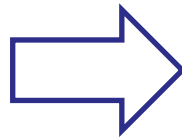
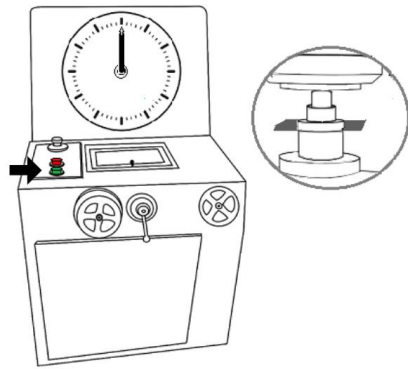


### Desarrollo del ensayo de corte directo en una placa de acero dulce en el Laboratorio Virtual





## Desarrollo del ensayo de corte directo en una placa de acero dulce en el Laboratorio Virtual



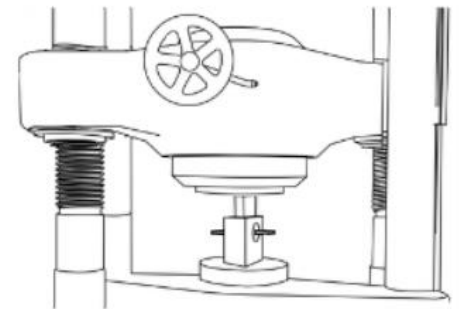
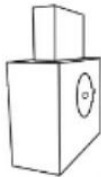
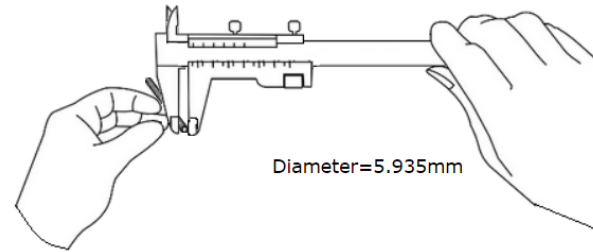
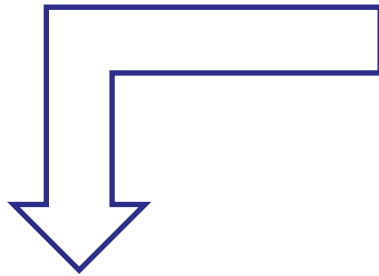
Failure Load P = 4300Kg



Dimensión	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Ancho (mm)	20,7	21,2	21,4
Espesor (mm)	2,5	2,6	2,4
Área (mm <sup>2</sup> )	51,75	55,12	51,36
Carga de Fallas (kg)	4300	4800	3300
Carga de Fallas (N)	42183	47088	32373
Resistencia al corte doble (MPa)	407,565	427,141	315,158
Resistencia al corte doble Promedio (MPa)			383,288

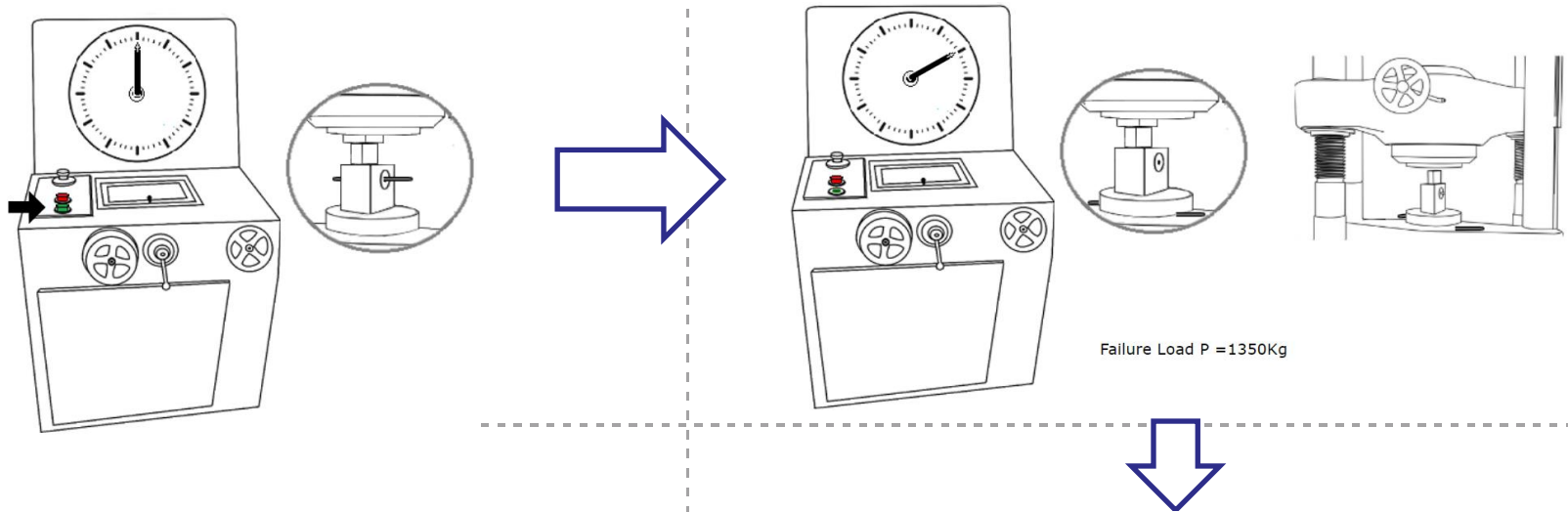


### Desarrollo del ensayo de corte directo en una varilla de acero dulce en el Laboratorio Virtual





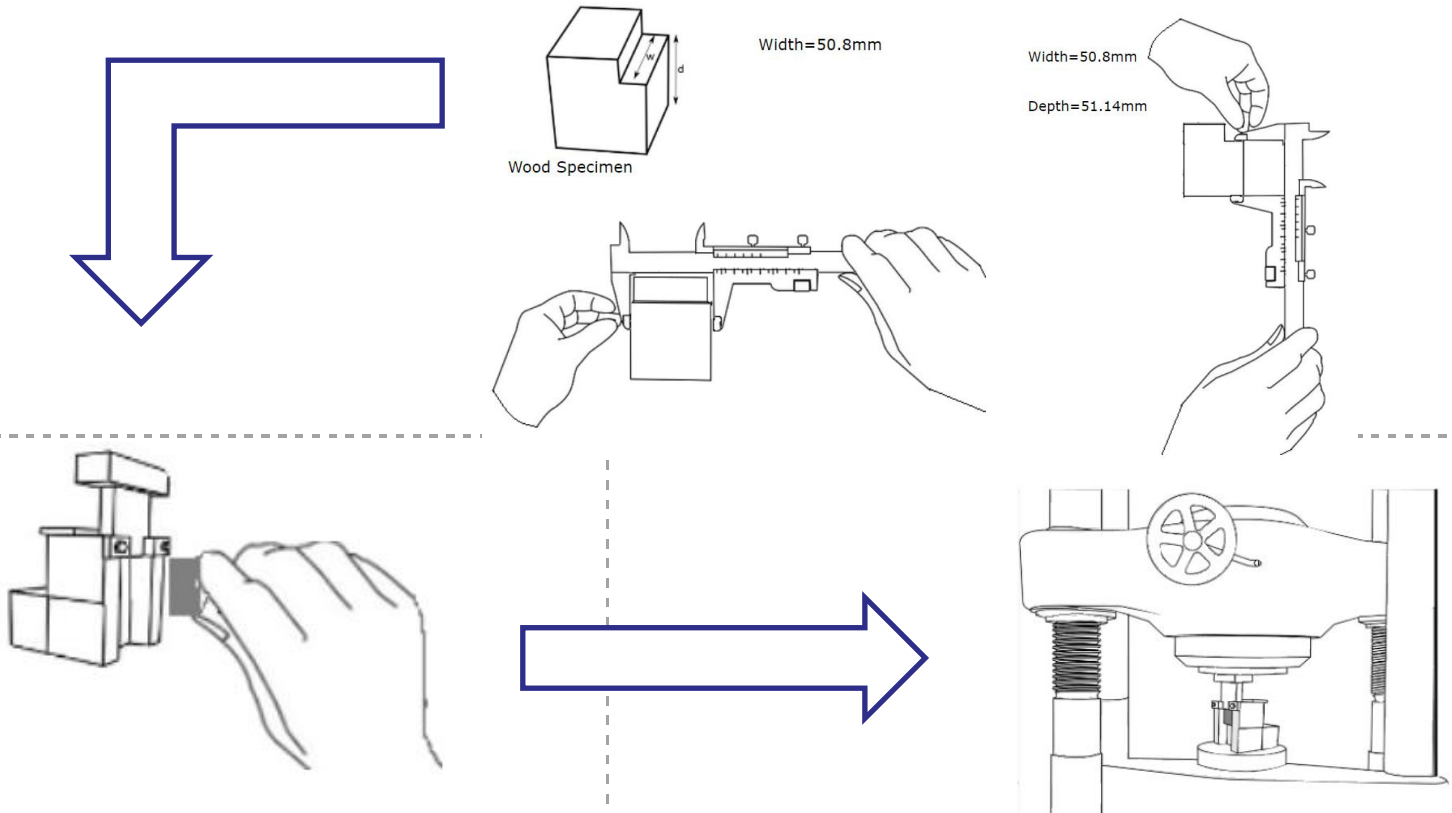
# Desarrollo del ensayo de corte directo en una varilla de acero dulce en el Laboratorio Virtual



Dimensión	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Diámetro (mm)	5,935	5,91	6,06
Área (mm <sup>2</sup> )	27,665	27,432	28,843
Carga de Fallas (kg)	1350,000	1300,000	1700
Carga de Fallas (N)	13243,500	12753,000	16677,000
Resistencia al corte doble (MPa)	239,354	232,444	289,103
<b>Resistencia al corte doble Promedio (MPa)</b>			<b>253,634</b>

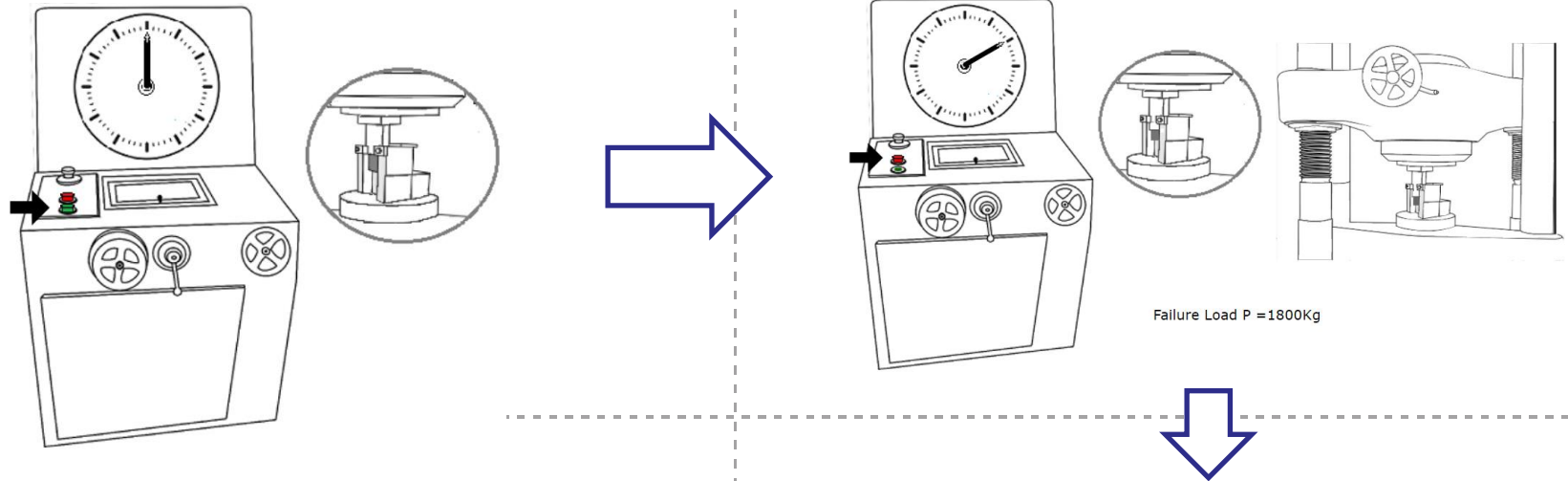


### Desarrollo del ensayo de corte directo en una probeta de madera en el Laboratorio Virtual





# Desarrollo del ensayo de corte directo en una probeta de madera en el Laboratorio Virtual



Dimensión	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
Ancho (mm)	50,8	51,84	50,5
Profundidad (mm)	51,14	50,84	50,5
Área (mm <sup>2</sup> )	2597,912	2635,5456	2550,25
Carga de Fallas (kg)	1800	2450	2400
Carga de Fallas (N)	17658	24034,5	23544
Resistencia al corte simple (MPa)	6,797	9,119	9,232
<b>Resistencia al corte simple Promedio (MPa)</b>			<b>8,383</b>



## Creación de materiales previo a la simulación en Inventor

*Propiedades Mecánicas del Acero para herramientas AISI tipo W1*

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.83 g/cc	0.283 lb/in <sup>3</sup>	

Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Hardness, Brinell	498	498	Converted from Rockwell C Hardness.
Hardness, Knoop	558	558	Converted from Rockwell C Hardness.
Hardness, Rockwell C	50 - 51	50 - 51	370°C temper
Hardness, Vickers	531	531	Converted from Rockwell C Hardness.
Tensile Strength, Ultimate	1680 MPa	244000 psi	
Tensile Strength, Yield	1500 MPa	218000 psi	
Elongation at Break	3.5 %	3.5 %	
Modulus of Elasticity	205 GPa	29700 ksi	
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steels.
Poissons Ratio	0.28	0.28	
Machinability	40 %	40 %	Based on AISI 1212 steel = 100%
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	
Charpy Impact, Unnotched	86.0 J	63.4 ft-lb	

Tipo y grado	Esfuerzo permisible											
	Flexión		Tensión paralela a la veta		Cortante horizontal		Compresión		Módulo de elasticidad			
	lb/in <sup>2</sup>	MPa	lb/in <sup>2</sup>	MPa	lb/in <sup>2</sup>	MPa	Perpendicular a la veta	Paralela a la veta	ksi	GPa		
Pino Douglas—2 a 4 in de espesor, 6 in o más de ancho												
Núm. 1	1750	12.1	1050	7.2	95	0.66	385	2.65	1250	8.62	1800	12.4
Núm. 2	1450	10.0	850	5.9	95	0.66	385	2.65	1000	6.90	1700	11.7
Núm. 3	800	5.5	475	3.3	95	0.66	385	2.65	600	4.14	1500	10.3
Abeto—2 a 4 in de espesor, 6 in o más de ancho												
Núm. 1	1400	9.6	825	5.7	75	0.52	245	1.69	1000	6.90	1500	10.3
Núm. 2	1150	7.9	675	4.7	75	0.52	245	1.69	800	5.52	1400	9.7
Núm. 3	625	4.3	375	2.6	75	0.52	245	1.69	500	3.45	1200	8.3

**▼ Información**

Nombre: Acero ASTM A36

Descripción: Acero ASTM A36, Fy 36 kpc

Palabras clave: Carbono,Estructural,1.0117,e...

Tipo: Metal

Subclase: Acero

Origen: Autodesk

URL de origen:

**▼ Térmico básico**

Conductividad térmica: 4,500E+01 Con (m · k)

Calor específico: 0,480 J / (G · ° C)

Coefficiente de dilatación térmica: 11,700 µm/(m·°C)

**▼ Mecánico**

Comportamiento: Isótropo

Módulo de Young: 199,959 GPa

Coefficiente de Poisson: 0,30

Módulo cortante: 76908,000 MPa

Densidad: 7,850 g/cm<sup>3</sup>

**▼ Resistencia**

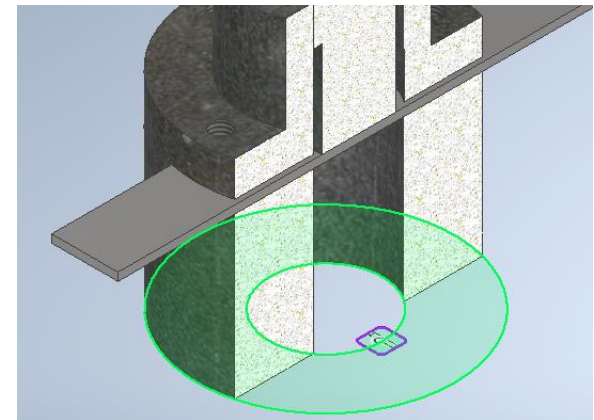
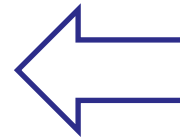
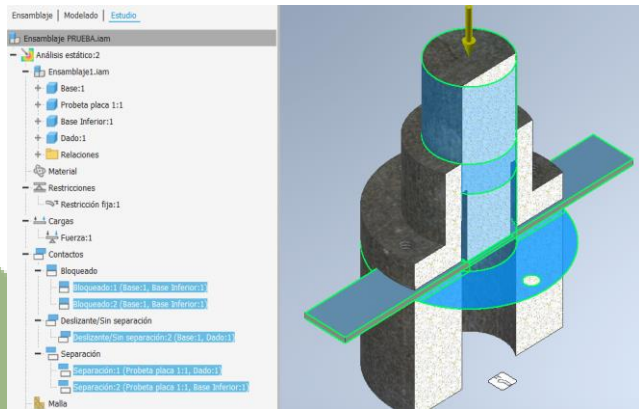
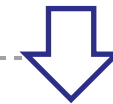
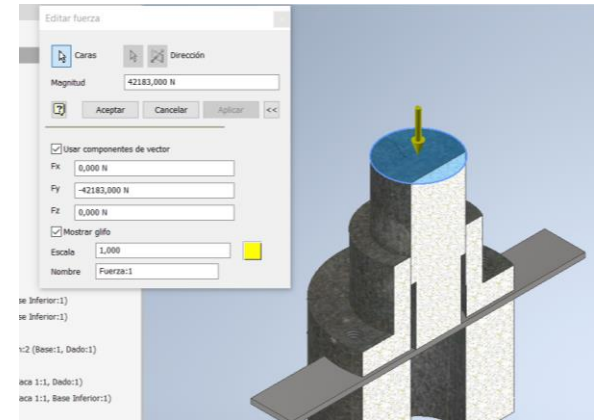
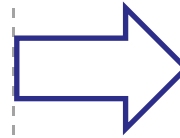
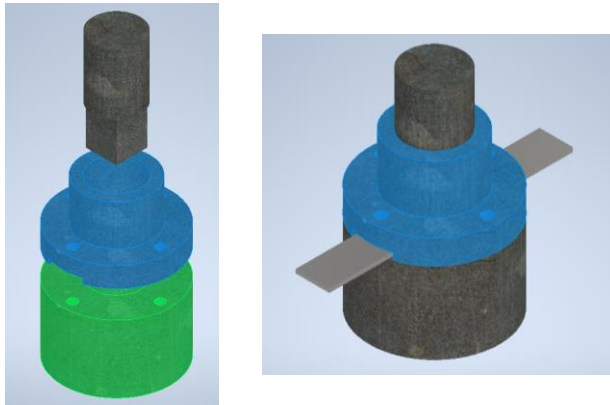
Límite de elasticidad: 248,225 MPa

Resistencia máxima a tracción: 399,900 MPa

Tratado térmicamente

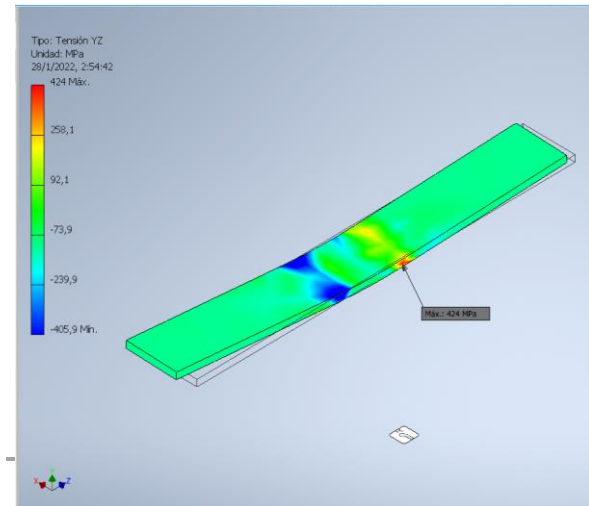
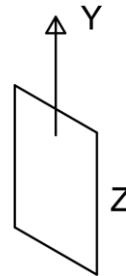
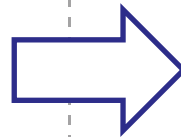
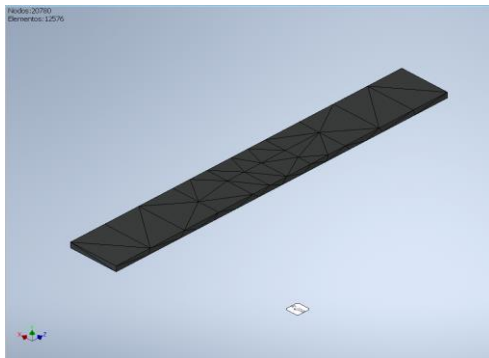


# Desarrollo del ensayo de corte directo en una placa de acero dulce en Inventor





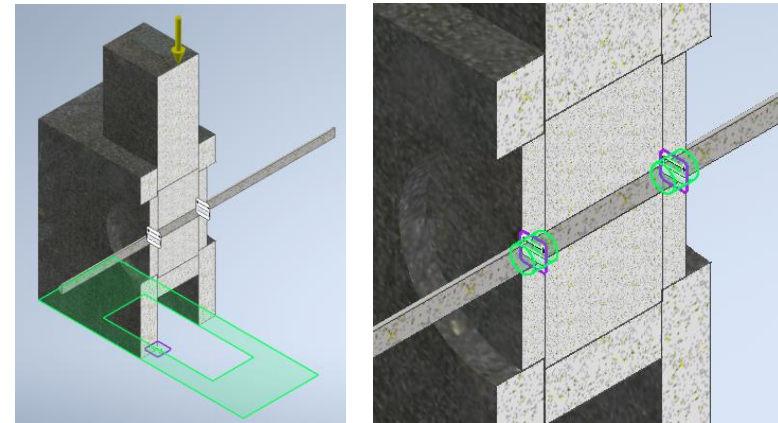
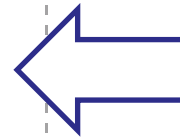
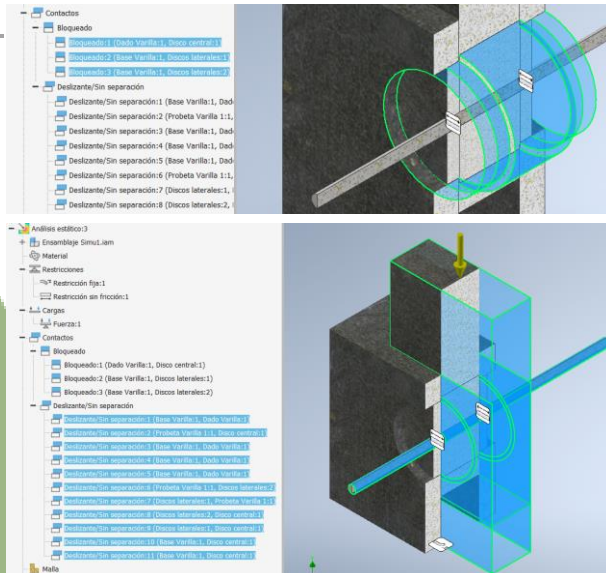
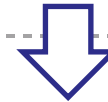
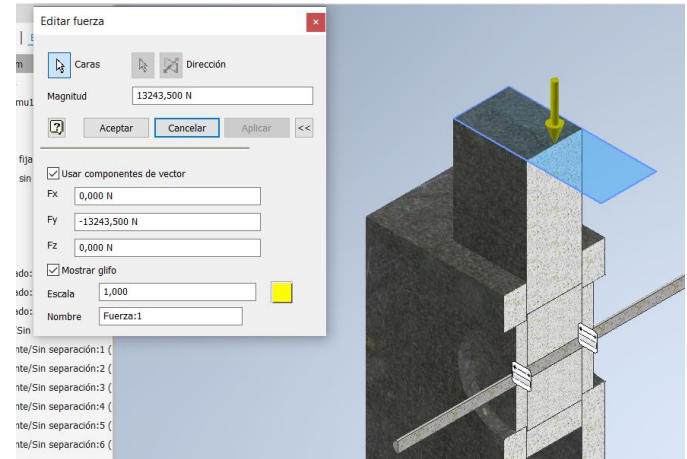
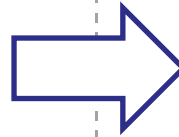
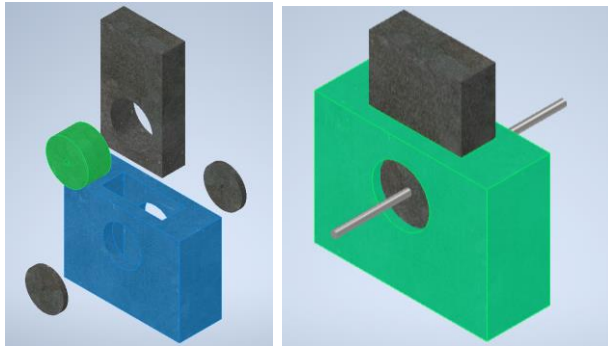
# Desarrollo del ensayo de corte directo en una placa de acero dulce en Inventor



Dimensión	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
Resistencia al corte doble (MPa) Simulación	424	439,4	323,3	395,567

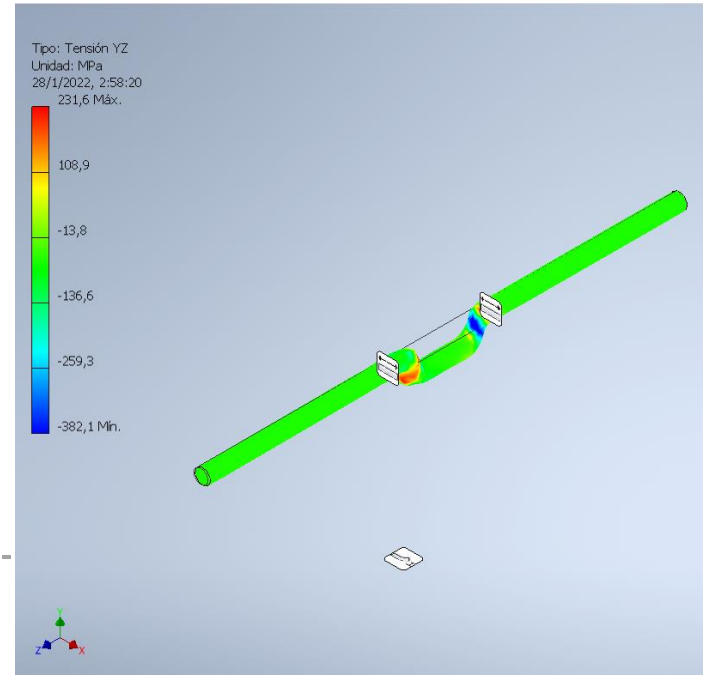
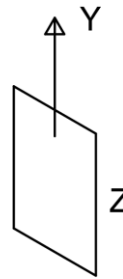
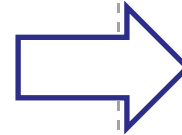
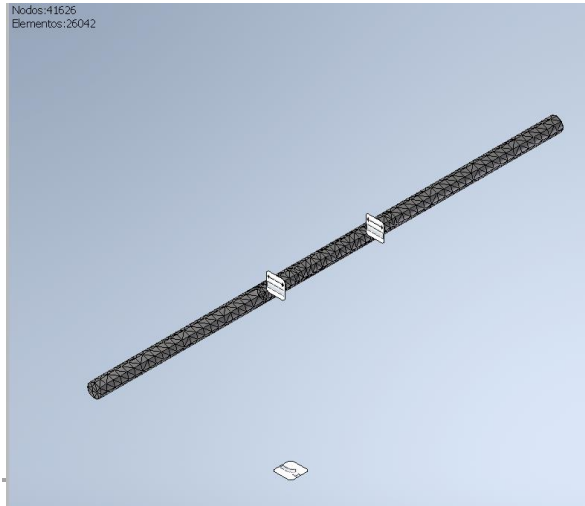


## Desarrollo del ensayo de corte directo en una varilla de acero dulce en Inventor





# Desarrollo del ensayo de corte directo en una varilla de acero dulce en Inventor

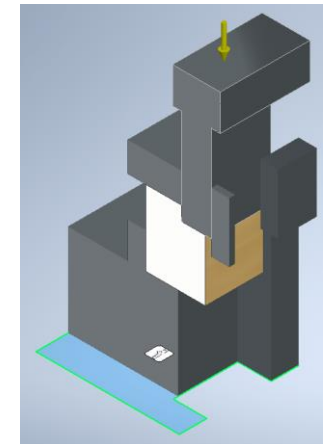
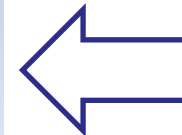
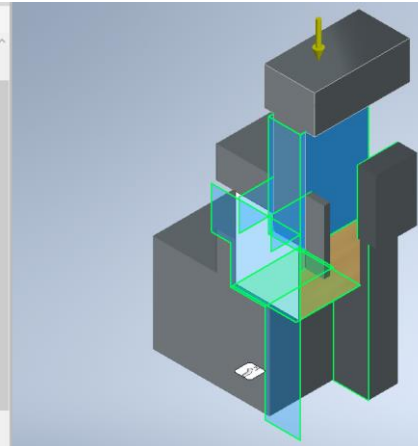
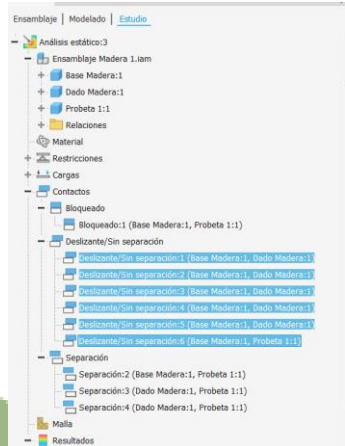
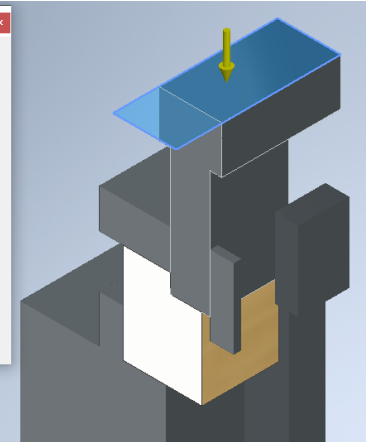
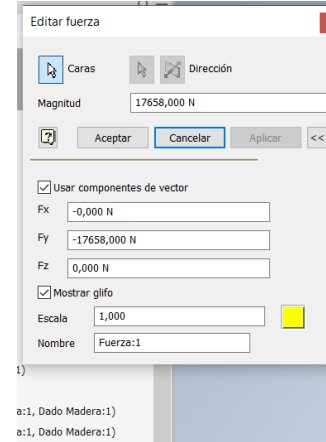
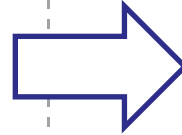
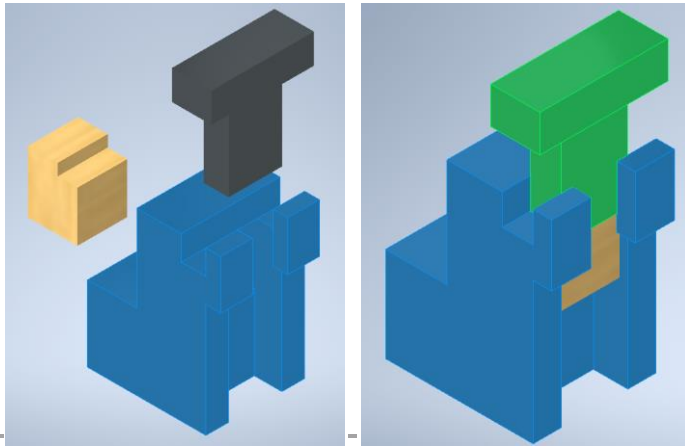


Dimensión	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
Resistencia al corte doble (MPa) Simulación	231,6	235,4	326,8	264,600



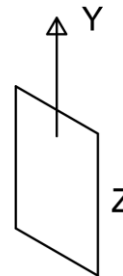
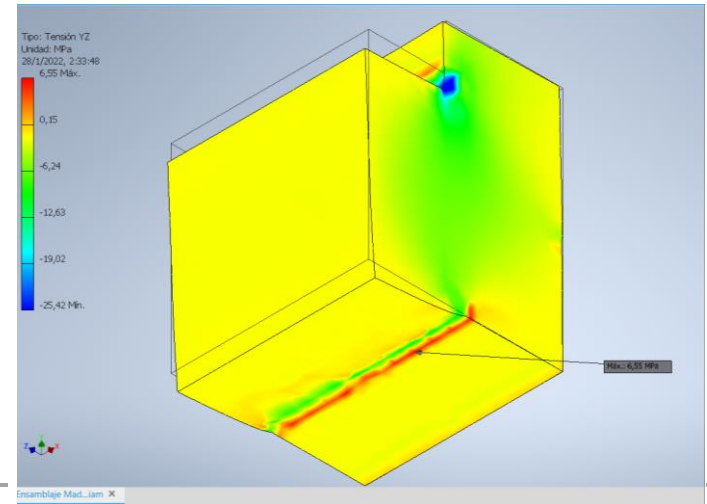
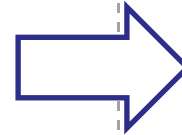
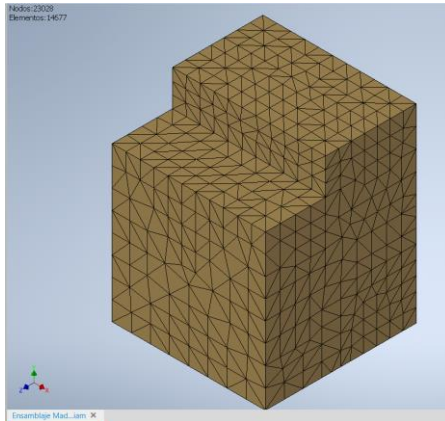


# Desarrollo del ensayo de corte directo en una probeta de madera en Inventor



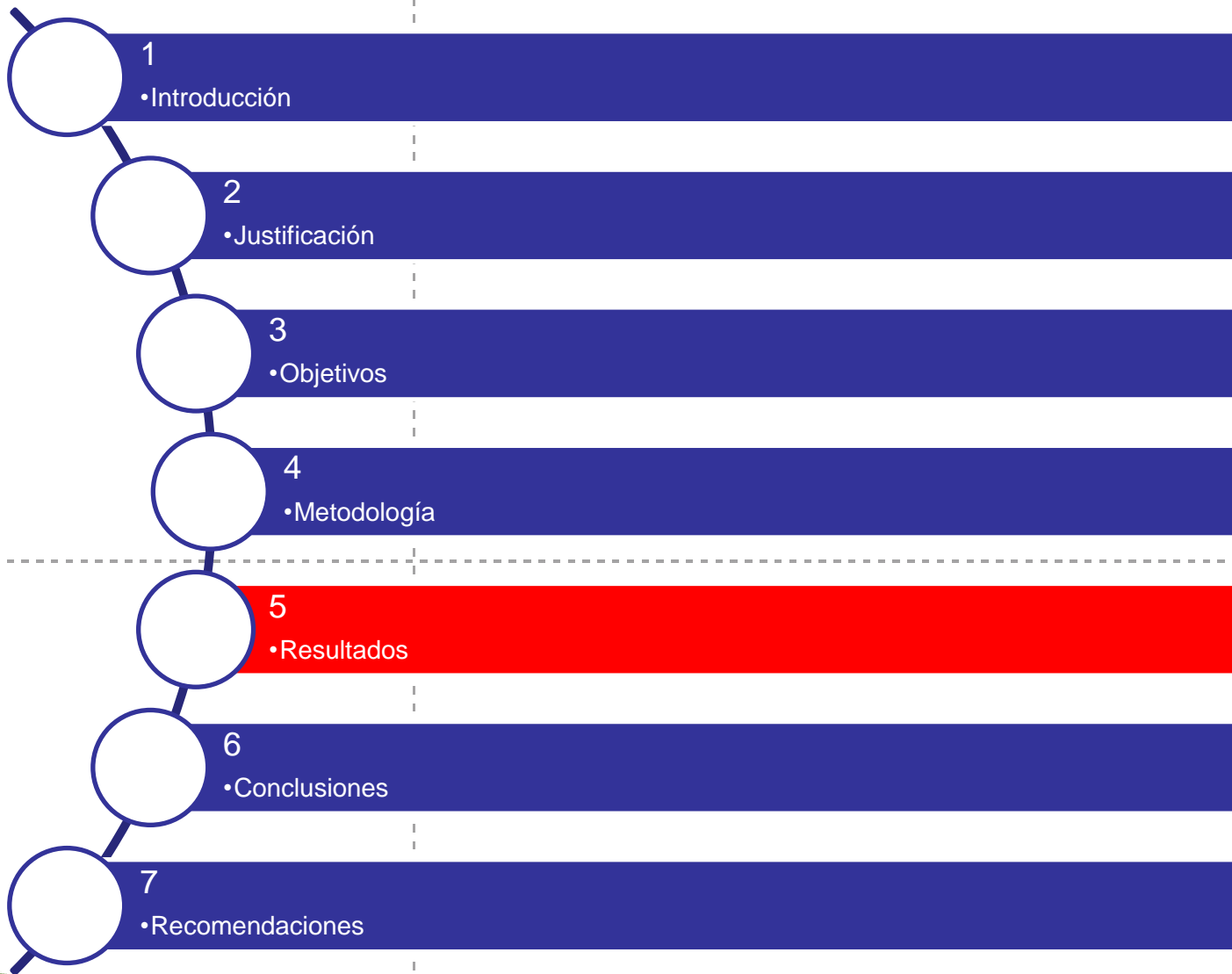


# Desarrollo del ensayo de corte directo en una probeta de madera en Inventor



Dimensión	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
Resistencia al corte simple (MPa) Simulación	6,55	8,83	8,17	7,850





## ➤ **RESULTADOS**

*Resultados de la simulación en una placa de acero dulce*

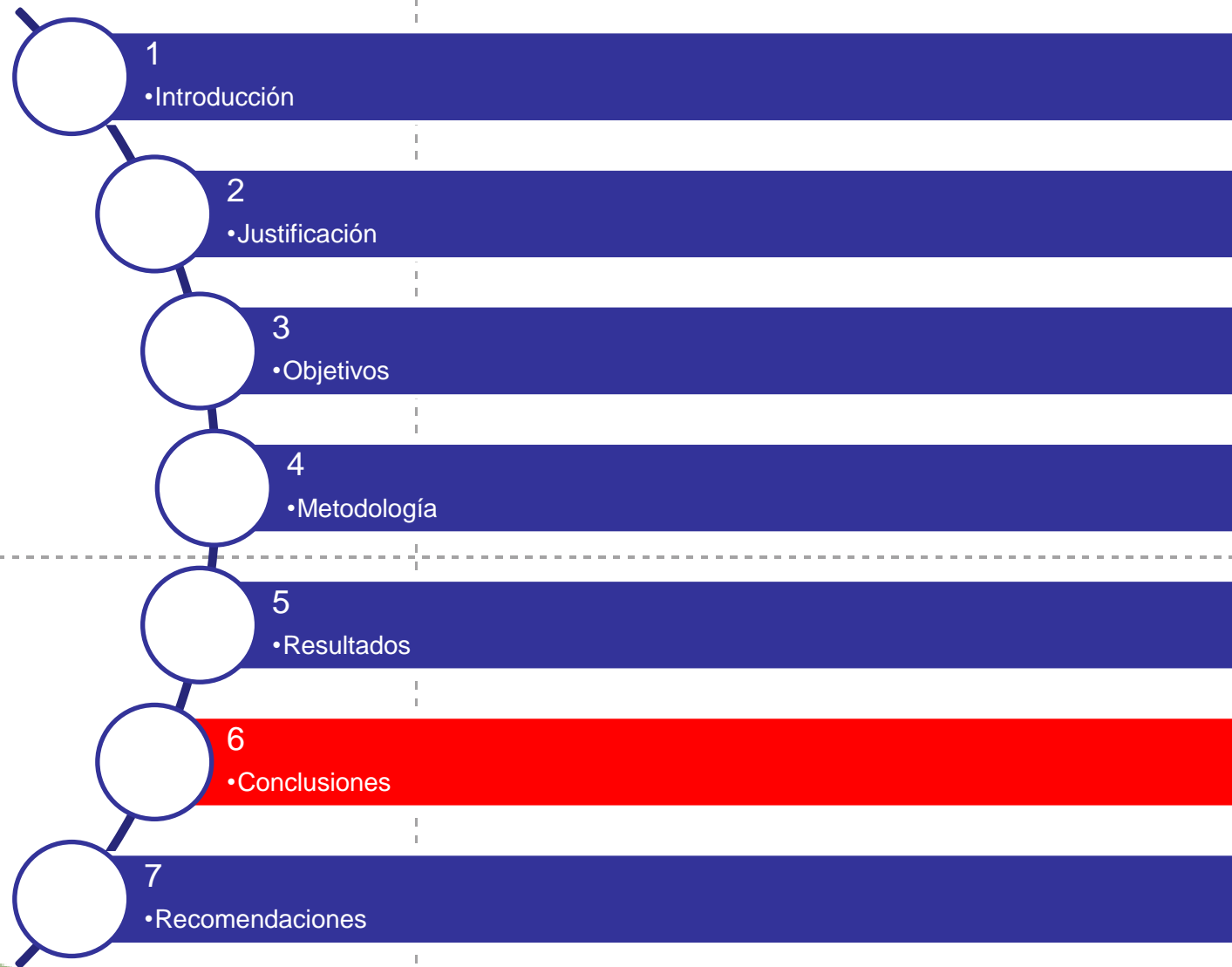
Dimensión	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
<b>Resistencia al corte doble (MPa) Simulación</b>	424	439,4	323,3	395,567
<b>Resistencia al corte doble (MPa) Laboratorio</b>	407,565	427,141	315,158	383,288
<b>% Error</b>	<b>3,876</b>	<b>2,790</b>	<b>2,518</b>	<b>3,104</b>

*Resultados de la simulación en una varilla de acero dulce*

Dimensión	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
<b>Resistencia al corte doble (MPa) Simulación</b>	231,6	235,4	326,8	264,600
<b>Resistencia al corte doble (MPa)</b>	239,354	232,444	289,103	253,634
<b>% Error</b>	<b>3,348</b>	<b>1,256</b>	<b>11,535</b>	<b>4,144</b>

*Resultados de la simulación en una probeta de madera*

Dimensión	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
<b>Resistencia al corte simple (MPa) Simulación</b>	6,55	8,83	8,17	7,850
<b>Resistencia al corte simple (MPa) Laboratorio</b>	6,797	9,119	9,232	8,383
<b>% Error</b>	<b>3,771</b>	<b>3,277</b>	<b>12,999</b>	<b>6,787</b>





Se determinó el valor de la resistencia al corte directo de la placa de acero dulce obteniendo un valor de 383,288 MPa, para la varilla de acero dulce un valor de 253,634 MPa y para la madera un valor de 8,383 MPa utilizando el laboratorio virtual (Virtual Labs).

Se determinó el valor de la resistencia al corte directo de la placa de acero dulce obteniendo un valor de 395,567 MPa, para la varilla de acero dulce un valor de 264,6 MPa y para la madera un valor de 7,85 MPa. Utilizando el software Autodesk Inventor (CAD).

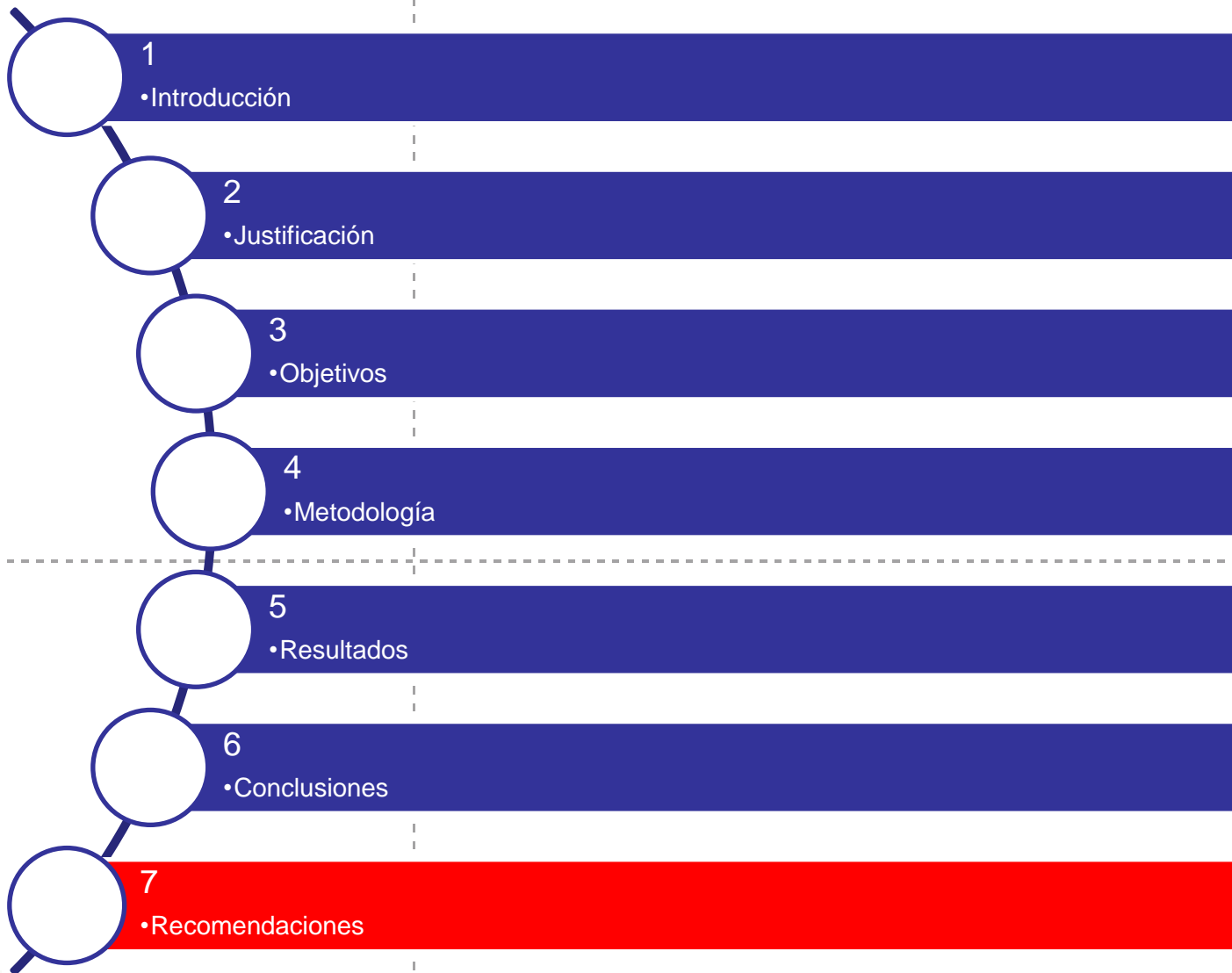


El porcentaje de error del laboratorio virtual en comparación del software de simulación en el caso de la placa de acero dulce es de 3,104%, en el caso de la varilla de acero dulce es de 4,144%, en el caso de la madera es de 6,787%.

Los errores que obtenemos del laboratorio virtual con respecto a la simulación en la placa de acero dulce se encuentran dentro del 10% de variación permitido. Por lo tanto, el laboratorio virtual se puede utilizar para la determinación de las propiedades mecánicas de los materiales.



# ➤ **CONTENIDO**





Se deben utilizar las propiedades obtenidas en el laboratorio virtual, para realizar la simulación en el software CAD.

Para realizar las simulaciones se debe definir los materiales de los accesorios tal como especifica la norma IS: 5242 -1979.



Se recomienda el uso de Virtual Labs como una herramienta didáctica mas no como un remplazo de un laboratorio, debido al pequeño catálogo de materiales y geometrías a ensayar.

Para la interpretación de resultados obtenidos por el software Inventor se recomienda tener conocimientos previos como son las disposiciones de esfuerzos que entrega el programa según las combinaciones de sus ejes coordinados.

Se recomienda la creación tutorial en futuros trabajos de investigación relacionados a laboratorios virtuales y software de simulación.





**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

GRACIAS  
POR SU  
ATENCIÓN