



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 sometido a torsión e impacto Izod y Charpy utilizando laboratorios virtuales y software CAD bajo normas internacionales”

AUTOR: CASANOVA CUMBAL, MAURICIO XAVIER

TUTOR: ING. CARVAJAL NARANJO, MIGUEL ALBERTO

LATACUNGA, FEBRERO 2022





➤ **CONTENIDO**

1

- Introducción

2

- Justificación

3

- Objetivos

4

- Metodología

5

- Resultados

6

- Conclusiones

7

- Recomendaciones



1

- Introducción

2

- Justificación

3

- Objetivos

4

- Metodología

5

- Resultados

6

- Conclusiones

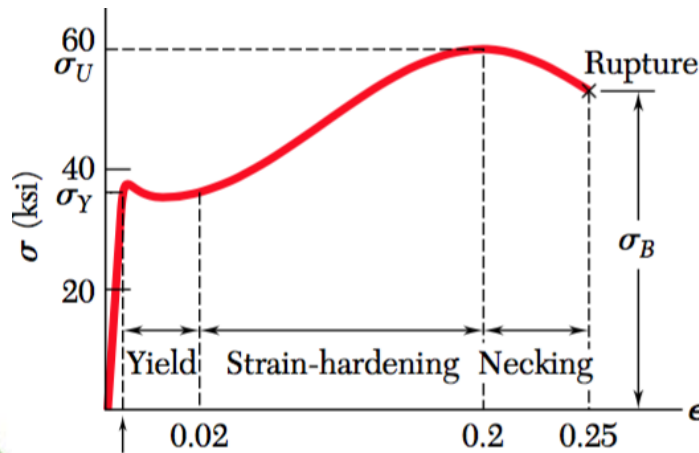
7

- Recomendaciones

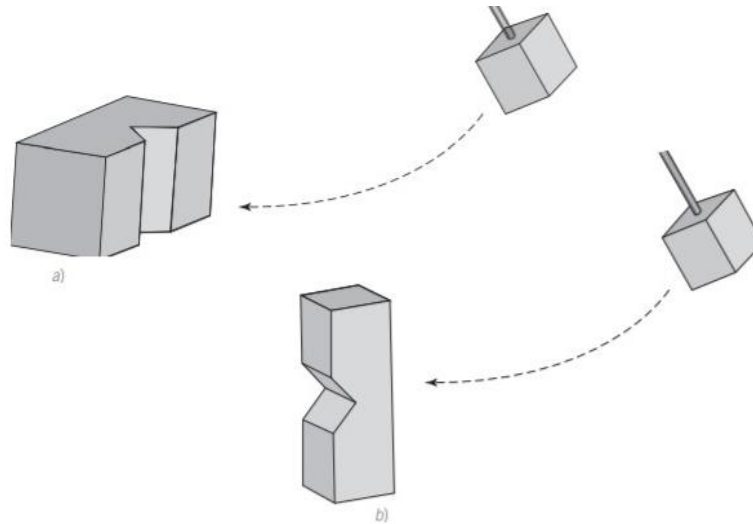
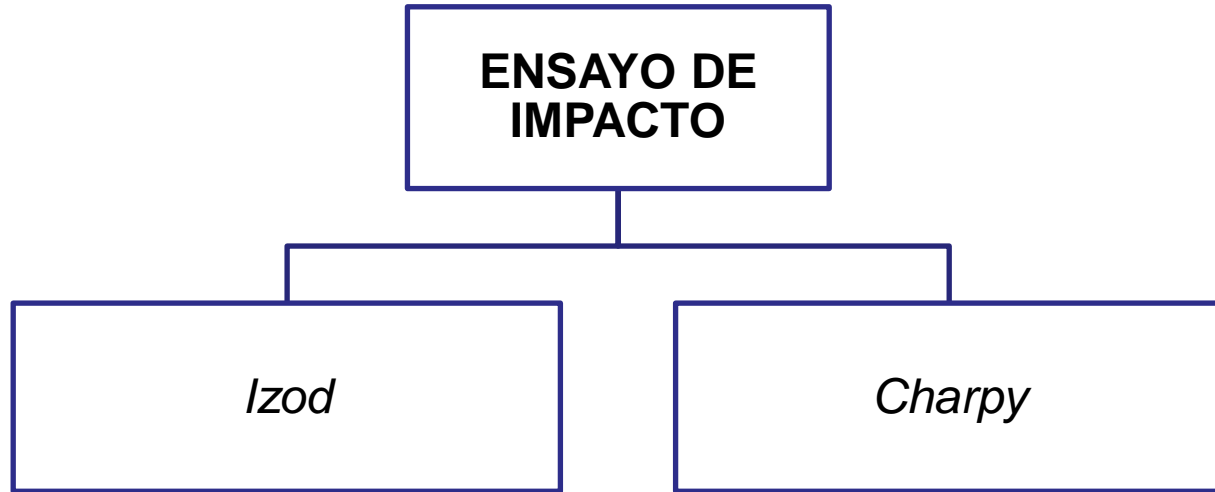
ENSAYO DE TORSIÓN

Gráfica esfuerzo vs deformación

Ecuación de la torsión



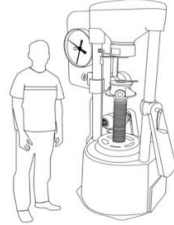
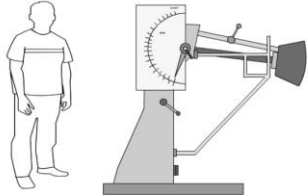
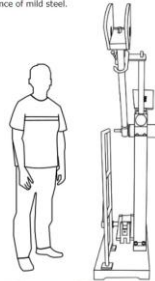
$$\tau_{max} = \frac{T \cdot c}{J}$$

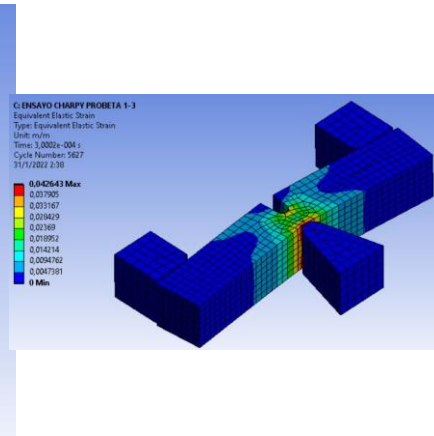
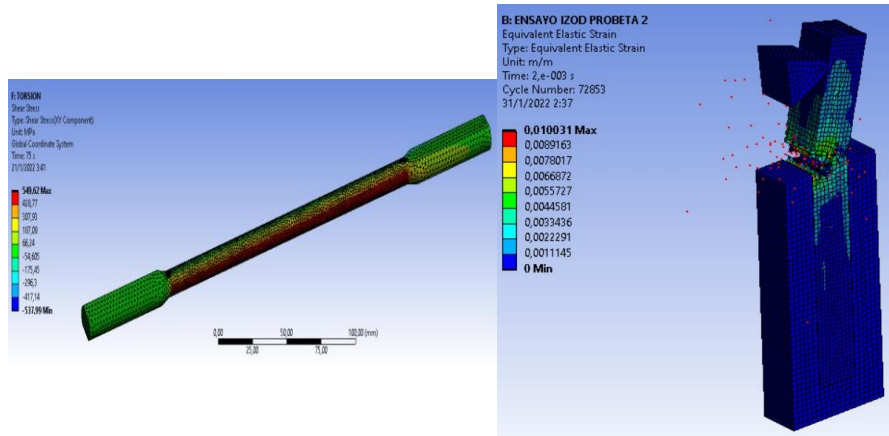


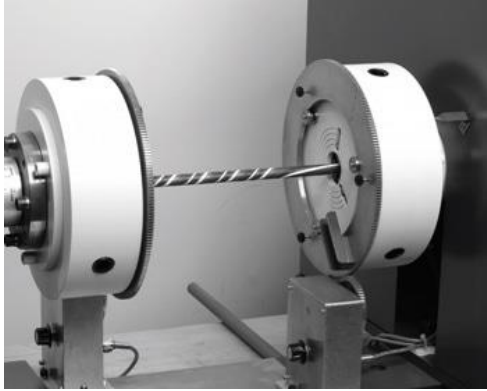
Métodos de obtención de valores

Laboratorio Virtual

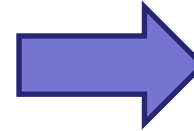
Software CAD

TORSION TEST ON MILD STEEL	IZOD IMPACT TEST	CHARPY IMPACT TEST
<p>Objective: To study the mechanical properties of mild steel under torsion.</p> <p>Apparatus used: Torsion testing machine, Troptometer, Micrometer, Scale.</p> 	<p>Objective: To find the impact resistance of mild steel and cast iron.</p> <p>Apparatus used: Impact Testing Machine.</p> 	<p>Objective: To find the impact resistance of mild steel.</p> <p>Apparatus used: Impact testing machine.</p> 
© 2016 - 2020 SOLVE - The Virtual Lab @ NITK Surathkal, Department of Water Resources & Ocean Engineering	© 2016 - 2020 SOLVE - The Virtual Lab @ NITK Surathkal, Department of Water Resources & Ocean Engineering	© 2016 - 2020 SOLVE - The Virtual Lab @ NITK Surathkal, Department of Water Resources & Ocean Engineering





**Normativas
Empleadas**



Torsión
IS-1717

Parámetros que intervienen en el ensayos

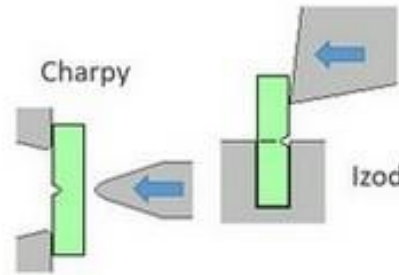
Diámetro

Velocidad

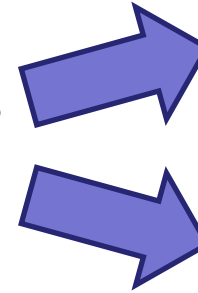
Deformación

**Ecuación de
la Torsión**

**Pieza de
Prueba**



**Normativas
Empleadas**



Charpy
IS-1499

Izod
IS-1598

Parámetros que intervienen en el ensayo

Posición

Velocidad



1

- Introducción

2

- Justificación

3

- Objetivos

4

- Metodología

5

- Resultados

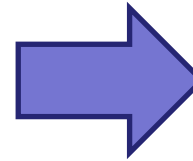
6

- Conclusiones

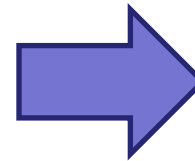
7

- Recomendaciones

El panorama mundial actual en donde se encuentra vigente una pandemia (COVID-19) ha hecho que la concurrencia a aulas y laboratorios se vea afectada

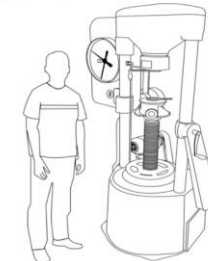


La utilización de laboratorios virtuales permitirá que los estudiantes puedan desarrollar mejores aptitudes profesionales acerca de los ensayos generados para la obtención de las propiedades mecánicas de materiales



TORSION TEST ON MILD STEEL

Objective
To study the mechanical properties of mild steel under torsion.
Apparatus used:
Torsion testing machine, Troptometer, Micrometer, Scale.





➤ **CONTENIDO**

1

- Introducción

2

- Justificación

3

- **Objetivos**

4

- Metodología

5

- Resultados

6

- Conclusiones

7

- Recomendaciones

Objetivo General

- Determinar las propiedades mecánicas de los materiales sometidas a torsión e impacto bajo normas utilizando laboratorios virtuales y software CAD.

Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades mecánicas del acero dulce sometidos a torsión bajo normas utilizando laboratorios virtuales.
- Determinar las propiedades mecánicas del acero dulce sometidos a impacto bajo normas utilizando laboratorios virtuales.
- Determinar las propiedades mecánicas del acero dulce sometidos a torsión bajo normas utilizando software CAD.
- Determinar las propiedades mecánicas del acero dulce sometidos a impacto bajo normas utilizando software CAD.



1

- Introducción

2

- Justificación

3

- Objetivos

4

- Metodología

5

- Resultados

6

- Conclusiones

7

- Recomendaciones

Desarrollo de ensayo de torsión “Virtual Labs”

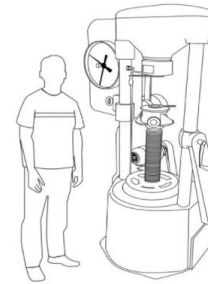
TORSION TEST ON MILD STEEL

Objective

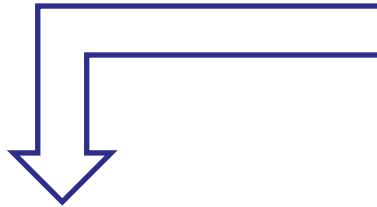
To study the mechanical properties of mild steel under torsion.

Apparatus used:

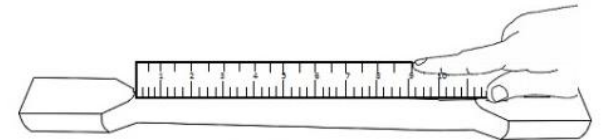
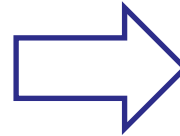
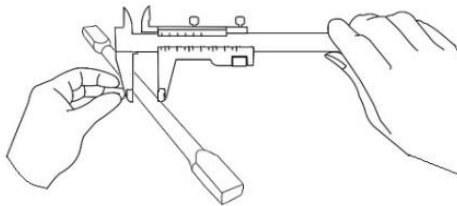
Torsion testing machine, Troptometer, Micrometer, Scale.



© 2016 - 2020 SOLVE - The Virtual Lab © NITK Surathkal, Department of Water Resources & Ocean Engineering

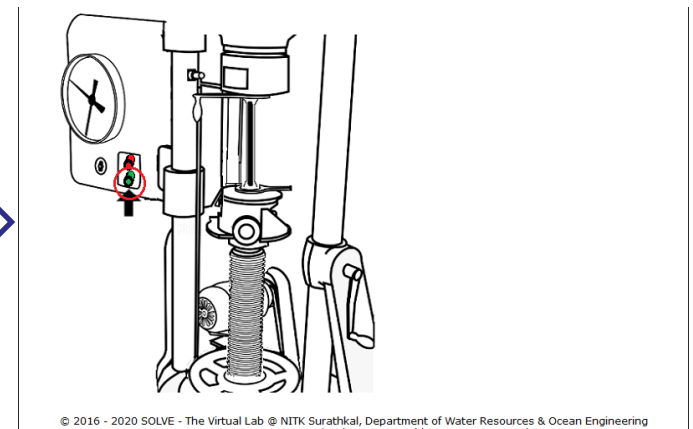
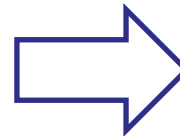
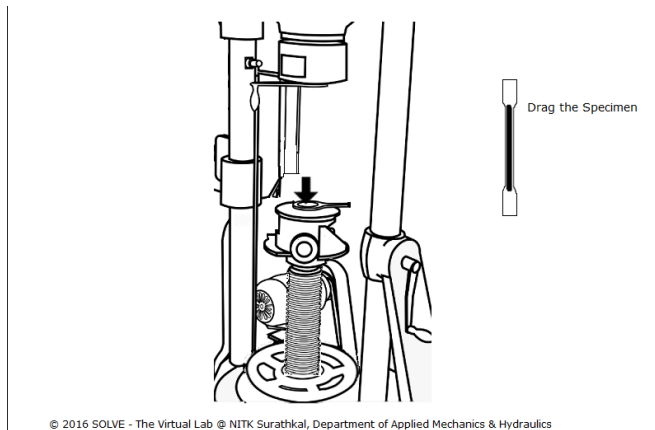
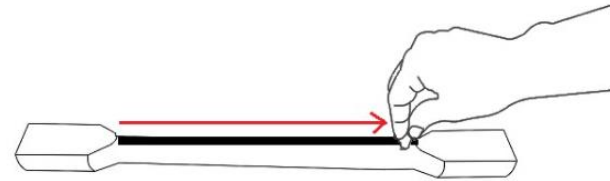
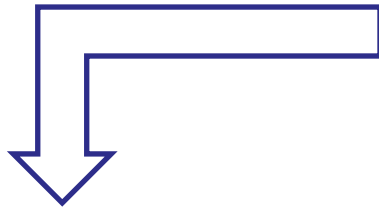


Initial Diameter=11.05mm

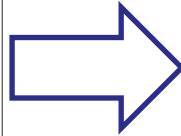
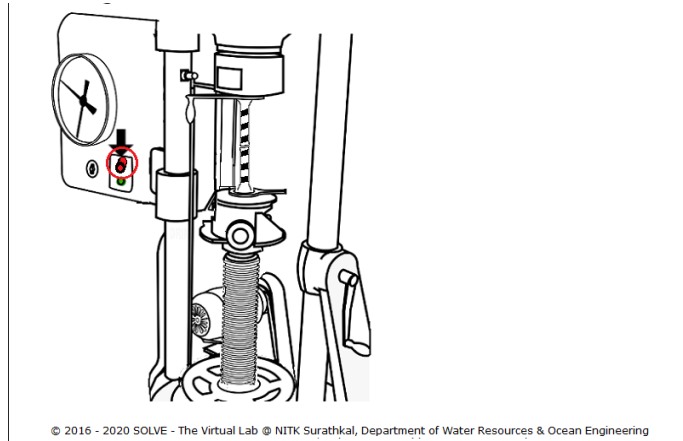


Gauge Length=190mm

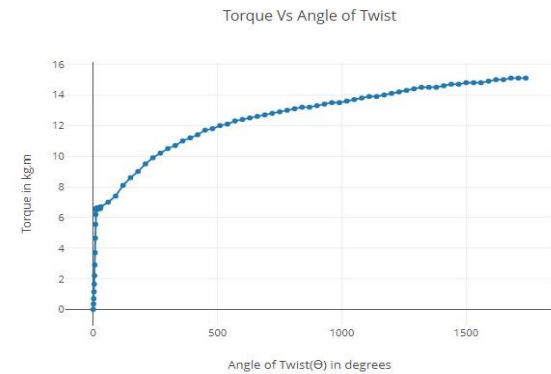
Desarrollo de ensayo de torsión “Virtual Labs”



Desarrollo de ensayo de torsión “Virtual Labs”



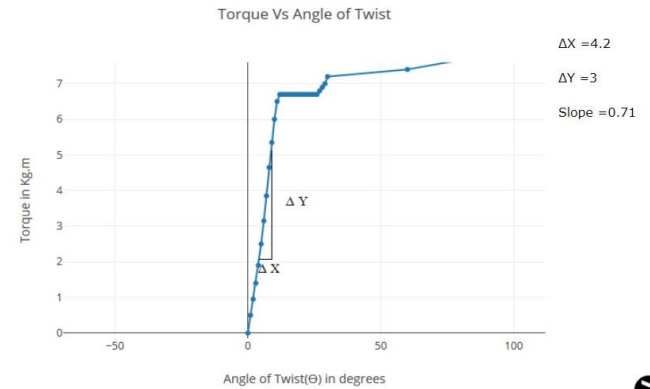
STEP 6 Graph.



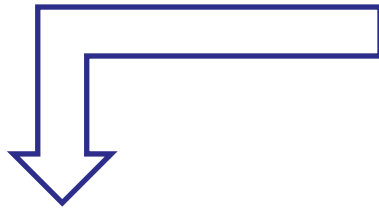
STEP 7 Calculations.

Initial Diameter(mm)	11.29
Gauge Length(mm)	190
Polar Moment of Inertia(mm ⁴)	<input type="text"/>
Yield Stress(N/mm ²)	<input type="text"/>
Modulus of Rupture(N/mm ²)	<input type="text"/>
Modulus of Rigidity(GPa)	<input type="text"/>

Check



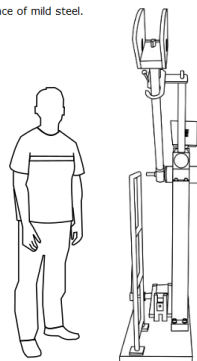
Desarrollo de ensayo de impacto Charpy “Virtual Labs”



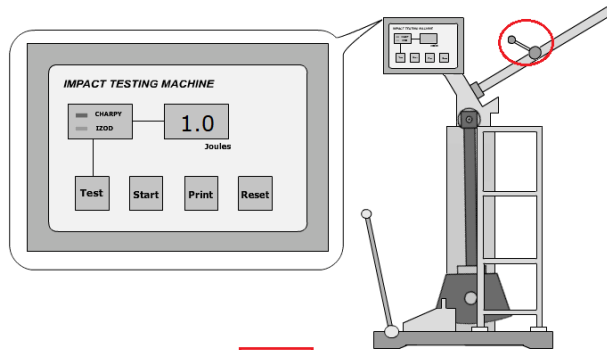
CHARPY IMPACT TEST

Objective
To find the impact resistance of mild steel.

Apparatus used:
Impact testing machine

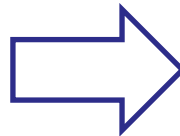


© 2016 - 2020 SOLVE - The Virtual Lab @ NITK Surathkal, Department of Water Resources & Ocean Engineering

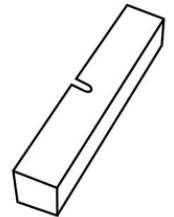


Loss of energy due to friction $E_f = 1 J$

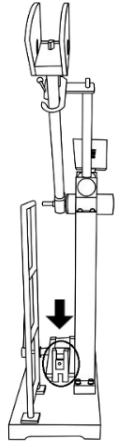
© 2016 - 2020 SOLVE - The Virtual Lab @ NITK Surathkal, Department of Water Resources & Ocean Engineering



Item	Dimensions
Distance between supports	40mm
Radius of curvature of supports	10mm
Taper of supports	1±0.1 in 5 slope
Angle at tip of hammer	30°
Radius of Curvature of the tip of the hammer	2.0
Length	55
Width	10
Thickness	10
Root radius of notch	1.0
Depth below notch	8
Distance of centre of notch from ends of test piece	27.5
Angle between plane of symmetry of notch and longitudinal axis of test piece	90°

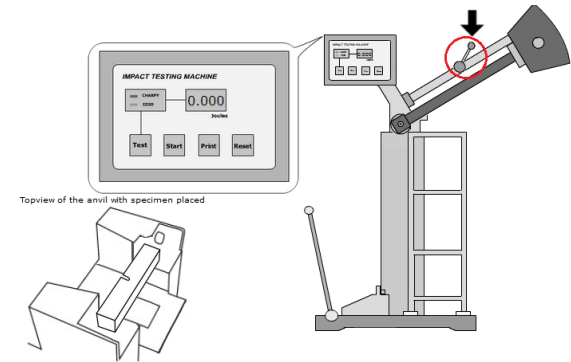
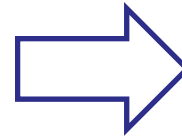


Desarrollo de ensayo de impacto Charpy “Virtual Labs”



© 2016 - 2020 SOLVE - The Virtual Lab © NITK Surathkal, Department of Water Resources & Ocean Engineering

TRIAL : 1



© 2016 - 2020 SOLVE - The Virtual Lab © NITK Surathkal, Department of Water Resources & Ocean Engineering

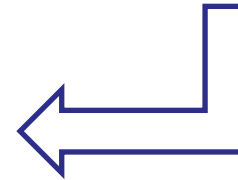
Observations:

Loss of energy due to friction $E_f = 1 \text{ J}$

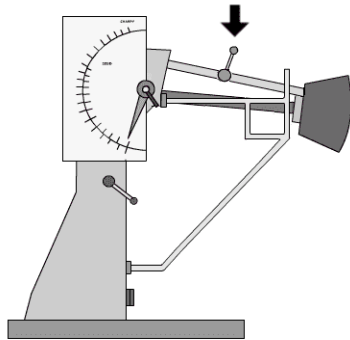
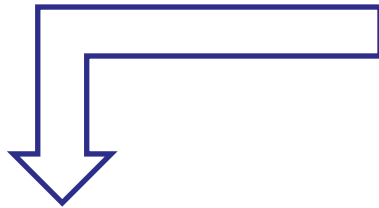
Total loss of energy during transit of Hammer $E_t = 34 \text{ J}$

Energy for failure of specimen = $E_t - E_f = 33 \text{ J}$

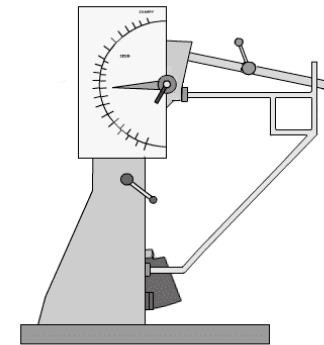
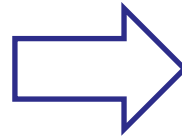
TRIAL : 1



Desarrollo de ensayo de impacto Charpy “Virtual Labs”



Loss of energy due to friction $E_f = \text{_____} \text{ J}$

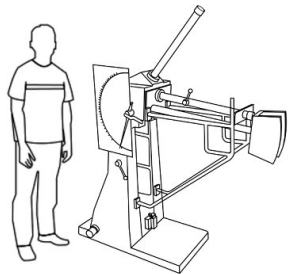


Loss of energy due to friction $E_f = 4 \text{ J}$

IZOD IMPACT TEST

Objective:
To find the impact resistance of mild steel and cast iron.

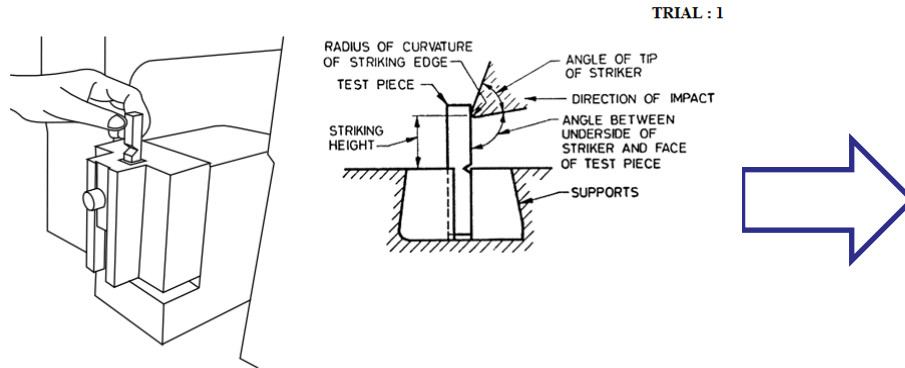
Apparatus used:
Impact Testing Machine



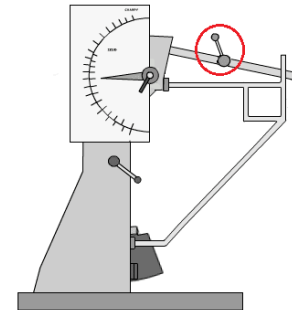
© 2016 - 2020 SOLVE - The Virtual Lab @ NITK Surathkal, Department of Water Resources & Ocean Engineering



Desarrollo de ensayo de impacto Charpy “Virtual Labs”



TRIAL : 1



Total loss of energy during transit of Hammer $E_t = 46 \text{ J}$

Energy for failure of specimen = $E_t - E_f = 44 \text{ J}$

Observations:

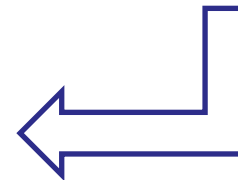
Initial energy of the hammer = 164 Joules

Average loss of energy due to friction, $E_f = 2 \text{ J}$

Total Loss of energy E_t during transit of hammer = 46 J

Energy for failure of specimen = $KU / \text{Impact Value} = E_t - E_f = 44 \text{ J}$

TRIAL : 1

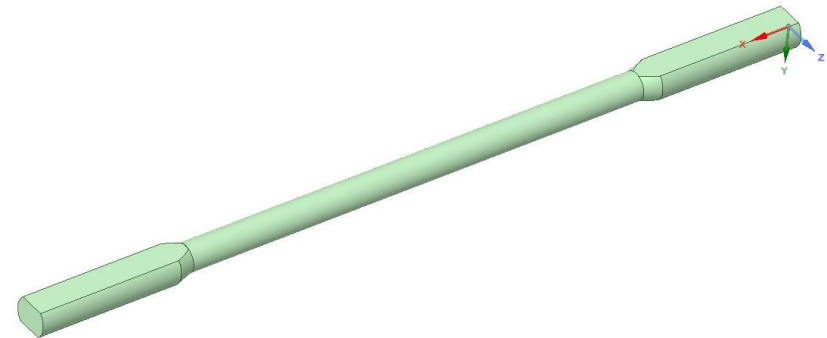
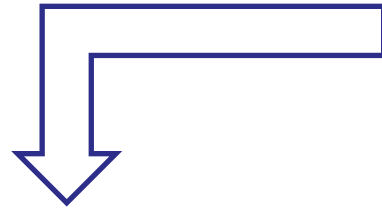




Desarrollo de ensayo de torsión en “ANSYS”

	Densidad (kg/m^3)	Limite Elástico (MPa)	Módulo de Young (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Radio de Poisson
Acero Dulce	7850	229.7	52.15	400-550	0.303

Desarrollo de ensayo de torsión en "ANSYS"



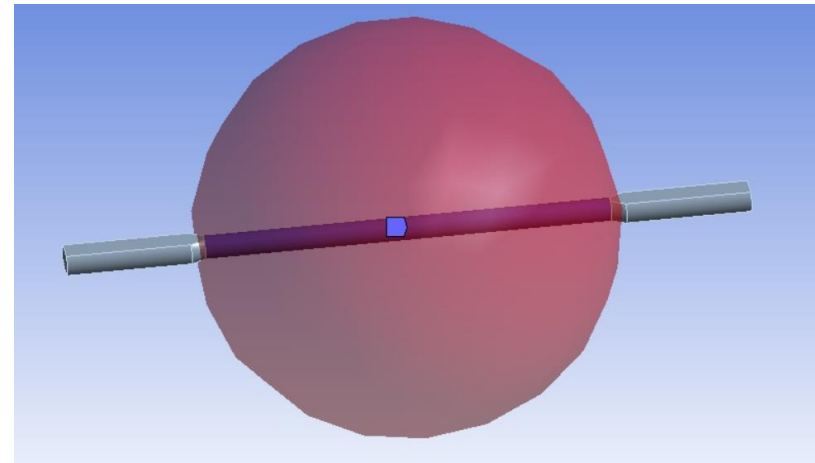
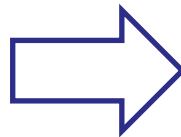
Project: C:\D2\Engineering Data x

Filter Engineering Data Engineering Data Sources

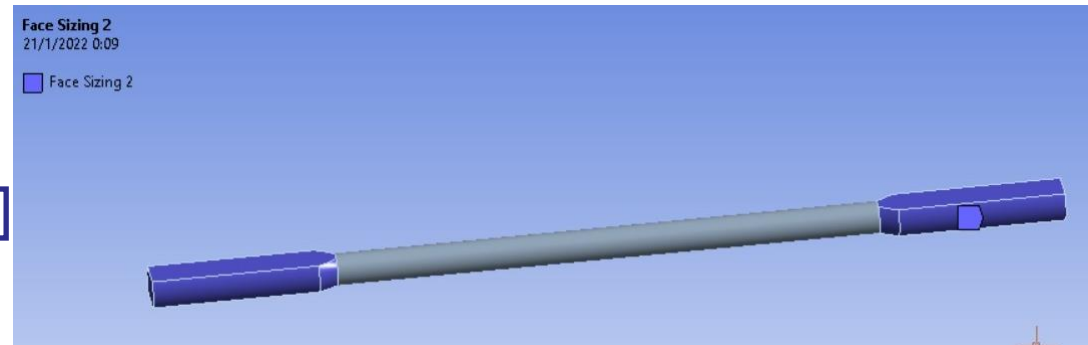
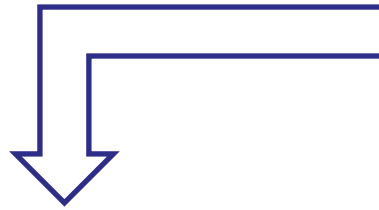
1	A	B	C	D	E
Contents of Engineering Data					
1	Material				Description
2	ACERO DULCE				Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPIV Code, Section 8, Div 2, Table S-110.1
3	HATTELID				Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPIV Code, Section 8, Div 2, Table S-110.1
4	Stainless Steel				Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPIV Code, Section 8, Div 2, Table S-110.1
5	Structural Steel				Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPIV Code, Section 8, Div 2, Table S-110.1
6					
*	Click here to add a new material				

Properties of Outline Row 3: ACERO DULCE

1	A	B	C	D	E
Material Variables					
2	Material Variables	Table			
3	Density	7850		kg m ⁻³	
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
5	Isotropic Elasticity				
6	Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio			
7	Young's Modulus	200		GPa	
8	Poisson's Ratio	0.303			
9	Bulk Modulus	1.692E+11		Pa	
10	Shear Modulus	7.6794E+10		Pa	
11	Strain-Life Parameters				
12	S-N Curve	Table			
13	Tensile Yield Strength	230		MPa	
14	Compressive Yield Strength	250		MPa	
15	Tensile Ultimate Strength	400		MPa	
16	Compressive Ultimate Strength	0		Pa	
17	Isotropic Thermal Conductivity	66.5		W m ⁻¹ C ⁻¹	
18	Specific Heat Constant Pressure, Cp	434		J kg ⁻¹ C ⁻¹	
19	Isotropic Relative Permeability	10000			
20	Isotropic Resistivity	1.7E-07		ohm m	

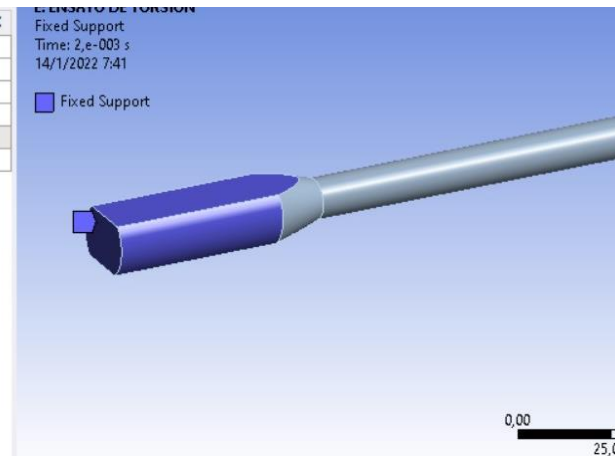


Desarrollo de ensayo de torsión en “ANSYS”

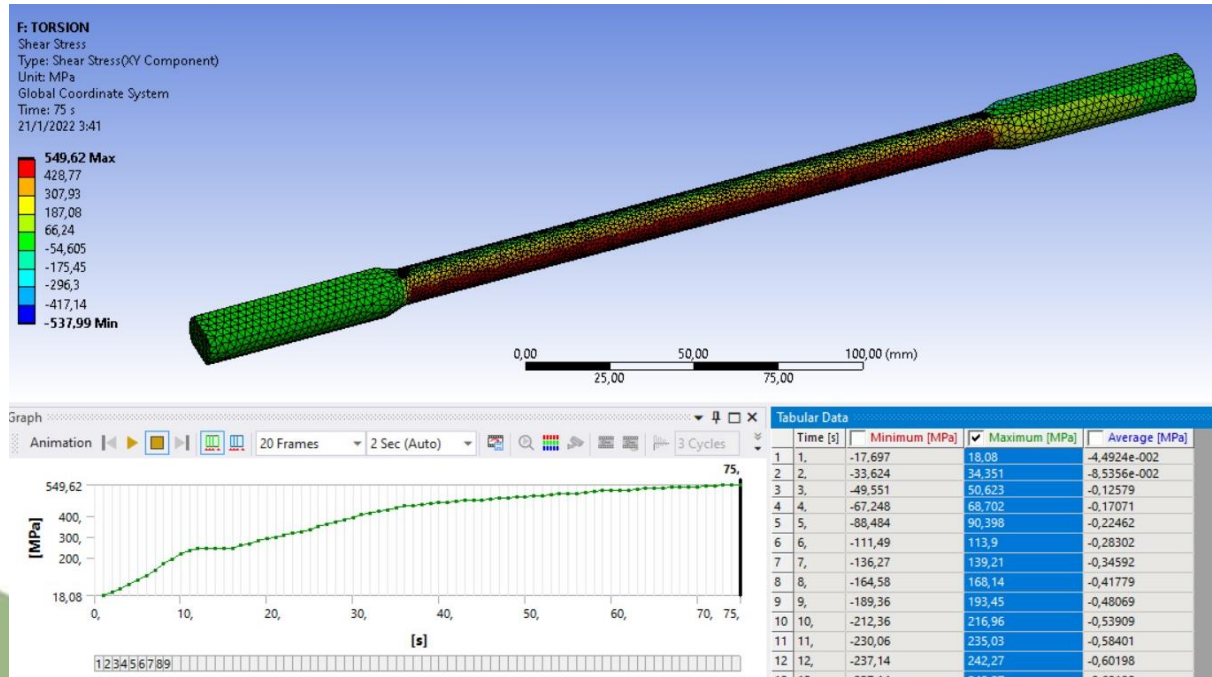
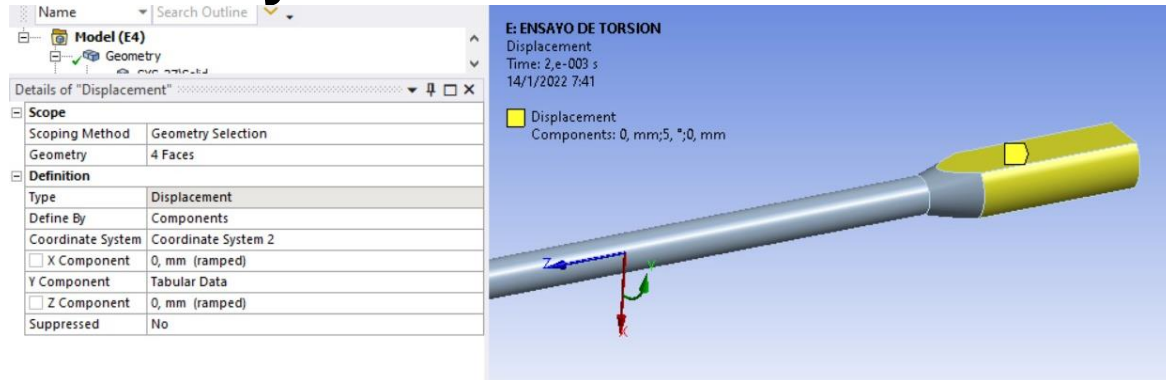


Details of "Fixed Support"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	5 Faces
Definition	
Type	Fixed Support
Suppressed	No



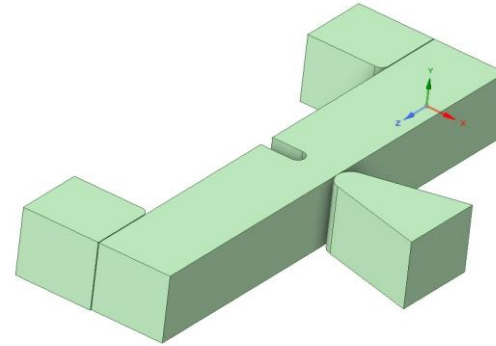
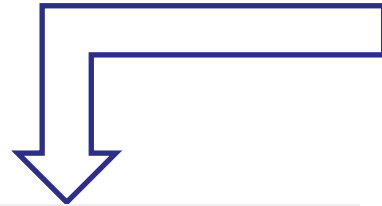
Desarrollo de ensayo de torsión en “ANSYS”



Desarrollo de ensayo de impacto en “ANSYS”

	Densidad (kg/m^3)	Limite Elástico (MPa)	Módulo de Young (GPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Radio de Poisson
Acero Dulce	7850	250	200	400-550	0.303

Desarrollo de ensayo de impacto Charpy en "ANSYS"



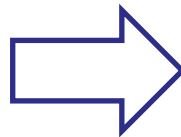
ANSYS Workbench - Project: C:\D:\Engineering Data

Filter Engineering Data | Engineering Data Sources

Order	Material	Source	Description
1	ACERO DULCE	...	Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPIV Code, Section 8, Div 2, Table S-110.1
2
3
4
5
6

Properties of Outline Row 3: ACERO DULCE

Property	Value	Unit
Material Field Variables	Table	
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	7850	kg m ⁻³
Isotropic Elasticity		
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio	
Young's Modulus	200	GPa
Poisson's Ratio	0.303	
Bulk Modulus	1.692E+11	Pa
Shear Modulus	7.6794E+10	Pa
Strain-Life Parameters	Table	
S-N Curve	Table	
Tensile Yield Strength	230	MPa
Compressive Yield Strength	250	MPa
Tensile Ultimate Strength	400	MPa
Compressive Ultimate Strength	0	Pa
Isotropic Thermal Conductivity	66.5	W m ⁻¹ C ⁻¹
Specific Heat Constant Pressure, C _p	424	J kg ⁻¹ C ⁻¹
Isotropic Relative Permeability	10000	
Isotropic Resistivity	1.7E-07	ohm m



Details of "Body Sizing 2" - Sizing

Scope

Scoping Method: Geometry Selection

Geometry: 3 Bodies

Definition

Suppressed: No

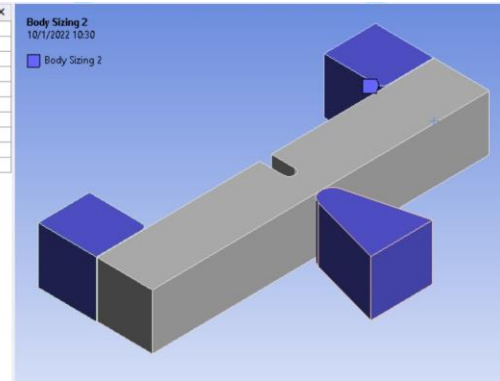
Type: Element Size

Element Size: 2, mm

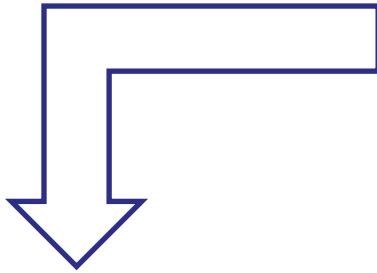
Advanced

Default Size: Default

Behavior: Soft

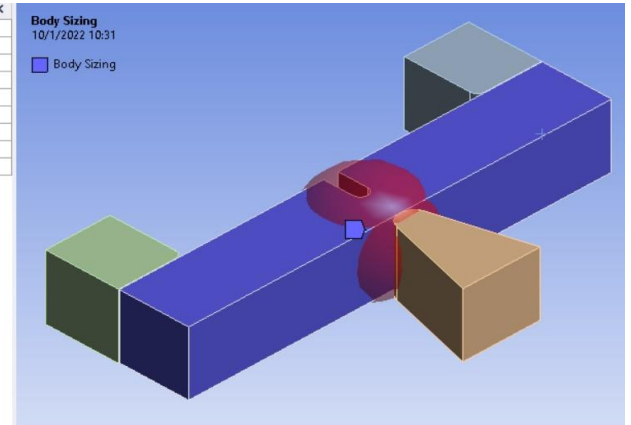


Desarrollo de ensayo de impacto Charpy en "ANSYS"



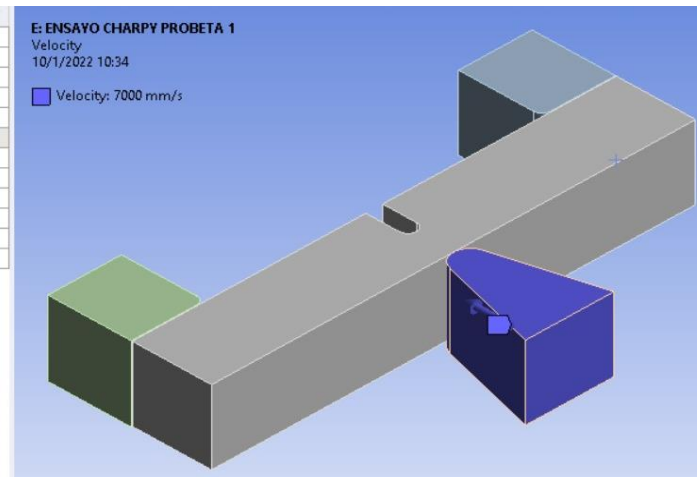
Details of "Body Sizing" - Sizing

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Suppressed	No
Type	Sphere of Influence
Sphere Center	Coordinate System
<input type="checkbox"/> Sphere Radius	7,5 mm
<input type="checkbox"/> Element Size	1, mm

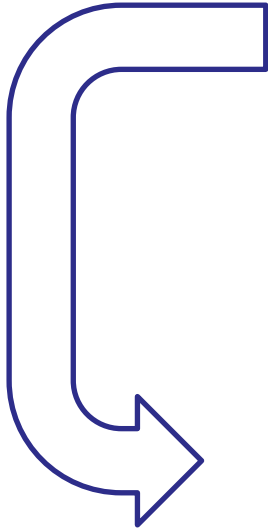


Details of "Velocity"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Input Type	Velocity
Pre-Stress Environment	None Available
Define By	Components
Coordinate System	Global Coordinate System
<input type="checkbox"/> X Component	-7000, mm/s
<input type="checkbox"/> Y Component	0, mm/s
<input type="checkbox"/> Z Component	0, mm/s
Suppressed	No

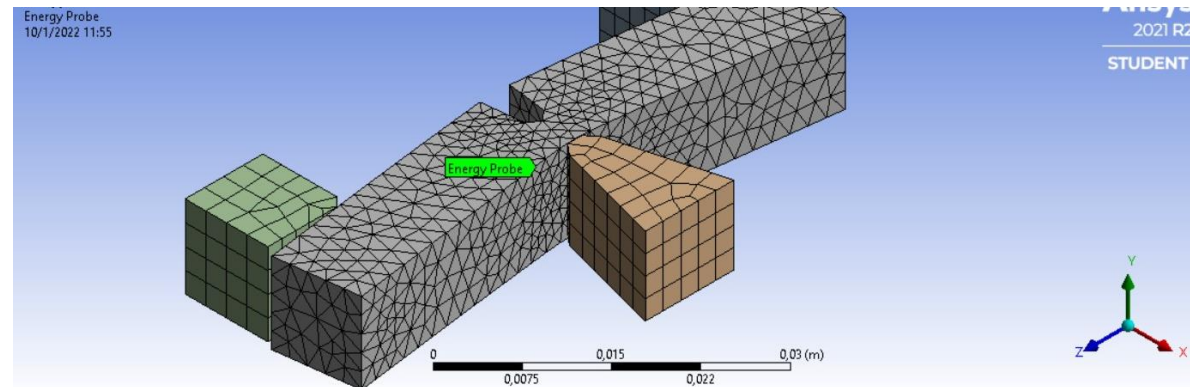
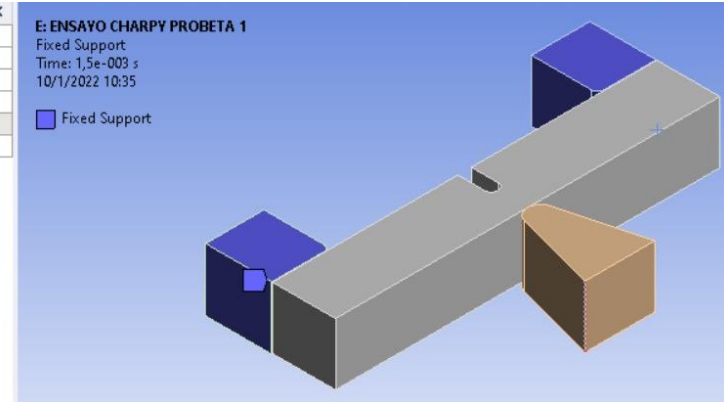


Desarrollo de ensayo de impacto Charpy en "ANSYS"



Details of "Fixed Support"

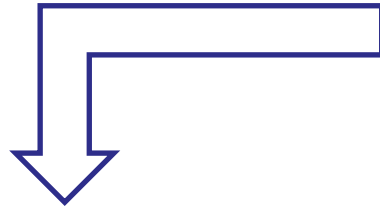
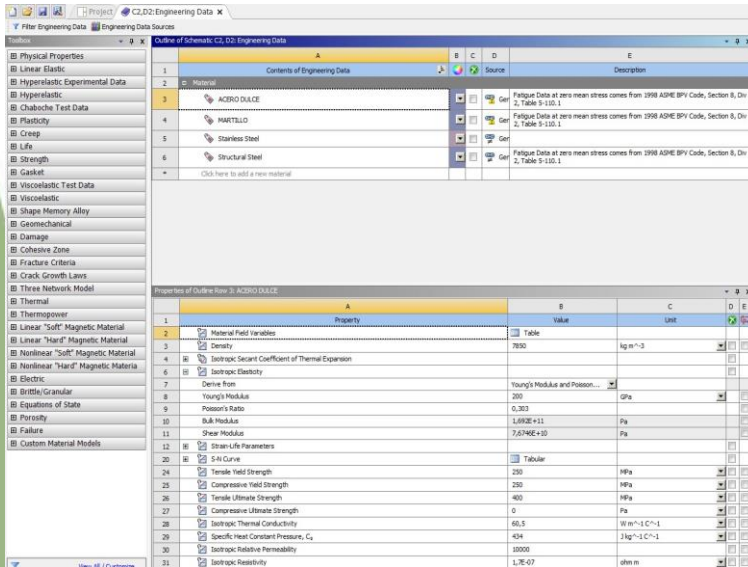
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	2 Bodies
Definition	
Type	Fixed Support
Suppressed	No



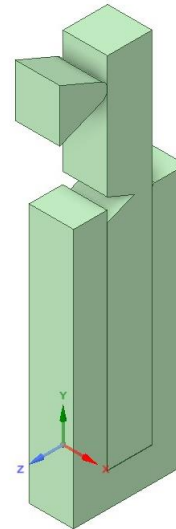
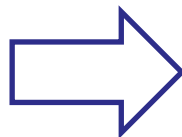
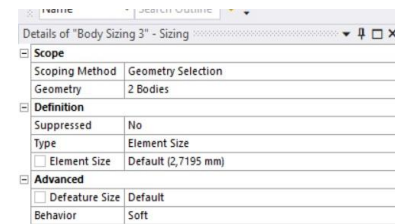
Tabular Data

Time [s]	Energy Probe (Internal) [J]	Energy Probe (Kinetic) [J]	Energy Probe (Plastic Work) [J]	Energy Probe (Hourglass) [J]	Energy Probe (Contact) [J]	Energy Probe (Total) [J]
1 1,1755e-038	0,	0,	0,	0,	0,	0,
2 7,5005e-005	0,85605	0,50629	0,	0,	1,3625	1,3623
3 1,5e-004	6,064	0,55309	0,	0,	6,6175	6,617
4 2,25e-004	16,462	1,047	0,	0,	17,51	17,509
5 3,e-004	32,637	0,3765	0,	0,	33,014	33,013
6 3,75e-004	53,869	0,38929	0,	0,	54,26	54,259
7 4,5e-004	80,177	0,55650	0,	0,	80,733	80,732

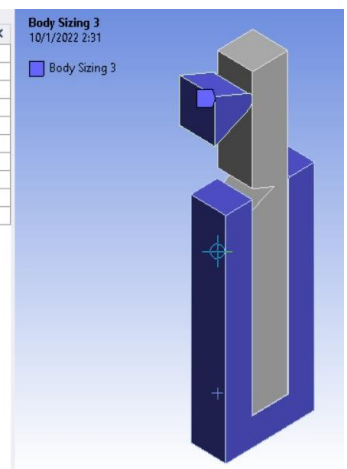
Desarrollo de ensayo de impacto Izod en “ANSYS”

Property	Value	Unit
Material Field Variables	Table	
Density	7850	kg m ⁻³
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
Isotropic Elasticity		
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio	
Young's Modulus	200	GPa
Poisson's Ratio	0.303	
Bulk Modulus	1.416E+11	Pa
Shear Modulus	7.674E+10	Pa
Strain Life Parameters		
S-N Curve	Tabular	
Tensile Yield Strength	250	MPa
Compressive Yield Strength	250	MPa
Tensile Ultimate Strength	450	MPa
Compressive Ultimate Strength	0	Pa
Isotropic Thermal Conductivity	68.5	W m ⁻¹ C ⁻¹
Specific Heat Constant Pressure, C _p	451	J kg ⁻¹ C ⁻¹
Isotropic Relative Permeability	10000	
Isotropic Resistivity	1.7E-07	ohm m

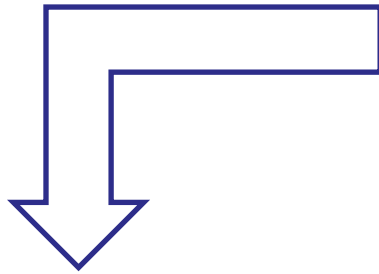
Category	Property	Value
Scope	Scoping Method	Geometry Selection
	Geometry	2 Bodies
Definition	Suppressed	No
	Type	Element Size
Advanced	Element Size	Default (2,7195 mm)
	Defeature Size	Default
Behavior	Behavior	Soft



Body Sizing 3
10/1/2022 2:31

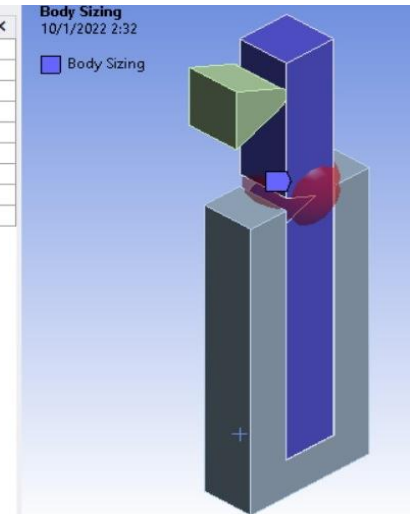
Body Sizing 3

Desarrollo de ensayo de impacto Izod en "ANSYS"



Details of "Body Sizing" - Sizing

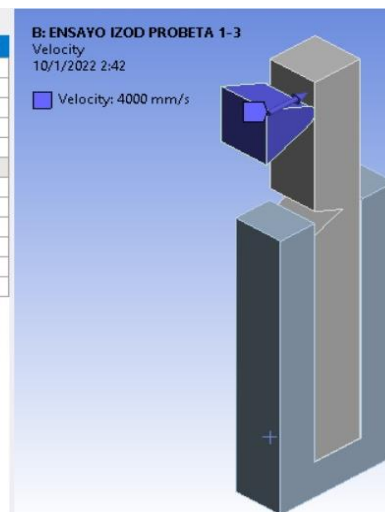
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Suppressed	No
Type	Sphere of Influence
Sphere Center	Coordinate System
<input type="checkbox"/> Sphere Radius	7, mm
<input type="checkbox"/> Element Size	0,5 mm



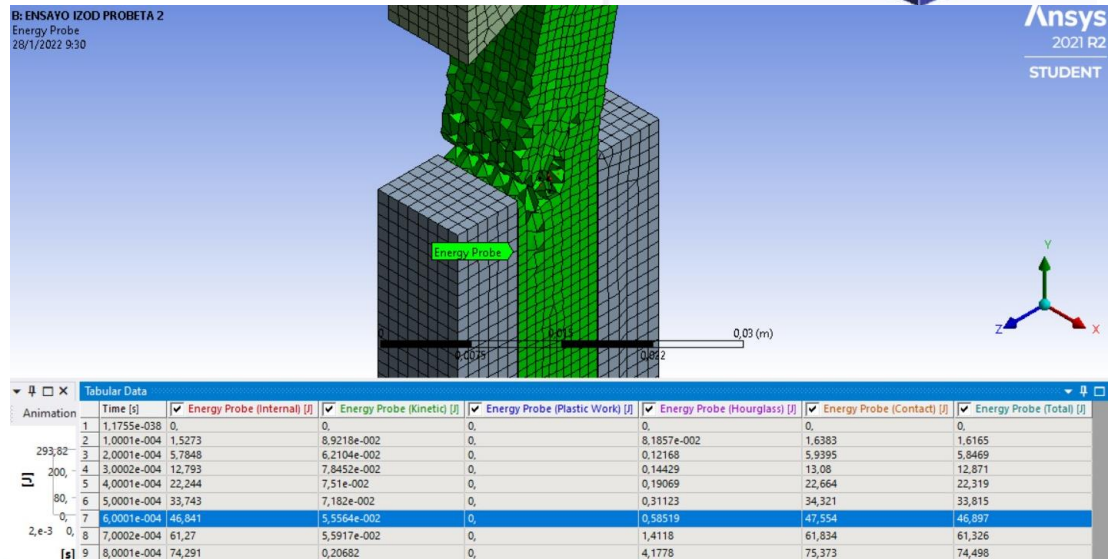
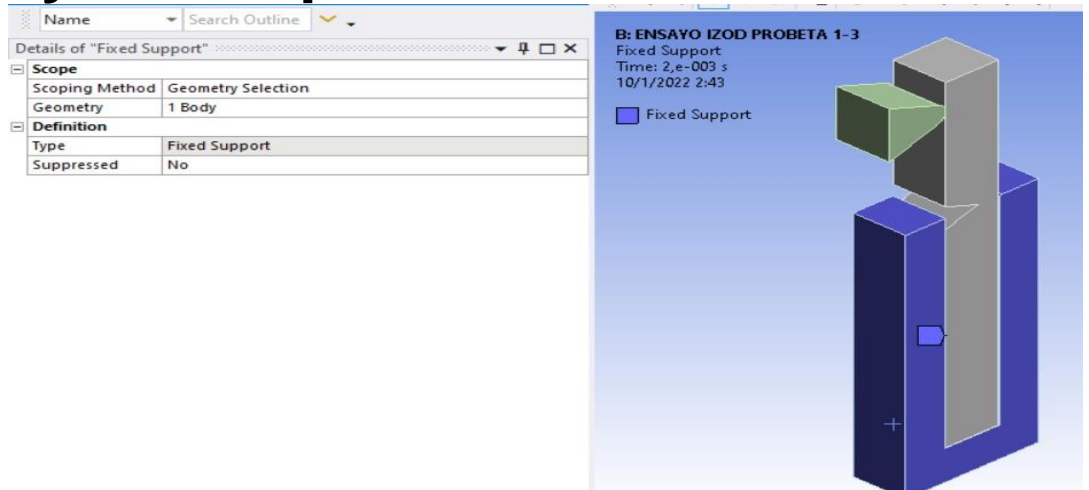
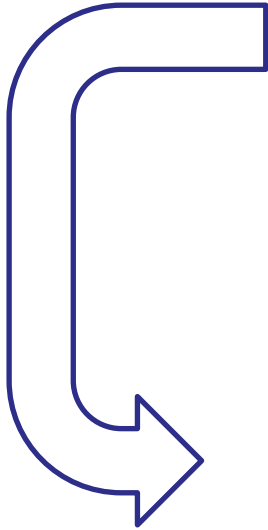
Name Search Outline

Details of "Velocity"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
Definition	
Input Type	Velocity
Pre-Stress Environment	None Available
Define By	Components
Coordinate System	Global Coordinate System
<input type="checkbox"/> X Component	0, mm/s
<input type="checkbox"/> Y Component	0, mm/s
<input checked="" type="checkbox"/> Z Component	-4000, mm/s
Suppressed	No



Desarrollo de ensayo de impacto Izod en "ANSYS"





➤ **CONTENIDO**

1

- Introducción

2

- Justificación

3

- Objetivos

4

- Metodología

5

- Resultados

6

- Conclusiones

7

- Recomendaciones



Ensayo de torsión

Resultado	Unidad	Laboratorio	Software CAD	Porcentaje de error
		Virtual	ANSYS	
<i>Momento polar de inercia</i>	<i>mm⁴</i>	1463,95	1463,95	0%
Esfuerzo de fluencia al corte	<i>N/mm²</i>	229,7	242,66	5,64%
Módulo de ruptura (Esfuerzo cortante máximo)	<i>N/mm²</i>	563,14	549,62	2,40%
Módulo de rigidez	<i>GPa</i>	52,15	52,15	0%



Ensayo de impacto

Ensayo	Unidad	Laboratorios Virtuales	Software CAD ANSYS	Porcentaje de error
Ensayo Charpy				
<i>Intento 2</i>	<i>J</i>	42	54,259	29,18%
<i>Intento 3</i>	<i>J</i>	46,5	57,07	22,73%
Ensayo Izod				
<i>Intento 2</i>	<i>J</i>	44	46,897	6,58%
<i>Intento 3</i>	<i>J</i>	54	50,71	6,092%



➤ **CONTENIDO**

1

- Introducción

2

- Justificación

3

- Objetivos

4

- Metodología

5

- Resultados

6

- Conclusiones

7

- Recomendaciones



Mediante el laboratorio virtual (Virtual Labs) se determinó propiedades mecánicas del acero dulce tales como el momento de inercia con un valor de $1463,95 \text{ mm}^4$, un esfuerzo de fluencia al corte de $229,7 \text{ N/mm}^2$, un módulo de ruptura de $563,14 \text{ N/mm}^2$ y un módulo de rigidez de $52,15 \text{ GPa}$ para el ensayo de torsión

Mediante el laboratorio virtual (Virtual Labs) se determinó en el ensayo de impacto Charpy la energía necesaria para el fallo de la muestra de acero dulce siendo de 42 J para un primer intento y de $46,5 \text{ J}$ para un segundo, mientras tanto en el ensayo de tipo Izod se determinó una energía para el fallo de la muestra de acero dulce de 44 J en el primer intento y de 54 J para un segundo intento.



Mediante el uso del software CAD ANSYS se determinó el esfuerzo cortante una vez realizada la simulación del ensayo de torsión, con el cual será posible obtener los mismos valores que se obtuvieron en el laboratorio virtual siendo estos el momento de inercia con un valor de $1463,95 \text{ mm}^4$, un esfuerzo de fluencia al corte de $242,66 \text{ N/mm}^2$, un módulo de ruptura de $549,62 \text{ N/mm}^2$ y un módulo de rigidez de $52,15 \text{ GPa}$.

Con el software CAD ANSYS se realizó el ensayo de impacto tanto Charpy e Izod, obteniendo un valor de energía de fallo de la muestra de acero dulce en el ensayo Charpy de $54,259 \text{ J}$ para el segundo intento y de $57,07 \text{ J}$ mientras tanto para el ensayo de tipo Izod se obtuvo un valor de energía de fallo de la muestra de acero dulce de $46,897 \text{ J}$ para el segundo intento y de $50,71 \text{ J}$ para el tercer intento.

A partir de los resultados obtenidos en el ensayo de impacto Charpy, se concluye que no es recomendable la utilización del laboratorio virtual “Virtual Labs” ya que presenta un porcentaje de error mayor al 10% establecido por la norma.



➤ **CONTENIDO**

1

- Introducción

2

- Justificación

3

- Objetivos

4

- Metodología

5

- Resultados

6

- Conclusiones

7

- Recomendaciones



Es recomendable que al momento de realizar los ensayos en la página Virtual Labs se tengan conocimientos previos tales como las propiedades mecánicas del acero dulce y las ecuaciones que se involucran en el ensayo de torsión.

Se recomienda a la página Virtual Labs en el ensayo de impacto se especifique las características de la máquina, tales como el peso del péndulo y la altura a la que estará el péndulo, ya que este valor será necesario para calcular la energía potencial y además servirán en casos de realizar una simulación en software CAD.



Para poder realizar las simulaciones en software CAD se recomienda contar con las normativas para poder cumplir con las dimensiones, condiciones y procedimientos necesarios para cada ensayo, además será necesario utilizar las propiedades obtenidas en el laboratorio virtual para poder crear los materiales con las mismas propiedades en el software de simulación, para así poder disminuir errores

Para poder obtener valores cercanos entre el software ANSYS y el laboratorio virtual (Virtual Labs) se recomienda realizar un refinado adecuado de la malla siendo de este de 1 mm

Se recomienda utilizar otro laboratorio virtual de preferencia con licencia.

Para futuros trabajos de investigación se recomienda la realización de tutoriales de simulación.



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

GRACIAS
POR SU
ATENCIÓN