



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**

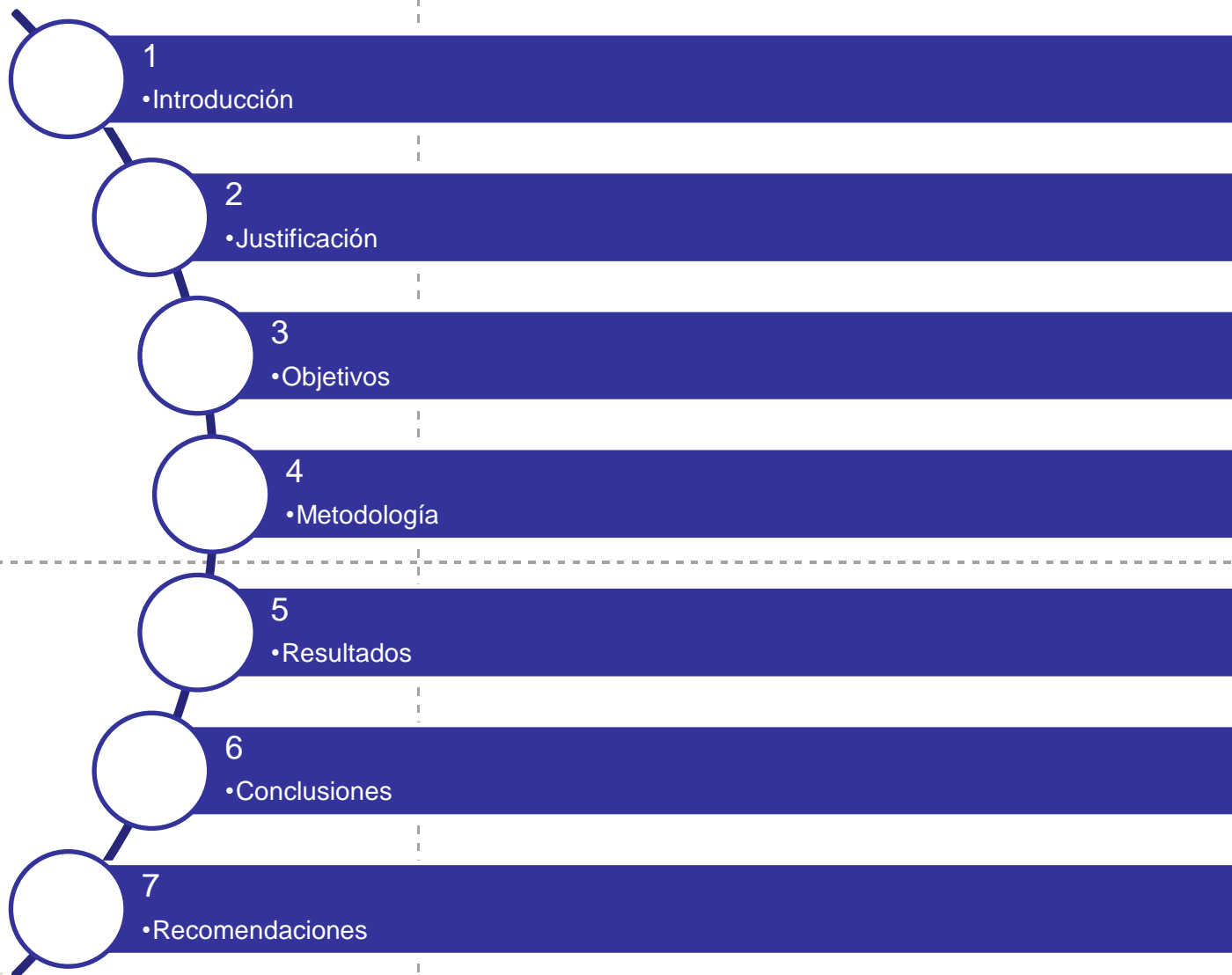
**TEMA: “Estudio de la dureza del aluminio, latón y acero dulce
utilizando laboratorios virtuales y software CAD bajo normas
internacionales”**

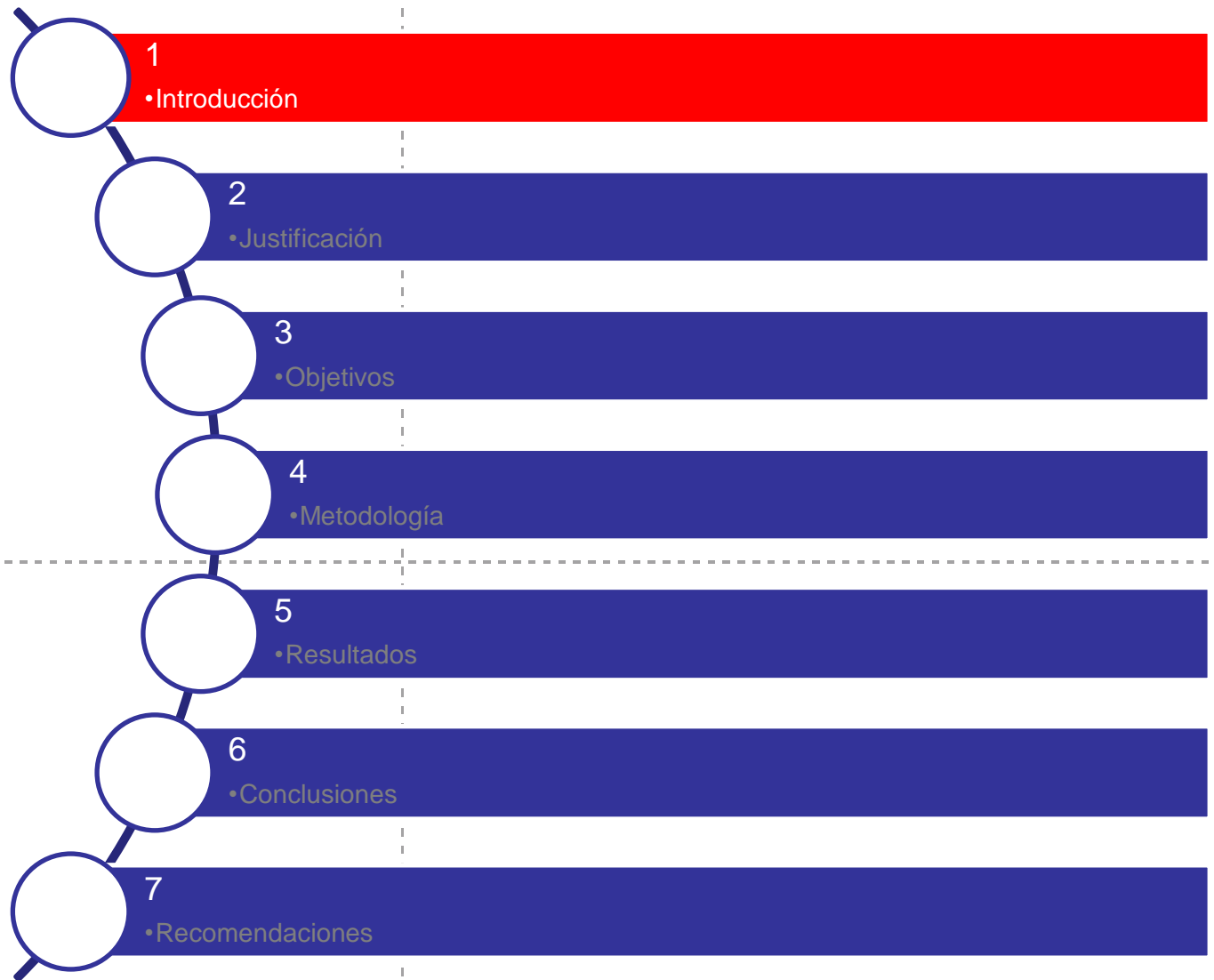
AUTOR: VASQUEZ MESÍAS, FRANKLIN JEFFERSON

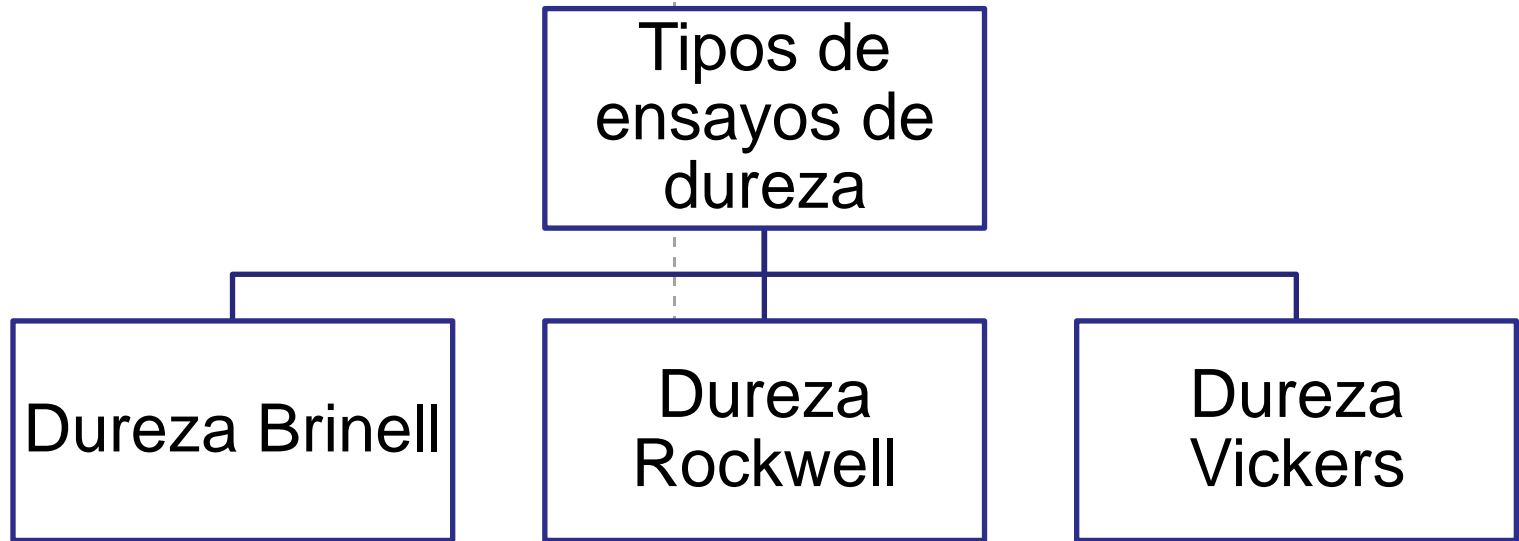
TUTOR: ING. CARVAJAL NARANJO, MIGUEL ALBERTO

LATACUNGA, FEBRERO 2022

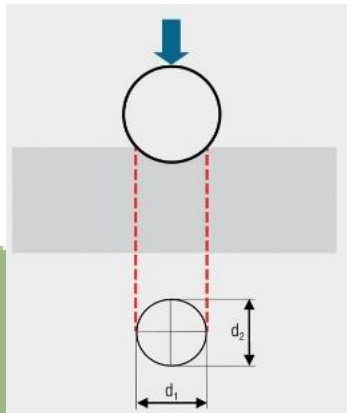




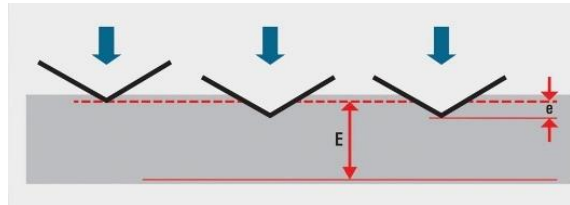




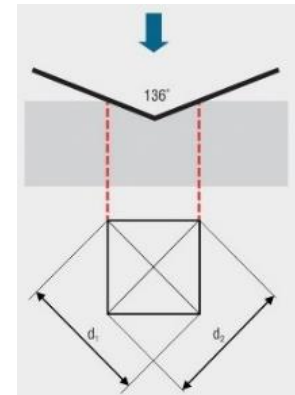
$$HBW = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$



$$\text{Dureza Rockwell} = 130 - \frac{h}{0.002}$$



$$HV = 0.1891 * \frac{F(N)}{d_v^2}$$





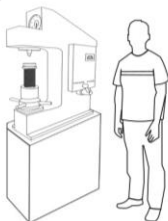
Métodos de obtención de valores de dureza

Laboratorio Virtual

ROCKWELL HARDNESS TEST

Objective:
To find the Rockwell hardness number of Mild Steel, Cast Iron, Brass, Aluminium and Spring Steel etc.

Apparatus used:
Rockwell hardness testing machine

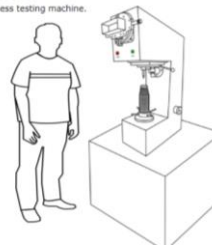


© 2016 - 2020 SOLVE - The Virtual Lab © NITK Surathkal, Department of Water Resources & Ocean Engineering

VICKERS HARDNESS TEST

Objective :
To determine the indentation hardness of mild steel, brass, aluminium etc. using Vickers hardness testing machine.

Apparatus used :
Vickers hardness testing machine.



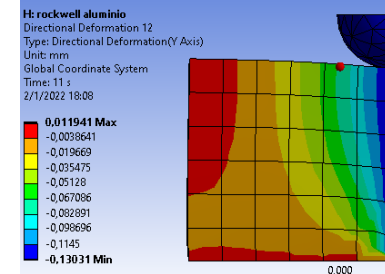
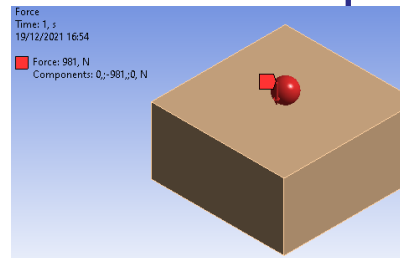
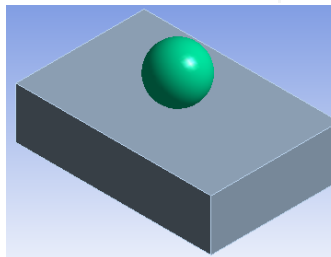
BRINELL HARDNESS TEST

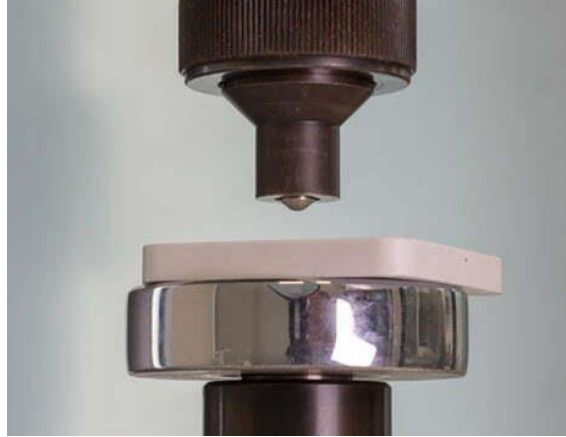
Objective :
To determine the indentation hardness of Mild Steel, Cast Iron, Brass and Aluminium etc. using Brinell hardness testing machine.

Apparatus used :
Brinell hardness testing machine

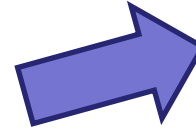


Software CAD
ANSYS

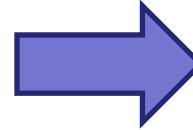




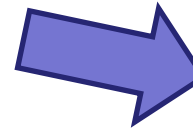
**Normativas
Empleadas**



Brinell
ASTM_E10-15

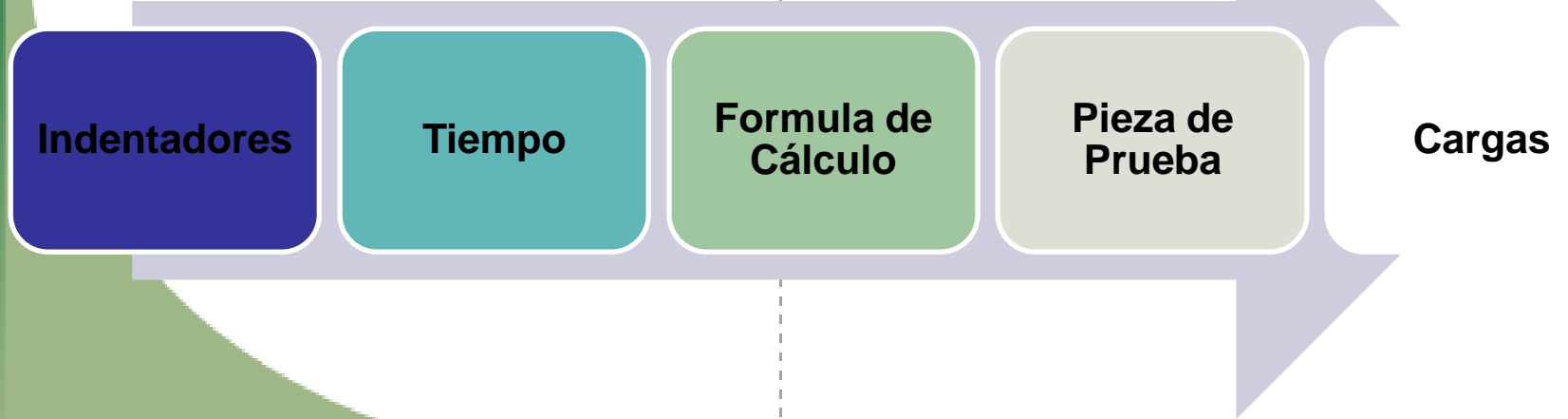


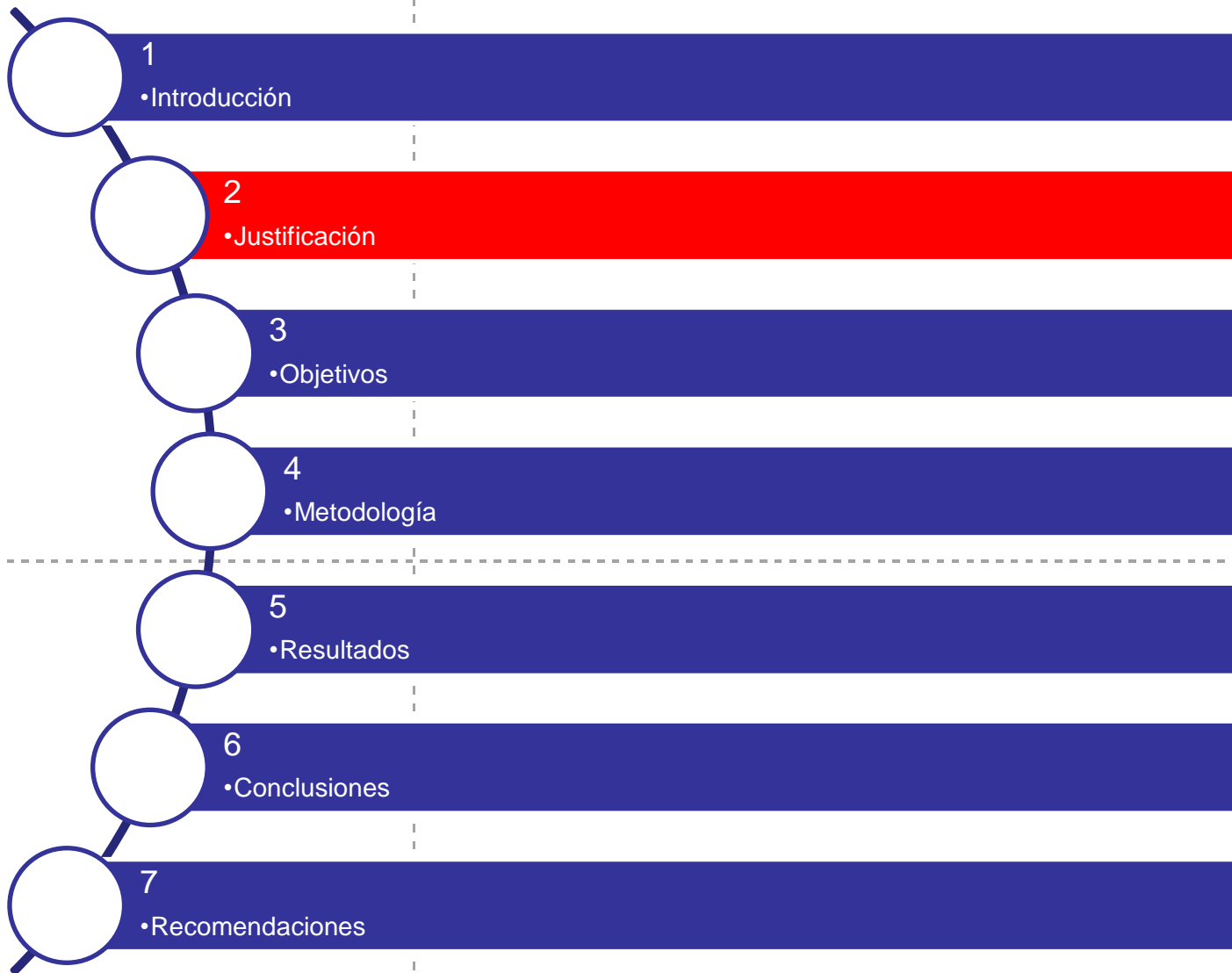
Rockwell
ASTM E18-15



Vickers
ASTM E92-17

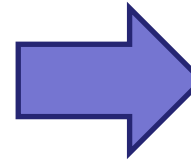
Parámetros que intervienen en el ensayos



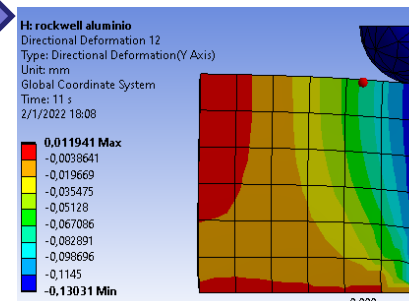
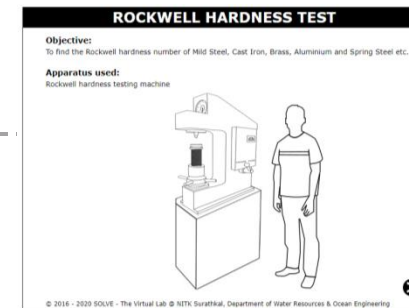
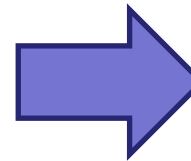


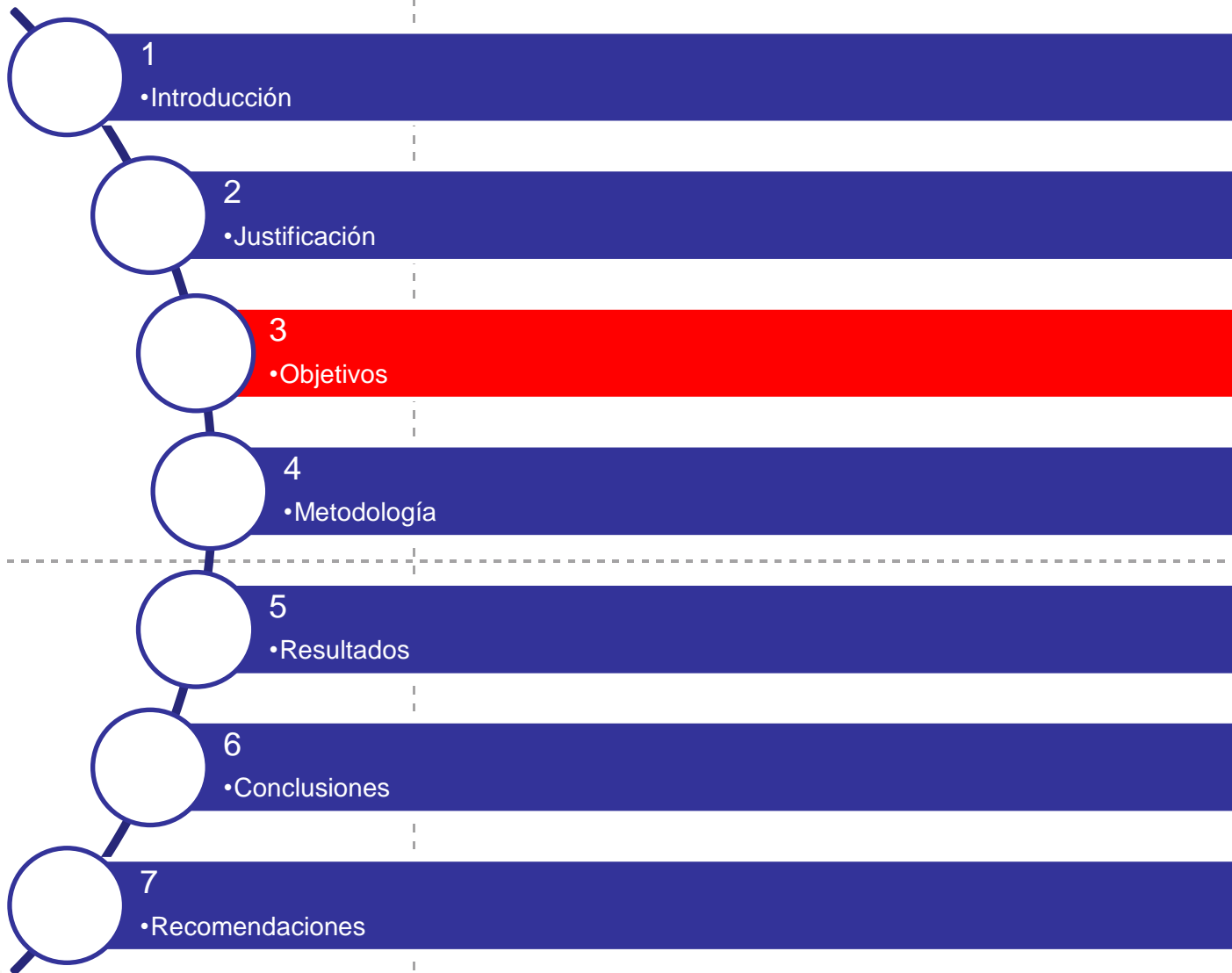


La implementación de los laboratorios virtuales y software CAD en el desarrollo de ensayos mecánicos, representa una alternativa de innovación en el de enseñanza tradicional



Los laboratorios virtuales y los simuladores pueden favorecer a el desarrollo de habilidades y competencias en estudios de ensayos de las propiedades mecánicas y obtención de datos de las pruebas en el campo de la mecánica de materiales





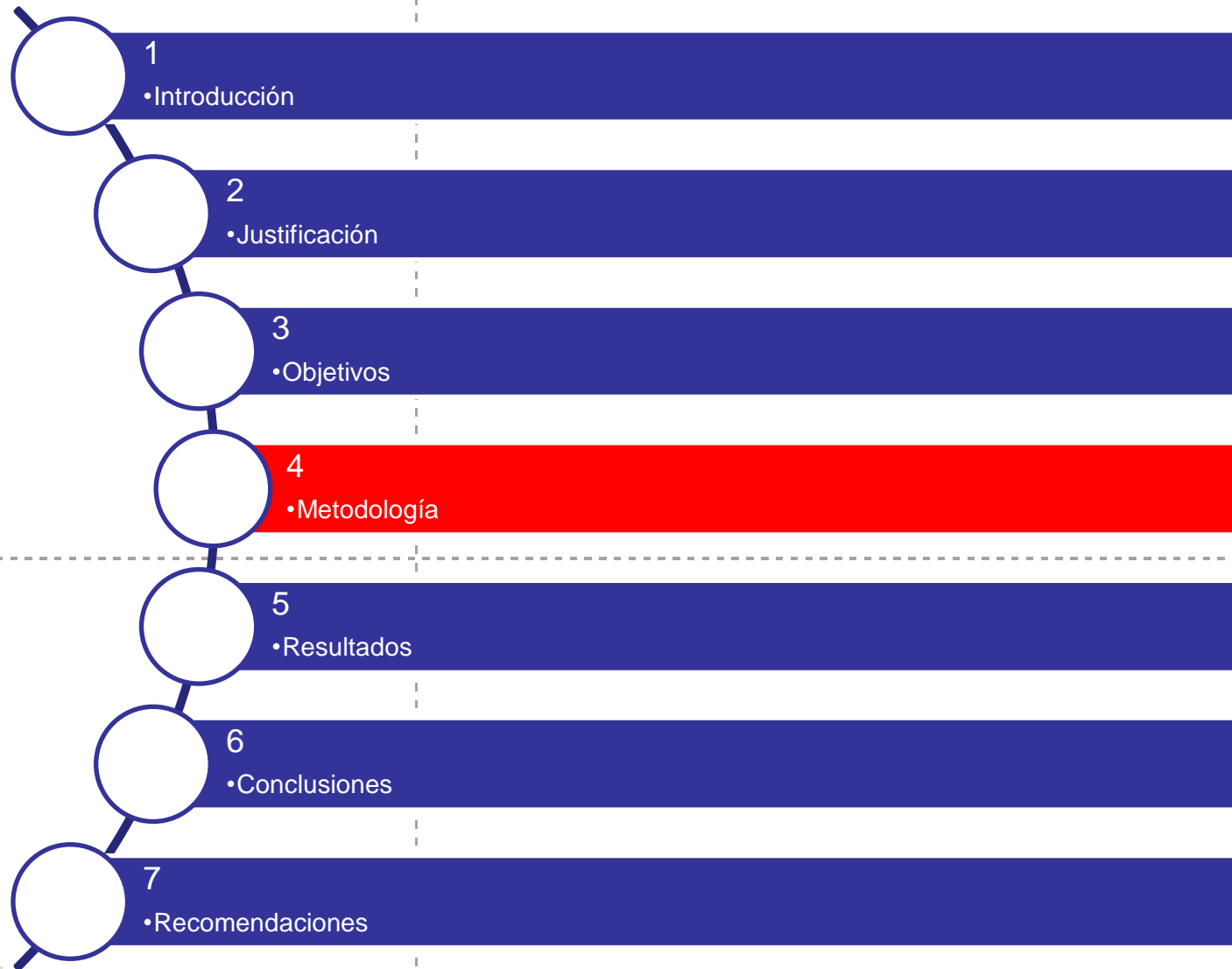


Objetivo General

- Determinar la dureza de los materiales bajo normas utilizando laboratorios virtuales y software CAD.

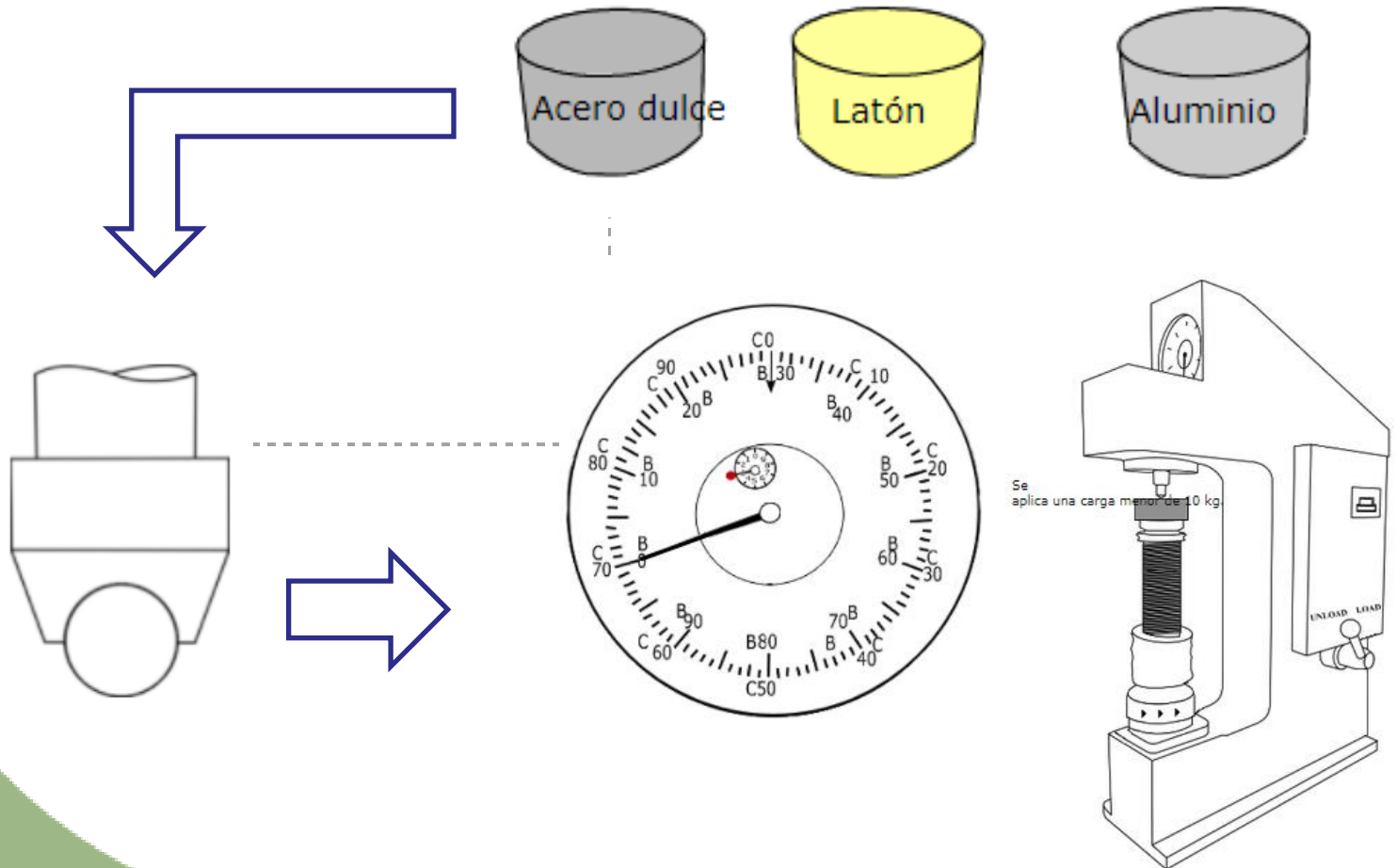
Objetivos Específicos

- Realizar el ensayo de Dureza Brinell, Rockwell y Vickers del acero dulce, latón y aluminio en un laboratorio virtual
- Realizar el ensayo de Dureza Brinell, Rockwell y Vickers del acero dulce, latón y aluminio mediante software CAD



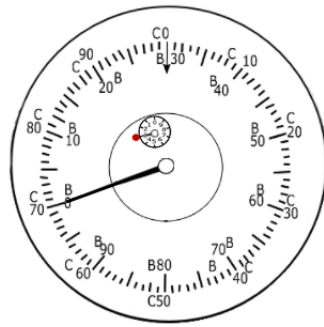


Desarrollo de Ensayo Rockwell en el Laboratorio Virtual

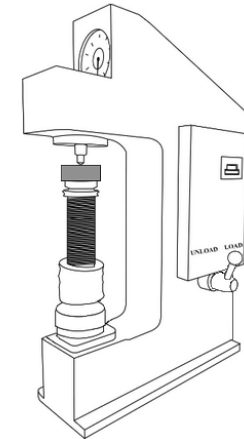
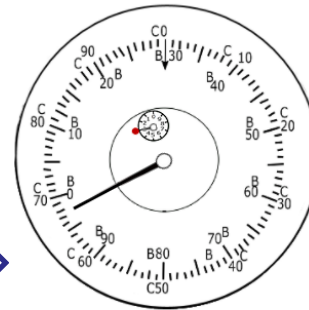
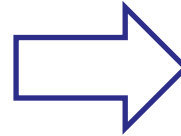
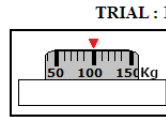
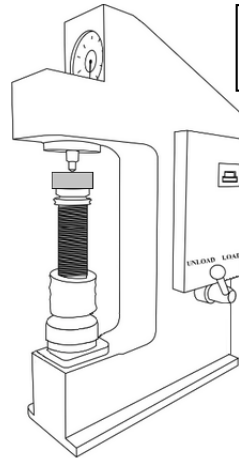




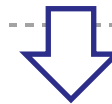
Desarrollo de Ensayo Rockwell en el Laboratorio Virtual



Major load applied = 100kg



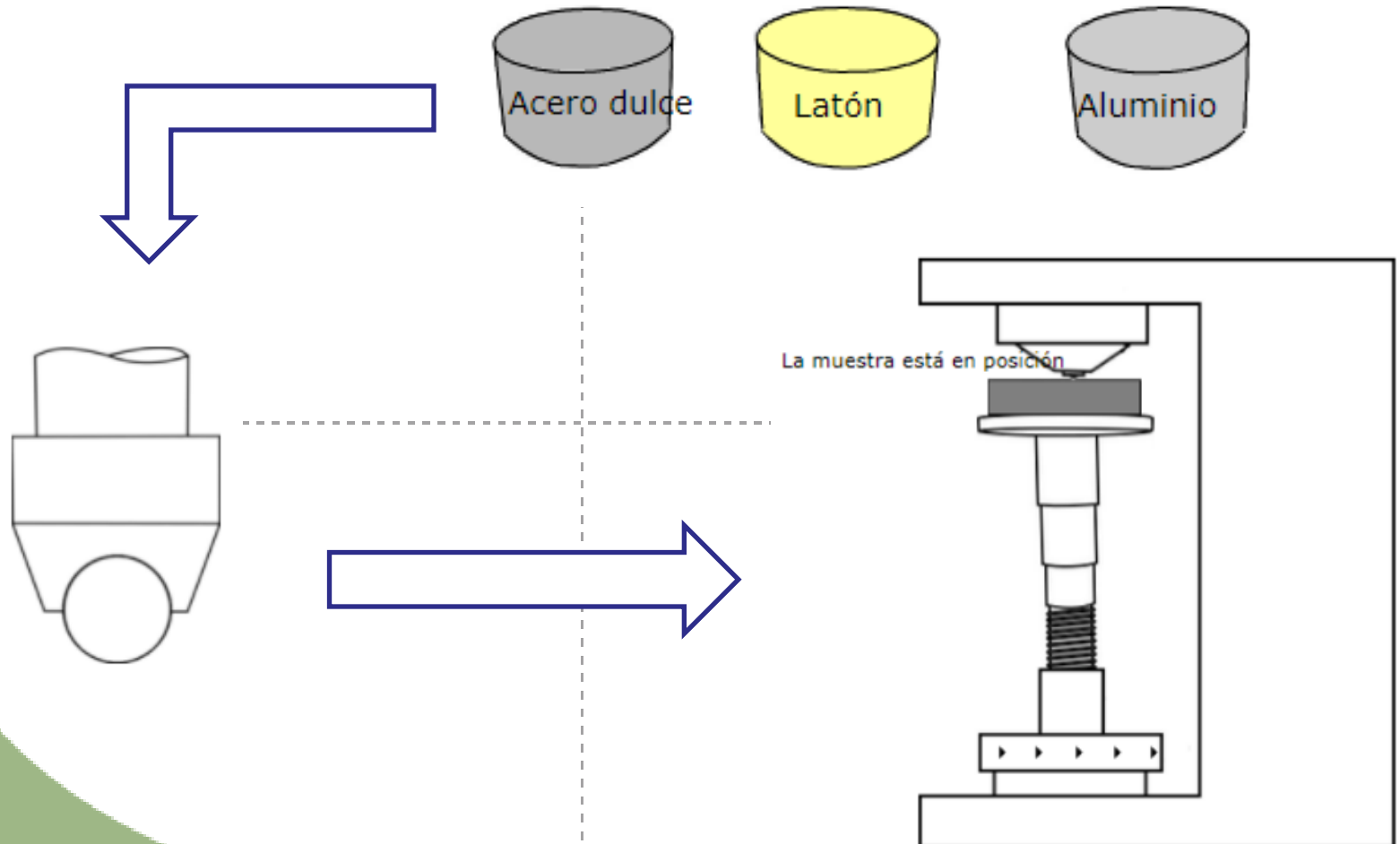
Haga clic en la palanca de mano para descargar



Dureza	Rockwell		
	1re ensayo	2do Ensayo	Valor promedio
Aluminio	75	66	70,5
Latón	85	72	78,5
Acero dulce	79	99	89

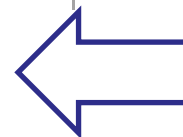
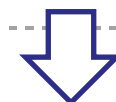
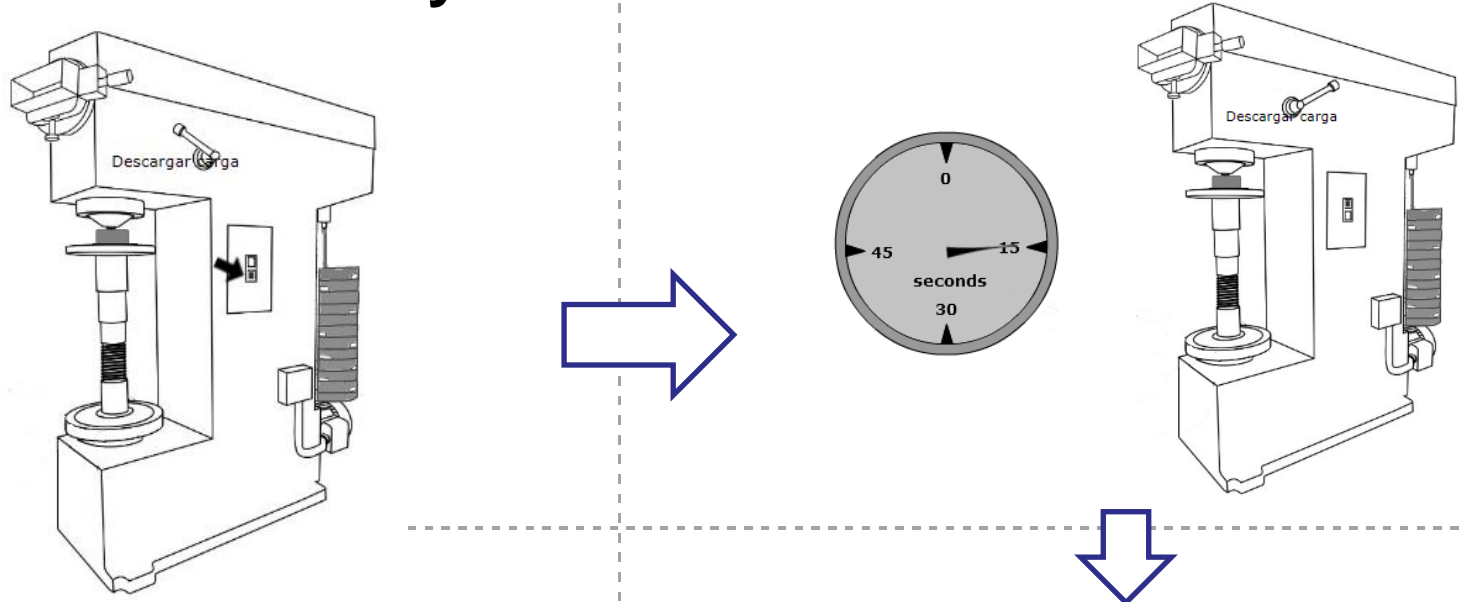


Desarrollo de Ensayo Brinell en el Laboratorio Virtual

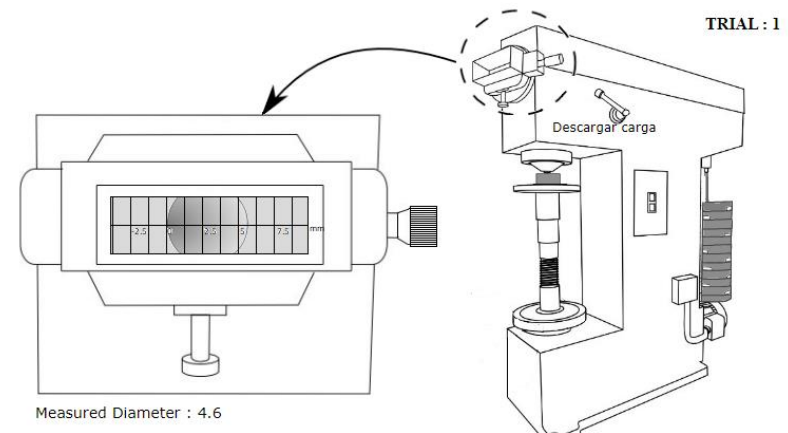




Desarrollo de Ensayo Brinell en el Laboratorio Virtual

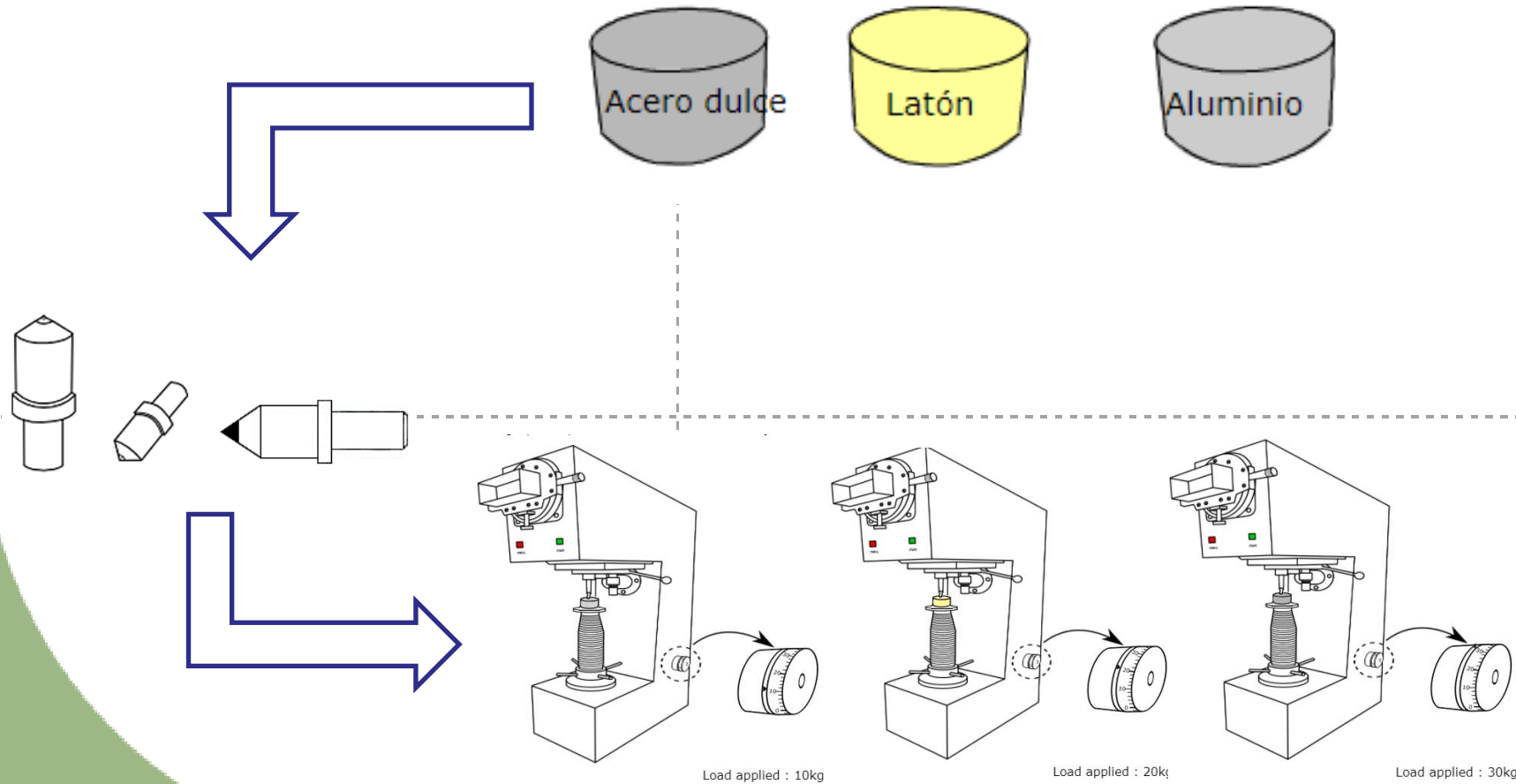


Dureza	Brinell		
	1er	2do	Valor
Material	Ensayo	Ensayo	promedio
Aluminio	87,06	79,62	83,34
Latón	85,38	98,36	91,87
Acero dulce	170,49	159,94	165,22





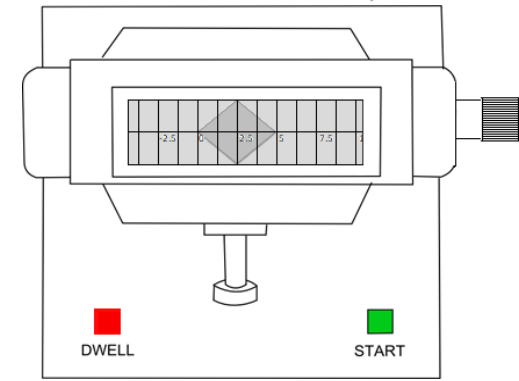
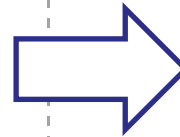
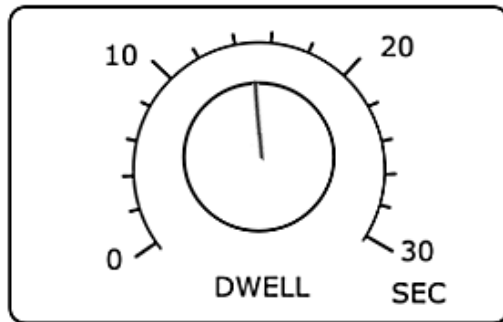
Desarrollo de Ensayo Vickers en el Laboratorio Virtual



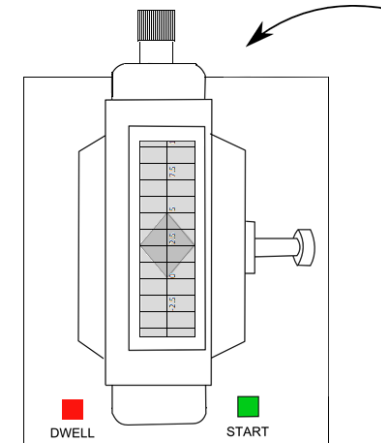
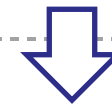


Desarrollo de Ensayo Vickers en el Laboratorio Virtual

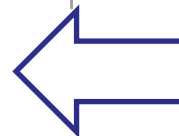
Time up to which load has to be applied = 15 sec



Indentation diagonal length in X-direction = 0.275mm

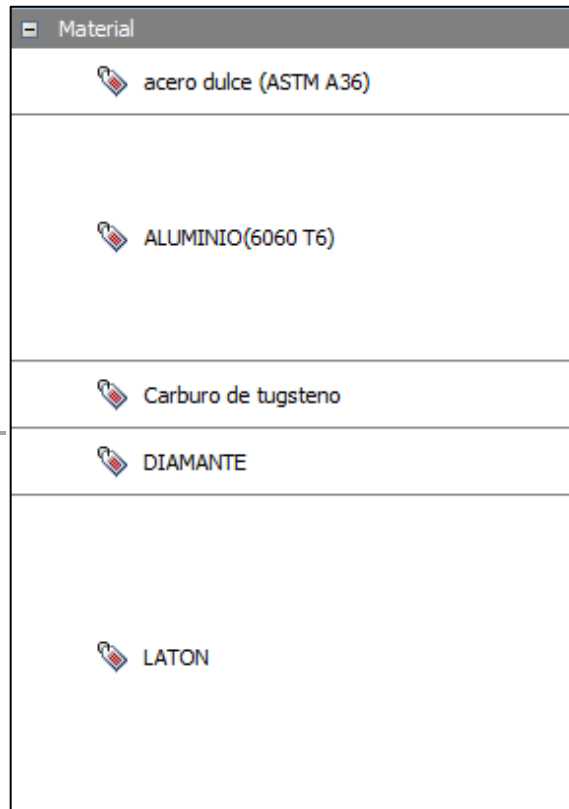


Indentation diagonal length in Y-direction = 0.276mm



Dureza	Vickers		
	1er ensayo	2do ensayo	Valor promedio
Material			
Aluminio	141,48	143,45	142,47
Latón	167,86	172,97	170,42
Acero dulce	732,80	754,56	743,68

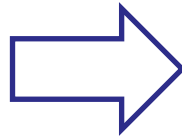
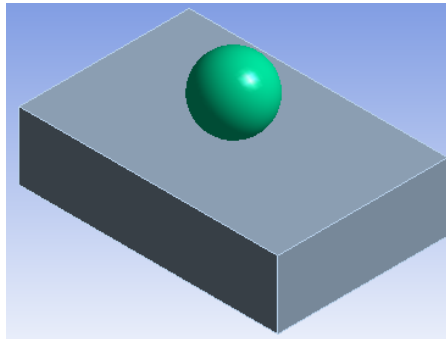
Creación de materiales previo a la simulación en ANSYS



Material	Aluminio (6060 T6)	Latón (C37733)	Acero dulce (ASTM A36)	Diamante	Carburo de tungsteno
Densidad (kg/m3)	2700	8530	7850	3500	14500
Módulo de Young (GPa)	69,5	110	200	1050	600
Radio poisson	0,33	0,35	0,26	0,18	0,22
Módulo de volumen (Gpa)	68,13	122,2	133,88	546,88	357,14
Módulo de corte (Gpa)	26,12	40,74	79,36	444,92	245,9
Resistencia a la tracción (Mpa)	165,47	367,4	250	19305	344,8
Resistencia ultima a la tracción (Mpa)	220,63	502	500	20202	370

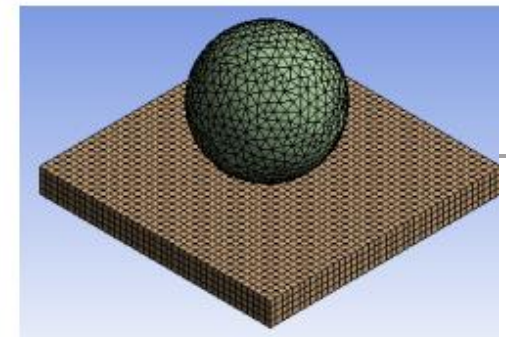


Desarrollo de Ensayo Brinell en ANSYS



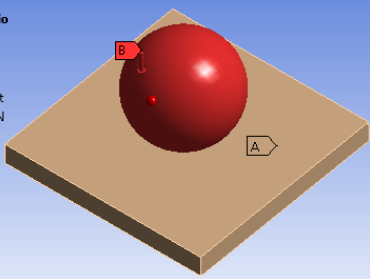
Materials	
<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMANTE
<input checked="" type="checkbox"/>	LATON(C37733)
<input checked="" type="checkbox"/>	ALUMINIO(6060 T6)
<input checked="" type="checkbox"/>	acero dulce (ASTM A36)
<input checked="" type="checkbox"/>	Carburo de tungsteno

By	Time
<input type="checkbox"/> Display Time	15, s



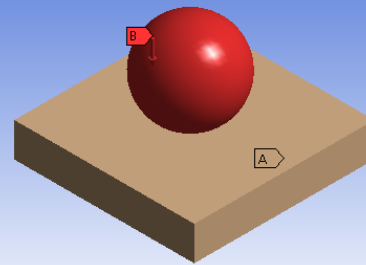
A: brinell aluminio
Static Structural
Time: 1, s
1/2/2022 10:40

A Fixed Support
B Force: 4905, N



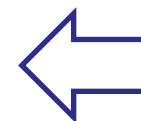
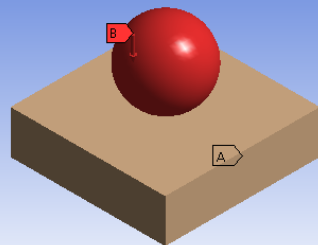
J: Copy of brinell laton
Static Structural
Time: 1, s
7/1/2022 21:45

A Fixed Support
B Force: 9810, N



C: brinell acero dulce
Static Structural
Time: 1, s
7/1/2022 21:58

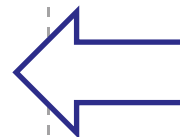
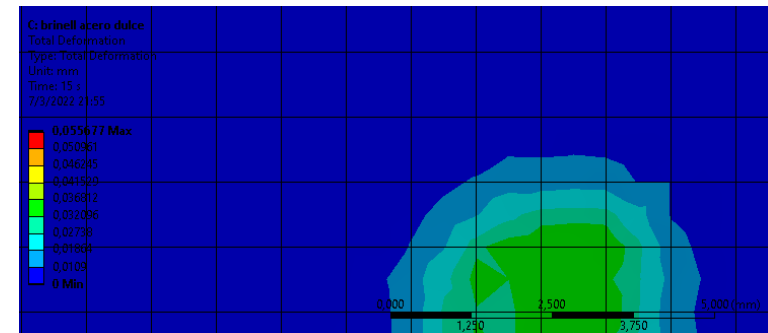
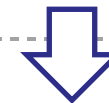
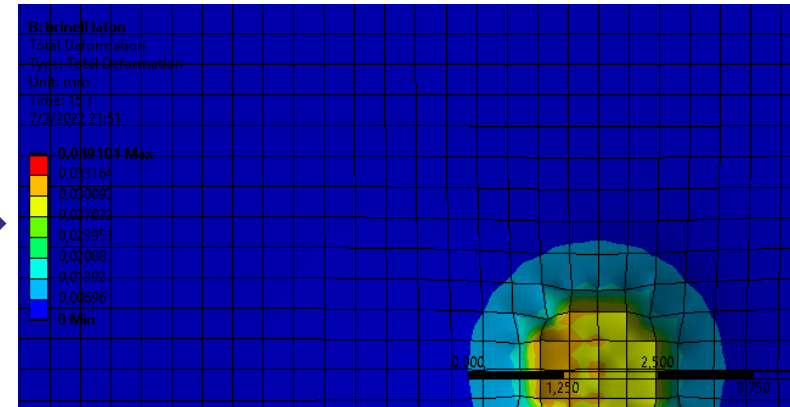
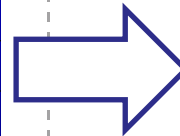
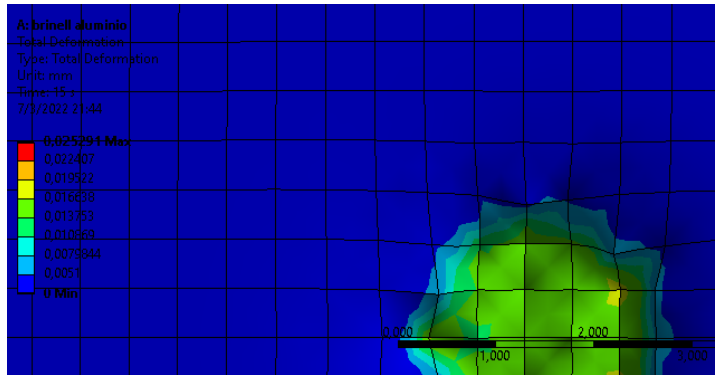
A Fixed Support
B Force: 29430 N



Display	
Display Style	Use Geometry Setting
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Element Order	Program Controlled
<input type="checkbox"/> Element Size	0,5 mm



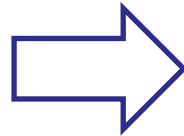
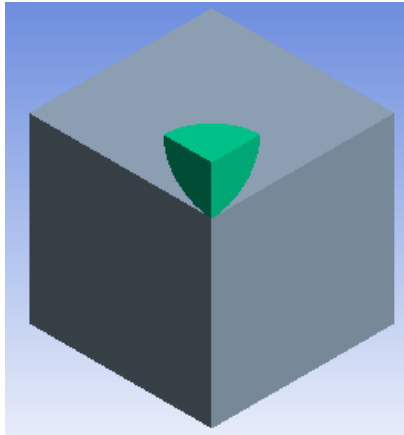
Desarrollo de Ensayo Brinell en ANSYS



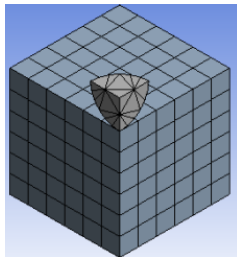
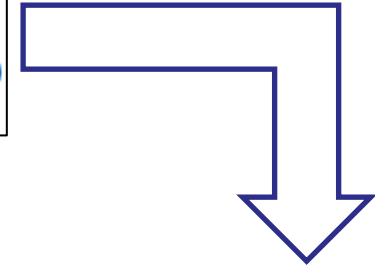
Dureza Brinell ($\frac{kgf}{mm^2}$)	
Acero dulce	159,13
Latón	97,74
Aluminio	82,55



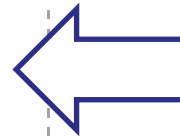
Desarrollo de Ensayo Rockwell en ANSYS



- Materials
- DIAMANTE
 - LATON(C37733)
 - ALUMINIO(6060 T6)
 - acero dulce (ASTM A36)
 - Carburo de tungsteno



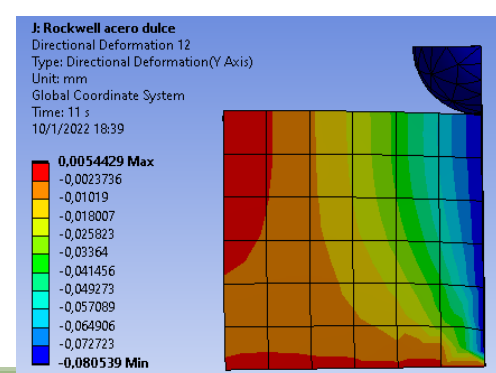
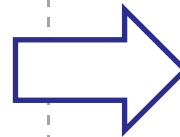
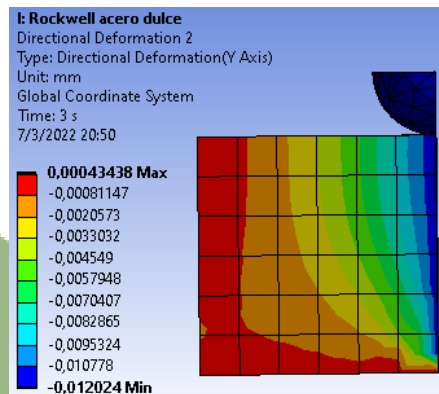
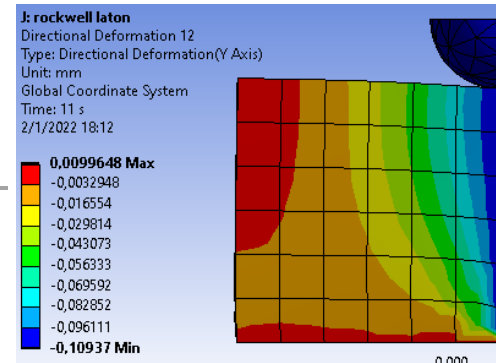
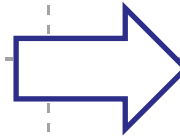
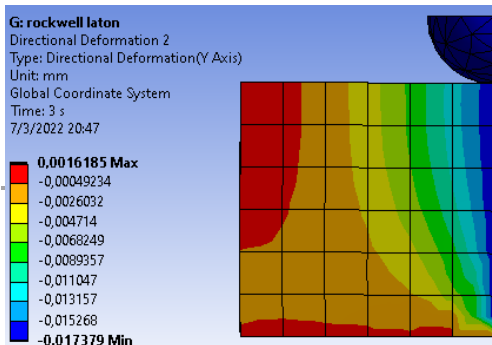
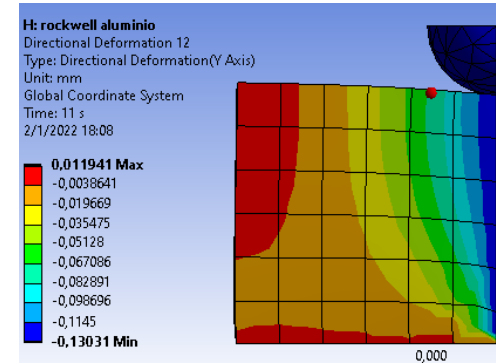
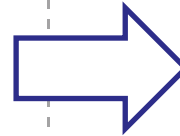
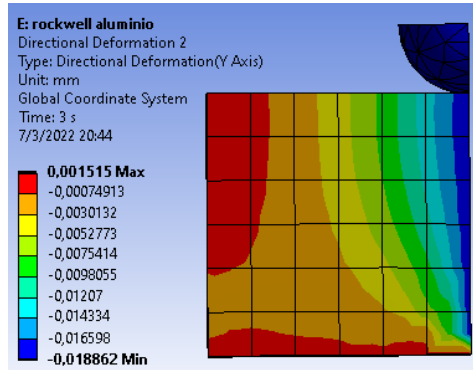
Display	
Display Style	Use Geometry Setting
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Element Order	Program Controlled
<input type="checkbox"/> Element Size	0,5 mm
Sizing	
Quality	
Inflation	
Advanced	



Steps	Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> X [N]	<input checked="" type="checkbox"/> Y [N]	<input checked="" type="checkbox"/> Z [N]
1	0,	0,	0,	0,
1	1,	0,	-98,1	0,
2	2,	0,	-98,1	0,
3	3,	0,	-98,1	0,
4	4,	0,	-981,	0,
5	5,	0,	-981,	0,
6	6,	0,	-981,	0,
7	7,	0,	-981,	0,
8	8,	0,	-98,1	0,
9	9,	0,	-98,1	0,
10	10,	0,	-98,1	0,
11	11,	0,	-98,1	0,



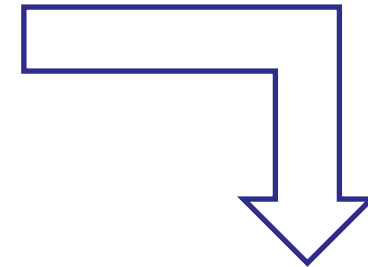
Desarrollo de Ensayo Rockwell en ANSYS





Desarrollo de Ensayo Rockwell en ANSYS

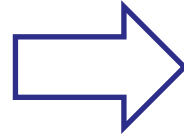
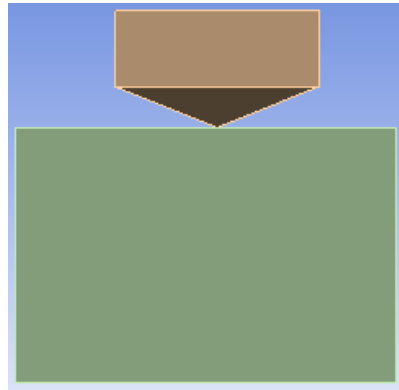
Profundidad de indentación	Fuerza aplicada	
	10 kg	100 kg
Material		
Aluminio	0,018 mm	0,13 mm
Latón	0,017 mm	0,10 mm
Acero dulce	0,012 mm	0,08 mm



Dureza Rockwell (HRB)	
Acero dulce	95,744
Latón	84,0065
Aluminio	74,282

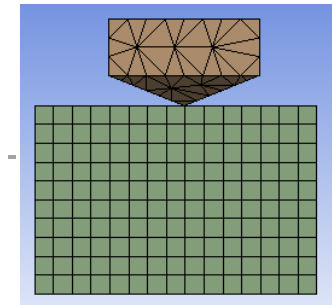


Desarrollo de Ensayo Vickers en ANSYS

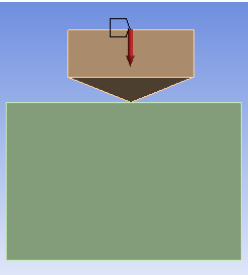


Materials	
<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMANTE
<input checked="" type="checkbox"/>	LATON(C37733)
<input checked="" type="checkbox"/>	ALUMINIO(6060 T6)
<input checked="" type="checkbox"/>	acero dulce (ASTM A36)
<input checked="" type="checkbox"/>	Carburo de tungsteno

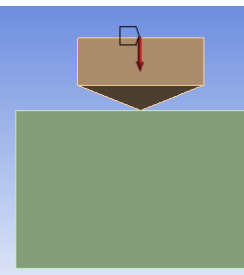
By	Time
<input type="checkbox"/> Display Time	15, s



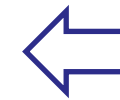
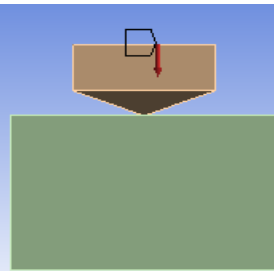
J: vickers aluminio
Force
Time: 1, s
19/12/2021 22:55
 Force: 98,1 N
Components: 0,-98,1;0, N



K: vickers laton
Force
Time: 1, s
19/12/2021 22:53
 Force: 196,2 N
Components: 0,-196,2;0, N



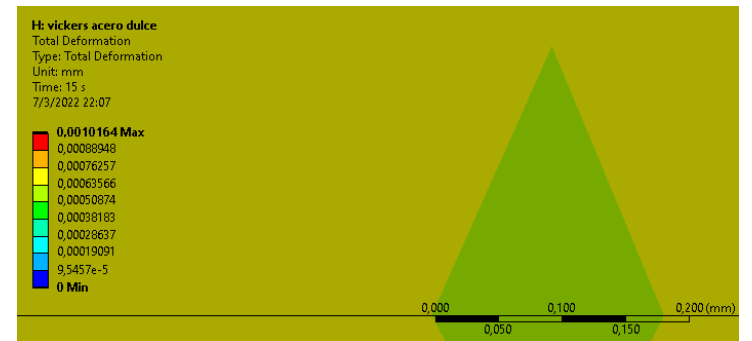
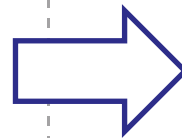
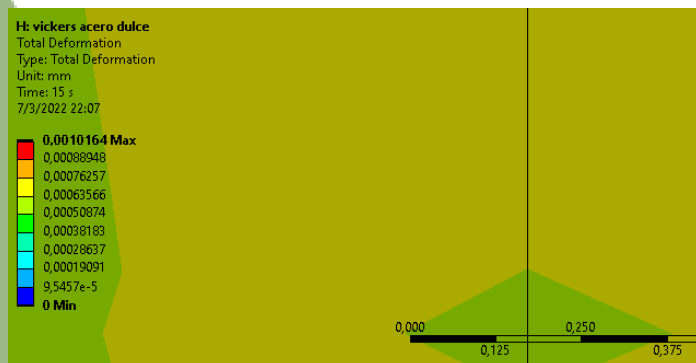
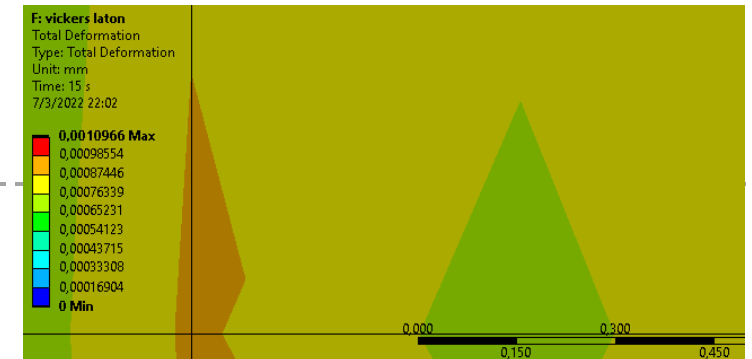
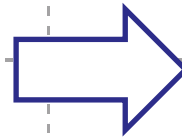
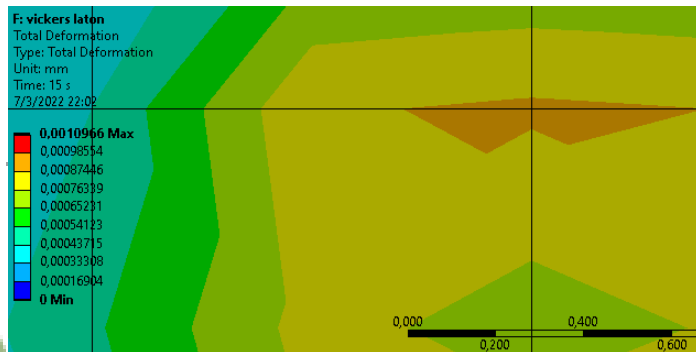
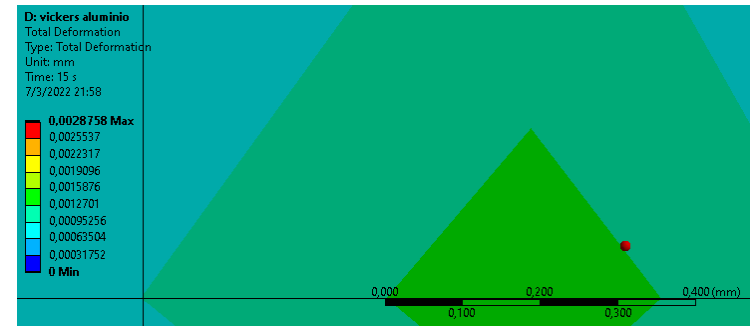
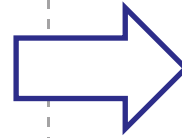
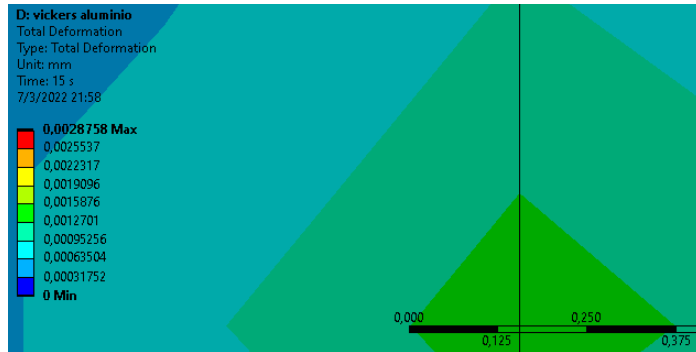
H: vickers acero dulce
Force
Time: 10, s
7/3/2022 21:22
 Force: 294,3 N
Components: 0,-294,3;0, N



Details of "Mesh"	
Display	
Display Style	Use Geometry Setting
Defaults	
Physics Preference	Mechanical
Element Order	Program Controlled
<input type="checkbox"/> Element Size	1, mm



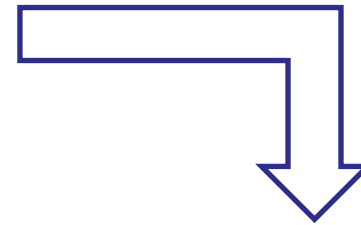
Desarrollo de Ensayo Vickers en ANSYS



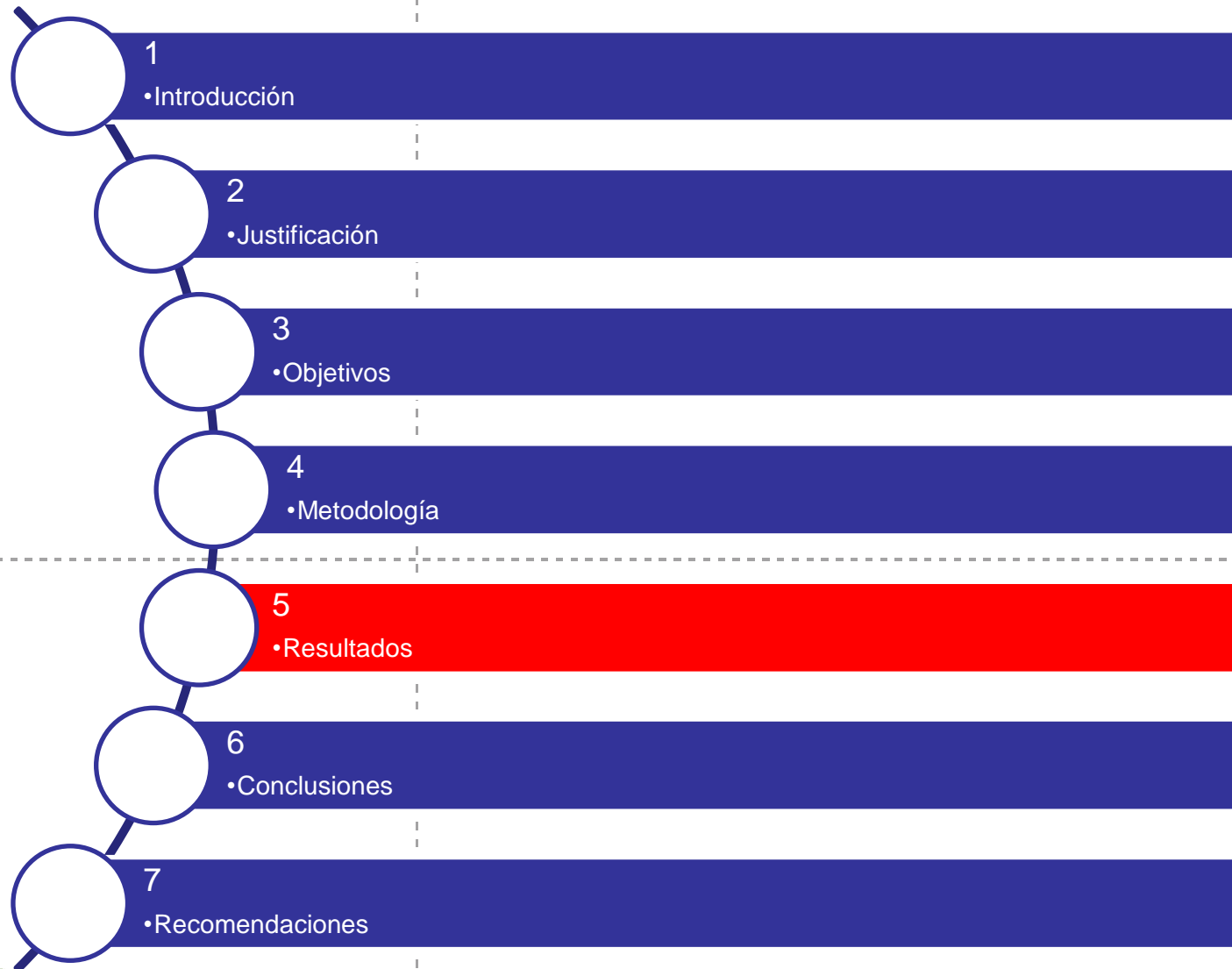


Desarrollo de Ensayo Vickers en ANSYS

Diagonal de indentación	Eje de análisis	
	X	Z
Material		
Aluminio	0,375 mm	0,35 mm
Latón	0,625 mm	0,29 mm
Acero dulce	0,375 mm	0,175 mm



Material	Escala de dureza
	Vickers $\left(\frac{N}{mm^2}\right)$
Acero dulce	735,89
Latón	177,25
Aluminio	141,17



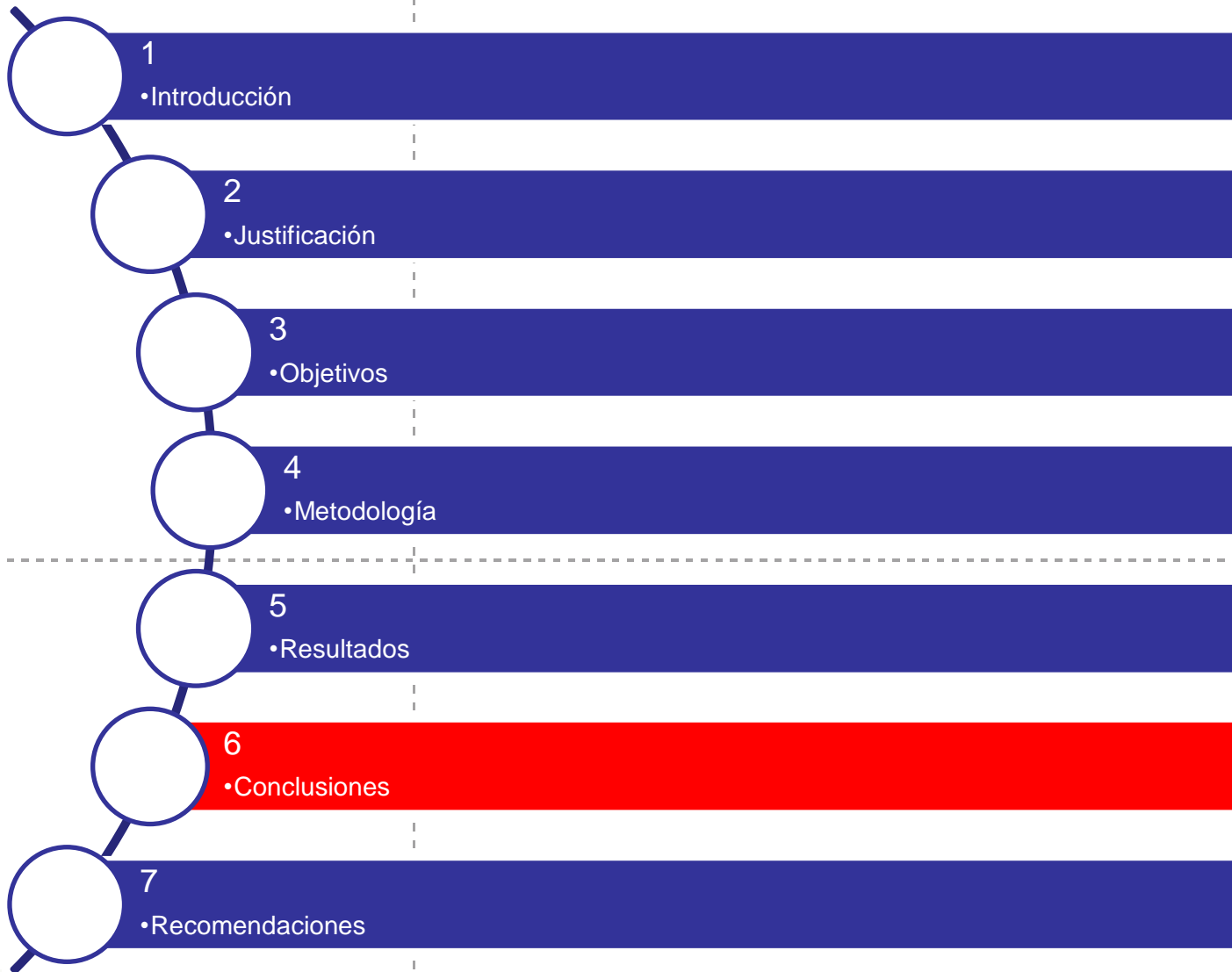
Análisis entre Laboratorios y software CAD

Material	Valor obtenido ANSYS	Valor obtenido en Laboratorio virtual	Porcentaje de Error
Dureza Rockwell (HRB)			
Acero dulce	95,744	89	7,577
Latón	84,0065	78,5	7,014
Aluminio	74,282	70,5	5,364
Dureza Brinell ($\frac{kgf}{mm^2}$)			
Acero dulce	159,13	165,22	3,827
Latón	97,74	91,87	6,389
Aluminio	82,55	83,34	0,94
Dureza Vickers ($\frac{N}{mm^2}$)			
Acero dulce	735,89	743,68	1,047
Latón	177,25	170,42	4,107
Aluminio	141,17	142,47	0,912



Análisis entre laboratorio y mediante formulas

Material	Valor obtenido en Laboratorio virtual	Valor obtenido mediante formulas	Porcentaje de Error
Dureza Rockwell (HRB)			
Acero dulce	89	N/A	N/A
Latón	78,5	N/A	N/A
Aluminio	70,5	N/A	N/A
Dureza Brinell ($\frac{kgf}{mm^2}$)			
Acero dulce	165,22	165,12	0,06
Latón	91,87	91,82	0,05
Aluminio	83,34	83,29	0,06
Dureza Vickers ($\frac{N}{mm^2}$)			
Acero dulce	743,68	744,10	0,05
Latón	170,42	170,51	0,05
Aluminio	142,47	142,54	0,04



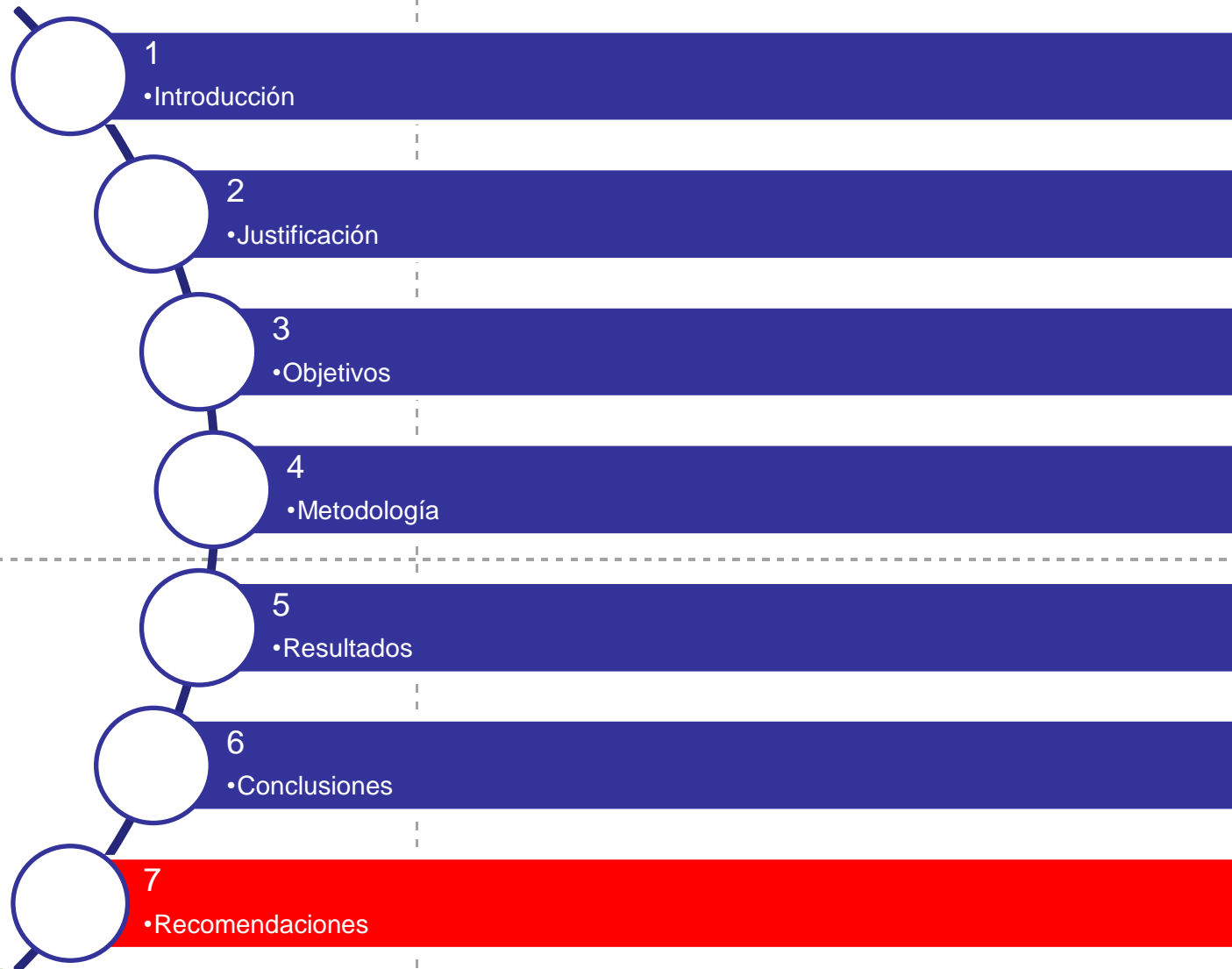


Se realizaron los ensayos de dureza Brinell, Rockwell y Vickers, en laboratorio virtual (Virtual Labs) y se obtuvieron los siguientes resultados, en el ensayo de dureza Rockwell, el acero tiene una dureza de 89, el latón tiene una dureza de 78,5 y el aluminio tiene una dureza de 70,5, en el ensayo de dureza Brinell, el acero tiene una dureza de 165,22, el latón tiene una dureza de 91,87 y el aluminio tiene una dureza de 83,34, en el ensayo de dureza Vickers, el acero tiene una dureza de 743,68, el latón tiene una dureza de 170,42 y el aluminio tiene una dureza de 142,47.

Se realizaron los ensayos de dureza Brinell, Rockwell y Vickers en el software CAD (ANSYS) y se obtuvieron los siguientes resultados, en el ensayo de dureza Rockwell, el acero tiene una dureza de 95,744, el latón tiene una dureza de 84,0065 y el aluminio tiene una dureza de 74,282, en el ensayo de dureza Brinell, el acero tiene una dureza de 159,13, el latón tiene una dureza de 97,74 y el aluminio tiene una dureza de 82,55, en el ensayo de dureza Vickers, el acero tiene una dureza de 735,89, el latón tiene una dureza de 177,25 y el aluminio tiene una dureza de 141,17.



El porcentaje de error máximo obtenido es de 7,577% del laboratorio virtual respecto al software de simulación CAD (ANSYS), con lo cual no sobrepasa el 10% máximo establecido por la norma, por lo tanto, el laboratorio virtual (Virtual Labs), se puede utilizar para estos ensayos.





Se recomienda a la página Virtual Labs que al momento de realizar el algoritmo de cálculo de valores de dureza en el ensayo Rockwell, Brinell y Vickers se tome en cuenta el uso de los decimales ya que existe una diferencia entre valores presentados en la página y los calculados.

Es recomendable que la pagina Virtual Labs específicamente en el ensayo de dureza Rockwell presente valores de profundidad de indentación ya que solo presenta valores de dureza de manera directa sin previa obtención de estos valores, ya que no permite realizar un análisis mediante fórmulas.



➤ **RECOMENDACIONES**

Se recomienda a los diseñadores del software ANSYS que amplie la gama de materiales en su biblioteca para realizar análisis, ya que cuenta con un stock limitado a comparación de otros programas de análisis por elementos finitos.

Es recomendable que la pagina Virtual Labs especifique el tipo de material está empleando en cada ensayo, ya que existe una variedad de acero dulces, aluminios y latones, con lo cual no se está delimitando este parámetro, ya que, al momento de generar una simulación, la alternativa encontrada fue buscar valores próximos de dureza de materiales a los obtenidos en el laboratorio virtual (Virtual Labs) y con estos obtener propiedades mecánicas para crear materiales nuevos en el software CAD (ANSYS).



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

GRACIAS
POR SU
ATENCIÓN