

CAPITULO VII

COMPARACION ENTRE RESULTADOS EXPERIMENTALES Y TEORICOS

VII.1 DETERMINAR EL MODULO DE RIGIDEZ:

Para determinar el módulo de rigidez se usaron dos fórmulas, la primera incluía la utilización de las dos masas (A y B), en la segunda se incluía solo una de las dos masas. Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

Para cuando se usan las dos masas de Inercia la fórmula es:

$$G = \frac{128\pi l(B_2 - B_1)}{d_o^4(T^2 - T_o^2)} \quad (3.27)$$

Para cuando se usa solo una de la masa de inercia (A o B) la fórmula es:

$$G = \frac{128\pi lB}{d_o^4(T^2 - T_o^2)} \quad (3.26)$$

Donde:

T_o : Periodo inicial con masa inercial sin discos (segundos)

B_o : Masa de Inercia, momento de inercia #1 (N*s²)

l : Longitud de prueba de la probeta (en metros)

I_o : Fórmula de inercia $I = \frac{\pi d_o^2}{32}$ (metros cuadrados)

d_o : Diámetro de prueba de la probeta. (en metros)

$$B = 2m \left[a^2 + \frac{d^2 + D^2}{8} \right], \text{ para BA (Masa Chica) o BB (Masa Grande)} \quad (3.25)$$

Donde:

m_A: masa del disco de inercia chico (son dos)(Kg.)

m_B: masa del disco de inercia grande (son dos)(Kg.)

a: distancia del centro del disco al centro de la masa de inercia (metros)

d: diámetro de agujero de sujeción (metros)

DA: diámetro del disco de inercia chico.(metros)

DB: diámetro del disco de inercia grande. (metros)

Teniendo en cuenta las fórmulas y que solo variamos las masas y el periodo, se metieron los datos y las fórmulas en Excel, dándonos los siguientes datos:

COMPARACION ENTRE RESULTADOS TEORICOS Y PRACTICOS

PRUEBA	m _A (Kg)	m _B (Kg)	a (m)	d (m)	DA (m)	DB (m)	BA (kg*m ²)	BB (kg*m ²)	l (m)	T1 (s)	T2 (s)	G (Pa)
Utilizando las dos masas de inercia												
ACERO	0.83	2.18	0.127	0.0127	0.0759	0.088	0.028003	0.07463082	0.19812	0.165	0.24	7.5218E+10
ALUMINIO	0.83	2.18	0.127	0.0127	0.0759	0.088	0.028003	0.07463082	0.19812	0.274	0.398	2.7419E+10
LATON	0.83	2.18	0.127	0.0127	0.0759	0.088	0.028003	0.07463082	0.19812	0.232	0.338	3.7815E+10
Utilizando la Masa de Inercia A												
ACERO	0.83	2.18	0.127	0.0127	0.0759	0.088	0.028003	0.07463082	0.19812	0.09425	0.165	7.4809E+10
ALUMINIO	0.83	2.18	0.127	0.0127	0.0759	0.088	0.028003	0.07463082	0.19812	0.157	0.274	2.721E+10
LATON	0.83	2.18	0.127	0.0127	0.0759	0.088	0.028003	0.07463082	0.19812	0.133	0.232	3.7973E+10
Utilizando la masa de Inercia B												
ACERO	0.83	2.18	0.127	0.0127	0.0759	0.088	0.028003	0.07463082	0.19812	0.09425	0.24	7.5064E+10
ALUMINIO	0.83	2.18	0.127	0.0127	0.0759	0.088	0.028003	0.07463082	0.19812	0.157	0.398	2.734E+10
LATON	0.83	2.18	0.127	0.0127	0.0759	0.088	0.028003	0.07463082	0.19812	0.133	0.338	3.7874E+10

CONCLUSIONES

Material	G Experimental prom. (Pa)	G teórico (Pa)
ACERO	7.503E+10	75 E+9 Pa
ALUMINIO	2.7323E+10	26 E+9 Pa
LATON	3.7887E+10	39 E+9 Pa

Tabla 7.1 Tabla de Resultados de Modulo de Rigidez

Como se observa en las conclusiones de la tabla los valores obtenidos se acercan al valor teórico, en el caso del Acero 1018 el valor promedio es el mismo con un factor de error de 0.04%, en el caso del Aluminio 6061-T6 el factor de error es del 5 % y en el caso del Latón Amarillo el factor de error es del 3%. En las practicas de laboratorio se considerable aceptable hasta un factor de error del 10%.

VII.2 DETERMINAR LA HISTÉRESIS MECÁNICA:

Para determinar la histéresis mecánica se toman los valores de de la rigidez mecánica como son la longitud, el periodo, la amplitud, la inercia y el Módulo de Rigidez teórico y se sustituyen en las siguientes fórmulas:

Para obtener el momento de inercia de solo la barra inercial sin pesos

$$B_0 = \frac{T_o^4 GI_o}{4\pi^2 l} \quad (3.34)$$

$$\text{donde: } I_o = \frac{\pi d_o^4}{32} \text{ y } T_o = 2\pi \sqrt{\frac{\kappa \varphi}{B_0}}$$

Ya que tenemos todos los datos despejamos “c”, que en este caso es la energía que se disipa por la Histéresis Mecánica, en el caso de la ecuación 3.35 para cuando se usan las masas “A” y la ecuación 3.36 para cuando se usan las masas “B”:

$$c^{(1)} = \frac{(B_0 + B_1)}{5T_1} \ln \frac{A_0}{A_{10}} \quad (3.35)$$

$$c^{(2)} = \frac{(B_0 + B_2)}{5T_2} \ln \frac{A_0}{A_{10}} \quad (3.36)$$

Donde B_0 es la barra inercial sola (en metros 4)

B_1 : es la barra inercial con las masas “A”(en Kg.)

T_1 : es el periodo del material (en segundos)

A_0 : es la amplitud al inicio de la prueba (en metros)

A_{10} : es la amplitud al final de la prueba (en metros)

Teniendo estas fórmulas y los datos obtenidos anteriormente para el módulo de Rigidez, se hizo una hoja de cálculo para determinar con los dos tipos de masas la Histéresis de cada material:

HISTÉRESIS

Utilizando la Masa de Inercia A	B_A (Kg*m \leq)	B_B (kg*m \leq)	B_c (Kg*m \leq)	T_A (s)	T_B (s)	T_C (s)	A_0 (m)	A_{10} (m)	$\ln A_0/A_{10}$
ACERO	0.02800297	0.0746308	0.019152983	0.09425	0.165	0.09425	9.22097	4.07139	0.81749
ALUMINIO	0.02800297	0.0746308	0.006964721	0.157	0.274	0.15667	5.51098	4.6398	0.17207
LATON	0.02800297	0.0746308	0.009730125	0.133	0.232	0.13313	3.7569	2.8304	0.28317
Utilizando la masa de Inercia B									
ACERO	0.02800297	0.0746308	0.0192298	0.09425	0.24	0.09425	3.9767	2.8759	0.32408
ALUMINIO	0.02800297	0.0746308	0.006990327	0.157	0.398	0.15667	2.768	2.3999	0.14307
LATON	0.02800297	0.0746308	0.00970452	0.133	0.338	0.13313	0.9464	0.7976	0.17105

HISTERESIS

	C_{C-A} (N*m*s)	C_{C-B} (N*m*s)
ACERO	0.0818027	0.02534862
ALUMINIO	0.00766483	0.00586811
LATON	0.01606749	0.00853583

Tabla 7.2 Tabla de Histeresis Mecánica

Se puede observar en los resultados obtenidos en la ecuación de c2 (con pesas B) y en la ecuación c1 (con pesas A), que la disipación de energía por cada ciclo es de centésimas de N*m*s, la prueba con las pesas chicas disipa más energía que la prueba con las pesas grandes.

VII.3 CALCULAR LA RAZÓN DE AMORTIGUAMIENTO:

Una vez calculada la histéresis mecánica se puede determinar la razón de amortiguamiento con la siguiente formula:

$$\varepsilon = \frac{\bar{c}}{2(B_0 + B_A)\varpi_{oA}} \quad 7.1$$

donde:

se tiene con las masas "A" es:

$$\varpi_{01} = \frac{2\pi}{T_{OA}} \quad 7.2$$

se tiene con las masas "B" es:

$$\varpi_{02} = \frac{2\pi}{T_{OB}} \quad 7.3$$

y para obtener el promedio de la histéresis

$$\bar{c} = \frac{c_A + c_B}{2} \quad 7.4$$

Donde:

c: es la histéresis mecánica.

B: es la masa inercial (A o B).

ϖ_{oA} : es la velocidad angular de la masa inercial

T: Es el periodo con las masas "A" (O-A) y con masas "B" (O-B)

Obteniéndose los siguientes valores:

Razón de Amortiguamiento

Utilizando la Masa de Inercia A	BA (kg*m ²)	BB (kg*m ²)	Bc (kg*m ²)	C _{C-A} (N*m ² s)	Wo1	T s.	c (promedio)
ACERO	0.02800297	0.0746308	0.019152983	0.0818027	37.8962606	0.1658	0.05357566
ALUMINIO	0.02800297	0.0746308	0.006964721	0.00766483	22.939759	0.2739	0.00676647
LATON	0.02800297	0.0746308	0.009730125	0.01606749	27.106126	0.2318	0.01230166
Utilizando la masa de Inercia B				C _{C-B} (N*m ² s)	Wo2		
ACERO	0.02800297	0.0746308	0.0192298	0.02534862	26.1038637	0.2407	
ALUMINIO	0.02800297	0.0746308	0.006990327	0.00586811	15.7592175	0.3987	
LATON	0.02800297	0.0746308	0.00970452	0.00853583	18.5838509	0.3381	

Razón de Amortiguamiento

	OA	OB
ACERO	0.02524277	0.01375038
ALUMINIO	0.00526671	0.0028766
LATON	0.0081033	0.00443486

Tabla 7.3 Razón de amortiguamiento

Como se puede observar en los resultados la razón o coeficiente de amortiguamiento es distinto para cada material, se puede observar que el coeficiente para cuando se usan las masas “A” es mayor que para cuando se usan las masas “B”. Como es un coeficiente de amortiguamiento (sin unidades) para los materiales sometidos a torsión no se pueden encontrar tablas o valores en la bibliografía.

VII.4 DETERMINAR EL FACTOR DE ERROR DEL BANCO DE MEDICION

Al construir un banco de medición o de pruebas se debe determinar el factor de error, el cual incluye la variación de cada elemento, como en este caso la variación del peso de las masas de inercia, por el factor de error de la bascula, la variación de las dimensión entre cada probeta en su longitud como en su diámetro, la variación de la distancia del centro de giro del banco al centro de la masa de inercia, en el caso de la variación del periodo el factor de error se debe a las interpolaciones lineales que crearon las curvas de la Gráfica, a continuación se muestra la tabla con la fórmula del factor de error:

FACTOR DE ERROR

Error con respecto a G	Derivada	Variación	Valores	Resultados	% error
$\Delta L/L$	$L/L =$	0.001 m	0.1981 m	0.005047956	0.50479556
$\Delta d_0/d_0$	$4 \Delta d_0/d_0 =$	0.00001 m	0.00635 m	0.006299213	0.62992126
$\Delta T_A/T_A$	$2T_A \Delta T_A / (T_A^2 - T_A)^2 =$	0.0001 m	0.09425 m	0.002586616	0.2586616
$\Delta T_B/T_B$	$2T_B \Delta T_B / (T_B^2 - T_B)^2 =$	0.0001 m	0.157 m	0.001792566	0.17925662
$\Delta T_C/T_C$	$2T_C \Delta T_C / (T_C^2 - T_C)^2 =$	0.0001 m	0.133 m	0.002000507	0.20005074
$\Delta m_1/m_1$	$m_1/m_1 =$	0.005 kg	0.83 kg	0.006024096	0.60240964
$\Delta m_2/m_2$	$m_2/m_2 =$	0.005 kg	2.23 kg	0.002242152	0.22421525
$\Delta a/a$	$a/a =$	0.0000127 m	0.127 m	0.0001	0.01
$\Delta d_1/d_1$	$d_1/d_1 =$	0.0000127 m	0.0127 m	0.001	0.1
$\Delta d_2/d_2$	$d_2/d_2 =$	0.0000127 m	0.0127 m	0.001	0.1
$\Delta D_1/D_1$	$D_1/D_1 =$	0.0000127 m	0.075946 m	0.000167224	0.01672241
$\Delta D_2/D_2$	$D_2/D_2 =$	0.0000127 m	0.0889 m	0.000142857	0.01428571
				$\Delta G/G =$	2.84031878

DONDE:

$$\Delta G/G = \Delta L/L + 4 \Delta d_0/d_0 + \Delta T_A/T_A + \Delta T_B/T_B + \Delta T_C/T_C + \Delta m_1/m_1 + \Delta m_2/m_2 + \Delta a/a + \Delta d_1/d_1 + \Delta d_2/d_2 + \Delta D_1/D_1 + \Delta D_2/D_2$$

	Valores Teóricos (Gpa)	% error	Factor de Error (Pa)	Fluctuación en Práctica (Gpa)	
ACERO	75.03	2.840318775	± 1.065545589	74 -	76.0955456
ALUMINIO	27.32	2.840318775	± 0.387987545	27 -	27.7079875
LATON	37.89	2.840318775	± 0.538098392	37 -	38.4280984

Tabla 7.4 Factor de error

Analizando estos valores se concluye que el factor de error del banco de medición tomando sus valores que lo afectan, es del 2.84%, superior al estimado teóricamente (1%) para fines de investigación, pero para un banco de medición para fines didácticos es menor ya que se considera un error aceptable hasta el 10%.

VII.5 RECOMENDACIONES PARA MEJORAR EL EQUIPO:

Al terminar de construir este banco de medición, el factor de error nos dio un valor de 2.84%, debido a que la probeta es la que mas probabilidades tiene de aumentar el rango de error y en segundo lugar la obtención del periodo, se recomienda que al maquinar las probetas se hagan con las menores tolerancias posibles según el equipo de maquinado, en este caso las probetas tienen una variación de una milésima de pulgada en el torno del taller mecánico.

Una observación importante es que en la fabricación del banco se uso acero estructural, el cual absorbe parte de la energía que se le aplica a la probeta, por lo tanto se recomienda usar Hierro Colado en la fabricación de otro banco de medición, al usar este material se puede disminuir el error en la obtención del periodo.

La sujeción es parte importante en la obtención de los datos, por lo que también se recomienda fijar el banco al piso o una estructura similar, ya que esta también nos afecta en la obtención del periodo.