



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS APLICADAS AL ESTUDIO DE LA RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

Oscar J. Ramírez

Instituto de Industria – Universidad Nacional de General Sarmiento
J. M. Gutiérrez 1150 Los Polvorines Buenos Aires Argentina
correo-e: oramirez@ungs.edu.ar.

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo presentar una serie de experiencias didácticas diseñadas para estudiantes que cursan la asignatura resistencia de materiales, especialmente aquellos que no tengan conocimientos previos en dicha temática y se enfrentan a la interpretación de conceptos básicos de difícil comprensión.

Estas prácticas proponen una estrategia interactiva, ya que con ella el estudiante interacciona con la realidad simulada, siguiendo pautas y reglas y a través de dicho procedimiento adquiere los objetivos del aprendizaje.

Inicialmente se describirá una práctica que introduce al estudiante en el concepto de tensión normal en el caso de la sollicitación de tracción y por último una experiencia que facilita la comprensión de cuales son las mejores formas geométricas de las secciones de vigas que soportan el esfuerzo de flexión. En el primer caso se verá que lo importante es el tamaño de la sección y en el segundo que para una determinada sección lo que interesa es como es la forma de esta, mostrando específicamente como el perfil doble T es una de las formas que mejor aprovecha la distribución de masa para resistir el esfuerzo de flexión.

Palabras Claves: *Experiencias Didácticas, Resistencia de Materiales, Simulación en el aula.*



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo planteado es generar experiencias didácticas en el campo de la resistencia de materiales, utilizando la estrategia de la simulación, a través de dispositivos tangibles que le permitan a los estudiantes tomar contacto con las prácticas propuestas visualizando los pasos a seguir y los resultados previstos por cada experiencia. Este tipo de estrategias tienden a facilitar la participación activa de los estudiantes, generando una interacción con el docente que enriquece el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En el contexto educativo “simular” significa reproducir un sistema, fenómeno o proceso que se pretende estudiar con el fin de comprenderlo mejor [1].

Esta técnica nos permite a través de una situación similar a la real, hacer participar en forma activa a los estudiantes en el desarrollo de la experiencia.

Por otro lado al ser los estudiantes parte de la experiencia, se logra un efecto motivador en los mismos, generando una postura actitudinal de mayor predisposición a la hora de enfrentar el proceso de enseñanza aprendizaje.

Se trata de una estrategia interactiva, ya que con ella el alumno interacciona con la realidad simulada, siguiendo ciertas pautas o reglas, y a través de dicho procedimiento adquiere los objetivos del aprendizaje [2].

2. DESARROLLO DE LAS EXPERIENCIAS DIDÁCTICAS

2.1. Experiencia para interpretar el concepto de tensión normal en la sollicitación de tracción

El dispositivo propuesto simula una barra de sección circular. Tiene un tramo l_1 donde el diámetro de la sección es d_1 y otro tramo l_2 donde el diámetro de la sección es d_2 , Figura 1.

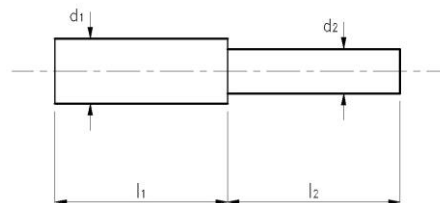


Figura 1 Dispositivo para realizar la experiencia



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

En ambos tramos l_1 y l_2 las secciones están cortadas y poseen una cara imantada y la otra metálica, con lo cual al unir las logramos una barra continua, debido a la adherencia magnética generada entre ambas, Figura 2.

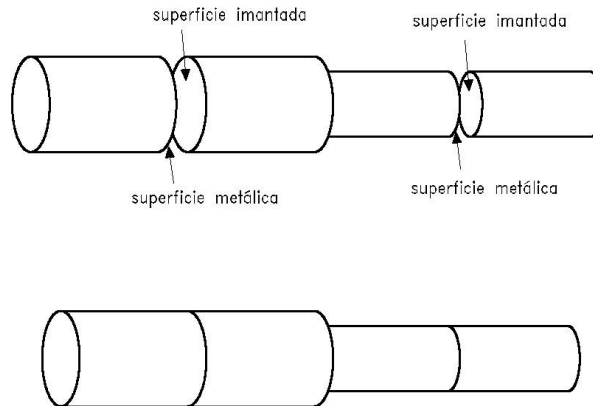


Figura 2 Dispositivo con las secciones dispuestas para realizar la experiencia

En este sistema, la tensión admisible (σ_{adm}) de la barra es la provocada por la adherencia generada por el campo magnético entre la superficie imantada y la metálica. Definimos para nuestra práctica, tensión admisible al valor de tensión que en caso de ser superado, provoca la separación de las secciones. En este caso, debido a que no modificamos la superficie imantada, la σ_{adm} permanece constante a lo largo de toda la práctica. Con esta simulación se puede visualizar fácilmente que el concepto de tensión en el caso de solicitaciones axiales, es una relación entre el esfuerzo y el área de la sección de la barra en estudio.

Para realizar la experiencia se unen las secciones cortadas formando una barra continua (Figura 2). Luego comienza a aplicarse en forma manual una fuerza P provocando la tracción de la barra (Figura 3).

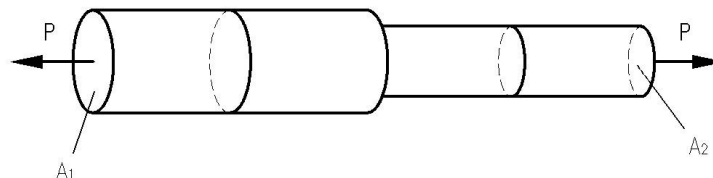


Figura 3 Dispositivo sometido a la solicitación de tracción



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

Las tensiones normales generadas a lo largo de las barras se calculan con las expresiones:

$$\sigma_{1P} = P / A_1 \qquad \sigma_{2P} = P / A_2 \qquad (1)$$

$$A_1 = \pi d_1^2 / 4 \qquad A_2 = \pi d_2^2 / 4 \qquad (2)$$

Resulta importante destacar la diferencia entre el esfuerzo aplicado “causa” y las tensiones resultantes “efecto”, podemos observar que para un mismo valor de esfuerzo normal, la tensión generada depende del tamaño de la sección de la barra.

Como la sección A_1 es mayor que A_2 , las tensiones generadas en el tramo de la barra correspondiente a la sección A_1 son menores a las que soporta el tramo de la barra correspondiente a la sección A_2 (Figura 4).

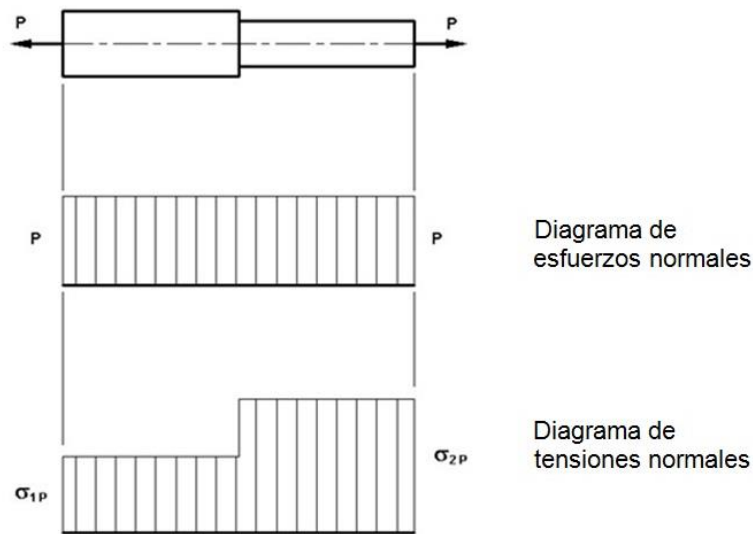


Figura 4 Diagrama de esfuerzos y de tensiones normales

$$\sigma_{2P} > \sigma_{1P} \qquad (3)$$

Si procedemos a incrementar la fuerza aplicada a la barra, llegaremos a un valor en el que la tensión desarrollada en la barra de menor sección supere el valor admisible (Figura 5).

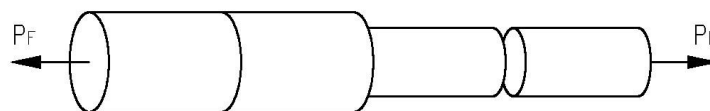


Figura 5 Dispositivo cediendo en la sección menor a causa de superar la tensión admisible

luego: P_F = fuerza que provoca la separación de la sección menor.

$$\sigma_{2 PF} > \sigma_{adm} \quad (4)$$

La barra obviamente cederá en el tramo correspondiente a la sección A_2 , que es la de menor tamaño. Los esfuerzos aplicados son iguales a lo largo de toda la barra, no pasa lo mismo con las tensiones generadas por los esfuerzos debido a la disminución de la sección.

Si bien la resolución de esta práctica es previsible, se realiza para aclarar la diferencia de conceptos entre esfuerzos aplicados “causa” y tensiones desarrolladas “efecto”.

Por otra parte será de gran utilidad comparar esta experiencia con la simulación de vigas sometidas a flexión.

2.2. Experiencia para interpretar la respuesta de las secciones de vigas que soportan el esfuerzo de flexión.

El objetivo de esta experiencia es facilitar el estudio del comportamiento de las distintas formas de secciones de vigas expuestas a la sollicitación de flexión pura [3], permitiendo visualizar en forma práctica, como una simple modificación de la configuración de la sección, provoca un aumento significativo en la resistencia a la flexión de la viga.

En este caso específicamente, queremos dejar en evidencia las ventajas que presenta el perfil “doble T” al estar sometido al esfuerzo de flexión pura, respecto de las vigas de sección rectangular.

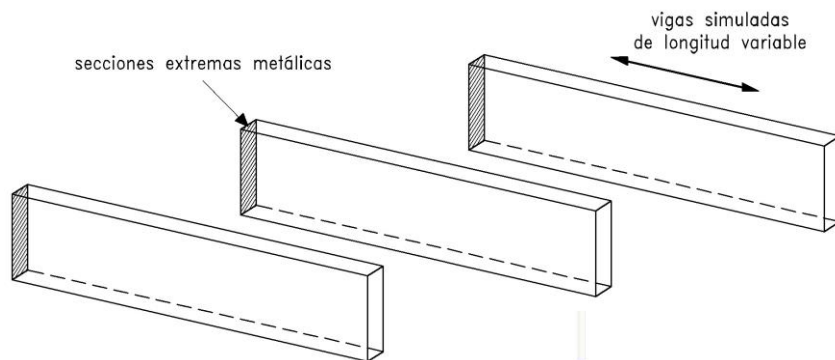


Figura 6 Vigas simuladas de sección rectangular y longitud variable (sistema telescópico)



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

Utilizaremos para esta demostración un soporte imantado y tres vigas simuladas de sección rectangular de longitud variable (sistema telescópico), con uno de sus extremos de sección metálica, figura 6. Con las tres vigas, generaremos uniéndolas, una sola configuración de sección rectangular, figura 7.

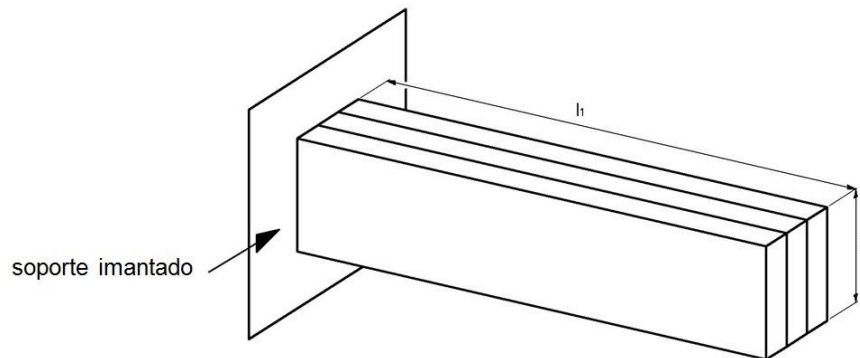


Figura 7 Dispositivo dispuesto para simular una sola viga de sección rectangular

Al ser la sección extrema de la viga de material metálico y el soporte donde se sujeta la viga una superficie imantada, se genera una adherencia magnética entre ambas. En este sistema simulado la tensión admisible (σ_{adm}) de la viga en la sección en contacto con el soporte es la provocada por la adherencia generada por el campo magnético entre la superficie imantada y la metálica. En nuestra experiencia definiremos tensión admisible (σ_{adm}), a la tensión que una vez superada, provoca la separación de la viga del soporte imantado.

El ejercicio está preparado para que en la posición correspondiente a l_1 , la adherencia magnética, no sea superada por las tensiones generadas por la sollicitación de flexión provocada por el peso propio de la viga (P).

$$M_{l_1} = P l_1 / 2 \quad (5)$$

$$\sigma_{max\ l_1} = (M_{l_1} / J_{rect}) h / 2 \quad (6)$$

$$\sigma_{adm} > \sigma_{max\ l_1} \quad (7)$$

M_{l_1} = Momento flector máximo a la que está sometida la viga, por su propio peso, para la longitud l_1 .

$\sigma_{max\ l_1}$ = Tensión a la que está sometido el elemento de superficie de la viga más comprometido en la sección en contacto con el soporte, para la longitud de la viga l_1 .

J_{rect} = Momento de inercia de la sección rectangular en estudio respecto de un eje horizontal baricéntrico.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

A continuación procedemos a aumentar la longitud de la viga, con esto alejamos el centro de masas donde esta aplicado el peso de la viga y por ende aumentamos el esfuerzo de flexión en el extremo de la misma.

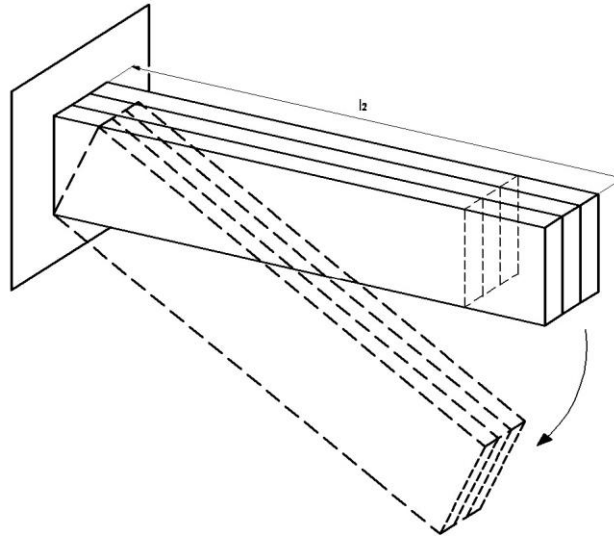


Figura 8 Para una longitud l_2 , la viga de sección rectangular colapsa por esfuerzo de flexión

$$\sigma_{\max l_2} = (M_{l_2} / J_{\text{rect}}) h / 2 \quad (8)$$

$$\sigma_{\text{adm}} < \sigma_{\max l_2} \quad (9)$$

Si extendemos la longitud de la viga, llegaremos a una posición en la cual el incremento del momento flector provocará una tensión que conducirá al sistema a fallar, lo que en nuestro caso es que se separe la viga del soporte, Figura 8.

En esta experiencia para la posición l_2 , el esfuerzo será M_{l_2} y este provocará una tensión máxima en el empotramiento $\sigma_{\max l_2}$ que al superar la tensión admisible, provoca la falla.

Una vez provocado el colapso por el esfuerzo de flexión, utilizando los mismos elementos que formaban la viga de sección rectangular, procedemos a cambiar la configuración geométrica, conformando un perfil del tipo "doble T", como podemos apreciar en la Figura 9.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

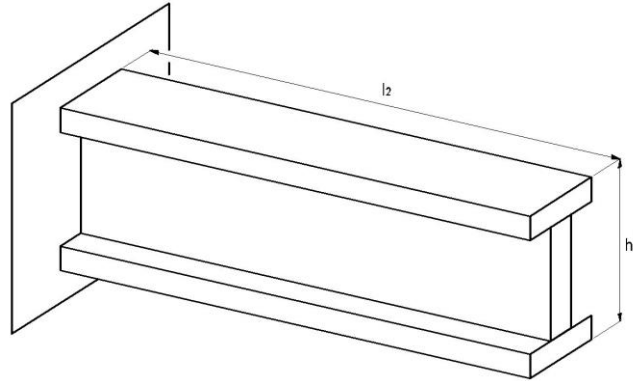


Figura 9 Reconfiguración del dispositivo con las tres vigas originales formando un perfil "doble T"

Las secciones de ambas vigas tienen igual área, pero en el caso de la configuración "doble T" hemos aumentado notoriamente el momento de inercia de la sección respecto del eje x, pues con esta configuración hemos redistribuido el área, alejándola del eje baricéntrico x.

$$J_{\text{doble T}} > J_{\text{rect}} \quad (10)$$

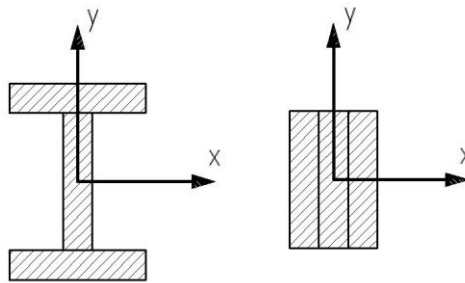


Figura 10 Configuración "doble T" y configuración rectangular

Al mantener constante la longitud l_2 y el peso de la viga, el esfuerzo de flexión no cambia, pero como el momento de inercia se incrementa, la tensión máxima a la que está sometida la sección del empotramiento disminuye, con lo cual:

$$\sigma'_{\text{max } l_2} = (M_{l_2} / J_{\text{doble T}}) h'/2 \quad (11)$$



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

$\sigma'_{\max l_2}$ = Tensión a la que está sometido el elemento de superficie de la viga más comprometido en la sección en contacto con el soporte para la longitud de la viga l_2 , con la configuración doble T.

$J_{\text{doble T}}$ = Momento de inercia de la sección “doble T” en estudio respecto de un eje horizontal baricéntrico.

h' = Altura de la sección doble T.

$$\sigma'_{\max l_2} < \sigma_{\max l_2} \quad (12)$$

Entonces:

$$\sigma_{\text{adm}} > \sigma'_{\max l_2} \quad (13)$$

“En estas condiciones la viga no cede por flexión”.

Debido a la nueva configuración y para la longitud l_2 que antes provocó el colapso, comprobamos que la nueva viga “no colapsa”.

Con la nueva configuración doble T de la sección de la viga, podemos aumentar la longitud del voladizo a valores mucho mayores que l_2 .

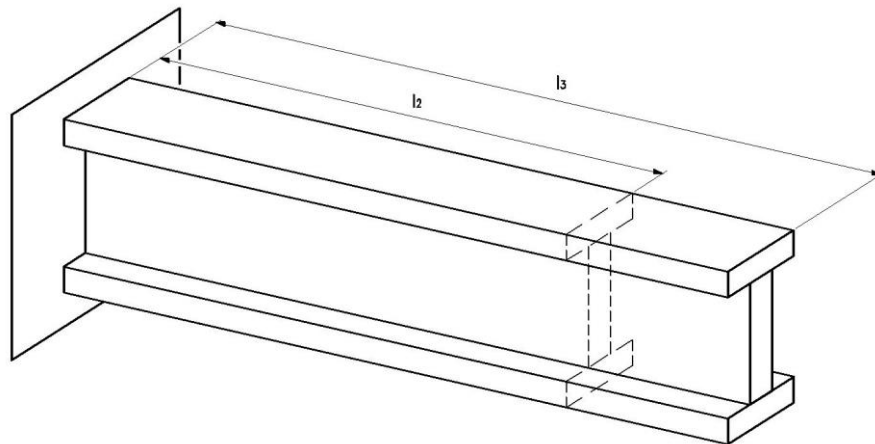


Figura 11 La nueva configuración la viga soportará mayores incrementos de longitud



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL ÁREA
MECÁNICA
DE LAS
INGENIERÍAS

FoDAMI

En la figura 11, podemos apreciar que I_3 supera ampliamente el valor de I_2 , y gracias a la configuración del tipo doble T, la estructura sigue soportando perfectamente las tensiones de trabajo.

Comparando los perfiles estudiados en esta experiencia, podemos llegar a la siguiente conclusión:

Para los dos tipos de secciones estudiadas, si mantengo constante el área, la sección que provoca menores tensiones de trabajo para la sollicitación de flexión pura normal es la del tipo “doble T”.

Por lo tanto de una forma práctica podemos comprobar que el perfil de sección doble T es uno de los que mejor aprovecha la distribución de superficie, maximizando el momento de inercia y minimizando las tensiones de trabajo.

Ahora estamos en condiciones de comparar estos resultados de flexión con los obtenidos en la práctica de tracción, concluyendo que en el caso de esfuerzo normal lo importante es aumentar el tamaño de la sección para tener tensiones resultantes más bajas. En flexión, por otra parte, resulta más importante para un mismo tamaño de sección de una viga, la geometría que se le da a la misma.

3. CONCLUSIONES

Estas simulaciones son fácilmente reproducibles en el ámbito del aula, con dispositivos de muy bajo costo y fácil construcción, permitiendo visualizar en forma práctica los resultados descriptos previamente, sin necesidad de trasladarse a realizar prácticas a un laboratorio de ensayos.

No es el objetivo reemplazar las prácticas de laboratorio, sino permitir visualizar más fácilmente conceptos a través de experiencias interactivas. En base a los testeos realizados con estudiantes en el período de diseño de las experiencias, permite anticipar el efecto motivador y la posibilidad de comprender más rápidamente los conceptos trabajados en cada una de las prácticas propuestas.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

4. REFERENCIAS

- [1] Moreno, A. y Marrón, M., Enseñar la Geografía de la Teoría a la Práctica, Ed. Síntesis, España, 2001.
- [2] De la Torre, S. Estrategias de Simulación, Ed. Octaedro, Barcelona, 1997.
- [3] Gere, J. y Goodno, B., Mecánica de Materiales, séptima edición, Cengage Learning Editores, México, 2009.