

Artículo original

HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS EN LA INGENIERÍA CIVIL

TOOLS FOR STRUCTURAL ANALYSIS IN CIVIL ENGINEERING

Raúl Ernesto NOVOA⁽¹⁾, Darío ROSITO⁽²⁾

⁽¹⁾Universidad Nacional de La Matanza
rnovoa@unlam.edu.ar

⁽²⁾ Universidad Nacional de La Matanza
drosito@unlam.edu.ar

Resumen:

Las competencias de los estudiantes universitarios en certámenes internos, nacionales, regionales o internacionales son un método de aprendizaje eficaz que logran afianzar los contenidos teóricos y prácticos de la formación académica, además estimulan el trabajo en equipo y la resolución de problemas.

A pesar de la época de pandemia, el presente artículo indica las actividades realizadas por los alumnos y docentes de la materia Análisis Estructural 2 de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM) que lograron alcanzar el primer premio de la Asociación Ingenieros Estructurales 2020.

Abstract:

The competitions of university students in internal, national, regional or international competitions are an effective learning method that manages to consolidate the theoretical and practical contents of academic training, in addition to stimulating teamwork and problem solving.

Despite the time of pandemic, this report indicates the activities carried out by students and teachers of the subject Structural Analysis 2 of the civil engineering career of the National University of La Matanza (UNLaM) that managed to reach the first prize of the Structural Engineers Association 2020.

Palabras Clave: *competiciones, premios, concursos, AIE, estructuras*

Key Words: *competitions, awards, AIE, structures*

I. CONTEXTO

Si bien todo el ámbito académico compuesto por alumnos, docentes y directivos, estamos convencidos que realizamos los mejores esfuerzos, siempre cabe la duda si lo que estamos haciendo es lo adecuado, lo mejor o la excelencia.

Nosotros encontramos en los concursos o competencias universitarias una herramienta educativa que nos estimula a ser mejores alumnos, docentes y futuros profesionales.

Cuando el concurso posee reglas claras y buenos premios, se convierte en un juego de ingeniería y despierta en los alumnos la creatividad y el ingenio mientras aplican los conocimientos adquiridos. Los alumnos se autoevalúan, se comparten soluciones a las problemáticas planteadas de todo el curso.

La participación de las universidades en los concursos nacionales servirá para evaluar y posicionar a los alumnos como a las universidades las cuales obtendrán un mayor prestigio mientras que los alumnos obtienen reconocimiento, valentía y los empuja al esfuerzo constante para vencer obstáculos, requisitos que van más allá que lo meramente académico.

II. INTRODUCCIÓN

La materia Análisis Estructural 2 tiene como objetivo que los alumnos comprendan el funcionamiento de las estructuras de puentes y edificios.

Se eligió al concurso de la Asociación de Ingenieros Estructurales (AIE) el cual se desarrolla en la Argentina cada 2 años y el cual está abierto a todas las universidades del país.

El concurso elegido tiene en cuenta: la carga de rotura, la carga calculada, la carga de diseño y el peso de la

estructura, generando un parámetro de eficiencia del puente.

III. MÉTODOS

Las maderas para la construcción fueron caracterizadas por los alumnos en sus domicilios bajo distintos métodos de ensayo. Las maquetas se realizaron a escala en madera balsa siguiendo los lineamientos del concurso. Los métodos que se utilizaron para el análisis de las estructuras fueron programas en elementos finitos y las maquetas fueron ensayados en laboratorios.

IV. RESULTADOS Y OBJETIVOS

Se realizó un concurso interno de la universidad donde se realizaron 4 modelos a escala con sus memorias de cálculo logrando efectividades entre el 30% al 90%. El equipo ganador del concurso interno se presentó al concurso de la AIE 2020 obteniendo el 1er premio.

Muchas veces pensamos que los cambios son difíciles de implementar y nos desanimamos tanto docentes como alumnos en romper esas barreras que faciliten el progreso, el desarrollo o que valoren el trabajo y el esfuerzo de cada uno. Y muchas veces, no nos damos cuenta que, somos nosotros mismos los que nos autolimitamos en alcanzar los objetivos.

Este trabajo se realizó en año 2020, en época de pandemia, donde todo era imposible y desconocido. Espero que este trabajo estimule a otros profesionales y docentes a trabajar en salvar obstáculos, con el fin de jerarquizar la actividad docente, de manera de lograr mejores profesionales capaces de enfrentar un mundo hostil y desafiante pero al mismo tiempo innovador y competitivo.

Nosotros encontramos en el concurso de la AIE una herramienta educativa que nos provoca y estimula a ser mejores alumnos, docentes y futuros profesionales. Este concurso, que posee unas reglas claras, se convierte en más que un juego de ingeniería, despierta en los alumnos la creatividad, el ingenio y la aplicación de los conocimientos adquiridos, al mismo tiempo que, se autoevalúan o comparten soluciones a las problemáticas planteadas conjugando con la teoría y la práctica de las estructuras.

En mi opinión, el desafío de los concursos universitarios, también lo es para el docente, que debe sopesar los contenidos de la materia con el concurso universitario. Pero también, el docente moderno se tiene que dar cuenta que, los alumnos poseen distintas fuentes de información, que van más allá de lo que el docente le puede enseñar durante el periodo del curso. También el docente cuenta muchísimas herramientas audiovisuales que pueden favorecer y ayudarlo en la actividad formal que debe impartir, pudiendo destinar tiempo a los concursos universitarios.

Por último, el desafío también lo es para los directivos de las universidades, que deben instrumentar métodos, procedimientos y presupuestos para estimular los concursos universitarios. Quizás lo más difícil es poner el tema en la agenda de cada universidad, de manera que sea una rutina con una política a largo plazo, con sponsors que soporten los costos de los premios y que incentive cada vez más a participar en estos tipos de certámenes y seguramente esto llevará al reconocimiento y prestigio de la universidad que gane la concurso.

CONCURSO AIE 2020

a. Las normas del concurso

Las normas del concurso las pueden descargar en el link de la bibliografía de referencia, pero conceptualmente consiste en diseñar un puente en madera balsa que resista la carga de $2.5\text{kN}=250\text{kgf}$

Geometría del puente

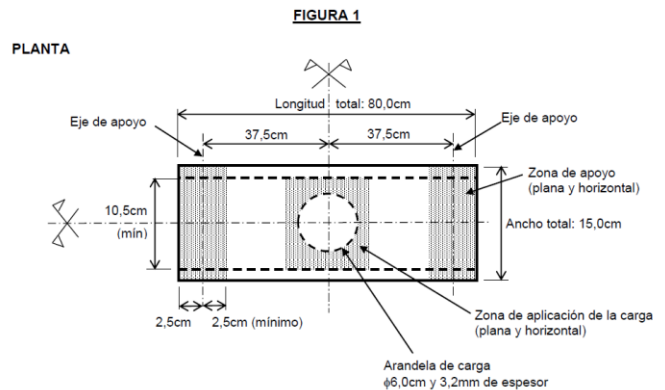


Fig.1

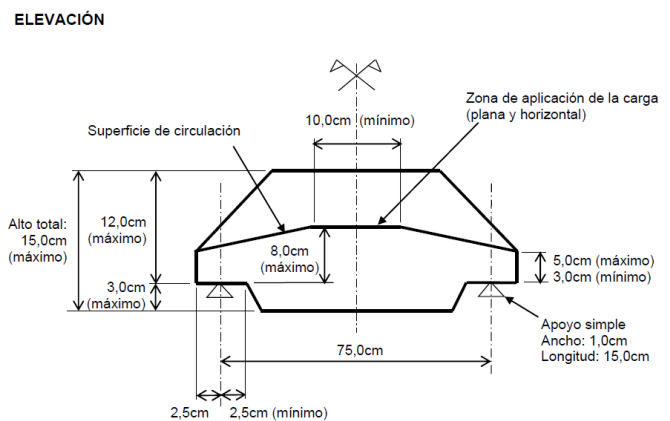


Fig.2

b. Condición de eficiencia

El puente ganador es el que posea mayor eficiencia según la siguiente fórmula

$$E_i = 40\% \cdot \frac{P_i/G_i}{P_m/G_m} + 30\% \cdot \left(\frac{P_i}{P_t}\right)^a + 30\% \cdot \left(\frac{P_i}{P_u}\right)^b$$

en donde:

- i = Identificador del modelo
- P_i = Carga de final del modelo i .
- G_i = Peso del modelo i .
- P_m = Carga de final del modelo que obtenga mayor P_i/G_i .
- G_m = Peso del modelo que obtenga mayor P_i/G_i .
- P_t = Carga teórica final calculada para el modelo i .
- P_u = Carga límite de diseño de los modelos, fijada en 2,50kN.
- a = coeficiente con valor 1 si P_i es menor que P_t o -1 en caso contrario.
- b = coeficiente con valor 1 si P_i es menor que P_u o -1 en caso contrario.

Preste atención que la eficiencia del puente tiene en cuenta varios factores:

P_i/G_i : Tiene en cuenta la carga de rotura del puente respecto del peso del puente

P_i/P_t : Tiene en cuenta la carga de rotura respecto de la carga calculada

P_i/P_u : Tiene en cuenta la carga de rotura respecto de la carga esperada de diseño

Por lo cual el concurso no tiene en cuenta solo cuanto resiste el puente, sino que además tiene en cuenta que el mismo no sea muy pesado y que además no haya cometido mucho error entre el valor que has calculado que resiste y lo que realmente rompió el puente.

c. Los integrantes del equipo

El concurso fija que la cantidad máxima por equipo resulta de 3 alumnos por equipo.

Este tema es bastante importante a nivel académico, debido a no generar equipos muy grandes donde la participación de los alumnos quede muy reducida o encontrar integrantes que no hayan participado o realizado ninguna tarea. Por lo cual para definir la cantidad de alumnos por equipo uno debiera plantearse las tareas a realizar y luego asignar la cantidad de alumnos.

En nuestro caso, el puente tiene tres tareas muy definidas,

- i. La ejecución de la maqueta
- ii. La ejecución de la memoria de calculo
- iii. La adquisición de insumos y presentaciones

EL EFECTO COVID 19 y LA CUARENTENA

El proceso de preparar la maqueta para el concurso se desarrolla durante el primer cuatrimestre del 2020, el cual debía presentarse en agosto del 2020, pero además los alumnos debían terminar los modelos antes de terminar la materia que era antes de julio 2020.

El efecto Covid 19 y Cuarentena nos provocó una demora en romper la inercia de los trabajos debido a que:

- a. Los comercios estaban cerrados
 - b. Los alumnos no se podían mover de sus hogares por la cuarentena.
 - c. Existía un miedo en los equipos debido a la enfermedad que los inmovilizaba
 - d. La universidad y su laboratorio estaban cerrados.
- El mayor obstáculo a vencer fue el miedo y la parálisis provocados por el Covid 19.

CONCURSO INTERNO UNLAM

Como la materia Análisis Estructural 2 es una materia cuatrimestral y se requería tener evaluados a los alumnos a principios de Julio, no podíamos esperar el certamen de la AIE de agosto. Por tal motivo decidimos realizar un certamen interno de la cátedra con las mismas condiciones que el concurso de la AIE. Esta decisión tuvo algunos beneficios extras. Pudimos analizar la rotura de las maquetas con más detalle y minimizar los riesgos de las incertidumbres del proyecto.

Si bien queríamos que la totalidad de los alumnos concursaran en agosto en el certamen de la AIE, los costos de la elaboración de las maquetas sumados a la crisis económica de los alumnos son llevo a tomar la decisión que solamente el ganador del certamen interno tuviese la obligación moral de representar a la universidad en el concurso de la AIE.

Por otro lado debido a que el laboratorio de la universidad se encontraba cerrado por la pandemia, tuvimos que recurrir a un laboratorio externo para poder ensayar las maquetas de los alumnos.

a. Descripción de los equipos:

Se desarrollaron 4 equipos conformados por los siguientes alumnos.

Equipo 1: Vignardel – Garvizu

Equipo 2: Dimassi – Monges -Pavser

Equipo 3: Ponsone-Travaglini- Salazar

Equipo 4: Santia-Marino- Pasut

b. Descripción de las maquetas

Las maquetas siguieron lineamientos propios de cada equipo, siendo algunos reticulados espaciales, vigas T, Viga Cajón, o Viga Calada

Equipo 1: Viga T



Fig.3



Fig.4

Equipo 2: Reticulado espacial



Fig.5

Equipo 3: Reticulado



Fig.6

Equipo 4: Viga pantografiada



Fig.7

c. Caracterización de la madera balsa

Unas de las primeras tareas era conocer el material para la construcción del modelo y determinar las constantes de la elasticidad y resistencia de la madera. Por la teoría sabíamos que la resistencia de la madera dependía mucho de la densidad de la madera.

Por lo cual, cada equipo debería caracterizar a la madera con la cual realizarían sus prototipos o maquetas en sus hogares. Estos son las formas que los alumnos realizaron un ensayo de flexión para calcular el módulo de elasticidad (E) y la tensión de rotura (Fu).

Equipo 1: Escalones de carga con paquetes de fideos



Fig.8

Equipo 2: Escalones de carga con agua



Fig.9

Equipo 3: Escalones de carga con ladrillos



Fig.10

Equipo 4: Escalones de carga con pesas y flexímetro

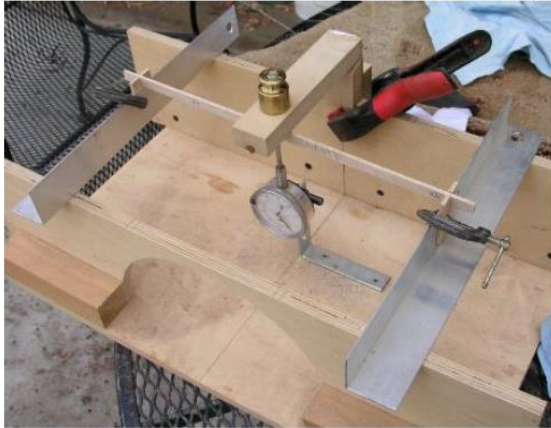
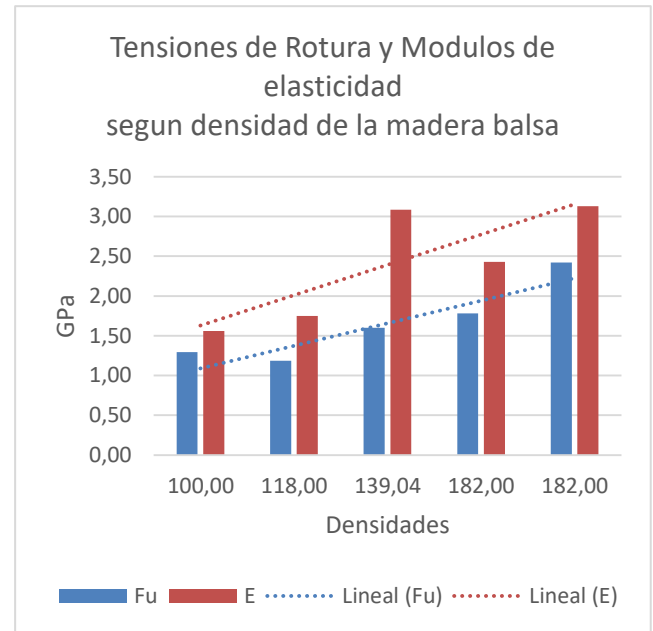


Fig.11

GRÁFICO NRO.1



En la siguiente tabla se indican los valores obtenidos por cada equipo.

TABLA NRO.1

Equipo	Muestras	Densidad kg/m ³	Fu		E	
			kN/cm ²		kN/cm ²	GPa
1	a	182.00	2.42		313	3.13
2	a	133.00	n/t		0	
2	b	100.00	1.30		156	1.56
2	c	118.00	1.18		175	1.75
3	a	182.00	1.78		243	2.43
4	a	82.17	n/t		0	
4	b	82.17	n/t		0	
4	c	135.36	n/t		0	
4	d	139.04	1.60		309	3.09
4	e	326.80	n/t			
4	f	406.23	n/t			
4	g	419.37	n/t			

d. El modelo de cálculo y lugares de falla

Los alumnos utilizaron programas de elementos finitos para ubicar los lugares de falla y calcular la carga de rotura que resistiría el puente. A continuación se extraen algunas partes interesantes de las memorias de cálculo de los alumnos.

Equipo 1

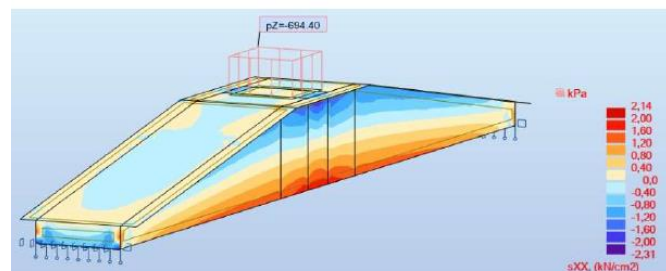


Fig.12

La localización de la falla sería en el tabique lateral y la carga máxima sería de 2.62 kN

Equipo 2

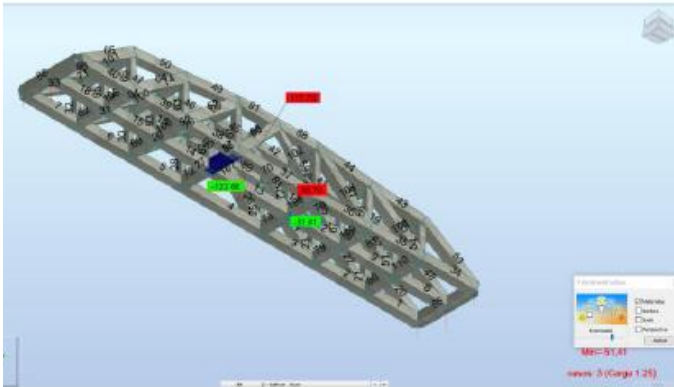


Fig.13

La falla sería la barra 107 y la carga máxima sería 1.44kN

Equipo 3

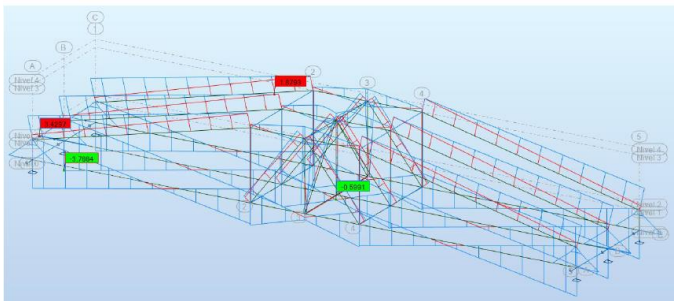


Fig.14

La falla sería en la barra 19 del apoyo, la carga máxima sería 2.0kN

Equipo 4.

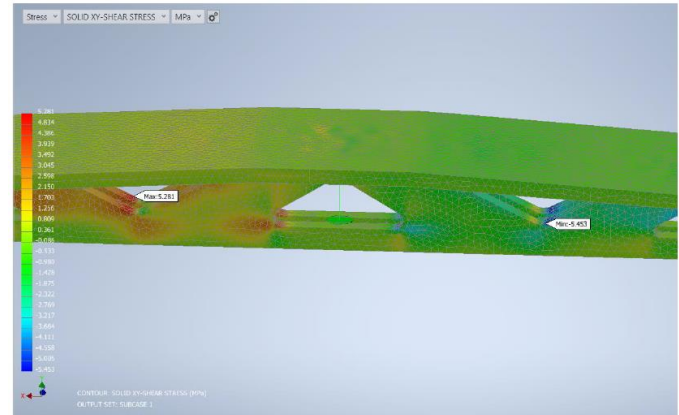


Fig.15

La falla sería en el cordón inferior y la carga máxima sería 2.99 kN

e. Prueba de laboratorio

Dado que el laboratorio de la universidad se encontraba cerrado por la pandemia, se contactó al laboratorio CIMHE que nos prestó las instalaciones para desarrollar el ensayo de carga de los prototipos.

A continuación se visualizan los ensayos de laboratorio de cada equipo

INGENIERIA CIVIL

ENSAYOS DE ADECUACION - 17° Concurso Nacional de Modelos Estructurales

ADECUACION N° 1

FECHA: 1/11/2020

GRUPO N°: 2
INTEGRANTES: Dimasi, Santiago
Pavser, Alex
Monges, Martin
CARGA ESTIMADA 200 kgf
CARGA MAX. ALCANZADA: **87** kgf



Fig.16

INGENIERIA CIVIL

ENSAYOS DE ADECUACION - 17° Concurso Nacional de Modelos Estructurales

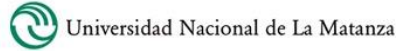
ADECUACION N° 1

FECHA: 1/11/2020

GRUPO N°: 1
INTEGRANTES: Vignardel, Mariana
Garvizu, Lucas
CARGA ESTIMADA 262 kgf
CARGA MAX. ALCANZADA: **138** kgf



Fig.17



Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

INGENIERIA CIVIL

ENSAYOS DE ADECUACION - 17° Concurso Nacional de Modelos Estructurales

ADECUACION N° 1

FECHA: 1/11/2020

GRUPO N°: 3

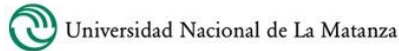
INTEGRANTES: Ponzone, Adrian
Salazar, Mauricio
Travaglino, Dario

CARGA ESTIMADA 144 kgf

CARGA MAX. ALCANZADA: **83** kgf



Fig.18



Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

INGENIERIA CIVIL

ENSAYOS DE ADECUACION - 17° Concurso Nacional de Modelos Estructurales

ADECUACION N° 1

FECHA: 1/11/2020

GRUPO N°: 4

INTEGRANTES: Santia, Alejandra
Marino, Emmanuel
Pasut, Santiago

CARGA ESTIMADA 299 kgf

CARGA MAX. ALCANZADA: **236** kgf



Fig.19

f. Resultados del concurso interno

TABLA NRO.2

	Peso	Carga	Carga	Relac.	Indices			Puesto
	Modelo	Teorica	Ensayo	Carga / Peso	Pi/Pt	Pi/Pu	Resultado	
	Gi	Pt	Pi	%	%	%	%	
	gr	kg	kg					
Equipo 1	288	263	138	48%	53%	55%	69.8%	2
Equipo 2	1183	200	87	7%	44%	35%	29.2%	4
Equipo 3	300	144	83	28%	58%	33%	48.9%	3
Equipo 4	461	299	236	51%	79%	94%	92.0%	1
		Pu=	236	51%				

RESULTADOS DEL CONCURSO AIE 2020

Por razones de la pandemia, la Asociación de Ingenieros Estructurales de Argentina debió trasladar la competición de agosto del 2020 a marzo 2021. El equipo ganador del concurso interno fue nominado para presentarse en el concurso de la AIE.

Ese equipo de la UNLaM estaba compuesto por: Santia-Marino- Pasut.

El modelo presentado por el equipo fue el mismo que se realizó en el concurso interno. La madera balsa que se

consiguió para realizar este modelo no era de la misma calidad que el modelo original, no obstante, la eficiencia del puente resultó el 80%.

En la planilla siguiente se muestran la calificación en el concurso AIE 2020 donde el equipo de la **UNLaM obtiene el primer premio.**



17º CONCURSO NACIONAL DE MODELOS ESTRUCTURALES
Premio CPIC – “Ing. Civil Luis Enrique José Perri ”

NIVEL DE EFICIENCIA	$E_i = 40\% \times \frac{P_i/G_i}{P_m/G_m} + 30\% \times \left(\frac{P_i}{P_t}\right)^a + 30\% \left(\frac{P_i}{P_u}\right)^b$									
	Pu (KN)	2,50		Pm/Gm	421,8					
Modelo N°	Nombre Participantes	Universidad	Carga Teór. Colapso Pt KN	Peso Prop. Gi gr.	Pi/Gi	40%	30%	30%	Carga de Rotura Pi KN	Nivel de Eficiencia Ei
						[(Pi/Gi)/(Pm/Gm)]	Pi/Pt	Pi/Pu		
1	Marino, Guido Emmanuel González Pasut, Santiago Nicolás Santía, Alejandra Allen	Universidad Nacional de la Matanza	3,00	427,00	421,83	40,00	17,68	21,20	1,767	78,89
3	Campagna, Facundo Lenci, Leandro Ariel Bussi, María Belén	Universidad Nacional de Rosario	2,51	251,50	145,10	13,76	4,27	4,30	0,358	22,33
2	Menacho, Natacha Agustini, Juan Manuel	Universidad Nacional de Rosario	2,50	165,60	153,89	14,59	3,00	3,00	0,250	20,59

Fig.20

V. DISCUSIÓN

El tema de discusión es como valorar y estimular a los alumnos en aprendizajes no formales que sirvan para el desarrollo de los alumnos dentro de su plan de estudio.

VI. CONCLUSIONES

Al ganar el concurso de la AIE 2020, ubica a la Universidad Nacional de la Matanza dentro del campo de juego de las Universidades de prestigio, también favoreció a los alumnos en su aprendizaje y además el esfuerzo realizado fue valorado con el premio otorgado de \$36000 que cubrió con creces los gastos erogados. Se espera que esta experiencia sea replicada en otras universidades para tener más modelos y más concursos – y de otras índoles-. Además de que, con una mirada perspectiva, esto sea otro puntapié para lanzarse a otros concursos a nivel internacional.

El trabajo realizado durante el 2020 durante la cátedra de Análisis Estructural 2 de la UNLaM logró que los alumnos se motivaran y analizaran las estructuras. El concurso desarrollado en la universidad sirvió de punta pie para animarse a presentarse en el concurso de la AIE. Un tema para tener en cuenta es que los concursos deberían ser todos los años, de manera que sea algo sistemático para todos los alumnos de todas las promociones. Sería ideal que este concurso sea en el periodo de clases, tratando que coincida con el cierre de notas, con el fin que sea el cierre del ciclo académico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bases del concurso AIE 2020: <https://aiearg.org.ar/wp-content/uploads/2020/06/Concurso-Modelos-Estructurales-2021-Rev08-1.pdf>

Recibido: 2021-07-01

Aprobado: 2021-07-21

Hipervínculo Permanente: <https://reddi.unlam.edu.ar/index.php/ReDDi>

Datos de edición: Vol. 6-Nro. 1-Art. 4

Fecha de edición: 2021-07-27

