

# Fuerza de tracción y compresión en distintas partes de diferentes estructuras mediante dinámicas creativas y ágiles.



## Armado de estructuras didácticas con movimiento para la enseñanza de la física realizado en Tecsup sede Arequipa durante 2024

### *Assembly of didactic structures with movement for teaching physics carried out at Tecsup Arequipa headquarters during 2024*

#### RESUMEN

El estudio se centra en analizar el armado de estructuras con vigas de diferentes tamaños, así como el uso de conectores con distintos ángulos, que en conjunto forman algún tipo de estructura similar a una realidad construida en nuestro entorno o alcance.

Este tipo de estructuras pueden programarse para generar movimiento y, de ese modo, analizar diversos factores físicos que interactúan en distintas partes de la misma. Se puede determinar la fuerza de tracción y de compresión según la ubicación de la celda de fuerza. En este caso, se trabajó con el *software* Pasco Capstone, que mediante el uso de *bluetooth* permite registrar datos reales captados por los sensores. Además, el *software* Pasco posibilita programar el servomotor para generar movimiento en la estructura ya armada.

Este tipo de estudio es de carácter innovador y aplicado a la física. Mediante la creatividad y agilidad, el estudiante puede armar diferentes tipos de estructuras para luego medir la fuerza de tracción y compresión en distintas partes de la estructura. Asimismo, puede programarse para que en alguna de sus partes se genere movimiento de acuerdo con los parámetros ingresados.

La metodología utilizada en la investigación tiene como principal enfoque la recolección de información, con el fin de determinar el error porcentual del valor obtenido.

Nuestro trabajo de investigación concluye que, mediante la aplicación de metodologías estructuradas e innovadoras, el estudiante puede aprender temas relacionados con la física a través de la elaboración de estructuras y la medición de diferentes valores.

El 96,5 % de los estudiantes que desarrollaron el laboratorio de estructuras se mostraron satisfechos con dicha metodología. Asimismo, el 29,8 % calificó el Laboratorio de Estructuras como interesante y creativo.

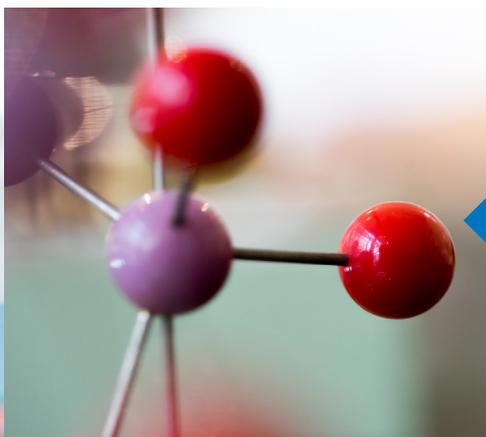
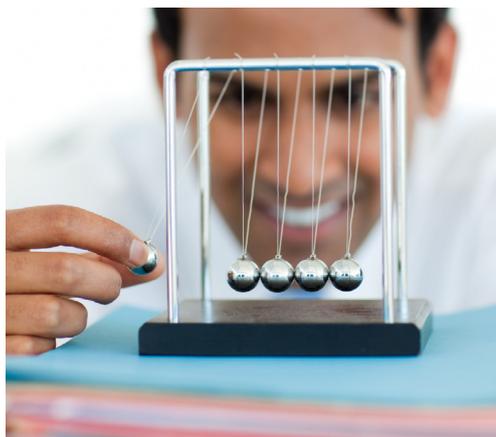
Después de aplicar la prueba estadística chi-cuadrado, se concluye que no existe relación entre las carreras que estudian los alumnos y el nivel de satisfacción con el armado de estructuras, lo cual permite implementar este nuevo laboratorio de estructuras en todas las carreras de manera transversal.

#### ABSTRACT

*The study focuses on analyzing the construction of structures, with beams of different sizes, as well as the use of connectors at different angles, which together form some type of structure similar to some built reality in our environment or within our reach.*

*These types of structures can be programmed to generate motion, allowing for the analysis of various physical factors interacting with different parts of the structure. Tensile and compressive forces can be determined, depending on where the force cell is located. We work with PASCO Capstone software, which uses Bluetooth to capture real-time data captured by these sensors. Additionally, the PASCO software allows the servomotor to be programmed to generate motion in the assembled structure.*

*This type of study is innovative and applied to physics. Using creativity and agility, students can build different types of structures and then measure the tensile and compressive forces in different parts of the structure. It can also be programmed to*



#### Palabras Claves

Estructuras, física, innovador, fuerza, armar

#### Key words

Structures, physics, innovative, strength, assemble.

generate movement in certain parts of the structure, according to the entered parameters.

The methodology used in the research has as its main focus the collection of information, in order to determine the percentage error of said value.

Our research concludes that by applying structured and innovative methodologies, students can also learn about physics-related topics by developing structures and measuring different values.

96.5% of students who developed the structures laboratory are satisfied with the methodology, and 29.8% of students rate the Structures Laboratory as interesting and creative.

After applying the Chi-square statistical test, it is concluded that there is no relationship between the degree programs studied by students and their level of satisfaction with structural assembly, which leads to the application of this new structural laboratory across all degree programs.

## INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de la física se emplean múltiples herramientas para explicar, de manera didáctica, diferentes fenómenos físicos. Del mismo modo, se utilizan estos recursos cuando se busca medir valores reales de aplicación práctica mediante el uso de sensores y estructuras. Por ello, realizamos este trabajo de investigación, que plantea el armado de estructuras por parte del alumno, de modo que este proceso sirva para el posterior análisis de datos utilizando el *software* Pasco Capstone.

En este estudio de investigación se realizarán diversas mediciones físicas en determinadas estructuras, lo que permitirá profundizar y verificar la escalabilidad de este tipo de experiencias. Si bien en una primera etapa pueden contribuir a una interacción más didáctica con el alumno, al profundizar en el detalle de cada elemento considerado en la estructura se evidencia la presencia de múltiples principios físicos aplicables, los cuales pueden corroborarse mediante el desarrollo del experimento.

Podemos mencionar que una de las fuerzas a verificar en este estudio son las fuerzas de tracción y de compresión, y la siguiente figura ilustrará cómo se aplicarán en el presente estudio:

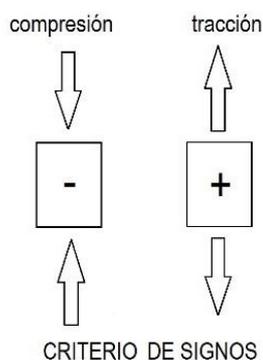


Figura 1. Fuerzas de compresión y tracción (signos).

Fuente: [6].

Como se observa en la figura anterior, la fuerza de tracción tiende a estirar o alargar un cuerpo. En nuestro caso, dicha fuerza se refleja al estirar determinadas vigas dentro de la estructura armada, y puede variar según se modifique la posición de la estructura o se incremente el peso cerca de la celda de fuerza que realiza la medición.

Por otro lado, la fuerza de compresión tiende a acortar o comprimir un cuerpo. En nuestro estudio, esta fuerza se medirá mediante la celda de fuerza antes mencionada, ubicada en algún punto de la estructura sujeta a dos vigas. El valor obtenido podrá registrarse en newton mediante el *software* Pasco.

## Problema

El principal problema identificado es la escasa participación de los alumnos de diferentes carreras de Tecsup en los laboratorios de física. Sin embargo, gracias a la implementación de este nuevo laboratorio como introducción a los temas posteriores, se ha comprobado una mayor apertura del estudiante hacia los contenidos de física, ya que este tipo de experiencias lo motiva a cuestionarse cómo funcionan ciertas estructuras estáticas y móviles, verificando datos concretos a través de los sensores de Pasco.

## Propuesta

Se propone elaborar un análisis detallado de los distintos principios físicos que pueden medirse mediante la construcción de una estructura en movimiento, con la ayuda de un servomotor, un control *node* y una celda de fuerza del proveedor Pasco.

## FUNDAMENTOS

Se han buscado trabajos de investigación relacionados con el armado de estructuras y la enseñanza de la física, encontrándose algunos estudios afines, como se muestra a continuación:

Bruun, J., & Christiansen, F. (2016). Kinaesthetic activities in physics instruction: Image-schematic justification and design based on didactic situations. *Journal of Physics Education Research*, 12(1). Hernández Barco, J. (2019). *Implementación de una propuesta para la enseñanza del movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente acelerado a partir de experiencias motrices como elemento didáctico innovador* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Bucaramanga]. Repositorio UNAB.

Kuokkanen, J., Gutiérrez, D., Enkvist Snellman, J., & Romar, J.-E. (2023). Integrating movement and physical education into subject teaching. En *Developing a didactic framework across and beyond school subjects* (pp. 13–30). Routledge.

Montoya Morado, E., & García Ramírez, M. (2024). Estrategia didáctica transversal para la enseñanza de la física general a través del deporte. *RIDE: Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 14(28).

Sánchez Salcán, N., & Revelo, J. (2023). *Estrategias didácticas basadas en una metodología activa para la enseñanza del movimiento unidimensional* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio Digital UNACH.

Asimismo, se presentan los conceptos empleados en el estudio:

**Estructura:** el término estructura, según el *Diccionario de la lengua española*, indica la disposición o modo en que se relacionan las distintas partes de un conjunto. Según el *Diccionario de Oxford*, es la forma y disposición de las partes de algo complejo. En el ámbito de la ingeniería, se refiere a un conjunto de elementos resistentes de una construcción que soportan las cargas y garantizan su estabilidad.

**Pasco Capstone:** es un *software* que se instala en una computadora o laptop y permite desarrollar gráficas, elaborar tablas y procesar información derivada de mediciones de datos primarios. Se vincula con diferentes sensores (de temperatura, fuerza, movimiento, presión, aceleración, rotación, velocidad, entre otros). Esta plataforma trabaja con los sensores vía bluetooth, de modo que recaba información que luego puede analizarse para demostrar diversos principios físicos.

**Vigas:** para armar las estructuras se utilizan vigas de 1 cm de ancho por 1 cm de alto, pero de diferentes longitudes (por ejemplo, 5,5 cm, 8 cm, 11,5 cm, 17 cm y 24 cm). Cada una posee un modo de conexión con otras vigas, lo que permite generar distintos tipos de ángulos y elaborar diversas estructuras. Además, existen vigas rígidas y vigas flexibles; estas últimas posibilitan la creación de estructuras con cierto grado de curvatura.

**Conectores:** son parte de la estructura final y sirven para unir las vigas entre sí, formando diferentes ángulos. Por ejemplo, hay conectores que permiten generar ángulos de 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270° y 315°. A nivel estructural, este tipo de elemento posibilita elaborar estructuras rígidas y cuadrangulares; sin embargo, mediante el uso de otros accesorios pueden generarse diferentes tipos de ángulos e incluso, con vigas flexibles, estructuras con curvaturas.

**Celda de fuerza:** es un sensor del proveedor Pasco que permite medir las fuerzas de tracción y compresión, asignando signo positivo a la tracción y signo negativo a la compresión. Estos valores pueden visualizarse en tiempo real mediante el *software* Pasco.

**Servomotor:** este componente permite generar movimiento en revoluciones. Debe conectarse a un accesorio adicional con tornillos para producir diferentes tipos de fuerza y se utiliza con mayor eficacia junto con poleas.

**Control node:** es un accesorio que permite programar el movimiento del servomotor, como el ángulo, la velocidad, la aceleración, las repeticiones y otros factores. Esta programación se realiza directamente desde el *software* Pasco en el apartado de código.

estructuras para la enseñanza de la física desde un enfoque didáctico; y, finalmente, analizar el error porcentual que pueda encontrarse al medir diferentes valores físicos en una estructura en movimiento.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Entre los principales resultados de esta etapa inicial se destaca el uso de diversas metodologías y herramientas vinculadas con la enseñanza de la física, enfocadas en el armado de estructuras, tales como el simulador en línea PhET de la Universidad de Colorado y el *software* Algodoo, que permite simular desde un ordenador diferentes experiencias de física concebidas por el docente. Asimismo, se observó la aplicación de la metodología STEAM en la enseñanza de la física.

Se concluye que existe una amplia variedad de experiencias relacionadas con el armado de estructuras aplicadas a la enseñanza de la física, lo que evidencia múltiples oportunidades de desarrollo para nuestro estudio de investigación.

## METODOLOGÍA

Para implementar este tipo de experiencia como laboratorio introductorio en los cursos de física, se empleó la metodología en cascada.



Figura 2. Metodología en cascada (estructura)

Fuente: Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Ingeniería del software: Un enfoque práctico* (9.ª ed.). McGraw-Hill Education

## OBJETIVOS

Los objetivos del estudio son los siguientes: definir una metodología que permita aprender de manera clara y didáctica cómo el armado de estructuras contribuye a comprender diversos principios físicos; identificar qué principios físicos pueden medirse mediante el uso del servomotor y la celda de fuerza en una estructura en movimiento; analizar el armado de

## ANTECEDENTES

En enero de 2024, participé en dos webinars desarrollados por el proveedor Pasco, en los que se presentó el uso de estructuras con celdas de fuerza y servomotor, lo cual se complementó con los kits que ya teníamos y que cumplían dichos requisitos. Asimismo, se identificó que estaba pendiente la creación de un laboratorio introductorio para la enseñanza de la física que despertara la curiosidad del estudiante y, al mismo tiempo, abordara el tema de las unidades y magnitudes.

## REQUERIMIENTOS

Después de la capacitación, se realizó un inventario minucioso de las compras previas para el laboratorio de física y se encontró una gran cantidad de accesorios, vigas y conectores necesarios para el desarrollo de esta experiencia con estructuras. Además, como ya se trabajaba con el *software* Pasco, se verificó que se cumplía con los requerimientos mínimos para la implementación del nuevo laboratorio.

De igual modo, se comprobó la existencia de las vigas, conectores y accesorios necesarios para el armado de la estructura, como los que se muestran a continuación:



Figura 3. Vigas, conectores y accesorios para el armado de estructuras

Fuente: Pasco, 2025.

## ANÁLISIS Y DISEÑO

Para implementar el armado de una estructura, es necesario definir previamente el diseño que se va a realizar, de modo que pueda ejecutarse con el kit de estructuras. En este caso, se eligió, como diseño, una maquinaria pesada:



Figura 4. Excavadora, maquinaria pesada, Komatsu

Fuente: Komatsu, 2025.

De la misma manera, diseñamos el código a implementar:

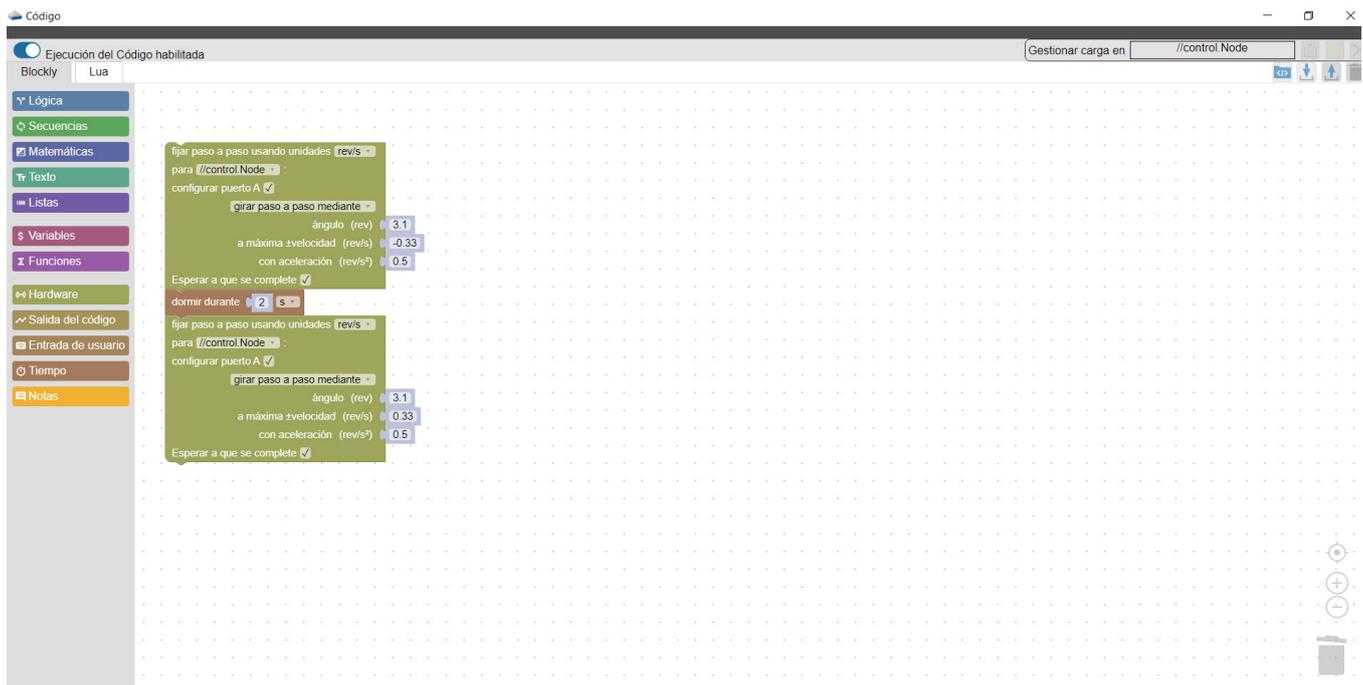


Figura 5. Programación de código fuente en el software Pasco Capstone

Fuente: Pasco Capstone versión 2.10.8, 2025.

Este código permite programar el movimiento que se desea aplicar a la estructura una vez armada, considerando el ángulo de movimiento, la velocidad y la aceleración. En este caso, se incluye una pausa de dos segundos entre cada movimiento.

### Implementación

Se procede a unir las vigas de diferentes tamaños con los conectores y accesorios, de manera que la estructura se

asemeje lo más posible al diseño planteado. En nuestra estructura se emplearon vigas fijas y flexibles, una celda de fuerza, un control *node* y un servomotor.

A continuación, se muestra una de las estructuras elaboradas con un kit proporcionado a los estudiantes, con el fin de analizar lo que puede lograrse en un laboratorio introductorio de física:



Figura 6. Estructura armada similar a una excavadora a color y a grises

Fuente: Elaboración propia.

En el armado de dicha estructura se utilizaron cuatro ruedas, dos varillas de metal (parte de los accesorios), así como tornillos, conectores, vigas rígidas y vigas flexibles de color plomo. Además, en la parte inferior extrema se colocó una celda de fuerza que, de manera inalámbrica, permite medir la fuerza de tracción o de compresión según los valores obtenidos a partir de las diferentes masas colocadas cerca de este sensor.

También se elaboró una imagen en blanco y negro, similar a la estructura construida, para evidenciar que en cualquier estructura pueden identificarse diversos tipos de fuerzas, como el peso, la tensión, la tracción y la compresión, entre otras. Esto contribuye al aprendizaje de la física mediante el uso de diagramas de cuerpo libre.

### Pruebas

Para realizar las pruebas, es necesario vincular los sensores de Pasco en su versión física con el *software*, verificando previamente que cuenten con suficiente batería para la ejecución del experimento.

En primer lugar, se registran los datos que genera la estructura cuando se encuentra estática, mediante la celda de fuerza; posteriormente, se analiza su comportamiento cuando está en movimiento, a través de la programación del servomotor.

Cuando la estructura está estática, es decir, sin movimiento, se configura la celda de fuerza para colocarla en cero, de modo que, a partir de ese valor, se pueda determinar si cambia hacia tracción o compresión al añadir masas adicionales en los costados:



Figura 7. Variabilidad de la fuerza de compresión de la estructura armada, con 200 g y 700 g

Fuente: Elaboración propia.

Según la gráfica anterior, podemos analizar y explicar lo siguiente: en un primer momento, cuando no existía ninguna masa en la estructura, la fuerza oscilaba en un valor cercano a cero. En un segundo momento, al colocar una masa de 200 gramos cerca de la celda de fuerza, se identificó un valor de  $-0,19$  N, lo que demuestra la presencia de una fuerza de compresión, evidenciada por el signo negativo. En un tercer

momento, al añadir una masa adicional de 500 gramos cerca de la celda de fuerza —es decir, una masa total de 700 gramos en la estructura a una distancia de 10 centímetros— se obtuvo una fuerza promedio de  $-0,39$  N, lo que indica una mayor fuerza de compresión al incrementar la masa. A continuación, se presentan los resultados obtenidos una vez que la estructura comienza a moverse según lo programado:



Figura 8. Variabilidad del ángulo de giro de la parte superior de la estructura

Fuente: Elaboración propia.

Esta gráfica indica que, durante los primeros 9,5 segundos, la parte superior de la estructura realizó una vuelta completa. Luego permaneció inmóvil durante 2,5 segundos, de acuerdo

con la programación que establecía una pausa de 2 segundos, y posteriormente giró en sentido contrario durante los siguientes 9 segundos. Asimismo, se obtuvo la siguiente gráfica:

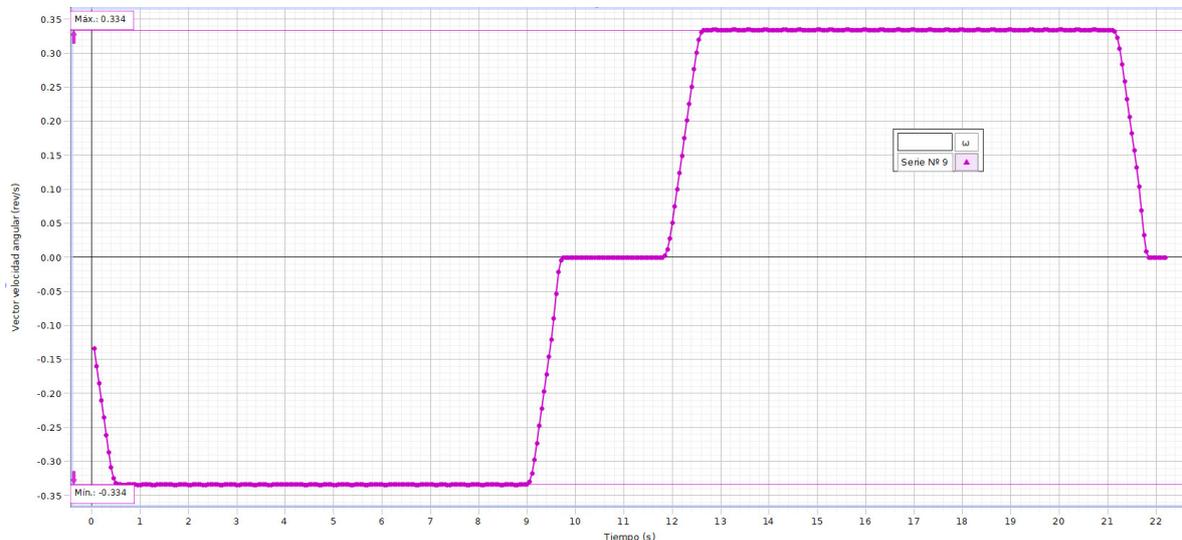


Figura 9. Variabilidad del ángulo de la velocidad angular de la parte superior de la estructura

Fuente: Elaboración propia.

Esta gráfica muestra que se alcanzó, en el punto más bajo, una velocidad angular de -0,334 revoluciones por segundo; cuando la estructura se detuvo, la velocidad angular fue de cero, y posteriormente, al girar en sentido contrario, alcanzó una velocidad angular de +0,334 revoluciones por segundo. Estos datos confirman que el valor de la velocidad angular es el mismo, aunque el signo varía según el sentido de giro.

Para calcular el error porcentual, es necesario comparar lo planificado o programado con lo efectivamente ejecutado.

Planificado: Tiempo planificado de parada: 2 s  
Ejecutado: Tiempo ejecutado de parada: 2,1 s  
Error porcentual:

$$\text{Error \%} = \left| \frac{V_{\text{teórico}} - V_{\text{experimental}}}{V_{\text{teórico}}} \right| \times 100 \%$$

$$\text{Error \%} = \left| \frac{2s - 2,1s}{2s} \right| \times 100 \%$$

$$\text{Error \%} = \left| \frac{0,1s}{2s} \right| \times 100 \%$$

$$\text{Error \%} = 0,05 \times 100 \%$$

$$\text{Error \%} = 5 \%$$

Por último, se puede observar cómo varía la fuerza de tracción y compresión en función del movimiento de la parte superior de la estructura:

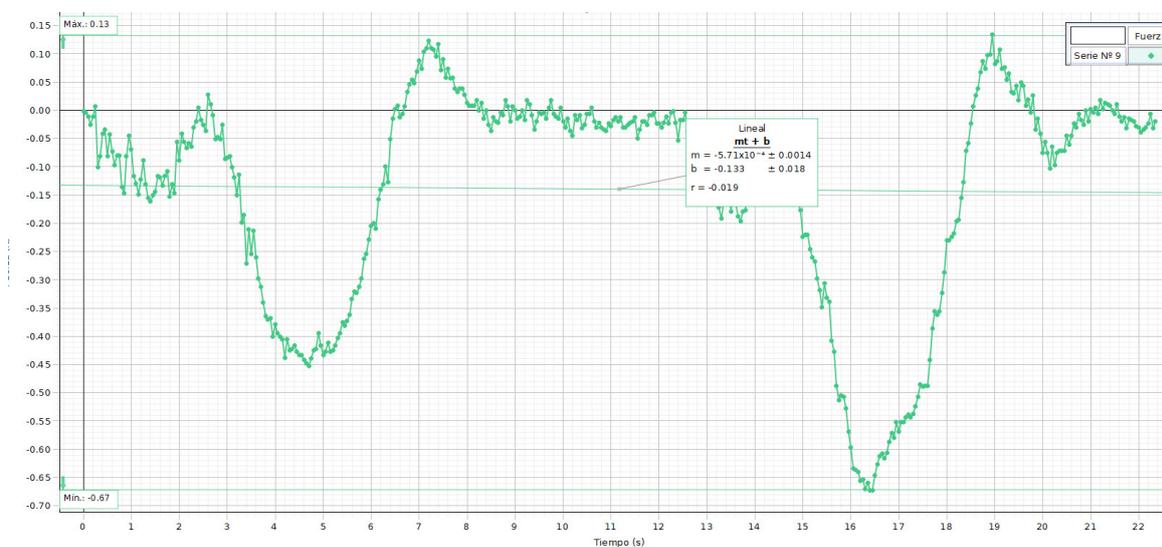


Figura 10. Variabilidad del ángulo de la fuerza de tracción y compresión durante el movimiento de la parte superior de la estructura

Fuente: Elaboración propia.

Podemos concluir que la celda de fuerza ubicada en el extremo opuesto al servomotor presenta una interferencia mínima. No obstante, se identificó que durante el movimiento de la parte superior de la estructura existe una mayor fuerza de compresión y que, al realizar un ajuste lineal, la pendiente presenta un valor negativo.

### Limitaciones

Se presentaron diversas limitaciones durante el desarrollo de este estudio, como la falta de disponibilidad de materiales para el armado de estructuras y la pérdida de piezas de algunos kits. Además, para utilizar las celdas de fuerza y programar el control *node*, fue necesario solicitar una capacitación adicional para su correcta implementación.

temas relacionados con la física pueden abordarse de manera creativa, lúdica e innovadora, siempre que se introduzcan herramientas como el armado de estructuras Pasco. Por ello, se plantea la siguiente prueba de hipótesis:

Hipótesis nula: no existe relación entre la carrera técnica que estudia el alumno y su nivel de satisfacción al armar las estructuras Pasco.

Hipótesis alterna: existe relación entre la carrera técnica que estudia el alumno y su nivel de satisfacción al armar las estructuras Pasco.

Para determinar la prueba de hipótesis se aplicó una encuesta a estudiantes de diferentes carreras técnicas en Tecsup, sede Arequipa. En total, participaron 57 alumnos de primer semestre pertenecientes a las carreras de Gestión y Mantenimiento de Maquinaria Pesada, Diseño y Desarrollo de *Software*, Gestión y Mantenimiento de Maquinaria Industrial y Operación de Plantas de Procesamiento de Minerales. La encuesta se aplicó a los estudiantes de los cursos de Ondas y Calor, y Ciencias Básicas y Aplicadas.

## RESULTADOS

El objetivo de este estudio es incentivar a los estudiantes de secundaria, institutos y universidades a comprender que los

¿Me siento satisfecho(a) con mi participación y el resultado del Laboratorio de Estructuras recibido?

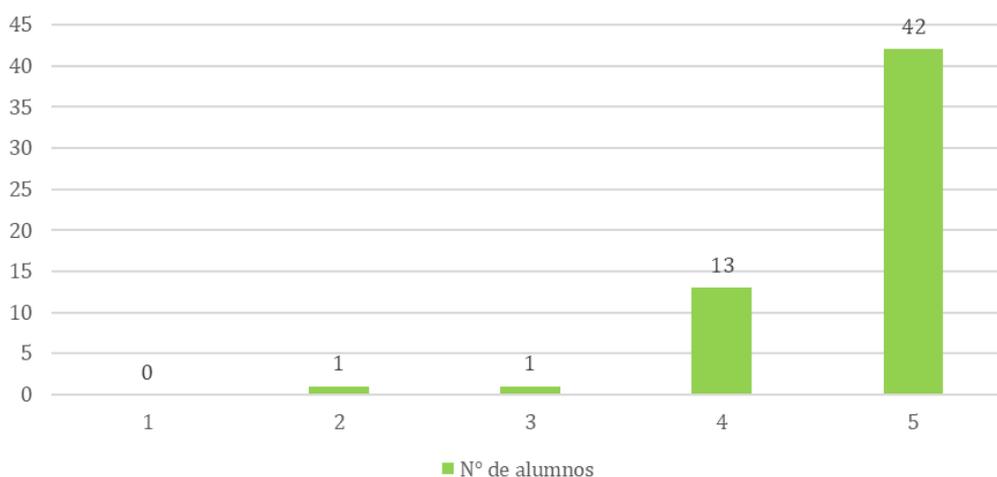


Figura 11. Satisfacción de los alumnos respecto al Laboratorio de Estructuras

Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico anterior, se puede concluir que el 96,5 % de los estudiantes que desarrollaron el laboratorio de estructuras se encuentran satisfechos con dicha metodología.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la segunda pregunta de la encuesta:

Tabla 1  
Frecuencia y porcentaje de segunda pregunta de la encuesta

Define, en una palabra, el Laboratorio de Estructuras que cursaste	Frecuencia	Porcentaje
Interesante	9	15,8 %
Creatividad	8	14,0 %
Didáctico	3	5,3 %
Ingenioso	2	3,5 %
Lo mejor	2	3,5 %
Otros con menor frecuencia (admirable, agradable, buena, conocimientos, crear, épico, estupendo, ingenio, práctico)	33	57,9 %
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla anterior, se puede concluir que el 29,8 % de los estudiantes calificó el Laboratorio de Estructuras como

interesante y creativo, lo que cumple con el objetivo de generar un ambiente de interés por parte del estudiante en los temas de física.

Tabla 2  
Carreras a las que aplicó la encuesta

Carrera técnica	Frecuencia	Porcentaje
Gestión y Mantenimiento de Maquinaria Pesada	34	59,7 %
Gestión y Mantenimiento de Maquinaria Industrial	5	8,7 %
Diseño y Desarrollo de <i>Software</i>	17	29,8 %
Operación de Planta de Procesamiento de Minerales	1	1,8 %
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla anterior, se puede identificar que la encuesta se aplicó en cuatro carreras técnicas, siendo la de C21, Gestión y Mantenimiento de Maquinaria Pesada, aquella en la que se

observó una mayor incidencia de respuestas. Esto se debe a que dicha carrera posee un amplio campo de aplicación cuando se trata de estructuras.

Tabla 3  
Cursos en los cuáles se aplicó la encuesta sobre el armado de estructuras

Curso	Frecuencia	Porcentaje
Ciencias Básicas y Aplicadas	17	29,8 %
Ondas y Calor	40	70,2 %
<b>TOTAL</b>	<b>57</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Elaboración propia.

Según se muestra en la tabla anterior, se obtuvo una mayor incidencia de respuestas por parte de los alumnos del curso de Ondas y Calor, el cual aborda diversos temas de física y permitió a los estudiantes identificar un campo de aplicación muy interesante.

Después de analizar los resultados de la encuesta, se concluye que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

Tabla 4  
Tabla de contingencia, frecuencias observadas (chi-cuadrado)

Carrera / nivel de satisfacción	2	3	4	5
C19–Operación de Plantas de Procesamiento de Minerales	0	0	1	0
C21–Gestión y Mantenimiento de Maquinaria Pesada	0	0	6	25
C22–Gestión y Mantenimiento de Maquinaria Industrial	0	0	0	2
C24–Diseño y Desarrollo de <i>Software</i>	1	1	7	11
<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>38</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5  
Resultados del test de chi-cuadrado

Estadístico	Valor
X <sup>2</sup> - Chi cuadrado	9,28
gl - grados de libertad	9
p - valor	0,412
<b>Total</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que el valor de  $p$  es de 0,412, y este es mayor que 0,05, no se evidencia una relación estadísticamente significativa entre la carrera técnica que estudia el alumno y su nivel de satisfacción al armar las estructuras Pasco. Por ende, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna. El nivel de satisfacción de los estudiantes no depende significativamente de la carrera que cursan.

Aunque se observan pequeñas diferencias descriptivas —por ejemplo, los alumnos de Diseño de Software y de Maquinaria Pesada tienden a concentrarse más en el nivel 5 de satisfacción—, estas diferencias no son lo suficientemente amplias como para considerarse significativas desde un punto de vista estadístico.

Estos resultados son favorables, pues respaldan el uso y armado de estructuras en todas las carreras técnicas de Tecsup, sede Arequipa.

Como punto adicional, se realizó un concurso de estructuras en el que participaron alumnos de primero y segundo semestre de los cursos de Ciencias Básicas y Aplicadas, Física General, Ondas y Calor, y Mecánica de Sólidos. El evento se llevó a cabo en el *hall* del pabellón A, primer piso, de Tecsup, sede Arequipa. Se adjunta el [enlace](#) con la evidencia.

## CONCLUSIONES

Se pudo determinar que la metodología en cascada es la más apropiada para aplicar el uso de las estructuras Pasco en un laboratorio introductorio de temas de física. Asimismo, se calcularon los valores de la fuerza de compresión en una estructura tanto móvil como estática.

Se identificó, además, que, además de la compresión y la tracción, fue posible calcular la velocidad angular y el ángulo de una estructura al programarla desde el *software* Pasco mediante lenguaje de código.

Adicionalmente, este tipo de taller se aplicó también en el verano de 2025, como parte del programa Vacaciones Creativas, dirigido a los hijos de docentes a tiempo parcial y tiempo completo de Tecsup Arequipa.

## REFERENCIAS

- [1] Bruun, J., & Christiansen, F. (2016). Kinaesthetic activities in physics instruction: Image-schematic justification and design based on didactic situations. *Journal of Physics Education Research*, 12(1).
- [2] Casado del Prado, J., Carrascal Vaquero, I., Diego Cavia, S., & Arroyo Martínez, B. (2017). *Sistema para el ensayo de cargas de fatiga de tracción y compresión sobre los elementos de sujeción de una vía ferroviaria dentro del mismo ciclo de carga*.
- [3] Cervera Ruiz, M., & Blanco Díaz, E. (2002). *Mecánica de estructuras*.
- [4] Claussen, C., Forino, E., Kalinowski, N., Laverty, S., Mikolajko, R., Nguyen, A., ... & Stewart, J. (2020). *Systems engineering capstone report*.
- [5] Hernández Barco, J. (2019). *Implementación de una propuesta para la enseñanza del movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente acelerado a partir de experiencias motrices como elemento didáctico innovador* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Bucaramanga]. Repositorio UNAB.
- [6] Hurtado Rincón, C., & Aguirre Chaparro, C. (2021). *Diseño de un prototipo de una máquina tipo industrial para evaluación de fuerzas de tracción-compresión*.
- [7] Kuokkanen, J., Gutiérrez, D., Enkvist Snellman, J., & Romar, J.-E. (2023). Integrating movement and physical education into subject teaching. En *Developing a didactic framework across and beyond school subjects* (pp. 13–30). Routledge.
- [8] Mentor, I., & Martin, C. (2016). *Capstone project*.
- [9] Montoya Morado, E., & García Ramírez, M. (2024). Estrategia didáctica transversal para la enseñanza de la física general a través del deporte. *RIDE: Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 14(28).
- [10] Sánchez Salcán, N., & Revelo, J. (2023). *Estrategias didácticas basadas en una metodología activa para la enseñanza del movimiento unidimensional* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio Digital UNACH.

## ACERCA DEL AUTOR

### Juan Abimael Peñaloza Galatayud

Profesional Titulado en Ingeniería Industrial por la Universidad Nacional de San Agustín (UNSA) de Arequipa, con colegiatura otorgada por el Colegio de Ingenieros del Perú. Título de Maestro en Administración de Negocios de la Universidad Católica de Santa María - Arequipa, con certificación en Nearpod, certificación como Project Management International, con certificación en Simulación PheT(simulador de Física), uso de TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje, certificación en SPSS otorgada por el INEI, Excel Avanzado otorgado

por el Instituto de Informática de la UNSA. Experiencia como docente en curso de ciencias-física; desempeño laboral en empresas privadas y públicas.



Recibido: 03-06-2025  
Revisado: 08-09-2025  
Aceptado: 07-10-2025



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons AtribuciónNoComercial 4.0 Internacional.