



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Estudio del oobleck en la amortiguación de impactos: eficiencia, aplicaciones y limitaciones

Study of oobleck in impact damping: efficiency, applications, and limitations

Irving Javier Guillén figueroa

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo-Ecuador

iguillenf@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-8327-6800>

Samantha Marlene Puente Bosquez

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo-Ecuador

spuenteb@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-4102-8231>

Jordán Fabricio Garofalo Moreira

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo-Ecuador

jordan.garofalo2018@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-5958-8712>

Adrián Andrés Obando Jácome

Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo-Ecuador

aobandoj@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-3002-070X>

Autor de Correspondencia: Irving Javier Guillén Figueroa, iguillenf@uteq.edu.ec

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 4 septiembre | **Aceptado:** 9 octubre 2024 | **Publicado online:** 18 octubre 2024

CITACIÓN

Guillén-Figueroa, I., Puente-Bosquez, S., Garofalo-Moreira, J. y Obando-Jácome, A. Estudio del oobleck en la amortiguación de impactos: eficiencia, aplicaciones y limitaciones. *Revista Social Fronteriza* 2024; 4(5): e482. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(5\)482](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(5)482)



Esta obra está bajo una licencia internacional. [Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivadas 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).





RESUMEN

En este estudio se investigó el comportamiento del fluido no newtoniano oobleck, compuesto por una mezcla de maicena y agua, enfocado en su capacidad para absorber impactos. Mediante el uso de cubos calibrados de distintos pesos y alturas de caída, se midió la fuerza de impacto tanto en presencia como en ausencia del fluido. Los resultados mostraron que el oobleck puede reducir la fuerza del impacto en un rango del 27% al 49%, dependiendo del peso y la altura de los cubos. Esta notable reducción se atribuye a las propiedades dilatantes del fluido, que bajo condiciones de alta tensión se comporta como un sólido temporal, absorbiendo y disipando la energía del impacto. La investigación sugiere que el oobleck tiene potencial para aplicaciones prácticas en áreas que requieren alta absorción de energía, como la protección contra impactos o sistemas de amortiguación en entornos industriales. Sin embargo, se reconocen limitaciones en el estudio, como la concentración de maicena y las condiciones experimentales, lo que subraya la necesidad de más investigaciones para optimizar su uso en diferentes contextos.

Palabras claves: Oobleck, absorción de impactos, propiedades dilatantes, suspensión coloidal, viscosidad.

ABSTRACT

This study investigated the behavior of the non-Newtonian fluid oobleck, composed of a mixture of cornstarch and water, focusing on its ability to absorb impacts. By using calibrated cubes of different weights and drop heights, the impact force was measured both in the presence and absence of the fluid. The results showed that oobleck can reduce the impact force by a range of 27% to 49%, depending on the weight and height of the cubes. This significant reduction is attributed to the dilatant properties of the fluid, which under high stress conditions behaves like a temporary solid, absorbing and dissipating the impact energy. The research suggests that oobleck has potential practical applications in areas requiring high energy absorption, such as impact protection or cushioning systems in industrial settings. However, the study acknowledges limitations, including the cornstarch concentration and experimental conditions, highlighting the need for further research to optimize its use in different contexts.

Keywords: Oobleck, impact absorption, dilatant properties, colloidal suspension, viscosity.



1. INTRODUCCIÓN

Un fluido que no sigue la ley de viscosidad de Newton se clasifica como un fluido no newtoniano. A diferencia de los fluidos newtonianos, cuya viscosidad es constante e independiente de la tensión aplicada, en los fluidos no newtonianos la viscosidad varía en respuesta a la magnitud de la fuerza aplicada. En estos sistemas, la viscosidad puede aumentar o disminuir, haciendo que el fluido se comporte de manera más sólida o líquida según las condiciones. Algunos ejemplos comunes de fluidos no newtonianos incluyen la miel, la sangre, la pasta de dientes, la pintura y el champú.

El comportamiento de los fluidos no newtonianos puede clasificarse en diferentes tipos:

- **Fluidos dilatantes**

Los fluidos dilatantes, también conocidos como fluidos de espesamiento por cizallamiento, presentan un incremento en su viscosidad cuando se aumenta la tasa de deformación por cizallamiento. Este fenómeno está relacionado con la aglomeración o floculación de partículas suspendidas en el fluido, lo cual es explicado por las fuerzas de Van Der Waals y la Teoría de Hamaker. En una suspensión coloidal, cuando las partículas pasan de un estado disperso a uno floculado, se produce el espesamiento por cizallamiento. Esto genera un aumento en la viscosidad a medida que el fluido experimenta una mayor tensión mecánica.

- **Oobleck**

Un ejemplo clásico y accesible de fluido dilatante es el oobleck, una suspensión de almidón (generalmente de maíz) en agua. Bajo condiciones de alta tensión, este fluido se comporta como un sólido, mientras que, bajo esfuerzos suaves o de baja velocidad, actúa como un líquido. Este comportamiento único se debe a su capacidad de espesarse por cizallamiento: cuando se le aplica una fuerza rápida o una carga repentina, las partículas suspendidas en la mezcla se aglomeran temporalmente, lo que aumenta la viscosidad y da al fluido una consistencia sólida. Por ejemplo, es posible caminar sobre un recipiente lleno de oobleck sin hundirse debido a esta propiedad, pero si se aplica una carga lenta, el fluido fluirá como un líquido. Estas características demuestran la singularidad de su comportamiento reológico bajo diferentes condiciones de tensión.

2. DESARROLLO

2.1. Clasificación de los fluidos

Para proporcionar un contexto sólido a esta investigación, se procederá a identificar y describir en detalle el fluido utilizado en el estudio. Inicialmente, se presentará una revisión general de los tipos de fluidos, seguida por un análisis de las propiedades físicas y químicas más relevantes del fluido en cuestión. Posteriormente, se discutirán las razones que justifican la selección de este fluido para la investigación, destacando su relevancia y potencial aplicación en el campo de estudio.

Los fluidos se clasifican en dos categorías principales: newtonianos y no newtonianos, cada uno con características únicas que determinan su comportamiento bajo diferentes condiciones de esfuerzo. En los fluidos newtonianos, la viscosidad es constante e independiente de la tasa de deformación, lo que significa que su resistencia al flujo sigue la Ley de Viscosidad de Newton. Esta ley establece que la fuerza por unidad de área (esfuerzo cortante) es proporcional al gradiente de velocidad (tasa de deformación). En cambio, los fluidos no newtonianos no cumplen con esta ley, presentando viscosidades que varían en función de la fuerza aplicada.

2.2. Comportamiento de los fluidos no newtonianos

El comportamiento de los fluidos no newtonianos, como el utilizado en este estudio, se puede explicar en términos de la interacción entre sus componentes. En este caso, el agua actúa como un agente lubricante, facilitando el movimiento relativo de las partículas de almidón dispersas en la mezcla. Sin embargo, cuando se aplica una fuerza externa, como agitación o impacto, las partículas de almidón tienden a agruparse debido a su naturaleza rugosa, generando fricción en los puntos de contacto. Esta fricción limita el deslizamiento relativo entre partículas, lo que modifica la viscosidad del fluido.

Tal como se ilustra en la Figura 1, al aplicar una fuerza sobre la superficie del fluido, se observa una respuesta simultánea y localizada en toda la estructura material. Las partículas de almidón se agrupan en la zona de impacto, creando una "zona rígida" en el área afectada.

Este comportamiento es característico de los fluidos dilatantes, donde el aumento de la tensión aplicada genera un incremento en la viscosidad, lo que permite que el fluido se comporte temporalmente como un sólido en determinadas condiciones.

Esta capacidad de respuesta variable ante la aplicación de fuerzas externas es lo que hace a los fluidos no newtonianos especialmente atractivos para aplicaciones en campos como la absorción de impactos, donde se requiere una rápida adaptación del material a condiciones dinámicas

Figura 1. Demostración del oobleck en la amortiguación de impacto



Nota. La imagen ilustra el comportamiento del oobleck cuando se aplica una fuerza rápida y considerable. Bajo estas condiciones, las partículas de maicena en suspensión se alinean y forman una estructura temporal que le confiere al fluido características de un sólido. Este fenómeno permite que el fluido resista la penetración y absorba el impacto, en lugar de comportarse como un líquido y fluir libremente.

2.3. Composición del fluido no newtoniano en este proyecto

El fluido no newtoniano utilizado en este proyecto consiste en una mezcla de agua y maicena, que forma una suspensión coloidal. El almidón de maíz, compuesto principalmente por amilopectina y amilosa, interactúa con las moléculas de agua, dando lugar a un comportamiento reológico único. Esta combinación exhibe características distintivas: cuando se somete a esfuerzos suaves, el fluido actúa como un líquido viscoso. Sin embargo, ante la aplicación de una fuerza rápida o intensa, el fluido se comporta como un sólido, ofreciendo

una resistencia al flujo que varía en función de la magnitud del esfuerzo aplicado. Este fenómeno es conocido como "espesamiento por cizallamiento".

2.4. Ensayo del fluido

Para caracterizar el comportamiento del oobleck, se realizará un experimento destinado a identificar y analizar los mecanismos de amortiguación presentes en la suspensión. Los ensayos permitirán evaluar las respuestas del fluido bajo diferentes condiciones de impacto, proporcionando información valiosa sobre su capacidad para absorber y disipar energía.

2.4.1. Propiedades del fluido no newtoniano seleccionado

Propiedades mecánicas:

- **Viscosidad dependiente del esfuerzo:** El oobleck presenta un comportamiento dilatante, en el cual su viscosidad aumenta con el incremento del esfuerzo cortante, lo que lo diferencia de fluidos pseudoplásticos, cuyos comportamientos son opuestos (ver Figura 2). Bajo una fuerza intensa, las partículas de almidón en suspensión se reorganizan de manera que aumentan la resistencia al flujo, comportándose temporalmente como un sólido. Este comportamiento reológico es fundamental para su capacidad de amortiguación y absorción de impactos en aplicaciones prácticas.

Figura 2. Demostración de viscosidad dependiente del esfuerzo



Nota. La imagen ilustra el fenómeno de la viscosidad dependiente del esfuerzo en un fluido no newtoniano, como el oobleck. Cuando se aplica una fuerza, el fluido responde incrementando su rigidez y comportándose como un sólido temporal. En contraste, en estado de reposo o bajo fuerzas suaves, el oobleck fluye como un líquido, demostrando su capacidad

de adaptarse dinámicamente según la magnitud del esfuerzo aplicado.

- **Tixotropía:** El fluido exhibe propiedades tixotrópicas, lo que significa que, tras la cesación del esfuerzo cortante, es capaz de recuperar gradualmente su viscosidad original. Este fenómeno refleja la capacidad del fluido de restablecer su estructura interna después de un período en reposo, formando una estructura temporal que le permite retornar a su estado inicial de viscosidad (ver Figura 3).

Figura 3. Demostración de tixotropía



Nota. La imagen ilustra el fenómeno de la tixotropía, un comportamiento distintivo de ciertos fluidos no newtonianos. Este fenómeno se manifiesta cuando un fluido disminuye su viscosidad al ser agitado o sometido a una fuerza externa. Al cesar el esfuerzo, el fluido recupera su viscosidad original, evidenciando su capacidad para restablecer su estructura interna tras un periodo de deformación.

Propiedades dieléctricas:

- **Permitividad:** La permitividad dieléctrica del fluido no newtoniano se ve afectada por la combinación de agua y la estructura coloidal del almidón. Aunque puede experimentar variaciones en su valor, el fluido en general no se clasifica como un material dieléctricamente significativo. Esto implica que su capacidad para almacenar carga eléctrica es limitada en comparación con otros materiales dieléctricos.

2.5. Preparación del fluido no newtoniano

En el presente estudio, se llevó a cabo la preparación y análisis de un fluido no newtoniano, constituido por una mezcla de agua y maicena. Para realizar las mediciones de fuerza e

impacto, se observaron y cuantificaron las proporciones específicas de los componentes en la mezcla, evaluando su influencia en el comportamiento no newtoniano del fluido.

La mezcla total tuvo un peso de 1.92 kg, y el análisis de las proporciones reveló que contenía 1.13 kg de maicena y 0.79 litros de agua. Con base en estas cantidades, se calcularon los porcentajes de cada componente en la mezcla, permitiendo una mejor comprensión de su contribución a las propiedades reológicas del fluido.

$$\%Maicena = \left(\frac{1.13 \text{ kg}}{1.92 \text{ kg}} \right) \times 100 = 58.85\%$$

$$\%Agua = \left(\frac{0.79 \text{ kg}}{1.92 \text{ kg}} \right) \times 100 = 41.15\%$$

Se concluye que la maicena constituye el 58.85% de la mezcla, mientras que el agua representa el 41.15%.

Tabla 1. Composición de la Mezcla

| Componente | Cantidad | Porcentaje (%) |
|----------------|----------|----------------|
| Maicena | 1.13kg | 58.85% |
| Agua | 0.79 L | 41.15% |

Fuente: Autor

Figura 4. Demostración de mezcla (Oobleck)



Fuente: Autor

3. METODOLOGÍA

La metodología del presente proyecto se estructuró en varias fases que abarcaron desde la preparación del fluido no newtoniano hasta la realización de ensayos de impacto y el análisis de datos. A continuación, se detallan los pasos seguidos en cada fase:

3.1. Preparación del Fluido No Newtoniano

1. Selección de Materiales:

- Se seleccionaron los componentes necesarios: maicena (almidón de maíz) y agua.
- Se utilizó una balanza analógica para medir la cantidad exacta de cada componente.

2. Mezcla:

- Se pesaron 1.13 kg de maicena y 0.79 litros de agua.
- Se combinaron ambos componentes en un recipiente resistente y se mezclaron manualmente hasta obtener una suspensión homogénea.

3. Control de Temperatura:

- Se utilizó un termómetro para monitorear la temperatura de la mezcla, asegurando que se mantuviera constante (22°C) durante todo el proceso.

3.2. Diseño Experimental

1. Configuración de Ensayos:

- Se definieron diferentes alturas de caída y pesos específicos de cubos para evaluar la respuesta del fluido bajo condiciones controladas.

2. Medición de Alturas:

- Se utilizaron flexómetros para medir con precisión las alturas desde las cuales se dejarían caer los cubos.

3. Registro de Datos:

- Se preparó una tabla para documentar todas las mediciones y observaciones durante los ensayos.

3.3. Ensayos de Impacto

1. Ensayos con Fluido:

- Se dejaron caer los cubos desde las alturas preestablecidas sobre la superficie del oobleck.
- Se registró el comportamiento del fluido y se capturaron imágenes en cámara lenta para un análisis detallado.

2. Ensayos sin Fluido:

- Se retiró la mezcla del recipiente y se repitieron los ensayos desde las mismas alturas sin la presencia del fluido.
- Se midieron las fuerzas de impacto para comparar los resultados con y sin el fluido no newtoniano.

3.4. Análisis de Datos

1. Cálculo de Fuerzas de Absorción:

- Se calcularon las fuerzas absorbidas por el fluido no newtoniano durante los ensayos utilizando las mediciones de impacto recopiladas.

2. Evaluación de Resultados:

- Se compararon los resultados de los ensayos realizados con y sin fluido, analizando la eficiencia del oobleck como material de amortiguación.

- Se elaboraron gráficos y tablas para facilitar la visualización de los datos y la interpretación de los resultados.

4. RESULTADOS

4.1. Datos Experimentales

Para el cálculo de las fuerzas de impacto, se emplearon las siguientes ecuaciones, tanto en ausencia de fluido no newtoniano como en su presencia:

Sin fluido no newtoniano:

$$F_{Impacto} = 4.09 \text{ kgf} \times \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} = 40.09 \text{ N}$$

Con fluido no newtoniano:

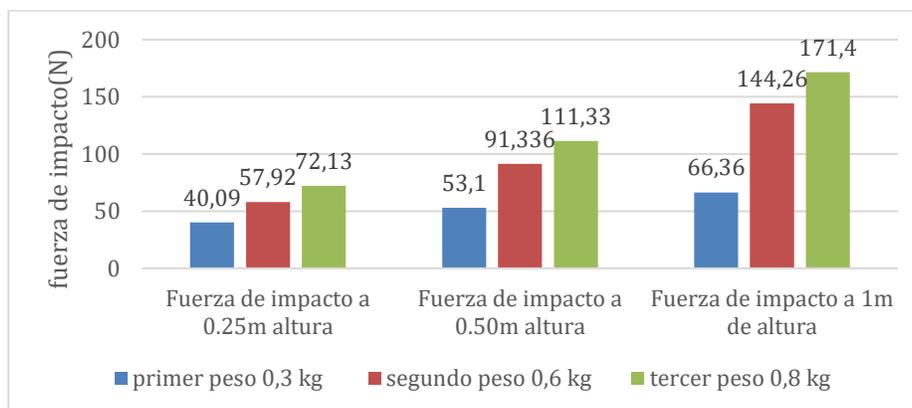
$$F_{Impacto} = 1.93 \text{ kgf} \times \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} = 18.93 \text{ N}$$

Tabla 2. Fuerza de impacto sin absorción por el fluido no newtoniano (Oobleck)

| Peso de metal | Fuerza de impacto a 0.25m altura | Fuerza de impacto a 0.50m altura | Fuerza de impacto a 1m de altura |
|---------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 0.3 kg | 40.09 N | 53.10 N | 66.36 N |
| 0.6 kg | 57.92 N | 91.33 N | 144.26 N |
| 0.8 kg | 72.13 N | 111.33 N | 171.40 N |

Fuente: Autor

Gráfica 1. Representación de fuerza de impacto sin absorción por el fluido no newtoniano (Oobleck)



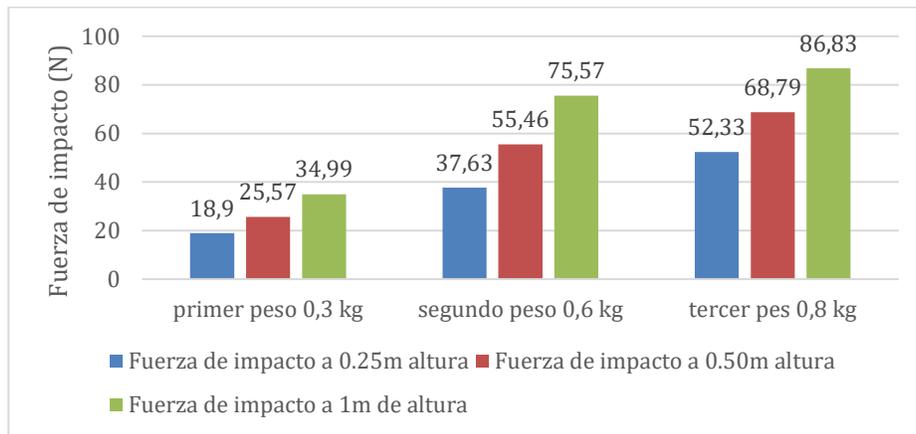
Fuente: Autor

Tabla 3. Fuerza de impacto con absorción por fluido no newtoniano (Oobleck)

| Peso de metal | Fuerza de impacto a 0.25m altura | Fuerza de impacto a 0.50m altura | Fuerza de impacto a 1m de altura |
|---------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 0.3 kg | 18.9 N | 25.57 N | 35 N |
| 0.6 kg | 37.63 N | 55.46 N | 75.57 N |
| 0.8 kg | 52.33 N | 68.79 N | 86.83 N |

Fuente: Autor

Gráfica 2. Representación de fuerza de impacto con absorción por fluido no newtoniano (Oobleck)



Fuente: Autor

Figura 5. Demostración de Cubo de 0.3 kg impactando el fluido no newtoniano (Oobleck)



Figura 6. Demostración de Cubo de 0.6 kg impactando el fluido no newtoniano (Oobleck)



Figura 7. Demostración de Cubo de 0.8 kg impactando el fluido no newtoniano (Oobleck)

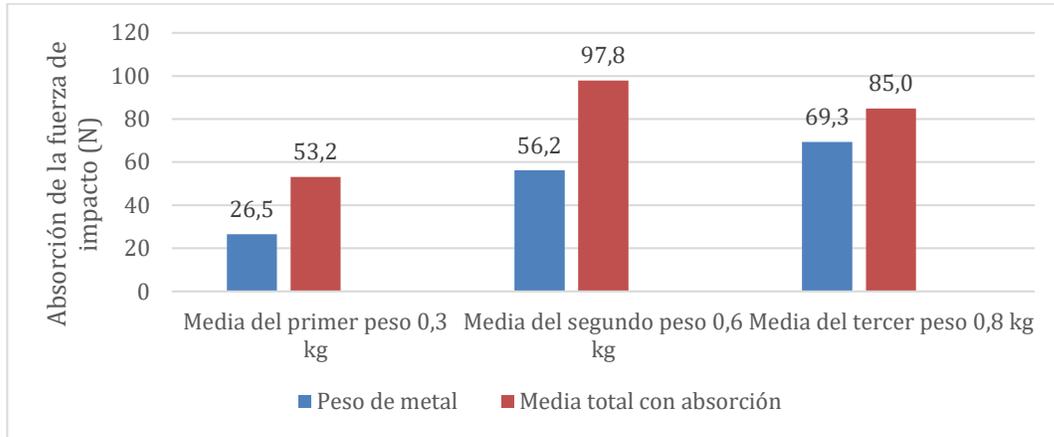


Tabla 4. Comparativa de Medias de Pesos Metálicos en Condiciones de Absorción y Sin Absorción

| Peso de metal | | | Media del primer peso 0.3 kg | Media del segundo peso 0.6 kg | Media del tercer peso 0.8 kg |
|---------------|-------|-----|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Media | total | con | 26.48 N | 56.22 N | 69.32 N |
| absorción | | | | | |
| Media | total | sin | 53.18 N | 97.84 N | 84.95 N |
| absorción | | | | | |

Fuente: Autor

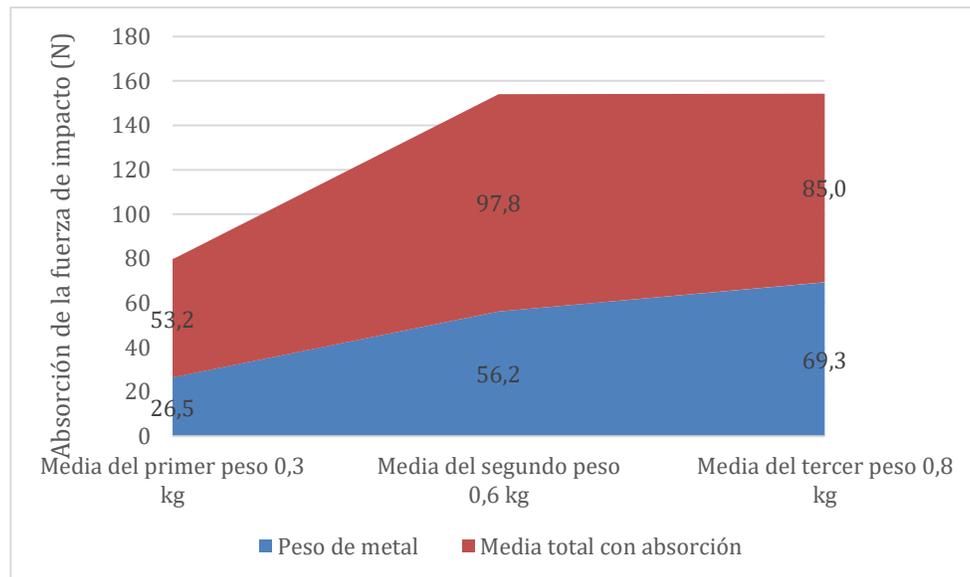
Gráfica3. Representación comparativa de Medias de Pesos Metálicos en Condiciones de Absorción y Sin Absorción



Fuente: Autor

Al comparar los resultados, la gráfica 4 muestra la significativa reducción en la fuerza de impacto alcanzada gracias a la capacidad de absorción del fluido no newtoniano, en contraste con los impactos registrados sin la presencia de dicho fluido.

Gráfica 4. Escalado de la capacidad de absorción de un fluido no newtoniano (Oobleck) en función de la carga aplicada



Fuente: Autor

4.2. Análisis de Resultados

Comportamiento del Fluido No Newtoniano (Oobleck)

En la presente investigación se observó un comportamiento destacado del fluido no newtoniano, evidenciado por su notable capacidad de absorción de impactos. Este fenómeno se reflejó en una reducción significativa de la fuerza de impacto al comparar los resultados obtenidos con y sin la presencia del fluido.

Reducción de la Fuerza de Impacto

Los resultados experimentales indicaron que la suspensión de maicena y agua logró reducir la fuerza de impacto en un rango que varió del 27% al 49%, dependiendo del peso del objeto y la altura desde la cual fue dejado caer. Este comportamiento se atribuye a las propiedades reológicas del oobleck, que, al ser sometido a una fuerza externa, se comporta como un sólido, resistiendo el flujo y absorbiendo parte de la energía del impacto.

- **Para una masa de 0.3 kg:**
 - La fuerza de impacto se redujo de 40.09 N a 18.9 N, lo que representa una disminución del 52.8% a una altura de 0.25 m.
 - A una altura de 0.50 m, la fuerza se redujo de 53.1 N a 25.57 N (una reducción del 51.8%).
 - A 1 m de altura, la fuerza disminuyó de 66.36 N a 35 N, correspondiendo a una reducción del 47.25%.
- **Para una masa de 0.6 kg:**
 - Se observó una reducción en la fuerza de impacto de 57.92 N a 37.63 N (35.0%) a una altura de 0.25 m.
 - A 0.50 m, la fuerza se redujo de 91.33 N a 55.46 N, reflejando una disminución del 39.3%.
 - A 1 m de altura, la fuerza se redujo de 144.26 N a 75.57 N, marcando una reducción del 47.5%.
- **Para una masa de 0.8 kg:**

- Se registró una reducción en la fuerza de impacto de 72.13 N a 52.33 N, indicando una disminución del 27.5% a una altura de 0.25 m.
- A 0.50 m, la fuerza disminuyó de 111.33 N a 68.79 N (una reducción del 38.2%).
- A 1 m de altura, la fuerza se redujo de 171.40 N a 86.83 N, mostrando una significativa reducción del 49.4%.

Interpretación de los Resultados

Estos datos reflejan la naturaleza dilatante del oobleck, en la que la viscosidad aumenta con la tensión aplicada. Durante el impacto, las partículas de maicena se aglomeran, formando una estructura temporal que resiste el paso del objeto y disipa la energía del impacto, resultando en una menor fuerza transmitida al fondo del recipiente.

5. DISCUSIÓN

Implicaciones Prácticas

La capacidad del oobleck para absorber impactos sugiere varias aplicaciones para este material, que responde de manera dinámica a fuerzas externas. Esto es especialmente relevante en contextos de protección contra golpes o amortiguación de impactos en diversas industrias. Las propiedades observadas en este experimento abren la puerta al desarrollo de nuevos materiales basados en fluidos no newtonianos, orientados a mejorar la seguridad en situaciones donde la absorción de energía es crucial.

Comparación con Otros Estudios

Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con investigaciones previas que han explorado el comportamiento de fluidos no newtonianos, especialmente en términos de su capacidad para reaccionar rápidamente a cambios en la tensión aplicada. Sin embargo, se destacan diferencias en la magnitud de la absorción de energía, lo cual podría estar relacionado con la composición específica del fluido utilizado.

Limitaciones del Estudio

A pesar de que los resultados son prometedores, es importante señalar que las propiedades del oobleck pueden variar significativamente en función de cambios en la concentración de maicena, la temperatura ambiente y otros factores. Por lo tanto, los resultados obtenidos en este estudio podrían no ser directamente aplicables a todas las formulaciones de oobleck o a diferentes condiciones experimentales.

6. CONCLUSIONES

El estudio del comportamiento de los fluidos no newtonianos, con un enfoque particular en el oobleck, pone de manifiesto su notable capacidad para absorber impactos. Este fenómeno se origina en la formación de una estructura temporal bajo la aplicación de fuerza, lo que permite una disipación efectiva de la energía. Los resultados obtenidos revelan una reducción significativa en la fuerza de impacto, lo que destaca el potencial de estos fluidos en aplicaciones relacionadas con la protección y la amortiguación.

El comportamiento dilatante del oobleck, caracterizado por un aumento de la viscosidad en función de la tensión aplicada, abre nuevas perspectivas para el desarrollo de materiales que respondan dinámicamente a fuerzas externas. No obstante, es fundamental considerar que las propiedades del oobleck pueden variar en función de factores como la concentración y la temperatura. Estas variaciones podrían limitar la aplicabilidad directa de los resultados obtenidos a otras formulaciones o condiciones experimentales.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que este estudio no presenta conflictos de intereses y que, por tanto, se ha seguido de forma ética los procesos adaptados por esta revista, afirmando que este trabajo no ha sido publicado en otra revista de forma parcial o total.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Francis. (2012). Nueva explicación del porqué podemos correr encima de una piscina con agua y maicena. *Naukas*. <https://francis.naukas.com/2012/07/12/nueva-explicacion-del-porque-podemos-correr-encima-de-una-piscina-con-agua-y-maicena/>
- San Fratello, V., Venditto, V., De Paola, M. G., Longo, S., & Satta, R. (2018). Experimental investigation of non-Newtonian fluid dynamics for impact absorption applications. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 260, 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2018.04.011>
- PCA Brazil. (2020). Gráfico ilustrativo, SFT technology: Shear thickening fluids. *PCA Brazil*. <https://es.pcabrazil.com/2401/sft-technology-shear-thickening-fluids/>
- ADAR Ingeniería. (2024). Gráfico ilustrativo, Traspase de fluidos no newtonianos. *ADAR Ingeniería*. <https://www.adareng.com/es/articulo/traspase-de-fluidos-no-newtonianos/n-4>
- New Africa. (2024). Imagen ilustrativa, Slime azul fluido sobre fondo blanco. *Adobe Stock*. <https://stock.adobe.com/es/images/flowing-light-blue-slime-on-white-background-antistress-toy/308762>
- Ibarrola, E. L. (2009). *Introducción a los fluidos no newtonianos*. Cátedra de Mecánica de los Fluidos-UNCor.
- El-Gazzar, N. T., Estévez, A. T., & Abdallah, Y. K. (2024). Materiales no newtonianos a base de almidón: Entre el análisis de propiedades y sus aplicaciones al diseño sostenible. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, (220).