

---

## Diseño de una jarra óptima

*Design of an optimal jar*

---

MSC. ANTONIO JOSÉ BERAZAÍN ITURRALDE

D.I. CARLOS MANUEL LABORI ROMERO

## Diseño de una jarra óptima

*Design of an optimal jar*

MsC. ANTONIO JOSÉ BERAZAÍN ITURRALDE

D.I. CARLOS MANUEL LABORI ROMERO

### RESUMEN

Uno de los problemas incluidos en el curso de Física de la carrera Diseño Industrial del Instituto Superior de Diseño (ISDi), trata sobre cómo diseñar una jarra que sea óptima en cuanto a su uso. Resulta un buen ejemplo para la aplicación de los conceptos centro de gravedad, momento de una fuerza, pares de fuerza y fuerzas de ligadura. Este ejercicio, además, contribuye al enfoque profesional de la asignatura y resulta de interés, tanto desde un punto de vista metodológico como conceptual. Inspirado en este problema, se desarrolló el proyecto de una jarra que responde a los requerimientos de ser óptima y que podría superar las dificultades de otros diseños.

### ABSTRACT

*One of the problems included in the course of Physics for the Industrial Design career of the Higher Institute of Design (ISDi) is how to design a jar that is optimal in terms of its use. It is a good example of application of concepts such as center of gravity, moment of a force, pairs of force and forces of ligature. In addition, it contributes to the professional approach of the subject and is interesting both from a methodological and conceptual point of view.*

*Inspired by this problem, the project of a jar that responds to the requirements of being optimal and that could overcome the difficulties of other designs was developed.*

### Palabras Claves

Diseño industrial, formación de diseñadores industriales, enseñanza de la Física

### Keywords

Industrial design, training of industrial designers, physics teaching

## INTRODUCCIÓN

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ES DE VITAL IMPORTANCIA en la enseñanza de la Física, en esa actividad se consolidan los conceptos y leyes que el alumno ha estudiado, a la vez que desarrolla habilidades propias del método científico (Gil, 1996; Sifred, 1999).

Algunos problemas son ya clásicos y suelen aparecer en diferentes textos. Así, en la Mecánica y, en particular, en la Estática, es común encontrar el ejemplo de la escalera apoyada contra la pared o el del cuerpo que descansa sobre un plano inclinado, por solo citar dos casos. Sin embargo, los autores no han encontrado en textos usualmente utilizados a nivel universitario (Beer F. P y Russell E. 1988, Cutnell J. y Johnson K. 1995, Giancoli D. 1991, Fishbane T. 1993, Halliday D., Resnick R., Walker J. 2014, Meriam J.L. 1967, Tippens P. 1993, Wilson J. 1995, Zebrowski E. 1984) algún problema resuelto o propuesto, relacionado con la jarra que se utiliza para contener y verter un líquido, por lo general agua. Esto llama la atención, toda vez que se trata de un producto muy vinculado a la vida cotidiana.

En el contexto del curso de Física para la carrera del Diseño Industrial del ISDi se ha elaborado un problema docente cualitativo basado en la jarra, que a la vez que contribuye al enfoque profesional de la asignatura, resulta de interés, tanto desde un punto de vista metodológico como conceptual. De igual forma, resulta un buen ejemplo de relación entre la Física y el Diseño.

Inspirado en este problema, se desarrolló el proyecto de una jarra que responde a los requerimientos de ser óptima y que podría superar las dificultades de otros diseños.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DOCENTE

El problema docente del curso de Física de los Productos, es del tipo abierto y cualitativo (Facón y Montenegro 2014; Natali, 2012; Lucero, 2006). Su análisis permitirá comprender mejor el proyecto realizado. El planteamiento es el siguiente: ¿cómo diseñar una jarra que sea óptima en cuanto a su uso?

Aquí óptimo se refiere a que al sostener la jarra o verter el agua, el esfuerzo del usuario sea mínimo, lo cual puede ser de importancia para un trabajador gastronómico que pasa horas sirviendo.

Puesto que se trata de un problema de tipo abierto, se impone acotar las condiciones de solución. Se asumen las siguientes consideraciones:

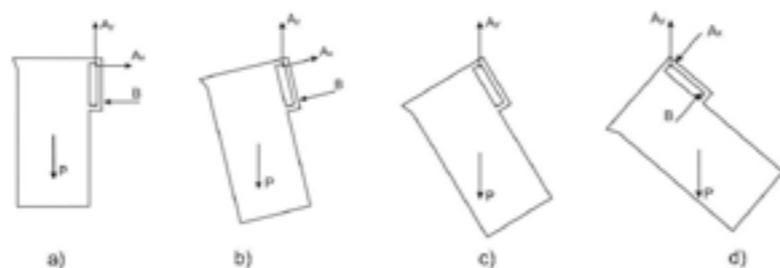
- Jarra cilíndrica con el asa en la parte superior, de peso despreciable.
- El tamaño del asa corresponde al de la mano.
- En el caso de la jarra con agua, en principio despreciamos el peso de la jarra frente al del agua.

Comencemos por analizar el caso más sencillo, en el que la jarra está vacía.

### LA JARRA VACÍA

Supongamos que la jarra está vacía y veamos las fuerzas necesarias para realizar los mismos movimientos de verter. Para sostener la jarra hay que aplicar un par de fuerzas que compensen el formado por el peso  $P$  y la reacción  $A_y$ , como se observa en la figura 1 a).

Figura 1.



Al inclinar la jarra, se observan tres casos de interés. Al principio (Figura 1 b)) hay que impedir la rotación anti horaria de izquierda a derecha de la jarra, contrarrestando el momento del par de fuerzas correspondientes al peso  $P$  y la reacción  $A_y$ , con el momento del par de las fuerzas  $B$  y  $A_x$ . Es preciso aclarar que, aunque se mantiene la denominación de  $A_x$ , ya esta fuerza deja de ser paralela a la horizontal, en tanto lo es con respecto a la línea de acción de la fuerza  $B$ .

De continuar la rotación, llega un momento en que la reacción  $A_y$  y el peso coinciden en la misma línea de acción, por lo que su momento se anula, como se aprecia en la figura 1 c).

Si se sigue inclinando la jarra, habrá que obligarla, ya que el par de fuerzas de  $P$  y  $A_y$  ahora tiene una ten-

dencia de rotación horaria y el momento del par que ejerce la mano cambia de dirección (figura 1 d)) con el cambio de dirección de  $A_x$ .

De modo que podemos concluir que al inclinar la jarra (vacía) hay tres momentos. En un inicio el esfuerzo de la mano está dirigido a impedir que rote, después hay un momento en que el esfuerzo para rotarla es mínimo y posteriormente hay que obligarla a rotar. Nótese que lo anterior está dado por la posición del centro de gravedad de la jarra respecto al apoyo de la mano.

### LA JARRA CON AGUA

En el caso de una jarra llena de agua, tal como se describe en la figura 2 a). Ya vimos que cuando la jarra está vacía, el centro de gravedad del sistema no cambia. Ahora, llena de agua, en la medida que pierde líquido, el centro de gravedad se desplaza, al tiempo que el peso disminuye.

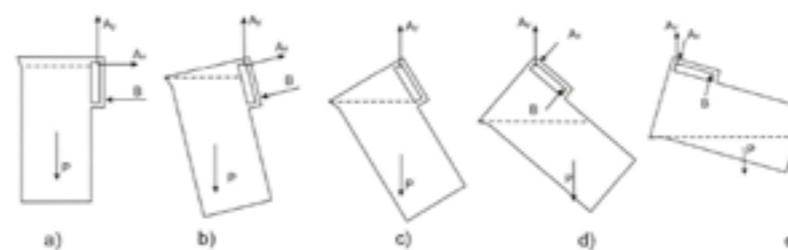


Figura 2.

Las figuras 2 b) y 2 c) ilustran un escenario similar al caso de la jarra vacía. En efecto, coinciden en el hecho de que inicialmente hay que aplicar un par de fuerzas, cuyo momento impida la rotación de la jarra en

sentido anti horario de izquierda a derecha. Luego se va vertiendo el agua hasta el momento en que el centro de gravedad se desplaza y su línea de acción coincide con la de la reacción  $A_y$ .

El caso descrito en la figura 2 d) difiere del correspondiente sin agua (figura 1 d)). Ahora la distancia entre las líneas de acción de la reacción y el peso, que conforman el par, es mayor, y así será el momento del par de las reacciones  $B$  y  $A_x$ .

En una posición aún más extrema como se muestra en la figura 2 e), se observa cómo la distancia entre las líneas de acción de  $P$  y  $A_y$  ha aumentado. Sin embargo, el valor del momento no se incrementa de igual manera o es posible que disminuya, ya que el valor de las fuerzas involucradas es cada vez es menor, dada la disminución del peso de la jarra.

Cuando prácticamente se ha vaciado la jarra, la condición de desprejar su peso frente al peso del agua pierde justificación, por lo que la posición del centro de gravedad del sistema tiende a coincidir con el centro de gravedad de la jarra.

Hasta aquí hemos realizado un análisis cualitativo para responder la pregunta de cómo diseñar una jarra que al ser utilizada implique un menor esfuerzo al usuario. De acuerdo a lo visto anteriormente, la jarra mejor será aquella en la que el centro de gravedad del sistema permanezca el mayor tiempo posible debajo del agarre de la mano, para que así el momento nece-

sario para controlar el vertido sea menor y solo se requiera aplicar fuerza con el brazo para sostenerla. Esto significa reducir la torsión que siente la muñeca de la mano, reduciendo el esfuerzo solo a sostener la jarra.

Aunque no se descarta la posibilidad de enfrentar la solución de diseño con la aplicación de programas de cálculo que permitan describir el movimiento del centro de gravedad del sistema jarra-agua en la medida que se vierte y llegar a formas geométricas que cumplan la condición deseada, lo cierto es que un análisis cualitativo permite encontrar una propuesta de jarra que en principio satisfaga las condiciones iniciales del problema planteado.

#### PROPUESTA DE UNA JARRA ÓPTIMA

Supongamos un toroide orientado verticalmente, que, dada su simetría, el centro de gravedad se encuentra en su centro geométrico. De estar lleno de agua, también su centro de gravedad estaría ubicado en ese mismo punto.

Sin embargo, de estar medio lleno el toroide, el centro de gravedad del líquido estará por debajo del centro geométrico, pero siempre sobre la línea vertical que lo corta. El centro de gravedad del sistema jarra-agua estará igualmente sobre esa línea.

Si el toroide tiene una abertura para el vertido del agua, al rotarlo, se puede visualizar como que el líquido permanece estático y es la abertura la que se va moviendo, aproximándose a la superficie del agua.

Inspirado en esta geometría, se elaboró un proyecto que consiste en una jarra que tiene el agarre en la zona del centro de gravedad (figuras 3 y 4), de modo que en todo momento en que se esté vertiendo agua, independientemente de la cantidad de líquido que contenga, el único esfuerzo es el necesario para sostenerla.

Figuras 3 y 4.



Una jarra así no requiere de aplicar un momento de fuerzas significativo para verter el agua, ya sea para evitar que rote o para obligarla a rotar.

La propuesta de diseño consiste en una jarra de 2500 ml de capacidad, generada a partir de un prisma de base cuadrada, en función de acercarse a la forma del toroide. Además de las ventajas ya mencionadas, el hecho de que no tenga protuberancias, como asas convencionales, le permite acomodarse mejor dentro de un refrigerador, que es su contexto principal (figura 5).

El material propuesto para conformar la jarra es el polipropileno en cualesquiera de sus dos variantes: opaco (tapa) y traslúcido (cuerpo). El proceso tecnoló-



Figura 5.

gico seleccionado para la producción en función de la forma obtenida, debe ser el rotomoldeo para el cuerpo de la jarra e inyección para la tapa (Smith, 1999).

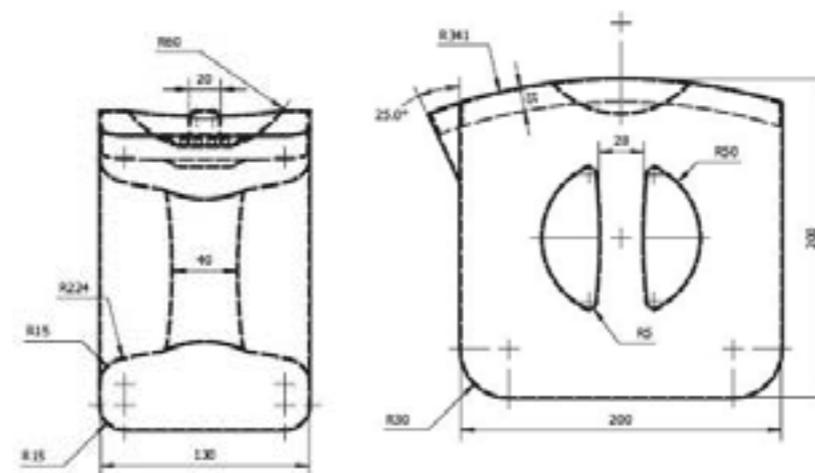


Figura 6. Muestra las dimensiones de la jarra expresadas en milímetros.

## CONCLUSIONES

Al estudiar el uso de una jarra para servir un líquido, se encuentra que tal proceso tiene tres etapas. En un inicio la mano debe forzar a la jarra para lograr verter el líquido, hasta un instante en que el esfuerzo

cesa para cambiar de sentido, pues al final hay que aguantar la jarra para vaciarla con efectividad.

El cambio de sentido del esfuerzo de la mano está dado porque en ese momento el centro de gravedad de la jarra está por debajo del agarre, de manera que no se siente torsión sobre la mano y la fuerza del brazo solo se emplea en sostener la jarra. Esta situación, en forma de problema docente dentro del curso de Física de los Productos, permite consolidar los conceptos de centro de gravedad, par de fuerzas, momento de una fuerza y de un par y fuerzas de reacción o ligadura.

Bajo la inspiración de este problema docente se desarrolló un proyecto de jarra óptima, a fin de que el usuario tenga que hacer un esfuerzo mínimo al verter el agua. La propuesta se basa en un prisma de base cuadrada, una forma parecida a un toroide, con el agarre en el centro del mismo que coincide con su gravedad. Esto garantiza que el centro de gravedad esté siempre debajo de la mano, por lo que el par de fuerzas dado por el peso y la fuerza vertical de agarre se anula, dejando de haber torsión en la muñeca de la mano. El único esfuerzo muscular es para sostener la jarra, mayor o menor de acuerdo a su peso.

## BIBLIOGRAFÍA

Berazaín A. (2000). *Enfoque profesional de la asignatura Física de los Productos para la carrera de Diseño Industrial*. La Habana. Universidad de Ciencias Pedagógicas Enrique José Varona.

Beer F. P y Russell E. (1988). *Mecánica vectorial para ingenieros*. Tomo I. La Habana. Edición Revolucionaria.

Cutnell J. y Johnson K. (1995). *Physics*. New York. John Wiley and sons.

Facón H. M. y Montenegro E. I. (2014). *Los problemas abiertos: una vía para facilitar las tareas integradoras en la enseñanza*. En Atlante. Cuadernos de Educación y Desarrollo.

Giancoli D. (1991). *Physics, principles with applications*. N. Jersey. Prentice Hill.

Gil D. et al. (1996). *La resolución de problemas en Física: de los ejercicios de aplicación al tratamiento de las situaciones problemáticas*. En: *Temas Escogidos de la Didáctica de la Física*. La Habana. Editorial Pueblo y Educación.

Fishbane T. (1993). *Physics for scientist and engineers*. N. Jersey. Prentice Hill.

Halliday D., Resnick R., Walker J. (2014). *Fundamentals of Physics*. 10th ed. New York. John Wiley & Sons.

Lucero I. et al. (2006). *El análisis cualitativo en la resolución de problemas de Física y su influencia en el aprendizaje significativo*, *Investigações em Ensino de Ciências*, V11 (1), pp. 85-96.

Meriam J. L. (1967). *Mecánica*. La Habana. Edición Revolucionaria.

Natali, O. (2012). *Uso de situaciones problemáticas abiertas en las clases prácticas de Física: una innovación*. Actas III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, FHCE. Universidad Nacional de La Plata.

Sifredo C. (1999). *La resolución de problemas en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física*. En: *El proceso enseñanza-aprendizaje de la Física en las condiciones contemporáneas*. La Habana. Editorial Academia.

Smith W. (1999). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de materiales*. Madrid. Mac Graw Hill.

Tippens P. (1993). *Física, conceptos y aplicaciones*. México. Mac Graw Hill.

Wilson J. (1995). *Física con aplicaciones*. México. Editorial Interamericana.

Zebrowski E. (1984). *Física: un enfoque para técnicos*. Editorial Calipso.

---

**RECIBIDO:** 9 de noviembre 2017

**APROBADO:** 20 de diciembre 2017