



La Concepción Galileana Del Equilibrio Mecánico: Diálogos Con La Filosofía Natural Medieval

Magali Bravo Villamil

Universidad Federal de ABC

Brasil

msg19@hotmail.com

RESUMEN

En esta propuesta se caracterizan algunos de los ejes fundamentales que orientan la organización teórica presentada por Galileo sobre el equilibrio mecánico, en el transcurso de esto, se evidencian relaciones puntuales con los ejes que organizaron las teorías propuestas por filósofos medievales, en particular con la corriente aristotélica, relaciones que permiten consolidar la hipótesis de la influencia de la filosofía medieval en los enunciados teóricos de Galileo; en ese mismo proceso se identifican teorías, que si bien, algunas pretenden mantener el rol aristotélico del peso y la geometría, otros, como Galileo, transportan estas a la construcción de nuevas organizaciones que buscaban ampliar el campo de actuación del comportamiento de la palanca al campo de las máquinas. La finalidad de contemplar otras teorías y no solo enfocarse en el análisis de Galileo, en cuanto al equilibrio y la palanca, permite identificar concepciones divergentes así como algunas convergentes que se mantienen en el siglo XVII, ejemplo de esto serán magnitudes como peso, línea, entre otros, que toman significados diversos reflejados en la presentación del fenómeno estático de la palanca propuesto por Galileo y por el Aristotelismo. Es por esto, que el desarrollo teórico de Galileo no se concibe como indiferente de las organizaciones medievales.

ABSTRACT

In this proposal are characterized some of the fundamental points that guide the theoretical organization by Galileo about the mechanical equilibrium, in the course of this, are found specific relations with the axes organized the theories proposed by medieval philosophers, particularly with the current Aristotle, which contribute to strengthening the hypothesis of the influence of medieval philosophy in theoretical statements of Galileo; in this way, theories are identified, that while some of them seek to maintain the Aristotelian role of weight and geometry, others, like Galileo, transported it to construct new organizations seeking to broaden the scope of action of the behavior of the lever to machine field. The purpose of contemplating other theories not only focus on the analysis of Galileo, in particular about the balance and lever, enable to identify convergent points of view divergent views maintained in the seventeenth century, example of this will be magnitudes as weight line between others, which taking different meanings reflected in the presentation of the static lever phenomena proposed by Galileo and Aristotelian current. From this, that the scientific development of Galileo was not indifferent to medieval organizations.



Palabras claves: Galileo, Aristotelismo, palanca, peso, geometría: Galileu, Aristotelismo, alavanca, peso, geometria: Galileo, Aristotle, lever, weight, geometry.

INTRODUCCION

En el estudio de la mecánica, en especial en el campo del equilibrio mecánico el comportamiento de la palanca y otros sistemas mecánicos, son presentados desde la perspectiva del esquema de la descomposición de fuerzas caracterizado como Newtoniano, sin embargo, las representaciones utilizadas en los libros de texto hacen poco énfasis en la importancia o papel que desempeña la materialidad de los cuerpos, es así, como la masa del cuerpo viene a ser reducida a un número necesario para hallar el peso de un cuerpo perteneciente al sistema, proceder que no evidencia la actuación física del cuerpo en el sistema

De este común discurso de los libro de texto, surgen inconvenientes al momento de plantear el peso como una magnitud vectorial, pues, si la masa es asumida como un numero multiplicado por el valor de la gravedad que termina siendo otro numero ¿Cuál es el carácter espacial del peso? Esto quiere decir que se evidencia la ausencia de la perspectiva geométrica que deslumbró el carácter vectorial del peso.

El dialogo entre cada uno de estos aspectos, la materialidad y el espacio, fueron relevantes, en diferente forma y grado, así para el aristotelismo como para la postura Galileana fueron importantes en el proceso de entender el comportamiento inusual de la palanca; para la postura Aristotélica la materialidad de los cuerpos termina constituyéndose como la causa principal o la fuerza organizadora junto con la geometría circular para la explicación de dicho sistema mecánico, para Galileo la materialidad de los cuerpos sería el eje principal u organizador, éste en conjunto con la disposición espacial de los cuerpos le permitió comprender y extender el comportamiento de la palanca a otros sistemas mecánicos.

Si bien, existen divergencias y convergencias entre las posturas dichas, consecuencia de los diversos contextos en la cual se desarrolla cada una de ellas, las convergencias evidencian acuerdos entre la escuela aristotélica y Galileo, dando a entender uno de los diversos vínculos entres estos periodos

Así, se comenzará mostrando inicialmente la postura aristotélica para dar cuenta de la importancia de la materialidad y la geometría en especial la geometría circular, una vez mostrados estos aspectos se evidencia la relación si bien no total con la organización Galileana, esto muestra que la edad media desarrolló importantes y significativos estudios, que si bien galileo discute algunos de ellos, también se evidencia un nivel de concordancia en cuanto al uso de la geometría y su relación con la materialidad de los cuerpos.



LA GEOMETRIA CIRCULAR Y LA PALANCA EN LA FILOSOFIA ARISTOTELICA

A continuación se presentará una de las experiencias planteadas en los “*problemas mecánicos*”, libro elaborado por la escuela peripatética posterior a Aristóteles, que está constituido por una colección de 35 problemas, sobre máquinas y cuerpos en movimiento (Vaccaro, 2008) estos, son presentados por Winter, de los cuales se tratara el problema número 3, juntamente con otros referenciales que han discutido esta cuestión.

El sistema de la palanca presenta un comportamiento algo inusual, esto, se fundamenta en el hecho de que el sentido común orienta a la necesidad de tener una fuerza mayor que un determinado cuerpo cuando el objetivo es trasladarlo o tan solo levantarlo, sin embargo, la palanca evidencia lo contrario, con un cuerpo menor al que se quiere mover es posible trasladarlo o levantarlo. En el proceso de entender esta contradicción, el aristotelismo establece una serie de relaciones entre diversas cinemáticas y geométricas.



Figura 1: La palanca

Para la filosofía aristotélica, un movimiento violento existe por la intervención de un agente que lo haya alterado de su estado natural o de reposo, (Crombie, 1974) pensando esto en el caso de la palanca, en la cual se encuentran dos cuerpos uno mayor que el otro en sus extremos, según la figura 1, sería razonable pensar que el cuerpo más masivo es el agente que causa el movimiento del otro cuerpo, por ser este de mayor masa obligando al menor al ascenso, así, asumiéndole la propiedad de actuar en mayor grado y por eso se definiría como la causa del movimiento de A, sin embargo esta postura es contraria para el caso del comportamiento de la palanca, puesto que el comportamiento de ésta muestra que un cuerpo de menor masa mueve uno de mayor masa, aspecto que de manera general envuelve el centro de estudio de la filosofía aristotélica en el campo del equilibrio mecánico.

En el intento de entender las razones que justifiquen por qué los criterios: de que se necesita una fuerza mayor que el cuerpo a mover para trasladarlo, o que la mayor velocidad la manifiesta el cuerpo menos masivo y no uno más masivo, lleva a plantear preguntas como: ¿Por qué un cuerpo pequeño, tiene al parecer, una mayor capacidad para levantar un peso mayor? ¿Por qué la relación directa entre pesos y velocidades no es la misma en la palanca?

Para dar solución a estos cuestionamiento, el aristotelismo muestra que el diálogos entre la importancia de las distancias de cada uno de los cuerpos respecto al fulcro o punto de apoyo con la geometría circular son factores claves para entender tal comportamiento (Duhem et al., 1991).



En la figura 2, se muestra una palanca AB dividida por el fulcro, o punto de apoyo E, en dos partes desiguales, en cada uno de los extremos se encuentran dos cuerpos de diferentes pesos uno mayor que el otro, P mayor que f.

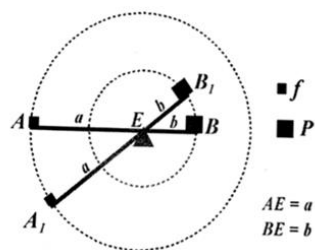


Figura 2: La palanca y la geometría circular

El peso “moviente”, es decir, la pequeña fuerza f... apoyando en el extremo A más alejado del fulcro E El peso movido por la fuerza f, apoyado en el extremo B más cercano al fulcro” (Vaccaro, 2008)

Según Vaccaro, se puede decir entonces que contrario a lo que plantea la experiencia, la capacidad del cuerpo f , es considerada como la causa del movimiento del cuerpo P , sin embargo, esto permite abordar otras preguntas que orientan los criterios Aristotélicos, se la velocidad de un cuerpo dependía de su masa o estaba en relación directa ¿Por qué el cuerpo mayor, P , ubicado en B, tiene una velocidad menor que aquel ubicado en A, f ? ¿Por qué un cuerpo pequeño es considerado la causa del movimiento de un peso mayor que él?

Everything about the balance is resolved in the circle; everything about the lever is resolved in the balance, and practically everything about mechanical movement is resolved in the lever” (Winter, 2007)

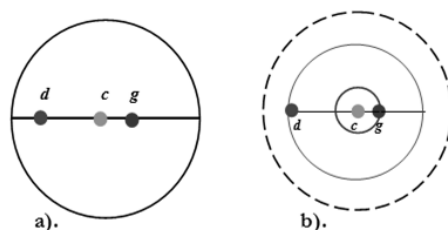


Figura 3: a). Puntos sobre el diámetro b) Circunferencias descritas por esos puntos

La figura 3, muestra un círculo sobre cuyo diámetro se encuentran dos puntos d y g , a diferentes distancias del centro c , estando d más distante que g , si los puntos d y g , se mueven y describen dos circunferencias diferentes manteniendo a c como centro, como se muestra en la figura 3b, de aquí, se evidencia que un punto más lejano del centro describe una circunferencia mayor que la que describe el punto más cercano en un mismo tiempo. (Winter, 2007)



Esto da a inferir que algún tipo de relación entre la velocidad y el cuerpo, que influye de alguna manera en el aumento de grado de la capacidad del cuerpo menor, f , para elevar un cuerpo mayor que él, P .

De aquí, y retomando la experiencia de la palanca se puede ver cómo una vez el cuerpo ubicado en A, más lejano del fulcro (el punto d), tiene la capacidad de un mayor movimiento que B (el punto g), describiendo un arco mayor que el descrito por B (el punto d describe una circunferencia mayor que el punto g) lo cual justifica el comportamiento particular de f .

*“The starting point of all dynamical thought in the Middle Ages was the Aristotelian principle that moved thing are always **moved** by a **mover**”* (Lindberg, 1992)

Además de la particularidad del cuerpo A tanto en su comportamiento cinemático, por tener una mayor velocidad, como en su papel como causa eficiente del movimiento de B, es decir, el agente o causante del cambio del cuerpo movido, demuestra como pesos desiguales ubicados a distancias desiguales, siempre que dichas distancias estén en proporción inversa de aquella que tienen los pesos, es posible mantener la palanca en equilibrio similar a cuando pesos iguales a distancias iguales.

For example, weight, the most important kind of ‘force’ in ancient times (Capecchi, 2012)

Por último, de esta argumentación como afirma Capecchi, la noción de peso parece ser sinónimo de fuerza, o al menos difícil de diferenciar, estableciéndose como la principal fuerza para la explicación de este fenómeno.

GALILEO: LA MATERIALIDAD Y LA GEOMETRIA

En la propuesta de Galileo se evidencian divergencias con la ya anteriormente presentada, sin embargo, en esta parte se presentaran algunas semejanzas concretas con la perspectiva aristotélica respecto al uso de la geometría circular como a la explicación cinemática de la palanca

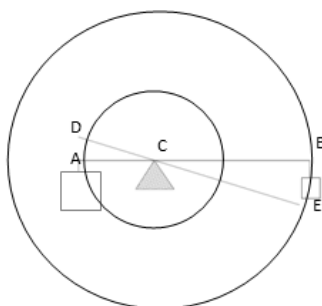


Figura 4: La palanca Galileana



Al considerar la palanca AB, figura 4, dividida en partes desiguales respecto al punto C, y dos pesos uno mayor que el otro en la misma proporción que las distancias BC,CA, alternadamente suspendidos de los puntos A, B, o sea que $A > B$, se tiene que al aumentar en lo más mínimo el peso del cuerpo B, A ascenderá a D y B descenderá a E, de esto, Galileo plantea que el espacio BE es mayor que DA, por lo tanto, la velocidad del cuerpo B descendente es mayor que A, el cuerpo ascendente. (Galilei, 2008)

Con esto Galileo establece la relación entre peso y velocidad similar a la planteada por los Aristotélicos:

..., a velocidade do movimento do grave B vem a ser tanto superior à velocidade do outro móvel A, ascendente, quanto à gravidade deste excede a gravidade daquele; e tampouco se pode levantar o peso A até D, a não ser lentamente, se o outro grave B não se move para E velozmente, nem será maravilhoso nem alheio à constituição natural, que a velocidade do movimento do grave B compense a maior resistência do peso A. (Galilei, 2008)

Galileo muestra como la idea de mayor velocidad en esta descripción está siendo entendida como el cuerpo que recorre una mayor distancia en un mismo tiempo, aspecto que puede ser reflejado por las circunferencias semejantes y los arcos que describe cada uno de los cuerpos en los extremos. Siendo c el centro común, figura 4.

Por otro lado, para Galileo la materialidad del cuerpo será también relevante al momento de dar cuenta de sus argumentos sobre el comportamiento de la palanca, sin embargo, para Galileo la masa difiere de ser la organizadora del equilibrio, en lugar de eso presenta su postura de momento y gravedad la cual expone esta distinción:

Chamemos, portanto, gravidade àquela propensão de mover-se naturalmente para abaixo, a qual se encontra causada, nos corpos sólidos, pela maior ou menor quantidade de matéria, da qual são constituídos. Momento é a propensão de ir para baixo, causado não tanto pela gravidade do móvel, quanto pela disposição que possuem entre si os diferentes corpos graves (Galilei, 2008)

Galileo muestra los aspectos importantes en los cuales la materialidad o la tendencia definida de los cuerpos graves es la causa no solo del movimiento particular descendente de todos los cuerpos graves, además, junto con la configuración espacial o disposición en la cual se encuentre el cuerpo en el sistema respecto a un punto de apoyo o centro del sistema, es posible comprender bajo su perspectiva el comportamiento de la palanca

Al respecto Galileo ejemplifica

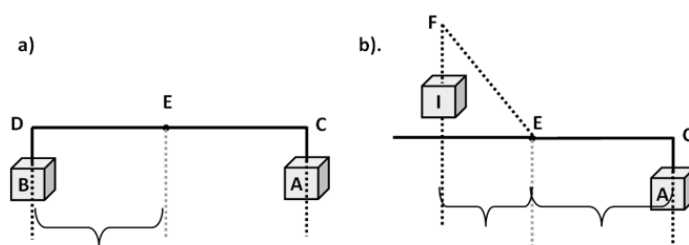


Figura 5: Momento de los cuerpos

En la figura 5 se muestran dos cuerpos, B y A, que conforman el sistema cuyo centro de gravedad E, es el centro de la línea horizontal que une los centros de los referidos cuerpos, siendo B y A dos pesos iguales suspendidos a distancias iguales, estas distancias son definidas como equidistantes teniendo como referencia la línea de acción vertical de cada cuerpo en relación con la línea de acción del centro del sistema E, si las líneas de acción de los pesos A y B son equidistantes a la línea de acción del centro E, sus pesos, acciones o momentos serán iguales, por lo cual la balanza estará en equilibrio. Caso contrario ocurriría si la línea ED fuese elevada junto con el cuerpo tomando la posición EF, figura 5b, la línea de acción vertical perpendicular del cuerpo I respecto a la línea que une los centros, estará a una distancia menor que CE, por lo cual los momentos de los pesos no serán los mismos, alterando el sistema y generando un desequilibrio. (Galilei, 2008)

Esta representación tomada de la traducción de *As mecánicas* de Galileo, muestra cuán significativa es la relación entre el peso del cuerpo y su configuración espacial dentro del sistema, a causa de esto, Galileo afirma que cuando la distancia DE se traslada a EF, el peso B no equilibraría el peso A, por ende, en la representación gráfica utilizada por él, reproducida en la figura 5b, el cuerpo sostenido por EF tiene otra denominación diferente de B llamado ahora I, que sería un peso cuyo momento es diferente del inicial, es decir, el momento inicial de B en EF (Galilei, 2008)

CONCLUSIONES

- La relación entre la geometría y el comportamiento de la palanca, desde la perspectiva aristotélica, es uno de los aspectos que es considerado por Galileo, si bien la perspectiva de peso en cada una de estas filosofías es diferente, los dos están llevando la geometría circular a la explicación del comportamiento físico de cuerpos materiales.
- Si bien, en el aristotelismo no existía una diferencia notoria entre masa y peso, el hecho de considerar la materialidad de los cuerpos como la principal fuerza organizadora de tal fenómeno, dialoga con la postura de Galileo, a pesar de las discrepancias que Galileo plantea sobre las tendencias de los cuerpos según el aristotelismo, reconoce también la importancia sobre la materialidad de los cuerpos en relación con las configuración espacial de estos en un sistema mecánico.



- Al revisar otras posturas particulares medievales que abordaron el equilibrio mecánico, se evidencia el dialogo de éstos con la propuesta de Galileo, aquí solo se evidenciaron algunas relaciones con la postura Aristotélica. Sin embargo, propuestas como la de Jordanus de Nemore filosofo del siglo XII, también presentan vínculos. Razón por lo que se asume la edad media como un periodo con una dinámica relevante que ayuda al momento de comprender teorías propuestas en el periodo renacentista.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CAPECCHI, D. 2012. Historical roots of the rule of composition of forces. *Meccanica*, 47, 1887-1901.
- CROMBIE, A. 1974. *Historia de la Ciencia: De San Agustín a Galileo. Siglos XIII-XVII. Vol 2.* Trad. J. Bernia. Madrid: Alianza Editorial.
- DUHEM, P., LENEAX, G. F., VAGLIENTE, V. N., WAGENER, G. H. & JAKI, S. L. 1991. *The origins of statics*, Kluwer Academic.
- GALILEI, G. 2008. *As mecânicas de Galileu: as máquinas simples ea perspectiva técnica moderna.* traduccion Pablo Rubén Mariconda. *Scientiae studia*, 6, 4, 607-638
- LINDBERG, D. C. 1992. *The beginnings of western science: The European scientific tradition in philosophical, religious, and institutional context, 600 BC to AD 1450*, University of Chicago Press Chicago.
- VACCARO, D. S. 2008. *La tensión entre estática y dinámica desde la Antigüedad hasta el Renacimiento.* *Scientiae Studia*, 6, 509-550.
- WINTER, T. N. 2007. *The Mechanical Problems in the Corpus of Aristotle.* Faculty Publications, Classics and Religious Studies Department, 68.