

**PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA DEL EQUILIBRIO ESTÁTICO:
UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA EL AULA**

**JOSÉ MANUEL BERRÍO
JORGE ELIÉCER GARCIA URIBE
JHON JAIRO MIRA MURIEL**

**Monografía para optar el título de
especialización en educación en ciencias
experimentales**

**Asesora
Luz Dary Rodríguez.
Profesora Facultad de educación**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
MEDELLÍN
2002**

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

MEDELLÍN **14** **11** **2002**
Ciudad día mes año

***A nuestras esposas, hijos e hijas que
comprendieron nuestra ausencia,
mientras estudiamos, dándonos animo
en los momentos de dificultades.***

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestros agradecimientos a:

La señora asesora Luz Dary Rodríguez por su paciente labor en las recomendaciones para el desarrollo de este trabajo.

Al señor Ángel Romero por sus valiosos aportes durante la especialización.

A las instituciones educativas Centro Formativo de Antioquia C. E. F. A, Liceo Gilberto Alzate Avendaño e Instituto Yermo Y Parres. por concedernos los espacios para nuestra formación académica, lo cual contribuye al mejoramiento de la calidad de la educación en nuestras instituciones.

CONTENIDO

	PÁGINA.
LISTA DE FIGURAS	i
RESUMEN	iii
INTRODUCCIÓN.	1
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS.	
4.	
CAPITULO I: REFLEXIÓN CRÍTICA ACERCA DEL EQUILIBRIO ESTÁTICO.	5
1.1 FRENTE A LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO	6
1.2 Frente a la discretización de un sistema Mecánico	7
1.3 Frente a la interpretación y cuantificación del torque	9
1.4 El torque como condición para el equilibrio estático	10
CAPITULO II: VISIÓN FENOMENOLÓGICA DEL EQUILIBRIO ESTÁTICO	14
2.1 Visión de sistema	17
2.2 Estado de un sistema	20
2.3 Medición de las acciones	21
2.3.1 Referentes teóricos	21
2.3.2 Propiedad	24
2.3.3 Magnitudes	28
2.3.4 La magnitud como un cardinal	29
2.4 Las acciones como una propiedad	32
2.5 Análisis de las relaciones de orden entre las acciones	36
2.6 El conjunto de acciones como una estructura aditiva	42

2.7 Relación de equivalencia: configuraciones de un sistema	47
CAPITULO III: TALLERES DIDÁCTICOS.	54
3.1 Taller 1: Fenomenología	54
3.1.1. Justificación: taller 1 (Fenomenología)	56
3.2.Taller 2: Propiedades	57
3.2.1. Justificación: taller 2 (Propiedades)	58
3.3. Taller 3: Relación de orden de una propiedad.	59
3.3.1.Justificación: taller 3 (Relación de orden de una propiedad)	61
3.4. Taller 4A: Cuantificación	62
3.4.1 Justificación: taller 4 A (Cuantificación)	63
3.5. Taller 4B: Cuantificación - Relaciones de proporcionalidad entre las variables peso y distancia.	64
3.5.1. Justificación: taller 4B(Cuantificación - Relaciones de proporcionalidad entre las variables peso y distancia.)	67
CONCLUSIONES.	69
BIBLIOGRAFÍA	73

LISTA DE FIGURAS

Figura .		Página
1	Diagrama de fuerzas en una situación de equilibrio	7
2	Diagrama de cuerpo libre para los cuerpos M_1 y M_2	8
3.	Representación de la línea de acción de una fuerza y el brazo de palanca	9
4.	Situación de equilibrio en una barra homogénea	12
5.	Las acciones son una propiedad	34
6	s acciones de los cuerpos están en relación con las distancias al eje de simetría	35
3	Referente fenomenológico para situaciones de Desequilibrio	35
8	Las acciones de los cuerpos están en relación con el peso y la distancia.	36
9	Dos cuerpos de igual peso situados a igual distancia del eje de simetría de la barra.	37
10	La acción del cuerpo a, es igual a la acción del cuerpo b.	38
11	Distribución homogénea de 9 pesos	38
12	La barra se desequilibra al extraer un cuerpo alterando la distribución homogénea.	39
13	La acción del cuerpo a, es mayor que la acción del cuerpo	39
14	Ordenación de las distancias de nueve cuerpos respecto al eje de simetría de la barra	40
15	Proceso mediante el cual se verifica que las acciones guardan cierta relación de orden respecto al eje de simetría	41

Figura		Página.
16	Acciones ordenadas respecto al eje de simetría	41
17	Acciones iguales respecto al eje de simetría. Las acciones combinadas de los cuerpos a y b son equivalentes a la acción del cuerpo c.	43
18	La acción combinada de a y b es igual a la acción combinada de c y d	44
19	Configuración sistema 2	45
20	Igualdad de acciones combinadas	45
21	Propiedad asociativa entre las acciones	46
22	Propiedad asociativa entre las acciones	46
23	Cumplimiento de la asociatividad de las acciones	47
24	Sistemas equivalentes	48
25	Estado de equilibrio por combinación de acciones equivalentes	49
26	Pesos iguales a distancias iguales generan acciones iguales	50
27	desequilibrio entre cuerpos de igual peso a distancias diferentes	50
28	Igualdad de acciones	51
29	Cuatro pesos equilibrados por un peso a cuatro unidades de distancia	52
30	Relaciones de orden entre las acciones de los cuerpos con respecto a las distancias	52
31	Acciones equivalentes a distancias diferentes	53

RESUMEN

En el presente trabajo se exponen algunos aspectos relacionados con el estudio del equilibrio estático, haciéndose un análisis crítico de la forma como este concepto se presenta en algunos textos de enseñanza de la física; de igual forma, se expone una perspectiva fenomenológica desde la cual consideramos el concepto del equilibrio estático es pertinente estudiarlo. Esta propuesta, esta enfocada hacia el proceso de aprendizaje y la enseñanza de la *acción* (o torque), a través del proceso de cuantificación de ésta, haciendo significativo el acto de medir una magnitud que da cuenta del estado de equilibrio estático de un sistema. Con esta intención, se han planeado algunas actividades-taller que propicien una construcción del concepto de torque a partir de la cuantificación del mismo como propiedad del estado de equilibrio de una palanca.

INTRODUCCIÓN

Conscientes del interés por la construcción de una didáctica para la enseñanza de las ciencias y en especial para tratar los contenidos de la física, nos es de capital importancia desarrollar una propuesta acorde con los principios que rigen la formación de conceptos y conocimientos científicos, para lo cual es necesario reflexionar acerca de la construcción y comprensión de los conceptos físicos, ya que de esta manera es posible acercarse a la construcción y constitución del conocimiento científico, al igual que con el desarrollo de teorías que permiten conocer el mundo y la naturaleza de las cosas. En este sentido, es posible pensar en la física como una actividad humana que ha estado y está en proceso de construcción, motivo por el cual debe re-pensarse esta actividad en los procesos de construcción de los conceptos físicos.

La enseñanza de la mecánica y en particular la enseñanza del equilibrio estático, esta fundamentado en las leyes de Newton, las cuales son traducidas al lenguaje matemático mediante formulaciones que convierten toda situación en problemas de tipo numérico, como en el caso de las situaciones de equilibrio estático, donde la sumatoria de fuerzas y sumatoria de torques son las condiciones para su tratamiento, condiciones respecto a las cuales se generan dificultades, estas son presentadas en el capítulo I mediante una reflexión crítica frente a la forma como ha sido presentado y enseñado este tópico de la mecánica. Es por esto que en el capítulo II se propone una alternativa para la construcción del concepto de “**acción**” (torque) desde una perspectiva fenomenológica, pues los métodos de enseñanza y aprendizaje deben ser construidos como el resultado de un análisis histórico-epistémico de un problema en particular. En este sentido, es pertinente

plantear una construcción didáctica de la física, alternativa que se inscribe en una visión fenomenológica para el estudio de la física.

Con base en lo anterior, en el capítulo III desarrollamos una serie de talleres didácticos que tienen el propósito de identificar la fenomenología de algunas situaciones de equilibrio en una palanca, donde se pretende de manera implícita identificar de forma sensorial y perceptiva los términos asociados al concepto de equilibrio, lo cual se hace por medio de la observación de cualidades y propiedades que identifican el estado de los sistemas, propiedades que pueden ser ordenadas. Esto exige la utilización de unidades de medida que nos permiten desarrollar la idea de magnitud. Así, entre las propiedades cuantificables, peso y distancia, se establecen relaciones de proporcionalidad que conllevan a la generalización del concepto de “*acción*” o torque (momento de fuerza).

De esta manera, se sugiere la necesidad que el alumno, mediante un proceso de *abstracción* permanente, explore y construya relaciones entre las variables implicadas en las situaciones de equilibrio, de tal manera que sea él quien elabore el concepto de ***acción*** (torque).

Una perspectiva fenomenológica del equilibrio estático en la palanca, es una propuesta que está fundamentada en primer lugar en la intención de que sea el sujeto que conoce quien construya el concepto, pues el fenómeno es un conjunto de relaciones que el sujeto establece a partir de su forma de ver el mundo, planteamiento que subyace a una forma de ver por sistemas, donde el fenómeno es estudiado desde las relaciones que se establecen entre las variables de un sistema, por medio de las cuales se identifican las propiedades que caracterizan los estados del sistema. En segundo lugar, la construcción del concepto implica entre otros aspectos, establecer relaciones entre las variables que permitan,

Perspectiva Fenomenológica del Equilibrio Estático

consecuentemente, cuantificar las propiedades que definen un estado de equilibrio mecánico, en particular en la palanca.

JUSTIFICACIÓN

la búsqueda de nuevas y mejores alternativas para la enseñanza y aprendizaje de la física, implica una reflexión crítica de la forma como usualmente se presentan los diferentes tópicos sobre los cuales gira el proceso de formación en ciencias físicas. producto de esta reflexión surge la propuesta: *perspectiva fenomenológica del equilibrio estático en la palanca*, desde la cual se presenta una manera de construir y cuantificar el torque a partir de la identificación de éste como una variable posible de ser medida.

la *perspectiva fenomenológica del equilibrio estático en la palanca*, se desarrolla a través de un proceso en el que el sujeto es el quien construye el fenómeno, mediante la identificación y constitución de las relaciones entre las propiedades que caracterizan el sistema en estado de equilibrio estático.

OBJETIVOS

GENERAL:

Presentar una propuesta alternativa tendiente al mejoramiento de los procesos enseñanza aprendizaje de los conceptos físicos y en particular el concepto de **acción** (torque) para el estudio del equilibrio estático.

ESPECÍFICOS:

- 3 Identificar las dificultades generadas por el planteamiento de las llamadas condiciones de equilibrio para tratar todas las situaciones de equilibrio estático.
- 4 Analizar las situaciones del equilibrio estático en una palanca, desde una perspectiva fenomenológica.
- 5 Diseñar estrategias didácticas para identificar la **acción** como una variable posible de ser cuantificada que permita identificar el estado de equilibrio estático en una palanca.

CAPITULO I

REFLEXIÓN CRITICA ACERCA DEL EQUILIBRIO ESTÁTICO

La enseñanza de la física en nuestras escuelas se realiza a través del modelo mecanicista inspirado en la teoría newtoniana, donde usualmente se parte de la idea de una “realidad” perfectamente establecida y terminada, como se evidencia en la enseñanza del equilibrio mecánico, en el cual se parte del planteamiento de las condiciones : Sumatoria de fuerzas igual cero y Sumatoria de torques igual cero, condiciones que son vistas como las responsables de dar cuenta porque un cuerpo se encuentra en dicho estado. En este sentido la restricción será la anulación de las fuerzas que intervienen en toda situación de equilibrio estático, para lo cual se establece en los textos de física, que toda situación de equilibrio mecánico debe satisfacer estos dos requisitos.

Estas condiciones, son presentadas y abordadas para la enseñanza del equilibrio estático de una manera arbitraria, dado que se parte de ellas sin que se le permita al sujeto hacer construcciones desde su realidad y desde las relaciones que en la situación se pueden establecer, generando en él, dificultades relacionadas con la construcción y comprensión de los conceptos, pues no le es permitido construir a partir de sus propias imágenes, dado que mediante estas condiciones sólo le es posible verificar la validez del estado de un sistema a través del hallazgo de un valor numérico sin considerar para nada las propiedades del sistema, ni las

relaciones que puedan establecerse entre sus partes. Estas entre otras problemáticas, serán caracterizadas a continuación.

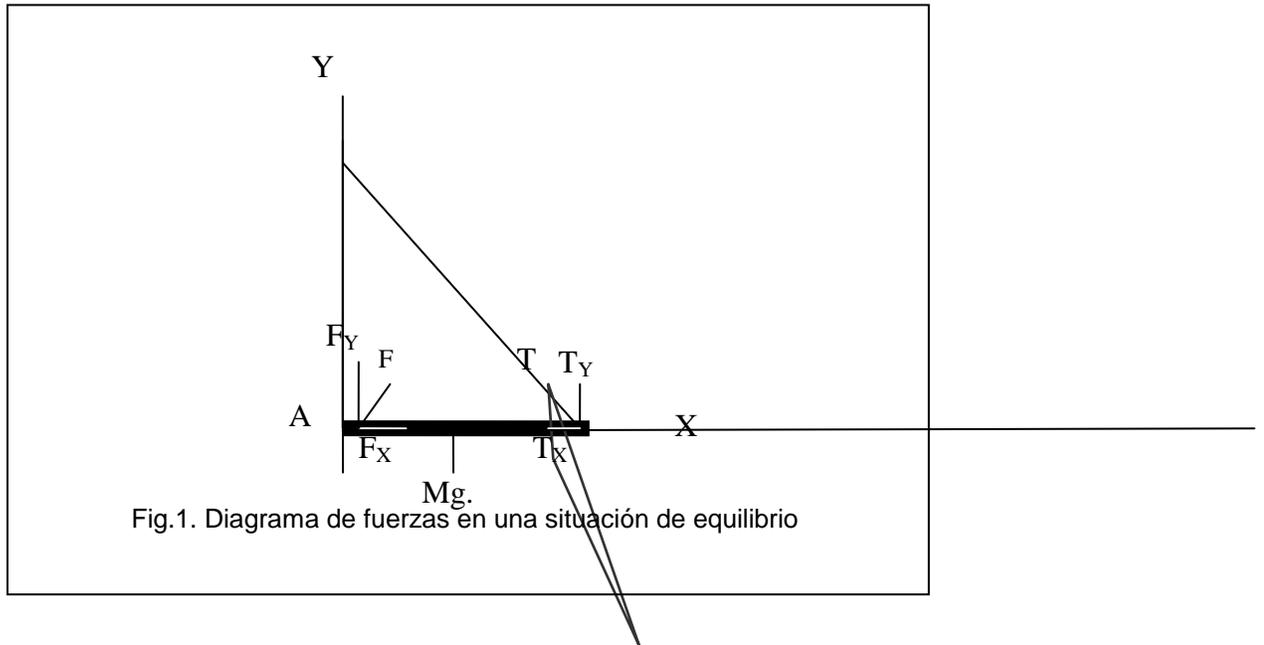
1.1 FRENTE A LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO.

Las ecuaciones $\sum \vec{f} = 0$ y $\sum \vec{\tau} = 0$ son las condiciones para el tratamiento de una situación de equilibrio, las cuales se plantean como requerimiento fundamental para estudiar el estado de equilibrio estático de un sistema sin describirse el fenómeno.

Cuando se anuncia el hecho de que un cuerpo está en equilibrio estático se postula que deben satisfacerse estas condiciones, las cuales son necesarias para formular cualquier situación para un sistema mecánico en equilibrio estático. Esta es la base sobre la cual se monta el modelo, lo cual implica que el concepto de equilibrio debe ajustarse a él. En este sentido, las condiciones matemáticas (sumatoria de fuerzas y sumatoria de torques igual a cero) son las que preceden a las situaciones de equilibrio estático y no las situaciones de equilibrio las que generan las relaciones que permiten describir el estado de equilibrio.

Así por ejemplo, dada la situación planteada en la figura 1, en la que una viga homogénea de peso Mg . y de longitud L , que puede girar en el punto A , es sostenida por un cable formando un ángulo con la horizontal (Valero, 1996: 124); de acuerdo con la forma tradicional, solucionar ésta situación de equilibrio desde este enfoque, se reduce a verificar matemáticamente el cumplimiento de las ecuaciones preestablecidas.

$$\sum \vec{f} = 0 \text{ y } \sum \vec{\tau} = 0$$



En el tratamiento que usualmente se da a éste tipo de situaciones, mediante este modelo, se parte de unas condiciones de orden matemático, en las cuales no se permite analizar el fenómeno, pues el estudio se reduce a la descomposición vectorial de las fuerzas y su posterior suma, por medio ya sea, de métodos geométricos o de métodos analíticos, en los que el fin no es la descripción de la situación, sino que todo el tratamiento se reduce a la búsqueda de los valores numéricos que satisfagan las ecuaciones mencionadas. De esta manera, después de sumar las fuerzas en forma de sus componentes, se suman las torques para así reducir el número de términos tanto como sea posible y encontrar los valores numéricos para las magnitudes desconocidas (fuerzas y /o distancias).

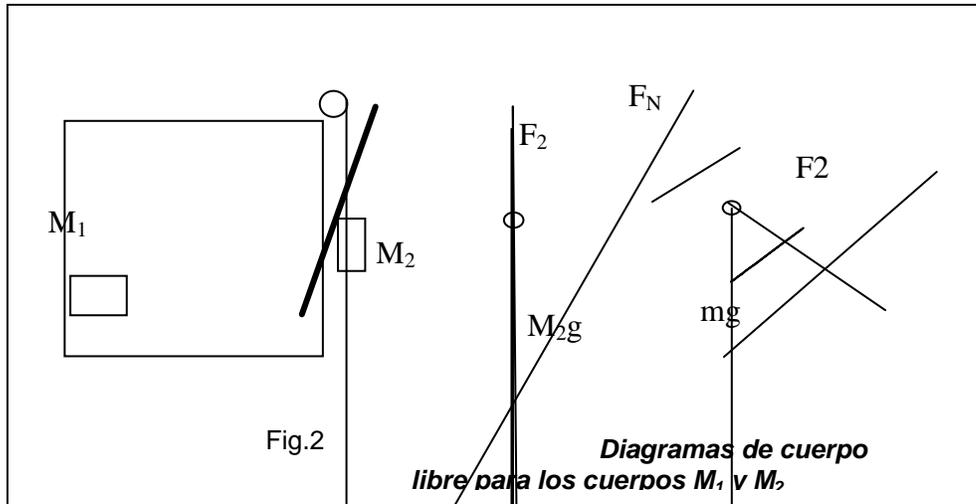
3.5 FRENTE A LA DISCRETIZACION DE UN SISTEMA MECÁNICO.

- 3 En todas las situaciones de equilibrio estático cada cuerpo se toma por separado y no se asume la situación como un todo.

Al examinar los contenidos temáticos de los textos de física, se encuentra que se hace alusión al término *interacción*, el cual involucra la consideración de “sistema” para el tratamiento de las situaciones dinámicas donde se evidencian cambios, puesto que éstos son evidencia de *interacción*. Pero al enfrentar contextos como los de equilibrio estático, no se evidencia la aplicación de dicho concepto, pues al solucionar un problema, (entendiendo solución como la búsqueda de un valor numérico) se discretiza el “sistema” para resolver matemáticamente cada subsistema en forma aislada, sin dejarse ver cómo o de dónde surgen las fuerzas como resultado de una *interacción*, ya que toda situación se resuelve empleando ecuaciones aplicadas al estado de cada cuerpo por separado sin establecerse mas relación clara que la de igualdad entre las ecuaciones que se deducen.

Como resultado de la aplicación de este método de solución, cabe preguntar: ¿Será físicamente igual tratar la situación por partes, que tratarla como un todo? o ¿Será que las propiedades de las partes son iguales que las propiedades del todo en una situación de equilibrio?.

El tratamiento por partes que se hace del conjunto de cuerpos, se evidencia en los diagramas de fuerza que se utilizan para explicar las situaciones de equilibrio, tal como se ilustra a través de la figura 2:



En los diagramas de fuerza se muestra cómo el conjunto se discretiza para hacer una distribución de fuerzas, las cuales al contrarrestarse o anularse equilibran el conjunto, tal como se demuestra por el método algebraico utilizado para las soluciones de las ecuaciones que se deducen de cada diagrama.

1.3 FRENTE A LA INTERPRETACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DEL TORQUE

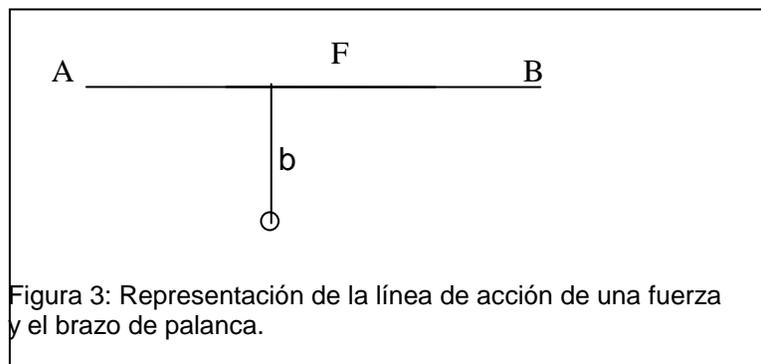
Para el tratamiento de situaciones de equilibrio, usualmente se parte de la presentación de una idea de “torque de una fuerza”, sobre lo cual se dice que:

“ Es el producto de la intensidad de la fuerza por la distancia del punto a la directriz de la fuerza.

Así, en la figura 5, si F es la fuerza, O el punto (llamado centro de torque) y b la distancia del punto a la línea de acción de la fuerza y que se llama brazo, el torque de F respecto al punto O vendrá expresado por:

$$M = F b \quad \text{————} \quad \text{Torque} = \text{fuerza} \times \text{brazo}$$

La unidad SI de torque es el N m, que es el torque de una fuerza de un newton cuyo brazo es un metro.”¹



Con esta definición, es como se inicia supuestamente el proceso de “construcción” del concepto de torque, como el efecto de una fuerza con relación a un punto, tratándose de mostrar que el torque es el efecto de giro que resulta de una causa, la fuerza y el brazo de acción de esta al eje de rotación o de giro del cuerpo sobre el cual actúa la fuerza, pues la sintaxis de la expresión: torque igual a fuerza por brazo, así lo afirma y es a partir esta expresión desde donde se buscan evidencias para interpretar el efecto de la fuerza en relación con el brazo de palanca, el cual se presenta, como “una magnitud que mide el efecto rotativo

¹ Alonso R. Marcelo, Acosta M. Virgilio. Introducción a la física, tomo I. Editorial Cultural Ltda. Bogotá – Colombia, 1986. Pág., 76

sobre el cuerpo alrededor de un punto”². De ésta manera se postula que el torque, esto es, “el giro” o bien la tendencia a él, es una magnitud, y por ello, tiene que ser cuantificada, pero ¿cuáles son los criterios empleados para considerar este efecto rotativo como una magnitud física y por ende para poderla cuantificar?

Por esto, la constitución del concepto de torque como magnitud es arbitrario, pues éste no se mide como una propiedad relacional derivada de los efectos, es decir, un torque debe medirse con un torque como patrón de medida y no como el resultado que se obtiene a partir de una ecuación “ $M = F b$ ”.

1.4 EL TORQUE COMO CONDICIÓN PARA EL EQUILIBRIO ESTÁTICO.

El equilibrio estático por rotación se caracteriza por satisfacer la expresión matemática:

$$\sum \vec{\tau}_0 = 0$$

La cual se define en los textos como:

“ si un objeto debe permanecer en equilibrio de rotación, la suma vectorial de los momentos de torsión que actúan sobre este debe ser igual a cero”³

“la suma de los torques de todas las fuerzas con relación a cualquier punto sea cero”⁴

² Alonso y Acosta, Pág. 77.

³ BUECHE F. Fundamentos de física I. Décimo Grado. Tercera edición en español. Ed. McGraw Hill latinoamericana S. A. 1992. Pág. 167.

⁴ Op Cit. Pág. 86.

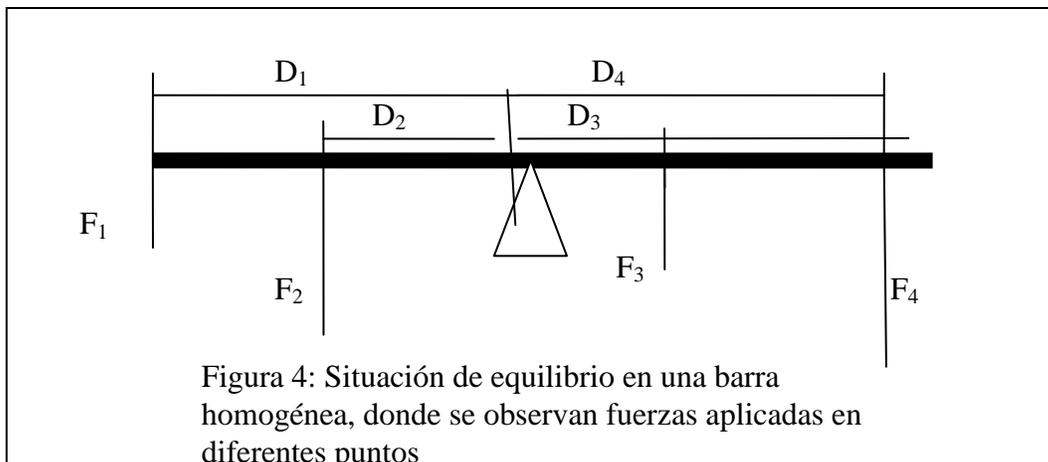
Desde estas definiciones se puede afirmar que el estado de equilibrio mecánico está en términos de los efectos de rotación que cada una de las fuerzas produce en relación al brazo de *acción*, medido respecto al eje de giro, tal que las medidas de estos (los torques) sean iguales. Ahora bien, es claro que en una situación de equilibrio estático de un sistema, los efectos que generan las fuerzas y las distancias a un eje de rotación se anulan. Luego ¿Qué es entonces, lo que hay que estudiar en una situación de equilibrio estático, si los cálculos que se realizan a partir de la ecuación ya lo determinan?

Por tanto, es importante reflexionar frente a ¿Qué relaciones deben establecerse entre las magnitudes fuerza y distancia para que el torque sea medible? y ¿Qué significa medir el efecto de giro que causa una fuerza en relación con la distancia al eje de rotación del cuerpo?. Pues, medir significa comparar una magnitud física con otra de su misma especie, y en este sentido, medir un torque implica compararlo con otro. Por tanto, para constituir esta magnitud física en una condición para el estudio del estado de equilibrio mecánico significa, de algún modo, establecer relaciones entre las propiedades que caractericen a tal magnitud y que permitan a través de ellas construir el concepto de equilibrio estático.

Pues, se considera que el proceso de construcción y cuantificación del concepto de giro o rotación para el equilibrio mecánico, es atribuido a las acciones de la fuerza y la distancia, siendo el producto de ellas el giro o torque, entonces, esta magnitud es derivada de la fuerza y la distancia, y por tanto medirla y darle un significado a tal medida es relevante para comprender el significado de la compensación de los efectos de rotación en relación con la

distancia y las fuerzas al eje de giro, es decir, no es suficiente para comprender el equilibrio estático por rotación, el cálculo de tales giros (o torques) pues la “medida” de un torque no garantiza la comprensión de las relaciones que se dan entre la fuerza y la distancia para conseguir estados de equilibrio.

Desde lo cual es relevante preguntar ¿ Qué significa una suma de torques, para describir un estado de equilibrio? Es decir, si en la palanca que se muestra en la figura, sumamos los torques generados por cada uno de las fuerzas que actúan sobre la barra ¿Qué significa sumar los torques generados por los productos $F_1 D_1$ con $F_2 D_2$ y consecuentemente que esta suma sea igual a la suma de $F_3 D_3$ con $F_4 D_4$? ¿Esta suma determinará el equilibrio estático o bien sólo es una suma de cifras que satisfacen la ecuación?



En síntesis: la forma como se presentan las condiciones para el equilibrio estático amarran el fenómeno a soluciones meramente algorítmicas, no permitiendo de

ninguna manera una comprensión del fenómeno, es decir, de esta forma no es posible identificar y comprender las propiedades que emergen de las interacciones entre los cuerpos; esto es, si a partir de desequilibrios solo es posible evidenciar interacciones y consecuentemente poder identificar cuáles son las propiedades que subyacen a un estado de equilibrio, y cómo en un estado de equilibrio estático no hay evidencia de interacciones, el torque como condición de equilibrio no se evidencia. Por lo cual, el concepto de torque y su posterior suma como una condición para el estado de equilibrio estático no es construido por el sujeto a partir de la interpretación y comprensión de la situación de equilibrio estático, sino que es impuesto como un dogma, que no tiene que ser pensado, solamente comprobado mediante la solución de ecuaciones para cada situación en particular.

CAPITULO DOS

VISIÓN FENOMENOLÓGICA DEL EQUILIBRIO ESTÁTICO.

Se entiende por fenomenología del concepto de equilibrio estático, la descripción de propiedades y relaciones que pueden establecerse entre las variables implicadas en el fenómeno⁵, tal que sea posible establecer criterios de medición y cuantificación de las variables a partir de la organización de las experiencias⁶ para llegar a construir una generalización que de cuenta de la adquisición del concepto. La siguiente cita de Hertz es ilustrativa a este respecto:

“ Nos formamos una serie de imágenes aparentes interiores o símbolos de los objetos exteriores, de tal modo que las consecuencias especulativamente necesarias de las imágenes, las de las consecuencias naturalmente necesarias a los objetos representados...una vez que logremos derivar de la experiencia anterior acumulada, imágenes de la naturaleza que indicamos, podremos desarrollar a base de ellas, como a base de modelos, en poco tiempo, las

⁵ Fenómeno: situación que se construye mediante investigaciones experimentales y confrontaciones teóricas para construir los conceptos.

⁶ Experiencia: resultado de la interacción sujeto-objeto para producir conocimiento.

consecuencias que en el mundo exterior no se presentan sino a la larga como resultados de nuestra propia intervención...⁷

En este sentido, el enfoque fenomenológico permite la descripción de los conceptos físicos en relación con nuestras representaciones de los fenómenos que conforman la situación motivo de estudio, indicando que fenómenos se pueden organizar, a cuáles se extiende y cómo actúa, constituyéndose en un medio para organizarlos y jerarquizarlos. De esta manera, al “hablar” del enfoque fenomenológico del equilibrio estático, es necesario establecer relaciones entre el concepto y el fenómeno que este representa, lo cual contribuye a establecer nexos entre los conocimientos y experiencias comunes de los estudiantes, con los conceptos disciplinares de la física, aspecto que es necesario para un adecuado aprendizaje, pues mediante este proceso se abren posibilidades de conocimiento que propician el análisis epistemológico de los fenómenos en relación con los procesos de matematización, en cuanto a la identificación y cuantificación de variables que surgen de la observación y análisis de las propiedades (peso y distancia) que permiten comparaciones respecto a las *acciones* sobre un sistema en equilibrio, proceso que es necesario para el adecuado desarrollo del concepto de equilibrio en el estudiante.

El enfoque fenomenológico se base en la reflexión – evaluación – de las percepciones mediante un proceso que involucra la abstracción, la cual es necesaria en la construcción de los conceptos físicos. Esto es lo que se evidencia al realizar particiones de los pesos, con lo que se generan variaciones en las distancias con respecto a un eje de simetría y se producen transformaciones que conllevan a establecer relaciones de equivalencia entre sistemas. Es decir, se

⁷ Heinrich Hertz, Die Principien der Mechanick, Leipzig, 1894, pp. 1s. Tomado de fin y método de la física teórica. Ernest Cassirer en enseñanza de la física desde una perspectiva histórico

pueden establecer relaciones entre las diferentes transformaciones que se efectúen sobre un peso sin variar la distancia de éste con respecto al punto de apoyo produciendo sistemas equivalentes. De igual modo, al variar el peso de un cuerpo se implica variar la distancia para producir nuevas situaciones de equilibrio.

El carácter reversible de las transformaciones que se realizan sobre un sistema en equilibrio indican que ante cualquier transformación que realicemos, siempre será posible deshacerla volviendo al estado inicial, aspecto que es fundamental en la construcción y determinación de la magnitud de las *acciones*.

En los estados de equilibrio estático, la permanencia de las *acciones*, se observa mediante el análisis fenomenológico que se fundamenta en la identificación de lo que permanece y de lo que varía bajo las relaciones de partición y recomposición de los pesos por medio de la experimentación, lo cual con lleva al establecimiento de relaciones de equivalencias.

Así, para el tratamiento del equilibrio estático desde una perspectiva fenomenológica, es necesario establecer comparaciones entre situaciones de equilibrio y desequilibrio posibilitando clasificar las *acciones* en una magnitud determinada y medida en relación con el peso y la distancia al punto de apoyo o eje de simetría.

En este sentido, la perspectiva fenomenológica del equilibrio estático en una palanca es una propuesta que está fundamentada, en primer lugar, en la intención de que sea el sujeto que conoce quien construya el concepto, pues fenómeno es

un conjunto de relaciones que el sujeto establece a partir de su forma de ver el mundo, planteamiento que subyace a una forma de ver por sistemas, donde el fenómeno es estudiado desde las relaciones que se establecen entre las variables de un sistema, por medio de las cuales se identifican las propiedades que caracterizan su estado. En segundo lugar, la construcción del concepto implica entre otros aspectos, establecer relaciones entre las variables, que permitan consecuentemente, cuantificar las propiedades que definen un estado de equilibrio mecánico, en particular el de la palanca.

En resumen, el enfoque fenomenológico es pertinente para el tratamiento del equilibrio estático por que encontramos en él, además de los criterios anteriores, las siguientes características:

- 3 Propicia el análisis epistemológico de los fenómenos y la investigación científica.
- 4 Todo fenómeno se construye a partir de la experiencia individual. (Conocimiento que se tiene).
- 5 Facilita la confrontación entre teoría y práctica penetrando la esencia de las cosas mediante la investigación para la construcción del concepto.
- 6 Establece relaciones fijas entre fenómenos para determinar factores comunes (propiedades).
- 7 Permite descubrir relaciones numéricas entre fenómenos diferentes. (Cuantificación)
- 8 Permite reconstruir un saber mediante la interpretación de cualidades y propiedades.
- 9 El objeto de la física se convierte en el conocimiento de las leyes de los fenómenos naturales, señalando un cambio de rumbo en la enseñanza de las teorías físicas.

2.1 VISION DE SISTEMA

Desde una perspectiva fenomenológica, un sistema es un conjunto de construcciones y representaciones mentales que surgen como resultado de la interpretación, reconocimiento y reflexión sobre un conjunto de hechos observables que constituyen la realidad de cada individuo, tal como se deduce del siguiente texto:

"No tenemos acceso a las cosas como son, ni a nuestra manera de pensar como es, la única cosa que podemos saber es que cierto modo de pensar se adapta a cierto modo de ser de las cosas...."⁸

De acuerdo con esto, lo que se llama realidad es el producto de una organización mental de los hechos, eventos y proceso que ocurren en nuestro entorno y que son organizados de acuerdo con los esquemas mentales previos de cada sujeto, organización que es posible mediante el análisis de las propiedades que conllevan al establecimiento de las relaciones de orden que caracterizan un sistema. Luego, la realidad de cada sujeto es una de las múltiples posibles construcciones mentales que pueden hacerse de un fenómeno. Surge así una perspectiva que plantea un modo de ver el mundo, en el que el fenómeno no está dado sino que es construido por cada sujeto según sus propios esquemas mentales, lo cual se constituye en la base para pensar el mundo desde otra visión de realidad, donde los sistemas no están ontológicamente determinados, sino que es la

⁸ GUIDONI, P y Arca M. Sistemas y Variables Seminario didáctico de la facultad de las ciencias universidad de Nápoles Italia. Traducción de María Mercedes Ayala y Priscila Castro. Departamento de física Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá Colombia. Pág. 4

percepción la que determina el sistema de acuerdo con las imágenes mentales previas que se tengan para su representación.

Por otra parte, se acostumbra dar el nombre de sistema a cualquier objeto o grupo de objetos que se seleccionan por un interés particular⁹, visión de sistema que induce al estudio de un fenómeno tomado en partes unidas, a partir de las cuales puede ser construido o reconstruido en su sentido material y conceptual el fenómeno en cuestión, lo cual implica estudiar no solo partes y procesos aislados si no también resolver los problemas que resultan de la interacción dinámica entre partes, las cuales hacen diferente el comportamiento de éstas cuando se estudian aisladas a cuando se estudian dentro de un todo. De ésta forma, la escogencia de un sistema ante una situación dada es libre, pero debe hacerse explícito, de manera que los fenómenos representados se organicen y estructuran desde cada sujeto según su experiencia (conocimiento anterior).

De esta manera, surgen nuevos modos de pensar los fenómenos físicos, ya que se nota en este enfoque de sistemas que es necesario estudiar no solo partes y procesos aislados, sino que se hace necesario además, construir conjuntos de variables como resultado de las relaciones entre elementos. Así, mirar por sistemas implica considerar partes de un universo, interacciones y propiedades, lo cual corresponde igualmente a ver por variables individualizadas y correlacionadas entre sí (masa, peso, distancia), tal como parecen expresarlo Guidoni y Arca cuando escriben:

" En lo que respecta al conocimiento de la física, hay 2 estrategias cognoscitivas, dos modos de mirar y formalizar particularmente importantes: un modo de ver por espacios abstractos de sistemas y un modo de ver por espacios abstractos de

variables. Son dos modos estrechamente correlacionados no se alcanza a ver por sistemas sino se alcanza a ver por variables y viceversa” (Guidoni y Arca).¹⁰

En este sentido, mirar por sistemas es examinar las interacciones que se dan entre las partes, para lo cual se requiere de todo un proceso de *abstracción* que permita determinar las propiedades que evidencian la *interacción*, es decir, propiedades que son relevantes para especificar la condición o estado del sistema.

"Mirar por sistemas quiere decir ante todo hacer una operación de discretización según criterios de estabilidad y coherencia"¹¹.

El acto de discretizar hace posible el establecimiento de relaciones recíprocas entre las variables. Por ejemplo, en las situaciones de equilibrio es posible ver cómo se interrelacionan los pesos de los cuerpos dispuestos sobre una palanca, con las distancias relativas al eje de rotación para generar acciones diferentes entre pesos iguales, proceso mediante el cual es posible establecer relaciones de orden entre las acciones.

En esta perspectiva no se trata de analizar un fenómeno ya dado, determinado, sino de construir el fenómeno mismo a través de la identificación del sistema a estudiar y del establecimiento de las variables o propiedades relevantes y sus relaciones, actividad que se constituye en la base para pensar el mundo desde una visión de realidad relativa en la que los sistemas y fenómenos no están ontológicamente determinados, si no que éstos se construyen a partir de los

⁹ Arnold B. Arons. Teaching introductory Physics. United States of América, 1992. Pág.45.

¹⁰ Ibid. Pág. 4

¹¹ Ibid. Pág.5

conocimientos y experiencias de cada individuo, elementos que son fundamentales para el análisis de las interacciones entre las partes cuando se pretende identificar las propiedades que evidencian interacciones para así determinar y caracterizar el estado del sistema.

2.2 ESTADO DE UN SISTEMA

El término estado, está ligado a la idea de permanencia, indiferencia y pasividad, en el sentido en que las situaciones inicial y final de un sistema son equivalentes en sus propiedades; mientras que el término equilibrio es entendido como igualdad de acciones, por esto, hablar de un sistema en estado de equilibrio puede entenderse como el estado en el que la igualdad de *acciones* permanece constante. En este orden de ideas, si el estado de un sistema permanece invariable, sin presentarse ningún cambio, podría pensarse que no existen interacciones, pues estas son evidencias de los cambios de estado y en situaciones de equilibrio no se evidencian cambios de estado. Es decir, habrá *interacción* cuando las variables de estado (*acciones*) son desiguales. Por esto, es necesario ser cuidadoso al examinar las cualidades y propiedades características que definen el modo de estar de un sistema. De ésta forma, el estado de un sistema debe ser definido con relación a una cualidad o propiedad, tal como se interpreta del siguiente texto:

"En los cambios descritos que son evidencia para la interacción entre sistemas, tenemos que referirnos a varias propiedades del sistema en cuestión.... una lista de propiedades relevantes es necesaria para especificar completamente la condición del sistema en cualquier instante. Dada la lista completa podemos reproducir el sistema desde el principio si deseáramos hacerlo. Cuando conocemos tal lista, decimos que conocemos el estado del sistema"¹².

Así que, para determinar el estado de un sistema es necesario identificar y nombrar las propiedades que permiten caracterizar dicho estado, lo cual surge como resultado del establecimiento de relaciones entre dichas propiedades. Por ejemplo, para el caso de una situación de equilibrio estático en una palanca, (las acciones como propiedad del sistema), se puede modificar el estado del sistema al cambiar de posición a un cuerpo, alterando la distancia relativa del peso con respecto al eje de simetría. Es decir, el peso del cuerpo permanece constante, pero la magnitud de su *acción* sobre el sistema depende de su relación con la distancia relativa al eje de simetría. Así que las propiedades peso y distancia se interrelacionan interfiriendo o afectando el estado del sistema.

2.3 LA MEDICIÓN DE LAS ACCIONES

2.3.1 REFERENTES TEÓRICOS

Estamos en un mundo donde la medición es una necesidad, algo básico que hacemos a diario y en diversas circunstancias: estimamos cuánto tiempo

¹² Arons Arnold B. Teaching Introductory Physics United of America. 1992. Pág. 45 - 51.

tardamos en hacer esto o aquello, el orden de las actividades, de los asuntos que atender en el día, vamos de compras, clasificamos los productos, estimamos costos, etc., Siempre realizamos actos que tienen que ver con la medición. Al respecto, N. R. Campbell señala que, este evento que aparentemente es tan cotidiano y de “sentido común”, no lo es tanto, ya que el proceso de medición, “no se logra hasta que no se tiene un estadio de desarrollo relativamente alto”, pues, el proceso de medición, se encuentra hoy en día altamente desarrollado lo cual demanda aprendizaje y experiencia en el acto de medir (Campbell, 1994: 186). Así mismo, Chamorro C. y Belmonte J. M en su libro *El problema de la medida consideran que:*

“ la medida de una magnitud es un acto que los niños no pueden realizar de una forma fácil y espontánea ...en virtud a que el acto de medir requiere una gran experiencia en la práctica de estimaciones, clasificaciones y seriaciones, una vez establecido el atributo con respecto a la cual se va a medir”¹³

Esto permite afirmar que los estudiantes estarán en capacidad de comprender significativamente el acto de medir una magnitud determinada, una vez se inicien en esta práctica y pueda “verse” de una manera clara y plausible que una magnitud es susceptible de ser medida cuando es ordenable y al mismo tiempo cuantificable; es decir, cuando se está en capacidad de interpretar el número que se le atribuye a los valores particulares que toma dicha magnitud.

En este sentido, dado que el comprender el concepto de medida es una de las mayores realizaciones humanas y uno de los grandes propósitos de la enseñanza

¹³ María del Carmen Chamorro Plaza, Juan Miguel Belmonte Gómez. El problema de la Medida, didáctica de las magnitudes Lineales. Editorial Síntesis S. A., Madrid. 1994, pp.15.

de la física, en el estudio de la física es usual utilizar magnitudes como: el tiempo, el peso, la densidad, la temperatura entre otras. estas se abordan con un sentido de medición: reconociendo algunas veces que son propiedades susceptibles de asignárseles valores numéricos, identificándose tal asignación con el proceso de medición. la medición, se entiende como la *comparación* de una magnitud con otra de la misma clase tomada como patrón, generándose como resultado de la comparación, un número real.

habitualmente se habla por ejemplo que el volumen es una magnitud por que a un cuerpo con un volumen determinado es posible asignársele una cifra que represente el valor que adquiere tal propiedad cuando se le compara con un valor establecido como patrón de comparación, esto es, si a un cuerpo se le asigna un valor de 1 para su volumen y a otro un volumen de 6, significa que uno es de menor volumen que el otro; además, combinando 2 cuerpos de la misma sustancia (o similares) al primero se puede obtener el volumen del segundo.

lo anterior deja ver entonces, que cuando se habla de cuantificación es preciso centrar la atención en lo que implica asignar valores numéricos a propiedades para representarlas, ya que hacer esto, no sólo es utilizar símbolos, sino que se está trasladando toda la estructura de grupo de los números considerados a las propiedades.

“ las propiedades medibles de un objeto tienen que parecerse de algún modo particular a la propiedad de ser número, puesto que pueden representarse adecuadamente por los mismos símbolos; tienen que tener alguna cualidad común con los números – cifras -“¹⁴

¹⁴ Campbell, Norman R. Medición. Tomado de James R Newman. Enciclopedia Sigma, Tomo V, editorial Grijalbo, Aragón – Barcelona 1994, Págs. 186-190.

por tanto, es lícito afirmar que indagar si una propiedad es o no magnitud, implica preguntarse si tal propiedad es susceptible de ser medida; asunto que a la vez implica preguntarse por la estructura que se le está asignando a dicha propiedad.

por tanto, se trata de entender que estructura se debe configurar para una magnitud. además, las propiedades posibles de ser medidas son conocidas también como magnitudes *extensivas*, las cuales varían cuando cambia la extensión del cuerpo. por ejemplo, si un cuerpo tiene un peso de 1 unidad y lo partimos en tres fracciones se *observará* que cada una de ellas pesará diferente a la colección de ellas, es decir, se puede *ver* que la combinación, adición, de ellas en conjunto son equivalentes a la unidad.

de otro lado, es claro que hay propiedades que no obedecen a ésta característica y se llaman propiedades *intensivas*, así por ejemplo: si una sustancia posee una densidad x , partes de esta sustancia poseen cada una de ellas la misma densidad y en la combinación de estas fracciones de la sustancia no se obtendrá una densidad mayor que cada una de ellas (de las fracciones).

“ las propiedades medibles son aquellas que cambian por la combinación de cuerpos semejantes; las propiedades no medibles son las que no cambian al realizar esta operación.”¹⁵

afirmación desde la cual se puede ver el siguiente ejemplo: si un cuerpo A de peso 4 unidades se puede dividir en 4 partes, cada una de una unidad de peso, entonces las partes a, b, c, d cada una difiere en peso respecto al cuerpo A. (es una propiedad medible) mientras que en densidad, cada uno de los cuerpos tendrá la misma (o será el mismo frente a la propiedad: densidad), es decir, no diferirá en ellos la densidad (las propiedades que no son medibles).

Ahora bien, es importante examinar primero algunos de los conceptos básicos, reconociendo con ayuda del análisis formal los rasgos fundamentales de la medida, tales como: propiedad, comparación, magnitud, ordenación en las relaciones de cantidad.

2.3.2 PROPIEDAD.

Desde una perspectiva fenomenológica, las propiedades son cualidades o atributos que permiten identificar objetos o delimitar los sistemas que son objetos de estudio. Desde esta forma de ver, los objetos, sistemas o fenómenos no son los “contenedores” de las propiedades si no que, por el contrario, la identificación de propiedades y sus relaciones estables es lo que permite la constitución de dichos objetos, sistemas o fenómenos. Ahora bien, Según Mach:

“ No es posible prestar atención a todos los detalles de un fenómeno. Observamos, precisamente las circunstancias que tienen un interés para nosotros y aquellas de quienes dependen”¹⁶

Desde donde podemos afirmar que cuando construimos un fenómeno, centramos nuestra atención en las propiedades o particularidades, que son de interés para quien conoce, observa o estudia el fenómeno, de tal manera, que las propiedades son las que identifican una cosa, tal que ésta no podrá existir si no es bajo este atributo o cualidad que permite la estructuración mental del

¹⁵ Idem, CAMPBELL, N. PÁG.187

¹⁶ MACH Ernst. El concepto. Tomado de E. Mach. Conocimiento y error. Editorial Espasa Calpe. Pág. 88.

mismo. Por tanto, se puede afirmar que una cualidad es algo que surge de un conjunto de relaciones que permiten la identificación y clasificación de un objeto o definen la existencia de un evento físico como tal. En este sentido, es posible ver cómo la velocidad uniforme es una propiedad del estado de movimiento de los cuerpos, sobre la cual es identificable una clase de movimiento, pues lo propio del sistema objeto de estudio estará delimitado por la propiedad velocidad uniforme, y sus relaciones estables para la distancia y el tiempo será lo que permite la constitución del objeto de estudio: el movimiento uniforme.

En este orden de ideas, al realizar una observación ya se está realizando una clasificación. En este sentido se puede afirmar que al identificar una propiedad ya se está estableciendo un tipo o una clase, pues, decir que una propiedad identifica tal o cual cosa es realizar una comparación, así como lo señala Wartofsky:

“ las cosas de un cierto tipo son semejantes en alguna propiedad o comparten alguna cualidad, y comparar dos cosas cualesquiera es emprender la búsqueda de lo que es igual y es diferente en ellas”¹⁷

Pues bien, lo significativo de una clasificación es que los elementos clasificados subyacen a la luz de las relaciones entre ellos, esto da pie al desarrollo de un sistema formal de clasificación, que posibilita el poder hacer inferencias mediante la aplicación de ciertas reglas, en particular como anuncia Wartofsky:

¹⁷ Wartofsky Marx. Introducción a la filosofía de la ciencia, I. Alianza Editorial, S.A. Madrid, 1973. Pagina 206.

“Cualesquiera dos cosas que se comparen, si se consideran como miembros en común de cierta clase, se consideran por tanto como equivalentes en cuanto a determinada propiedad, que constituye la condición para pertenecer a esa clase.”¹⁸

Para lo cual cabe decir: que los objetos o situaciones que se tipifican bajo una misma propiedad relacional, generan la clase correspondiente a dicha propiedades. Por ejemplo, la clase que generan el grupo de cuadriláteros, por diferentes que puedan ser en otras propiedades, sin embargo, muestran una relación de equivalencia por lo que se refiere a un mismo concepto y que en particular, los identificará a la luz de tal propiedad o de un concepto en particular.

Supongamos, por ejemplo, que se comparan varios objetos con relación a las propiedades cromáticas: unos serán rojos, otros serán verdes, pero todos podrán definirse respecto a esa propiedad que los vincula, y en este aspecto serán equivalentes. Por tanto, la clase de cosas que pueden compararse con respecto a determinada propiedad, es una clase de equivalencia con respecto a ella; clase que se encuentra generada por todas las propiedades que se le asignan a las cosas o situaciones: la relación que cualquier miembro de la clase guarda con cualquier otro, sea cual sea la propiedad, es de equivalencia con respecto a dicha propiedad.

Esta relación de equivalencia posee ciertas propiedades formales, tales como reflexiva, simétrica y transitiva, en el conjunto que va a definir dicha propiedad, atributo o cualidad:

¹⁸ Ibid. Página 209.

3**Reflexiva**: m relacionado con m para cualquier objeto m, ($m R m$, para cualquier m)

4**Simétrica**: si m está relacionado con m' entonces, m' está relacionado con m, ($m R m'$ entonces, $m' R m$)

5**Transitiva**: si m está relacionado con m' y m' con m'' entonces, m está relacionado con m'', ($m R m'$ y $m' R m''$ entonces, $m R m''$)

Estas tres propiedades hacen que dicha relación sea de equivalencia”¹⁹

De acuerdo a lo anterior, toda la clasificación de “objetos” que admita ser identificada bajo estas propiedades es de equivalencia. Por ejemplo, al tomarse un objeto P y formarse una clase con las cosas que están relacionados con él, todos los objetos equivalentes a P con respecto a la misma propiedad, son equivalentes (Chamorro y Belmonte, 1994) y por tanto, se tendrá clase de equivalencia de P.

En este sentido, frente a cierta propiedad que surge de la relación longitud y peso se clasifican los cuerpos que están en equilibrio, y si esta relación permite identificar una propiedad, bajo este concepto se relacionaría un tipo de cuerpos que se encuentran en esta situación en particular, es decir, los cuerpos comparten una cualidad en particular, y desde allí, el hecho de comparar dos propiedades cualesquiera es iniciar la búsqueda de lo que es igual y diferente entre ellos. Así por ejemplo, frente a la propiedad “peso” de los cuerpos se pueden establecer clasificaciones de los mismos al comparar dos cuerpos colocados sobre una balanza de brazos iguales, de tal manera que si ésta permanece en equilibrio se puede afirmar que ambos cuerpos poseen igual grado de peso, pero si la balanza se inclina, el lado hacia donde se dé la inclinación, indicará que el cuerpo dispuesto sobre ese lado tendrá un mayor peso.

¹⁹Op. Cit. Chamorro Plaza María del Carmen, Juan Miguel Belmonte Gómez. 1994, Pág., 130-136

Además, es posible señalar que: Cuando las propiedades se prestan a esta interpretación, admitiendo clasificación, se pueden ordenar por grados o cantidades siempre que dichas propiedades sean medibles. Acá es pertinente aclarar que una propiedad es mensurable o cuantificable si cumple las leyes de orden y adición, aspecto que desarrollamos mas adelante (ver página 28), pues al ser comparados unos con otros cabe decir, que los miembros de la *equivalencia* pueden guardar relaciones de *mayor, menor o igual que con respecto a* la propiedad que sea. Así por ejemplo: la longitud (propiedad común para un conjunto de objetos) es una propiedad que gozan todas las cosas que poseen longitud, del mismo modo que el peso es la propiedad que “identifican” todas las cosas que se reúnen bajo esta propiedad, pero estas propiedades se dan en distinto, grado o cantidad, en este sentido, la longitud implica una comparación entre diferentes longitudes y el peso entre distintos grados de peso.

De esta manera, los términos mayor, menor o igual, que serán empleados para adoptar formas comparativas, permitirán ordenar los miembros de la equivalencia de dicha propiedad del mismo modo que se ordenan clases y partes de esta clase. Para esta ordenación tendremos en cuenta las siguientes propiedades:

- Reflexiva: Para una clase C. Todo elemento de esa clase está relacionado consigo mismo. Para todo x perteneciente a una clase, se verifica que: $x \leq x$.
- Antisimétrica: Para toda clase C. Si todo elemento x, es menor que otro y, y no puede ser menor que x, transfiriéndose esto al conjunto C, se tiene: Si $x \leq y$ y $x \neq y$ entonces $y \leq x$.
- Transitiva: para toda clase C. Si un elemento x es menor o igual que otro y, y este y, a su vez es menor o igual que z entonces,

x es menor o igual que z. Lo cual matemáticamente corresponde a:

$$\text{si } x \leq y \text{ y } y \leq z, \text{ entonces } x \leq z^{20}$$

2.3.4 MAGNITUDES

Se entiende por magnitud, en primer lugar, a una propiedad que permite establecer una clase, y en segundo lugar, que admite una ordenación por grado o cantidad. Afirmación que es argumentada por Jesús Mosterin de la siguiente forma:

“ ...Podemos observar que con frecuencia tratamos de introducir un concepto métrico en un ámbito en el que ya disponemos de un concepto comparativo. La *metrización* de un ámbito o de una característica consiste precisamente en la introducción de un concepto métrico en ese ámbito o para esa característica (...) muchas veces de lo que se trata es de metrizar un sistema comparativo.”²¹

²²

En otras palabras, se trata pues, de introducir el término magnitud para algo que ya se dispone previamente ordenado a través de un concepto comparativo: mayor, menor o igual que.

Sin embargo, frente a la disposición de propiedades que admiten el establecimiento de un orden y de la atribución de cifras en el orden de las mismas, constituyen en cierto grado la medición, pero debe ser claro que está

²⁰ OP. Cit. Chamorro P. María Del C. y Belmonte G. Juan M. 1994. Págs. 134 y 135.

²¹ Mosterin Jesús. Conceptos y teorías en la ciencia, Alianza editorial, S. A., Madrid. 2000. Pág. 32.

²² Aquí es importante resaltar que el término metrizar es introducir un concepto métrico donde no lo había y medir es hallar el valor que la función métrica asigna a un objeto.

asignación de cifras a una propiedad o cualidad no es arbitraria sino que debe obedecer a estructuras que sean equivalentes en las relaciones de orden a las del conjunto numérico sobre el cual se definirá la medición de tal propiedad (Campbell Pág. 198.). Es decir, si A es un conjunto definido mediante una propiedad (esto es, una característica física: *La Acción*) que se pretende metrizar en los reales, el primero que debemos garantizar es que mediante un proceso o método se conserve el orden establecido en A por menor, mayor o igual que, en los reales. El método experimental sobre el que se desarrolla el concepto métrico, exige que para cada dos objetos x y z de A ocurra que:

Sí “: $f : A \rightarrow R$; lo primero que debemos exigir es que f conserve el orden establecido por igual, menor o mayor que, es decir, que f asigne un número real a los objetos coincidentes y que, si un objeto precede a otro, entonces f asigne un número real menor al primer objeto que al segundo”²³

Aquí entonces lo pertinente es: representar determinadas características cualitativas o empíricas de los objetos de la clase (del dominio: Pesos, longitudes) por características cuantitativas del conjunto de los reales.

En suma, la representación de un sistema empírico en otro numérico constituye lo que se reconoce como concepto de magnitud.

2.3.5. LA MAGNITUD COMO UN CARDINAL

²³ Mosterín, Jesús. “Conceptos y teorías en las ciencias”.Op. Cit. Pág. 32.

Como se ha descrito en la ordenación de una propiedad o cualidad (o bien en los números) no permite ver que ella sea por ejemplo, dos veces mayor o menor que otra en una determinada cantidad, (por ejemplo la mitad), sino que sólo dice que es mayor, menor o igual que sin expresar en que cantidad. Para mayor claridad, véase esto de la siguiente manera: Al definir el término “mayor que” como el sucesor de, dice que un peso es mayor o igual que otro, pero no, se puede afirmar cuántas veces menor (o mayor) es uno que el otro. Por tanto para ordenar las relaciones de cantidad, cabe pensar en términos de “cuánto mayor” o “ cuánto Menor “, lo cual deberá establecerse desde la base del número p , de sucesores que haya de un número entre él y algún otro número mayor o menor que él. Por ejemplo: Si donde p'' es el sucesor de p' y éste el sucesor de p , entonces se puede decir que p es un número menor que p' , o que éste es menor que otro número p'' en un grado o bien que éste es dos veces mayor que p .

Pero a fin de dar a esta situación una interpretación que no sea meramente ordinal y poderlo interpretar cuantitativamente, se necesitará establecer mediante un proceso experimental, que la magnitud cuantitativa será una magnitud que puede ponerse en correspondencia con un conjunto numérico, bajo una estructura formal, mediante las reglas definidas para los conjuntos numéricos. De esto se desprende que la interpretación física de las propiedades mensurables (o atributos: el peso p , o la longitud L) son tales que permiten diferenciar magnitudes cuantitativas de las que no lo son.

Respecto a la construcción y estudio del conjunto que define la magnitud Belmonte Juan Miguel, argumenta que:

“ ... En el conjunto que define un atributo mensurable es posible definir una ley de composición interna (que por semejanza con una ley definida en los conjuntos numéricos, se le llama normalmente suma) y que responde a una realidad física.” ²⁴

En éste sentido, es posible establecer la siguiente relación:

Para cualquier grado de magnitud p y p' existe un grado de magnitud p'' , tal que: $p \oplus p' = p''$.

Al anunciar que esta condición se debe satisfacer en el conjunto que define las propiedades mensurables y en el conjunto numérico que las representaría, las propiedades de la adición y que permitirán interpretar el conjunto numérico como un conjunto cardinal y en consecuencia el conjunto de propiedades (peso, longitudes, tiempo, etc.) como magnitudes cardinales. Por tanto, (Wartofsky, 1973 Pág. 220):

- 3 Para cualesquiera grados de magnitud x e y existe un grado de magnitud z , tal que: $x + y = z$
- 4 La suma $(x + y)$ de cualesquiera grados de magnitud es mayor que x o y .
- 5 Si se suman cualesquiera grados de magnitud x , y en el orden $x + y$, la suma será igual, en grado de magnitud, a la suma de estos mismos en el orden $y + x$
- 6 Dados los grados de magnitud $x = x'$ e $y = y'$, la suma $x + y$ será igual a la suma $x' + y'$
- 7 Para cualesquiera tres grados de magnitud x , y , z , la suma de $(x + y)$ y z será igual a la suma de x e $(y + z)$
- 8 Dado cualquier grado de magnitud x inferior a otro grado y , existe una suma de iguales grados de magnitud $(x + x' + x'' + \dots)$ superior a y .

²⁴ Op. Cit Pág. 132

Perspectiva Fenomenológica del Equilibrio Estático

De donde se observa, por ejemplo que la condición 4 es la propiedad uniforme para la adición, así mismo se ve que la propiedad conmutativa es la propiedad 3, según la cual podemos decir que la adición es simétrica, o bien que el signo “ + ” denota una operación simétrica y la propiedad 5 es la propiedad asociativa.

2.4 LAS ACCIONES COMO UNA PROPIEDAD

Parte de lo que observamos de las cosas, lo que “conocemos” de ellas, es a través de nuestra experiencia sensible y de lo que de ellas decimos de una manera inteligible. Desde aquí, el sujeto que conoce es quien establece las propiedades y las relaciones entre ellas: Clasificamos cosas o situaciones que eventualmente se presentan bajo una propiedad, por ejemplo, el mismo grado de rapidez. Con esta cualidad decimos que un cuerpo está en reposo, al tener un grado de rapidez cero, o bien que los cuerpos que se mueven con grado de rapidez constante, como en un movimiento uniforme, se encuentran en equilibrio. Así mismo, los cuerpos que son de *igual* forma, material y tamaño pesan lo mismo, o bien, dos niños que se montan en un “sube y baja” el *menos* pesado permanece más tiempo arriba que el *más* pesado.

Las cosas que hacemos de alguna manera evidentes a través de los sentidos, permiten comparaciones con relación a algo que las identifica y describe; es decir, a través de sus rasgos es posible equipararlas como pertenecientes a cierta clase con base a cierta cualidad que las caracteriza, identifica y describe. En esos casos decimos que comparten algo que es propio de ellas. Por ejemplo, respecto a los cuerpos que usualmente percibimos en reposo les atribuimos el “estado de movimiento cero” y con respecto a ese criterio comparamos y clasificamos cosas (o situaciones) que satisfacen ésta condición de igualdad; de la misma manera, si se tienen dos cuerpos que difieren en la forma pero se asemejan en el material que los constituye, podemos hacer una clase bajo esta cualidad: *igual material y diferente forma*, de tal manera que podemos seleccionar cuerpos cuyas cualidades atribuidas sean las mismas.

Cuando nos referimos a una propiedad como el “peso²⁵,” relacionamos bajo ésta a dos cuerpos cualesquiera, y así podemos constituir una clase cuya base sea ésta cualidad. Además, éste atributo permite dentro de la clase constituida, establecer una relación de orden: Un cuerpo puede pesar lo mismo, más o menos que otro. Pues bien, suponiendo que se tiene un tercer cuerpo, éste podrá incluirse en la clase y a la vez ordenarse en comparación con los dos cuerpos anteriores, tal que, si un cuerpo A, es menor que B, y B es menor que C, entonces, podemos señalar que el cuerpo C es mayor que el cuerpo A.

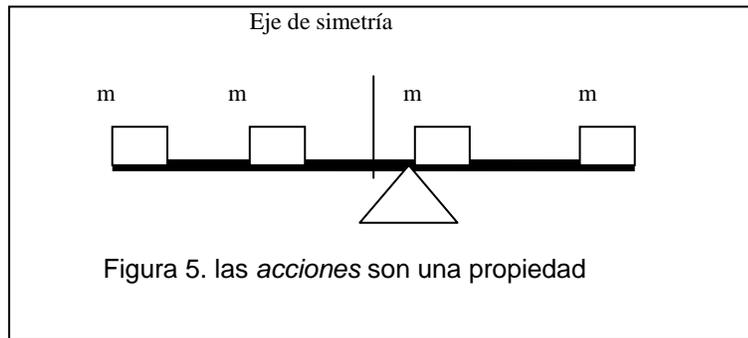
El peso de los cuerpos en relación con la distancia al eje de simetría de una palanca es la *acción* que un cuerpo realiza, es decir, la *acción* es una propiedad relacional de los cuerpos tal que todo cuerpo situado en una barra ejercerá de acuerdo a la intensidad del peso y la distancia al eje de giro.

En este sentido, la propiedad física *acción* de los cuerpos surge de las relaciones que se establecen entre pesos y distancias.

Ahora bien, al comparar con respecto a una misma propiedad dos cosas que comparten esa propiedad, estas cosas se consideran pertenecientes a una misma clase. Por ejemplo, si en una barra horizontal y homogénea se disponen varios cuerpos, se puede construir una propiedad que compartan todos los cuerpos y con respecto a ella se forma una clase. De ésta manera, al determinar (o convenir) que todos los cuerpos tienen un peso y que están situados a una misma distancia relativa al eje de simetría de una palanca, frente a esta propiedad o cualidad se nombra la propiedad *acción*, entonces todos los cuerpos sobre la barra pertenecerán a una clase de *acción* igual o diferente.

P²⁵ El peso en este contexto es una **cualidad** que se relaciona con todo cuerpo que tiene masa, en

No obstante, con base en ella (*la acción*), podrá conformarse una clase y compararla con una semejante²⁶ que posea igual estructura formal de relaciones de orden “*mayor o igual que*”; tal que permita hacer un isomorfismo con la clase numérica y en consecuencia lograr que las acciones sean representadas por una cifra numérica.



En este sentido, según la configuración identificada en la figura 5, en la que se ve cuatro cuerpos distribuidos, cada uno de ellos a cierta distancia con respecto al eje de simetría. Si se considera que los cuerpos tienen igual peso, puede comprobarse que cada cuerpo ejerce en el sistema una *acción* diferente de acuerdo con la posición que ocupa con respecto al eje de simetría. Por ejemplo, al levantar el cuerpo que se encuentra en el extremo derecho de la barra se evidenciará que la barra se declina hacia la izquierda, lo cual demostrará que este cuerpo tiene una *acción* diferente respecto al cuerpo que se encuentra más cerca del eje de simetría, En este sentido, se puede establecer que la propiedad

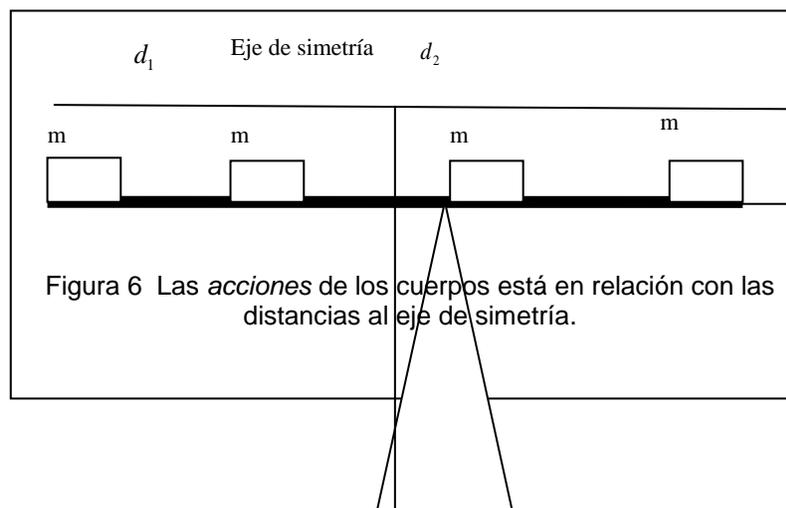
cercanías a la superficie de la tierra.

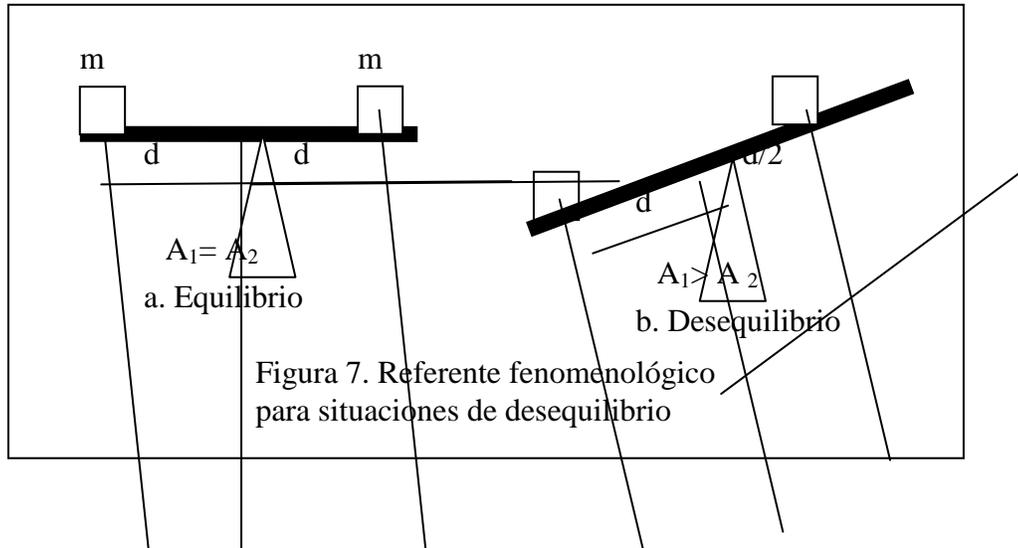
²⁶ A la que se estableció para la propiedad peso de los cuerpos

denominada *acción* de los cuerpos es el resultado de una relación que se establece entre las variables peso y distancia con respecto al eje de simetría.

Ahora bien, al clasificar las acciones de pesos iguales ubicados a diferentes distancias como pertenecientes a una clase, lo cual permitirá igualmente establecer relaciones entre dichas acciones, pero esto planteará un problema de medida y un proceso de constitución de escalas.

Pues bien, al observa (figura 6), donde se muestra un conjunto de cuerpos homogéneamente distribuidos sobre una palanca en condiciones de equilibrio. Se atribuye igual *acción* al cuerpo que está a una distancia igual que otro con respecto al eje de simetría; así mismo, si un cuerpo de peso p está a *mayor* distancia que otro cuerpo (de igual peso), entonces, se puede ordenar las acciones correspondientes en la misma forma que se ordenan las distancia de los cuerpos con respecto al eje de simetría. De ésta forma es posible establecer que a mayor distancia mayor acción. Es decir, dos cuerpos de igual peso colocados a igual distancia relativa con respecto al eje de simetría, equilibran el sistema, pero si los cuerpos están a diferentes distancias como en la figura 7b, es posible ordenar sus acciones con respecto a las distancias y establecer que a mayor distancia, mayor *acción* ($A_1 > A_2$).





Ahora bien, al observar una configuración análoga a las anteriores, (Fig.8), pero donde los cuerpos son de diferente peso, tal que los cuerpos A y C, son de peso p y los cuerpos B y D, de peso $2p$, localizados simétricamente respecto al punto de apoyo (eje de simetría), respecto al orden de sus pesos, consideramos este tipo de acciones como equivalentes a las anteriores, en el sentido de que están bajo la misma propiedad de relación entre pesos y distancias sin alterarse los estados de equilibrio. Es decir, si se modifican los pesos es posible obtener acciones equivalentes, las cuales se obtienen variando las distancias con respecto al punto de apoyo. Por tanto, la *acción* que se genera al cambiar el peso con respecto a la distancia es semejante a las anteriores y por consiguiente, la relación que cualquier miembro de la clase de *acción* preserva con cualquier otro cuerpo, será también equivalente respecto a dicha propiedad.

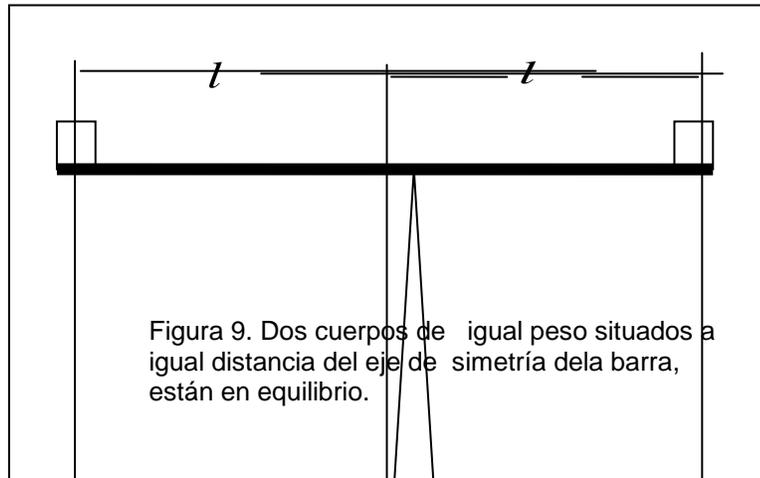
De igual modo, esta relación de equivalencia entre las acciones, posee un orden propio, propiedades que son formalmente establecidas, a través de la simetría y la

lógica formal de *mayor, menor o igual que* (P. Guidoni & M. Arca, Pág. 4)²⁷ al interior de las clases.

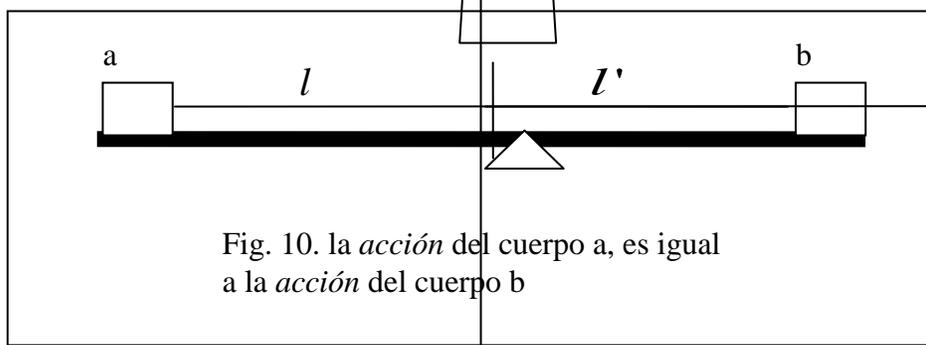
A través de un método experimental, desarrollado en una barra horizontal donde se colocan varios cuerpos (8) se establecerá que las *acciones* son una magnitud y en consecuencia, cabe decir, son susceptibles de ser ordenadas.

En primer lugar, considérese una barra rígida homogénea y un pivote de forma triangular, sobre el cual debe ser apoyada la barra. Nuestra primera búsqueda consiste en conseguir una posición horizontal de la barra. Se puede afirmar sin lugar a dudas que la barra encontrará su horizontalidad cuando ésta se encuentre apoyada en su punto medio, lo cual es previsible por la homogeneidad de la barra, pues es claro que al lado y lado del eje de simetría de la barra (o punto de apoyo) la distribución del peso es igual. En segundo lugar, es también observable que las longitudes de los brazos del punto de apoyo a sus extremos son iguales; ahora bien, al colocar dos pesos iguales en cada brazo de la barra y que además cumplan con estar equidistantes al punto de apoyo, la horizontalidad permanece. Esto induce a pensar, que al agregar más pesos manteniendo la misma distribución (con el criterio de simetría) el equilibrio permanece. Figura 9.

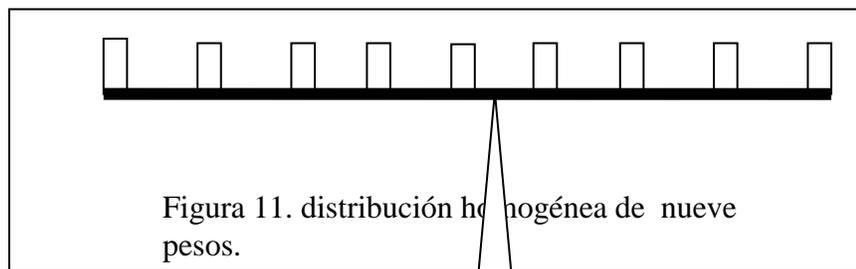
²⁷ Sistemas y Variables en Guidoni Paolo y Arca María. Seminario didáctico de la facultad de ciencias, universidad de Nápoles. Italia. Traducción: María Mercedes Ayala y Priscila de Castro, Departamento de Física. Universidad Nacional de Bogotá - Colombia.



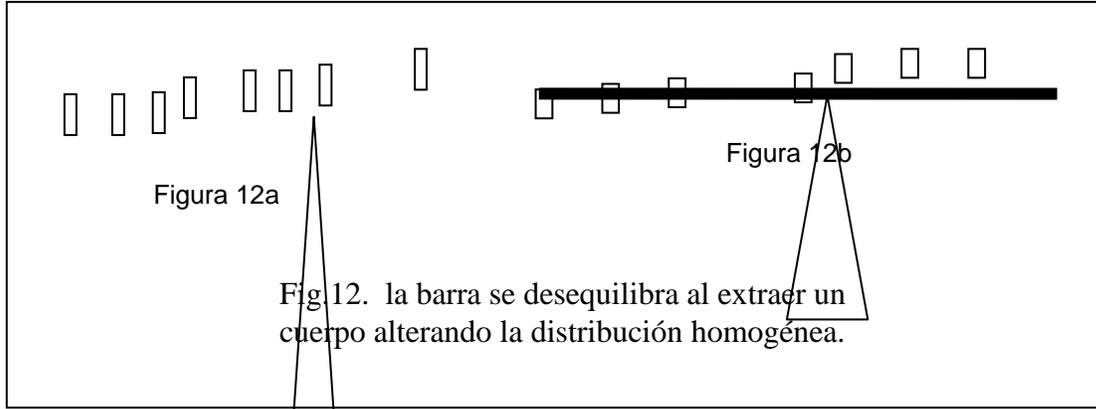
Ahora bien, en consecuencia con el proceso anterior, podemos, realizar una clase (i. e, un conjunto), que representa las acciones equivalentes, es decir, si el peso A y su distancia l al eje de simetría de la barra es igual al peso B y su distancia l' al eje de simetría, entonces: *acción* de A = *acción* de B.



Ahora, para una situación como la configuración en la cual nueve pesos iguales se distribuyen a lo largo de toda la barra, como se muestra en la figura 11, si consideramos que la barra es homogénea y el punto de apoyo se encuentra en el punto medio, siendo los pesos iguales y la distribución es simétrica, puede identificarse un estado de equilibrio en el sistema en virtud a que la *acción* de cada una de los cuerpos a un lado de la palanca es igual a la *acción* de cada una de las masas simétricas al otro lado.

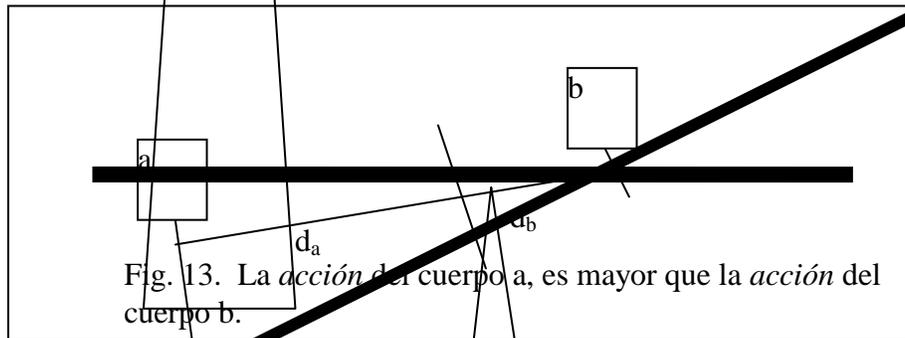


Si se saca del sistema uno de los pesos inmediatamente se romperá el equilibrio y para restablecerlo será necesario colocar un cuerpo de nuevo en su lugar o bien, haciendo una redistribución de los pesos. Ahora, al sacar un peso de cada lado, alterando la simetría con respecto al punto de apoyo (eje de simetría) el sistema pierde el equilibrio y para restablecerlo se deberá colocar cuerpos de nuevo en sus correspondientes lugares, es decir cada peso ejercerá una *acción* en su lugar de ubicación exactamente igual a su simétrica pero diferente a las demás. (Figura 12 a y b)

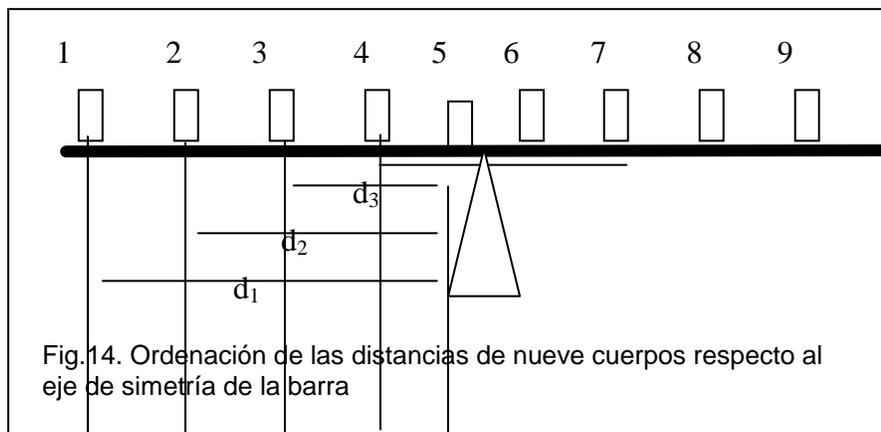


En síntesis, se tiene que, a través de un proceso experimental como el anterior, una *acción* A (o un grupo de ellas), genera un desequilibrio en la barra, haciendo que la barra descienda, entonces la otra *acción* B, situada en el otro brazo de la barra, será menor que A. Lo cual se expresa formalmente así:

Si $P_a = P_b$ y $d_a > d_b$, entonces $\text{Acción } A_a > \text{Acción } A_b$.



Véase ahora cómo se evidencian las acciones de los pesos sobre la barra según su ubicación. Para ello se establece una ordenación en la ubicación de los pesos con respecto al punto de apoyo, precisándose además que los pesos son iguales y están enumerados de uno a nueve colocados en el mismo orden de izquierda a derecha. (Figura 14), entonces las distancias al punto de apoyo serán así: distancia $d_1 > d_2 > d_3 > d_4$. de igual forma se presentará la seriación para el orden en el otro brazo, o sea: $d_9 > d_8 > d_7 > d_6$



Para verificar las acciones de cada uno de los pesos con respecto a las distancias al punto de apoyo, se colocan los cuerpos uno y nueve en sus respectivos lugares; ver figura 15a la cual ilustra un estado de equilibrio en la barra. Ahora al comparar la acción del cuerpo nueve con la acción del cuerpo dos, desde luego en sus respectivas ubicaciones, el equilibrio es roto “inmediatamente” si se sustraen los demás cuerpos, esto es, la palanca se inclina hacia el lado del cuerpo nueve (como era de esperarse) y al observar las distancias de cada uno de ellos con respecto al punto de apoyo, la distancia de ocho es mayor que la distancia de dos, lo cual permite verificar por la vía experimental que las acciones guardan cierta relación de orden respecto al eje de simetría de la barra. Ahora

bien, al restablecer el equilibrio, se puede buscar hacer un agrupamiento de los pesos en una ubicación diferente, haciendo esto colocando el cuerpo nueve en su ubicación inicial y sobre el cuerpo tres se coloca el cuerpo dos, (ver figuras 15b, c, d) donde se ilustra el estado de equilibrio restablecido.

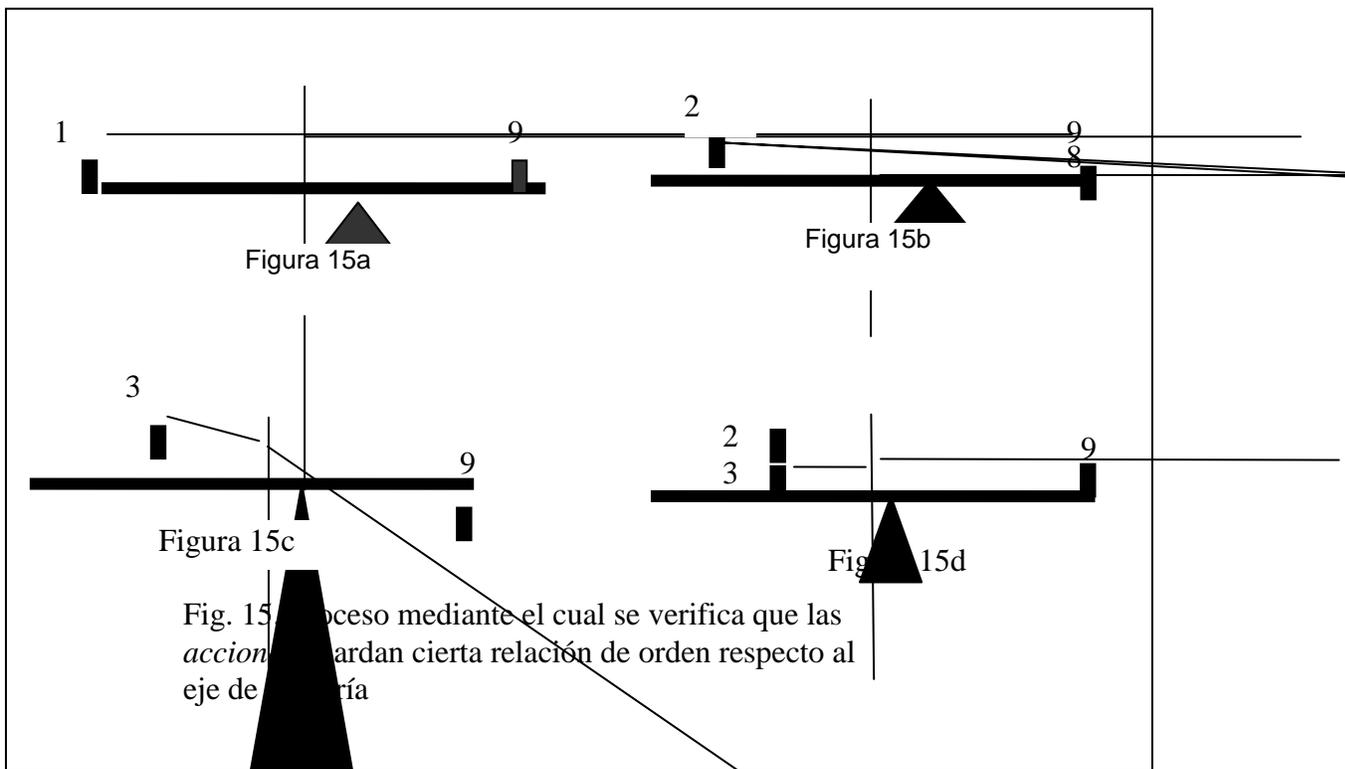
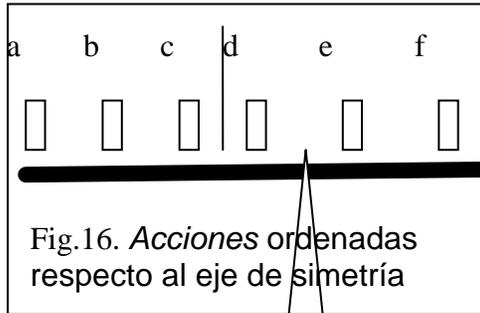


Fig. 15 Proceso mediante el cual se verifica que las acciones guardan cierta relación de orden respecto al eje de simetría

Por ejemplo, en un sistema dado (como el de la figura 16) donde se tiene seis



acciones $A_a, A_b, A_c, A_d, A_e, A_f$. Se observa están ordenadas según la distancia al eje de simetría, lo cual permite ver con relación a las longitudes, que:

- 3 Las acciones se relacionan entre sí dentro de su misma clase, tal que, cada acción se relaciona consigo misma. Estas relaciones permiten establecer que la Acción A_a es idéntica a si misma.
- 4 las acciones se relacionan entre sí, tal que si A_a es mayor que A_b , la acción A_a no es mayor que A_c o es, para toda acción se verifica que en la base de la relación ser mayor que se verifica la propiedad asimétrica, y
- 5 Transitiva, de acuerdo a nuestro sistema, esta propiedad se manifiesta a través de las mismas cualidades de la clase de acciones al confirmarse

$$A_a > A_b \text{ y } A_a > A_c \Rightarrow A_a > A_c \quad \text{y} \quad A_d < A_e \text{ y } A_e < A_f \Rightarrow A_d < A_f$$

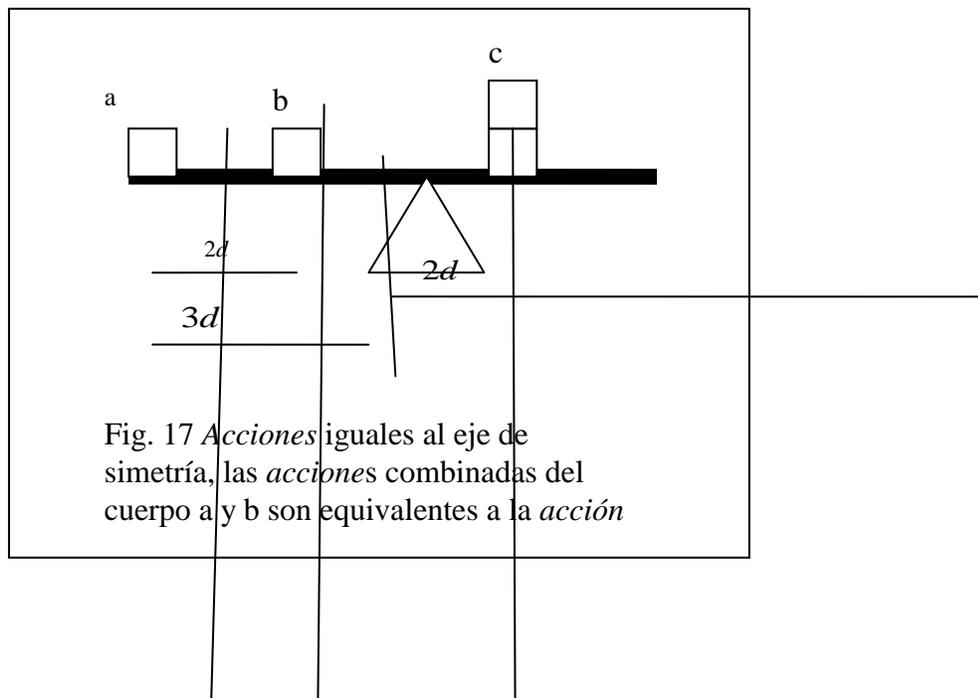
Así, las acciones son una propiedad que gozan todos los cuerpos, que situados sobre una barra, están en relación con el peso y la distancia, variables que determinan los diferentes grados de acción. Es decir, las acciones se ejercen en diferente grado, y es por esto que en términos de la comparación de las acciones, como propiedades de una misma clase, éstas permiten ordenación por

tal grado. Pues, si dos *acciones* son iguales no puede ser mayor una que la otra, es decir, si A_a y A_b son iguales es por que poseen el mismo grado de *acción*.

Luego, las *acciones* son una propiedad que admiten diferencias de grado respecto a los pesos y las distancias al eje de simetría, es decir, las *acciones* son propiedades ordenadas, que exigen una magnitud cuantitativa que exprese más, menos o igual cantidad con respecto a otra medida cuantitativa.

2.6 EL CONJUNTO DE ACCIONES COMO UNA ESTRUCTURA ADITIVA

Respecto a la equivalencia de las *acciones* como una propiedad que se manifiesta entre cuerpos que compartan el peso y distancia al eje de simetría y al conjunto de *acciones* que se presentan en diferentes sistemas en equilibrio (en una palanca), se dijo que admitían ser ordenadas según estructuras formales de la lógica de las relaciones. Ahora bien, con semejante tratamiento de las relaciones formales que nos permiten identificar las *acciones* como una magnitud, cabe preguntarnos acerca de la estructura formal que deben satisfacer las *acciones* para que sea posible cuantificarse, las cuales cumplen ciertas propiedades, como:



3 Para cualesquiera grado de magnitud de las *acciones* A_a y A_b existe un grado de magnitud A_c , tal que: $A_a \oplus A_b = A_c$

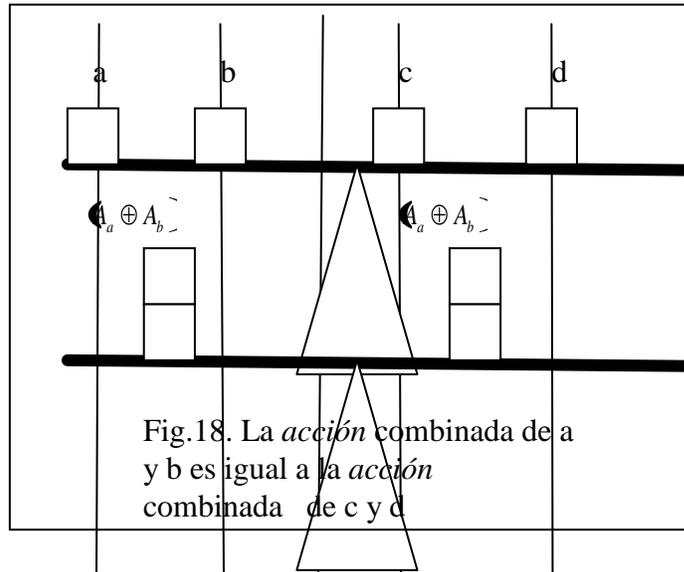
En la configuración que se identifica en la figura 17, la *acción* A_a con relación al peso p , y la distancia $3d$, combinada con la *acción* A_b con relación al peso p y la distancia d , es equivalente a la *acción* A_c de dos pesos ($2p$) y la distancia $2d$.

2. la suma $A_a \oplus A_b$ de cualesquiera grados de magnitud es mayor que A_a o A_b .

Lo cual se verifica a través de la anterior configuración, pues, se observa:

Que la *acción* A_a con relación al peso p , y la distancia $3d$ al eje de simetría de la barra, es menor, que la *acción* A_b con relación al mismo peso p , pero a menor distancia que el peso p , del cuerpo generador de la *acción* A_a ($d < 3d$); las cuales, son independientemente, menores que la *acción* A_c , y que en conjunto equilibran el sistema: las acciones *combinadas* A_a y A_b son iguales a la *acción* A_c , tal que, $A_a < A_c$ y $A_b < A_c$.

3. Si se suman cualesquiera grados de magnitud A_a, A_b en el orden $A_a \oplus A_b$, la combinación (o suma) será igual, en grado de magnitud, a la suma de estos mismos grados en el orden $A_b \oplus A_a$.



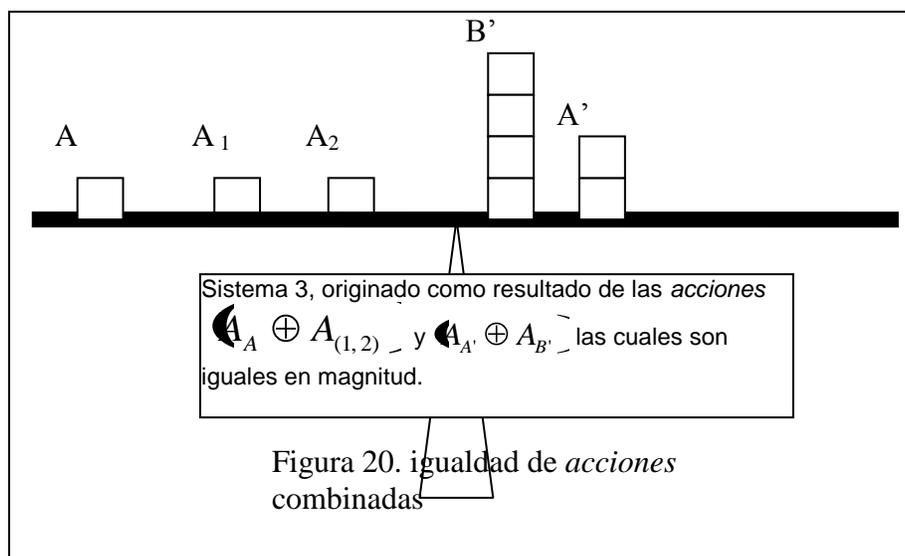
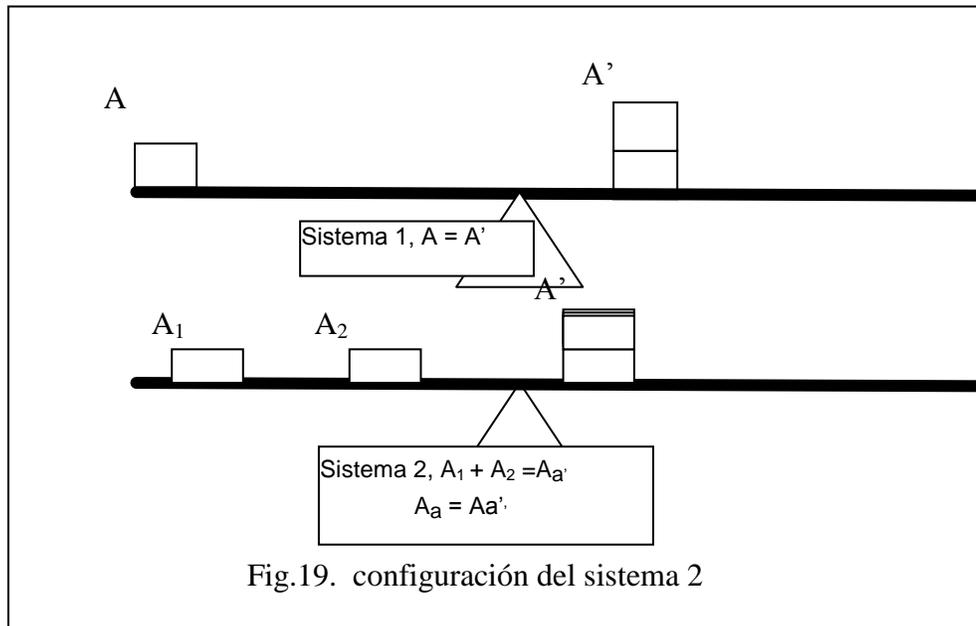
Las acciones A_a y A_b identificadas en cada uno de los brazos de la palanca es una manifestación experimental de esta propiedad, pues, si la acción A_a se combina con la acción A_b se obtiene la acción A_c y la acción A_b combinada con la acción A_a , se obtiene una misma acción A_c .

4. Dados los grados de magnitud $A_a = A_{a'}$ y $A_b = A_{b'}$, la suma

$$(A_a \oplus A_b) = (A_{a'} \oplus A_{b'})$$

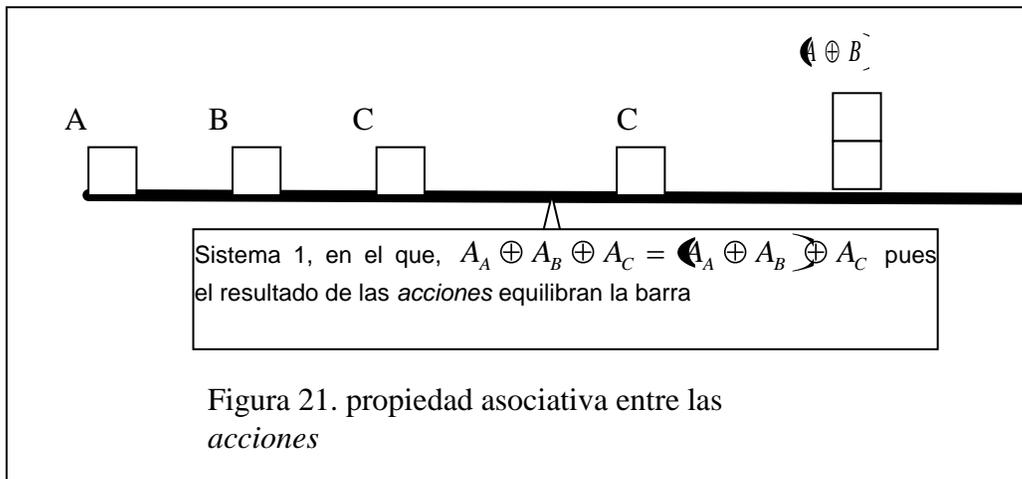
Dadas $(A_{a'} \oplus A_{b'})$ las acciones A_a y $A_{a'}$ equivalentes en el sistema 1 y las acciones A_1 y A_2 , equivalentes a la acción combinada A_A y ésta equivalente a la acción $A_{b'}$ en el sistema 2, se verifica que: la suma de las acciones $(A_a \oplus A_b) = (A_{a'} \oplus A_{b'})$

Como se evidencia a través del sistema 3, en el cual las acciones Combinadas de A_a y A_b son iguales a las acciones combinadas de $A_{a'}$ y $A_{b'}$, generándose un nuevo sistema en equilibrio estático.



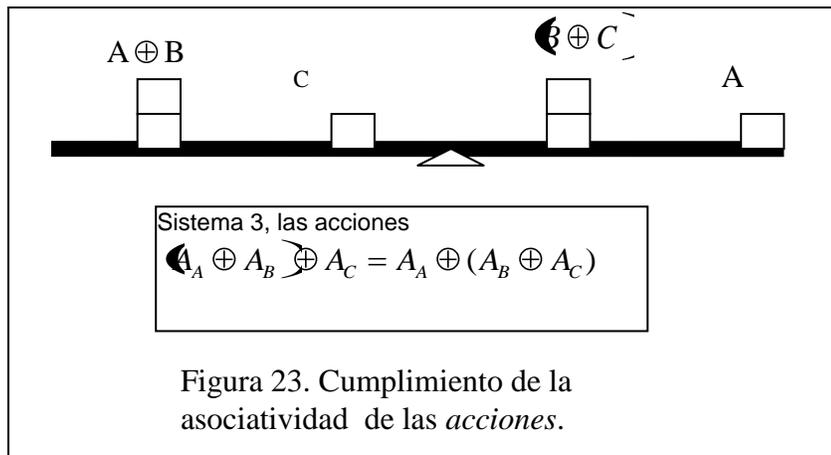
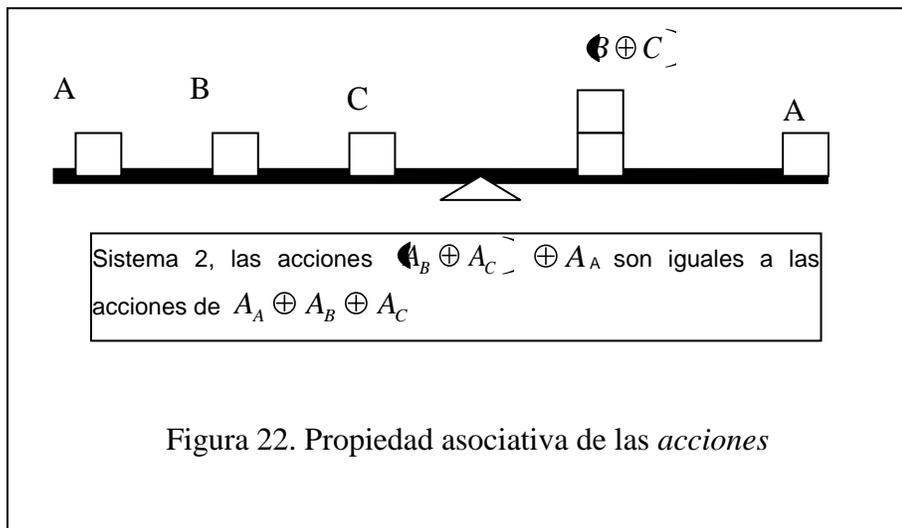
3 Para cualesquiera tres grados de magnitud A_A, A_B, A_C , la suma de $\left(A_A \oplus A_B \right)$ y A_C será igual a la suma de A_A y $\left(A_B \oplus A_C \right)$.

Siendo las acciones nombradas por A_A, A_B y A_C respectivamente distribuidas en un brazo, tal que, al combinar A_A y A_B ($A_A \oplus A_B$) con A_C se genera un sistema en equilibrio estático como el del sistema 1.



Así mismo, al combinar las acciones A_B y A_C ($A_B \oplus A_C$) con A_A se origina un sistema en el cual las acciones son equivalentes con $A_A \oplus A_B \oplus A_C$ y en efecto, los sistemas 1 y 2 serán equivalentes y en consecuencia.

$$A_A \oplus A_B \oplus A_C = (A_A \oplus A_B) \oplus A_C = A_A \oplus (A_B \oplus A_C)$$



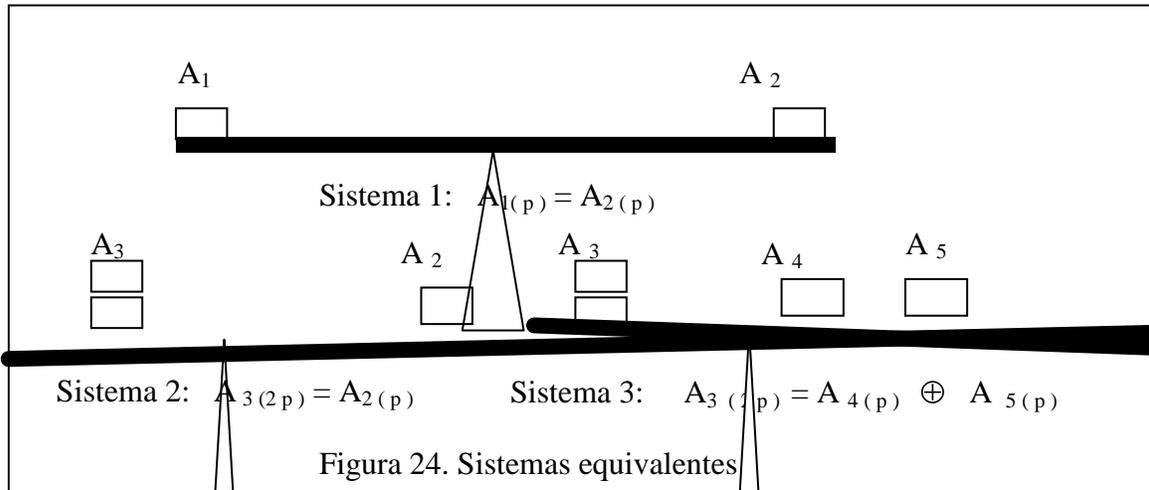
En síntesis, el generar en el conjunto de las acciones una aritmética *formal*, en la cual es posible interpretar las *acciones* en relación con los pesos y las distancias para sistemas en equilibrio estático, manifiesta un modo de representación de las *acciones* con un sistema de estructura similar. En suma, las *acciones* de los

Perspectiva Fenomenológica del Equilibrio Estático

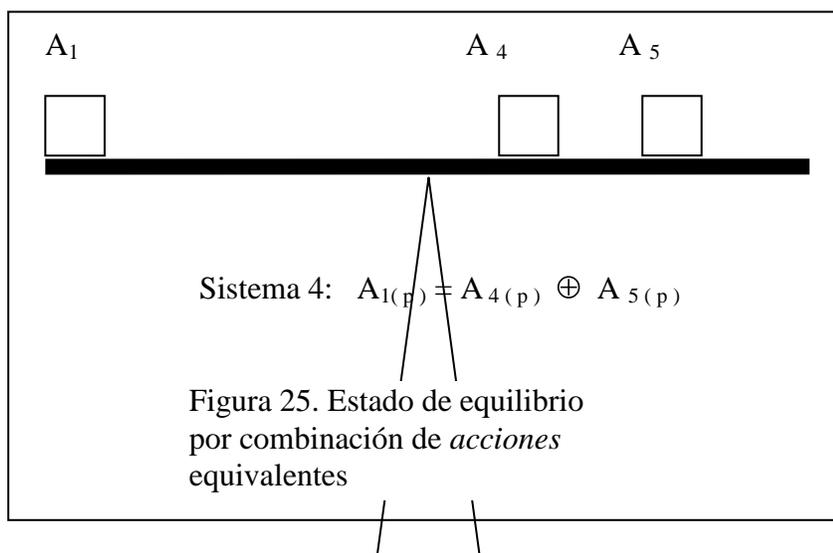
cuerpos respecto a sus pesos y distancias al eje de simetría son una magnitud con propiedades numéricas como las que se acaban de describir.

2.7 RELACIÓN DE EQUIVALENCIA. CONFIGURACIONES DE UN SISTEMA

El concepto de equilibrio estático en una palanca es posible establecerse desde la relación de equivalencia que clasifica las *acciones* de los cuerpos en relación con los pesos de éstos y sus respectivas distancias a los ejes de simetría. Es decir, si en una barra horizontal de brazos iguales, un cuerpo colocado en el extremo de uno de ellos es equilibrado por otro cuerpo idéntico colocado en el otro extremo del otro brazo, es posible partir afirmando que esta es una relación de equivalencia reflexiva, pues el elemento del brazo A caracterizado por el peso P_1 está en relación de *acción* con un cuerpo idéntico B (en peso y forma) en el otro brazo. Igualmente podemos tener la *acción* combinada de dos cuerpos que satisfagan la relación de simetría entre acciones de los cuerpos en relación con los pesos de los mismos. Tal que la *acción* A_3 obtenida por la suma de los pesos es simétrica en su efecto a la *acción* de un solo cuerpo de idéntico peso con el cual interactúan en el otro brazo de la palanca. De modo que al cumplirse esta propiedad de equivalencia – la simetría – los sistemas también serían simétricos. A sí mismo se propone que: las acciones simétricas en sus efectos al eje de simetría de la configuración tres de un nuevo sistema satisface la relación de equivalencia con los sistemas anteriores en virtud a que al sustituir la *acción* de los pesos sobre un brazo de palanca por otro cualquiera de ellos, los sistemas permanecen en equilibrio.



Esto en virtud a que al sustituir las acciones de un brazo de la palanca del sistema 3 por cualquiera de los anteriores se evidenciara que los sistemas permanecen en equilibrio estático. Esto es, si en el brazo derecho del primer sistema lo equilibramos con el brazo derecho del sistema 3 se evidenciara un nuevo estado de equilibrio del sistema, ya que las acciones son simétricas en sus efectos respecto al eje de simetría de la palanca.



Perspectiva Fenomenológica del Equilibrio Estático

Sistema 1: $A_{1(p)} = A_{2(p)}$

—Acciones simétricas en efectos al eje de simetría cuando los pesos son iguales

Sistema 2: $A_{3(2p)} = A_{2(p)}$

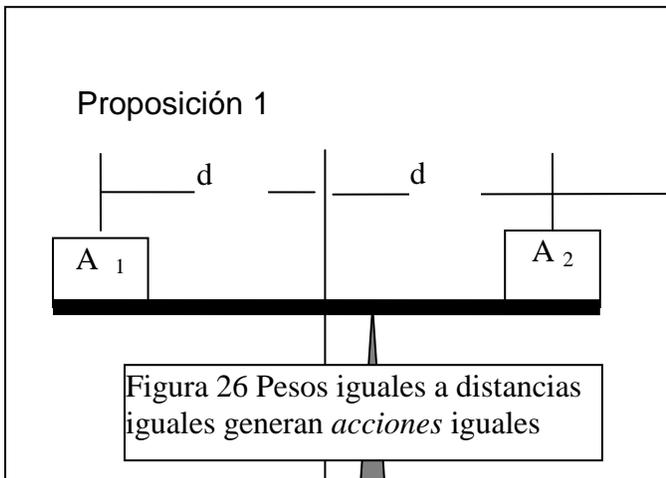
En relación con la suma de los pesos la *Acción* A_3 —es simétrica en sus efectos en relación con el peso de otro cuerpo de *Acción* A_2

Sistema 3: $A_{3(2p)} = A_{4(p)} \oplus A_{5(p)}$

La *Acción* A_3 es simétrica en sus efectos a la *Acción* —combinada (\oplus), A_4 y A_5 de los pesos individuales de cada uno de los cuerpos.

— Los sistemas 1 y 3 son equivalentes

Sin embargo, es muy importante establecer la relación de equivalencia entre sistemas, a través de las relaciones de distancia con las acciones de los cuerpos que intervienen en una determinada configuración. En este sentido las interacciones entre los cuerpos de un sistema – palanca -varían en relación con el peso de los cuerpos y sus distancias tal que respecto a un eje de simetría, las *acciones* son simétricas en sus efectos. Este postulado se probara a través de las siguientes proposiciones.

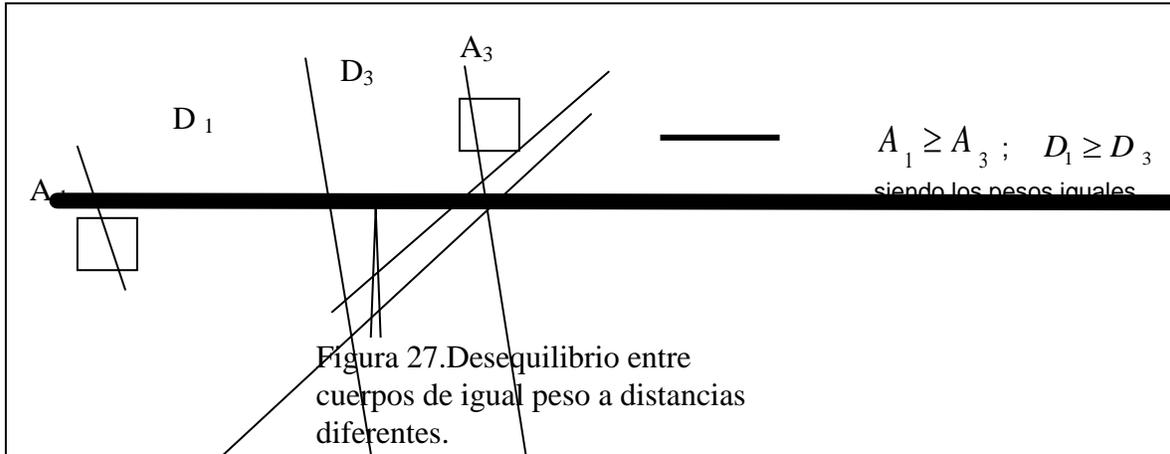


Las *acciones* A_1 y A_2 de los cuerpos son iguales en sus efectos al eje de simetría

de la barra

$$A_1 = A_2 \text{ en relación con } d_1 = d_2$$

Al colocar un tercer cuerpo de igual peso pero en una posición d_3 menor que d_2 el sistema anterior se desequilibra, al descender a manera de giro el sistema, es evidente que el efecto sobre la palanca al plano de simetría es mayor para el cuerpo de acción uno, A_1 , que para el cuerpo que genera la acción tres, A_3 . por tanto: $A_1 \geq A_3$ En virtud a las distancias $D_1 \geq D_3$.

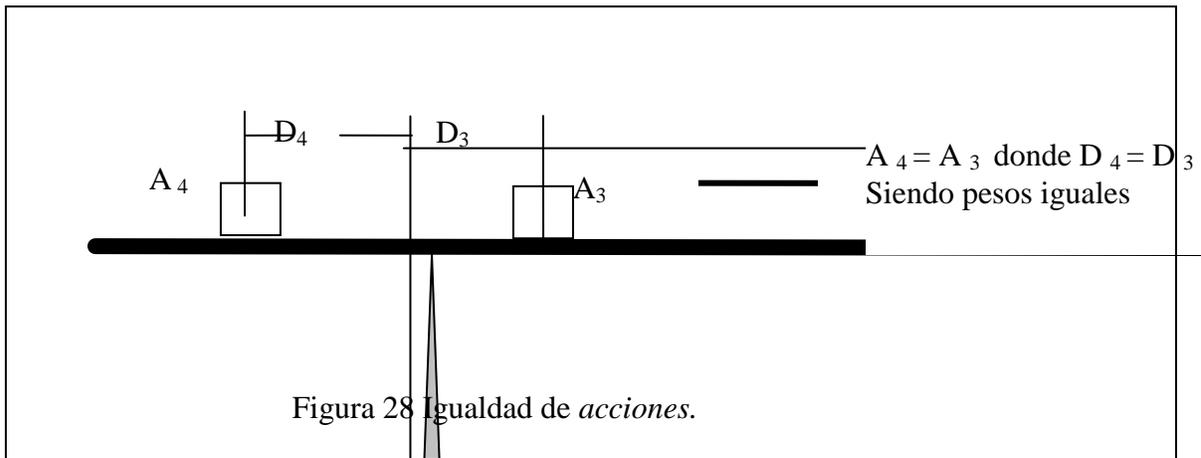


Proposición 2.

Las acciones A_4 y A_3 son simétricas en sus efectos al plano de simetría de la palanca; a si mismo puede notarse que la acción cuatro es menor que la acción uno, pues si la acción uno es mayor que la acción tres y la acción tres es igual a la acción cuatro entonces la acción cuatro es menor que la acción uno, de donde se desprende el echo de generar una configuración tal que si:

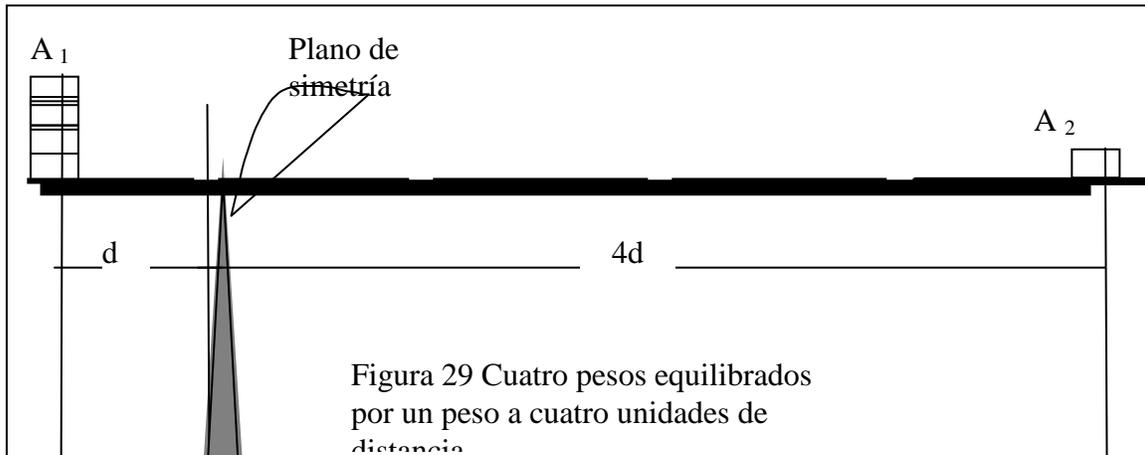
$A_1 = A_2$ y $A_4 = A_3$ entonces $A_1 \oplus A_4 = A_2 \oplus A_3$. implicara que la combinación de acciones de pesos equivalentes distribuidas uniformemente en

una barra están en equilibrio cuando las distancias relativas de los cuerpos al eje de simetría están en la misma relación de orden que las *acciones* de los cuerpos entre si.

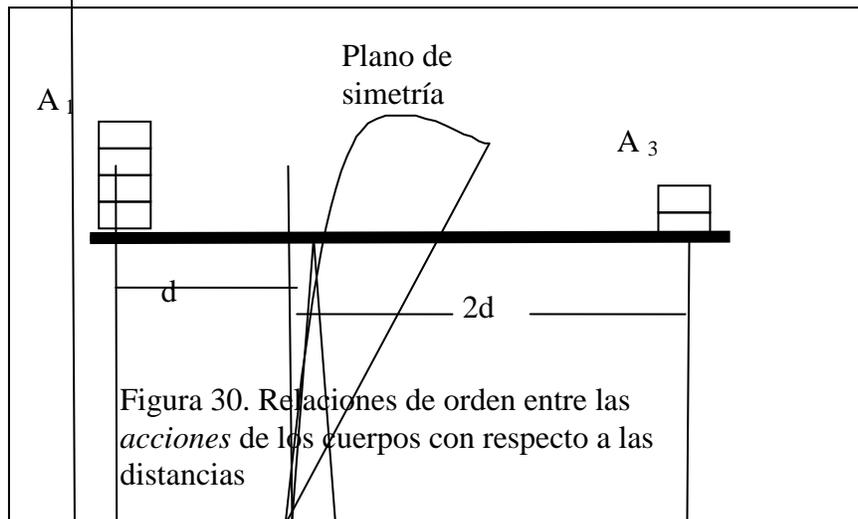


Proposición 3.

Reconociendo que *acciones* simétricas con relación a sus pesos generan sistemas equivalentes, igualmente estas *acciones* estarán en proporción a sus distancias.



De lo cual se puede mostrar que el sistema está en equilibrio y la *acción* (en relación con la suma del peso de los cuerpos) es simétrica en sus efectos a la *acción* dos en relación con el peso del cuerpo. Así mismo, la *acción* de los cuerpos parece estar en relación de orden con sus distancias. Pues la *acción* uno está a menor distancia que la *acción* dos. Lo cual será evidente al generar nuevos sistemas en estados de equilibrio los cuales serán equivalentes en sus *acciones* bajo el mismo criterio de orden entre las distancias de las *acciones* al eje de simetría de la palanca.



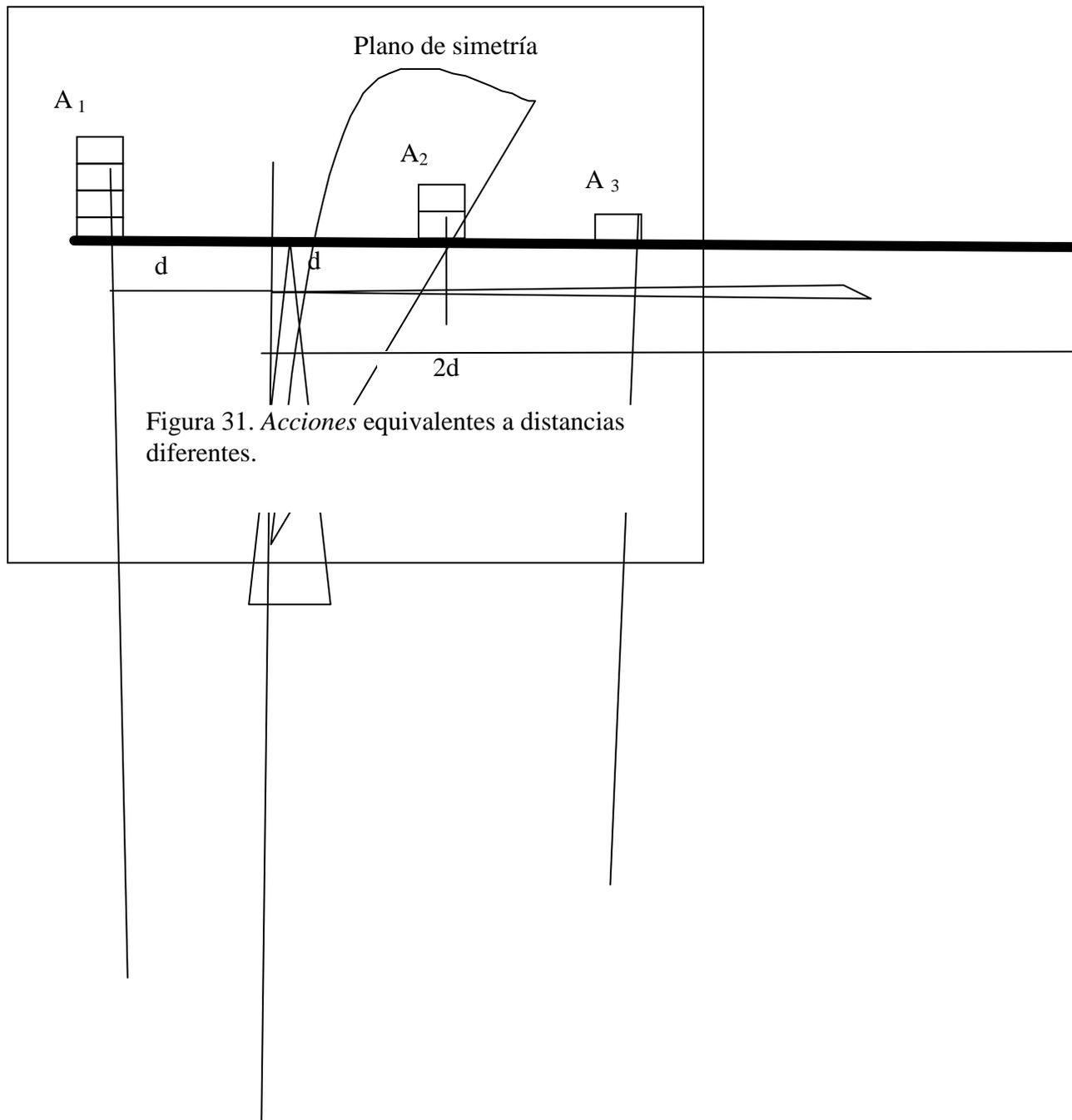


Figura 31. Acciones equivalentes a distancias diferentes.

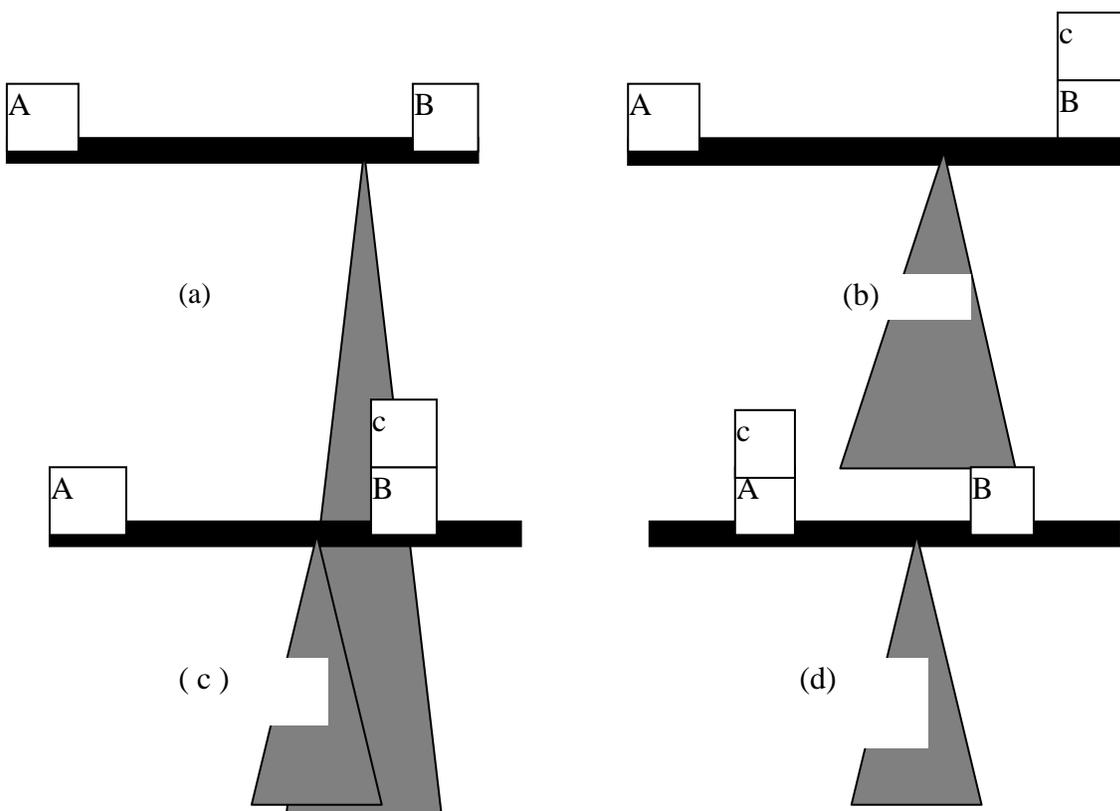
Perspectiva Fenomenológica del Equilibrio Estático

CAPÍTULO 3 CAPITULO III

TALLERES DIDACTICOS

3.1 TALLER 1: FENOMENOLOGIA

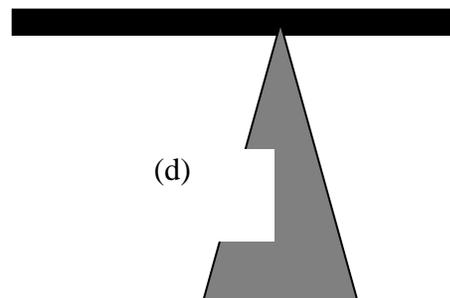
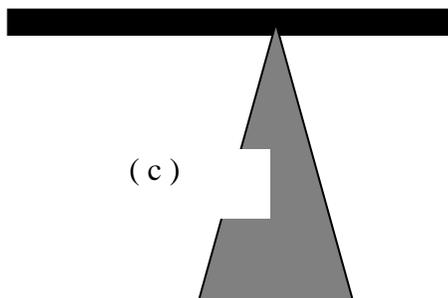
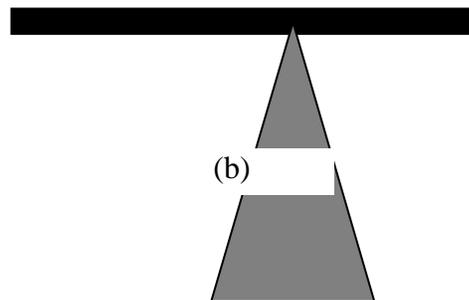
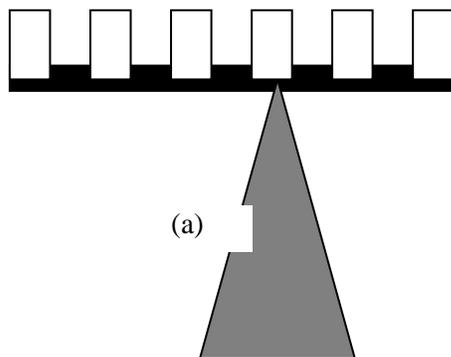
En las siguientes configuraciones, donde pesos iguales ($A = B = C$) descansan sobre una palanca que se apoya sobre un pivote colocado en su punto medio.



Perspectiva Fenomenológica del Equilibrio Estático

1. De acuerdo con las situaciones anteriores ¿cuál (es) configuración(es) pueden permanecer en equilibrio?, ¿cuál (es) son sus criterios empleados para determinar que están en equilibrio, y / o en desequilibrio? Explique.

2. Dados seis cuerpos de igual peso, como se muestra en la figura (a), construya nuevas y diferentes configuraciones con los criterios empleados anteriormente para conseguir estados de equilibrio. ¿Cuáles son las diferencias y semejanzas que se encuentran en las diferentes configuraciones?



Perspectiva Fenomenológica del Equilibrio Estático

3. Elabora una lista de las propiedades que influyen en la determinación del equilibrio en las situaciones estudiadas. ¿Cómo se relacionan estas variables, en las diferentes configuraciones, para conseguir un estado de equilibrio? Explique cómo influyen.

3.1.1 JUSTIFICACIÓN: TALLER 1 (FENOMENOLOGÍA)

La identificación de una situación implica tener una idea, tal vez como conocimiento común, de un aspecto de la realidad.

En este taller para alumnos del grado décimo (10), se quiere explorar inicialmente a través del lenguaje escrito y oral ideas asociadas a los estados de equilibrio, esto con el ánimo de llegar a describir el concepto de acuerdo con las experiencias iniciales y representaciones mentales del fenómeno por parte de los estudiantes, para lo cual se parte de situaciones gráficas, por medio de las cuales se espera establezcan relaciones entre el concepto y el fenómeno físico que éste representa para que así se llegue a establecer nexos entre los conocimientos y experiencias comunes de los estudiantes y el concepto físico de equilibrio estático como fenómeno, aspecto necesario en la construcción y aprendizaje del concepto.

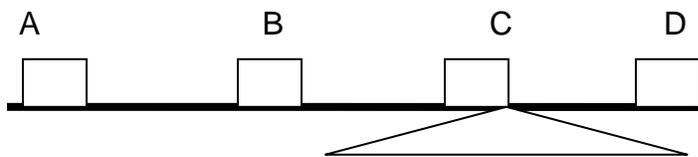
Así mismo es pertinente iniciar un reconocimiento de las propiedades que al relacionarse permiten constituir coherentemente una idea del equilibrio.

Perspectiva Fenomenológica del Equilibrio Estático

3.2 TALLER 2: PROPIEDADES

En la actividad anterior se reconoció el estado de equilibrio, así mismo se identificaron propiedades como peso y distancia, que al relacionarse generan situaciones en equilibrio.

- 3 En una situación de equilibrio como la mostrada en la siguiente configuración, los cuerpos A, B, C, D que tienen igual peso están colocados sobre una barra homogénea (distribución uniforme de peso).



¿Cuál es la causa o condición para que el sistema esté en equilibrio?.

2. Construir con base en los criterios anteriores atribuidos al sistema otras configuraciones que igualmente estén en equilibrio. Conservando el número de cuerpos, es decir, sin sacar o introducir nuevos cuerpos. Compare sus configuraciones con la anterior, ¿Qué relaciones entre variables o propiedades se conservan y cuáles no?.

3. Realice varias configuraciones donde el número de cuerpos a un lado sea “diferente” al del otro lado, conservando el mismo número de cuerpos del sistema para que éste esté en equilibrio. Respecto a lo observado ¿Cuáles propiedades

cambian? ¿Las relaciones se mantienen? ¿Qué relación se pueden establecer respecto al punto de apoyo?.

4. Proponga un término que represente la relación peso y distancia, tal que éste sea común a todas la configuraciones (equilibrio / desequilibrio). Explique su significado.

3.2.1 JUSTIFICACIÓN: TALLER 2 (PROPIEDADES)

En esta actividad se pretende reconocer, mediante la distribución simétrica de los pesos sobre la barra con respecto a un eje fijo, un criterio para establecer el equilibrio, para lo cual se parte de la observación y análisis de las propiedades (peso y distancia) mediante comparaciones respecto a las acciones que ejercen sobre el sistema cada uno de los pesos, aspecto necesario para el adecuado desarrollo del concepto de equilibrio estático en el estudiante.

Así mismo, se espera identificar en distribuciones asimétricas dicho estado, desde donde se podrá identificar entonces, por comparación con la distribución simétrica, la propiedad que surge de la relación distancia y peso.

A través de la plenaria los estudiantes expondrán sus hallazgos, en donde se harán explícitos los conceptos que se relacionan para identificar la propiedad *acción* como una relación entre peso y distancia al eje de simetría.

3.3 TALLER 3 : RELACION DE ORDEN DE UNA PROPIEDAD

En la actividad 2, se identifican propiedades tales como el peso, la distancia, las cuales distribuidas simétrica y / o asimétricamente en una barra, permitían identificar por medio de la relación entre ellas una nueva propiedad: *Acción*.

3 (a) Dada una regla apoyada en un pivote y dos cuerpos de igual peso, a y b, proponga una configuración de equilibrio. ¿Cómo entender que la *acción* A_a es igual a la *acción* A_b ? Construya con otros cuerpos(4) de igual peso situaciones de equilibrio ¿son éstas equivalentes a las anteriores? Explique.

(b) Si desplaza el cuerpo b una distancia $d/2$ ¿Cuál *Acción* es mayor entre A_a y A_b ? Explique la razón por la cual la *Acción* aumenta o disminuye.

(c) Para un tercer cuerpo colocado a $d/4$ del eje de simetría, compare las Acciones anteriores respecto a esta.

¿Cuál es la relación de orden entre las Acciones A_b y A_c .

(d) Utilizando los símbolos " $>$ ", " $<$ " o " $=$ ", identifique las relaciones de orden obtenidas:

- | | | | |
|---|-------|-------|-------|
| 3 | A_a | A_a | |
| 4 | A_a | A_b | |
| 5 | A_a | A_b | A_c |
| 6 | A_a | A_c | |

2. Haga un montaje con la regla, el pivote y 6 cuerpos de pesos iguales como se ve en la figura.

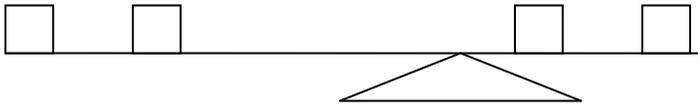
Perspectiva Fenomenológica del Equilibrio Estático



a. Realizando movimientos de los pesos entre los brazos del sistema, construya la relación de orden menor, mayor o igual que, entre las acciones explicando las condiciones necesarias para mantener este orden.

b. Con base en lo anterior realice una clasificación del orden entre las acciones que se identifican en cada brazo de la barra y haga una generalización para este orden.

3. Partiendo de la configuración ilustrada en la figura, realice el montaje.



En este estado es posible reconocer algunas relaciones de orden, realice algunos movimientos de los cuerpos libremente. Establezcan el orden de las Acciones y clasifíquelas según la relación entre las variables.

3.3.1 JUSTIFICACIÓN: TALLER 3. (RELACION DE ORDEN DE UNA PROPIEDAD)

A través de esta actividad se pretende determinar que la *acción* es una propiedad que permite una ordenación y que por tanto adquiere el carácter de magnitud, lo cual permite hacer evidente cómo lo que a través del lenguaje común se expresa con los términos más que y menos que, usualmente empleamos para comparar cualidades y atributos de objetos o situaciones, es posible establecer equivalencias con la relación mayor, menor o igual que, semejantes a la de un sistema numérico.

En esta actividad es relevante y por ende significativo el reconocimiento de las propiedades reflexiva, antisimétrico y transitiva para que las acciones satisfagan la relación de orden. Para ello, a través de una experiencia se deberá reconocer la ordenación de las Acciones.

TALLER 4a CUANTIFICACION

En la actividad anterior se estableció que las Acciones se pueden ordenar y en virtud a ello las Acciones se constituyen en una Magnitud.

1. Dado 4 cuerpos los cuales se disponen sobre una barra horizontal, genere un sistema en estado de equilibrio, tal que, dos Acciones sean iguales A y B, y una tercera *Acción* sea la que equilibre el sistema. ¿Cuánto mayor es esta *Acción* con respecto a las Acciones A y B.?

2. En una nueva configuración donde las *Acción* A y B son diferentes, genere mínimo 2 configuraciones tal que la *Acción* C equilibre dos sistemas cuando $A + B$ y $B + A$; ¿La *Acción* C tendrá el mismo valor en ambas situaciones?. Explique.

3. Para una nueva configuración donde las *Acción* A, B, C son diferentes, genere situaciones de equilibrio tal que:

$$3 \quad (A + B) + C = D$$

$$4 \quad A + (B + C) = E$$

$$5 \quad (A + C) + B = F$$

¿Serán D, E y F diferentes si, no y porqué?.

4. ¿En qué configuración una *Acción* B sumada con B da la misma *Acción* A?
¿Qué significado tendrá la *Acción* B?. ¿Qué valor tendría?

3.4.1 JUSTIFICACION: TALLER 4A. (CUANTIFICACIÓN)

Habiéndose establecido que la propiedad *Acción* es una magnitud en virtud a que es ordenable, es decir, que existe una *Acción* (A') que precede a A y que A precede a A' , tal que (A') es menor que A , al igual que ocurre en un conjunto numérico como los reales.

La cuantificación de las Acciones en este Taller tiene como intención mostrar el proceso sobre el que se construye la *Acción* como una magnitud cuantificable esto es, que satisfaga las propiedades de una estructura formal de adición.

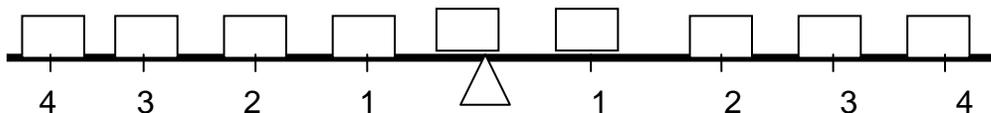
Se quiere que el estudiante reconozca las propiedades de adición de Acciones, con el fin de ver si la clase de acciones satisface cardinalidad, es decir, debe quedar claramente establecido que si una *Acción* se representa por un número, este número puede ser no solamente mayor, menor o igual que otro, sino que puede ser tantas veces mayor o menor que otro número.

3.5 TALLER 4 B: CUANTIFICACIÓN

RELACIONES DE PROPORCIONALIDAD ENTRE LAS VARIABLES PESO Y DISTANCIA

A través de la actividad anterior, se logra identificar que las acciones se cuantificaban, al satisfacer las propiedades de la suma en un conjunto numérico, de manera que si una *acción* es igual a otra *acción*, la suma de ellas es igual al doble de las acciones individuales; Así mismo se establecerá que si una *Acción* A, se suma con su doble 2 A, se obtendrá una *Acción* tres veces mayor que A.

1. (a) Dada una configuración como en la figura. Donde hay una distribución uniforme de cuerpos, siendo que las acciones de cada uno de los cuerpos están en relación con la distancia al eje de simetría. Construir una gráfica en el plano cartesiano que represente la relación Acciones y distancias. Establecer en dicha gráfica la relación de proporcionalidad entre Acciones y distancias.



- En la gráfica anterior determina la constante de proporcionalidad.
- Establezca la dimensión de la constante de proporcionalidad
- ¿Cuál es el significado Físico de la constante de proporcionalidad?
- Identifique la expresión matemática de la relación entre las dos variables.
- A partir de esta expresión matemática determine una nueva situación de equilibrio y construya la configuración del sistema ¿ es ésta situación de equilibrio equivalente con la situación dada? Explique.

2. Para la configuración anterior dada generar situaciones de equilibrio tales que para una distancia fija, se aumenta o disminuye el peso.

Construya la gráfica que relaciona la *Acción* con el peso, y establezca la relación de proporcionalidad entre las variables.

- ¿Cuál es la dimensión de la constante de proporcionalidad?
- ¿Cuál es el significado Físico de la constante de proporcionalidad?
- ¿Cuál es la expresión matemática que relaciona la *Acción* con el peso?
- A partir de esta expresión matemática determine una nueva situación de equilibrio y construya la configuración del sistema ¿ es ésta situación de equilibrio equivalente con la situación dada? Explique.

4. (a). Situados dos cuerpos de pesos iguales, a cuatro unidades de distancia, cada uno, al eje de simetría de la barra. A partir de esta situación de equilibrio, genere otras situaciones, tales que, las acciones sean equivalentes a los de la situación. Describa los cambios ocurridos en cada sistema.

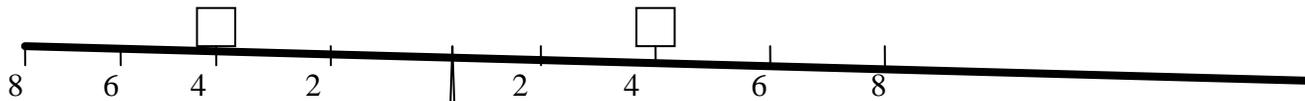


Figura a.

(b) suponiendo que dos de los sistemas generados, son los que se muestran (figura b), ¿ podrá “sustituirse” las acciones de un sistema en otro? Justifique su respuesta.

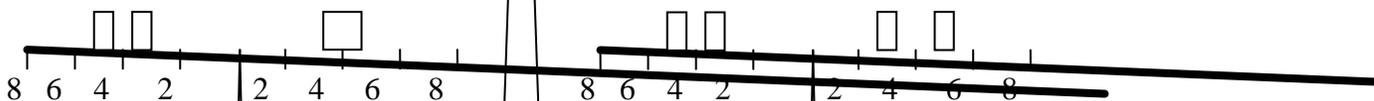
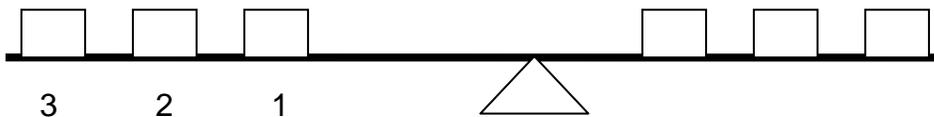


Figura b

(c) Realice una gráfica que represente la relación de las variables que cambio en la situación (a) de este numeral, identifique en la gráfica el punto que corresponde a la situación anterior e interprete lo que “representa” este punto, para sistemas equivalentes.

5. (a) De la configuración inicial 1, genere situaciones de equilibrio, tales que el movimiento de cuerpos sea en un solo lado de la barra, no necesariamente manteniendo el mismo número de cuerpos del lado en que están haciendo el movimiento de cuerpos.

(b) Para una nueva configuración como en la figura de este literal se muestra. Genere situaciones de equilibrio tal como lo hizo en “a”.



(c). Construya las gráficas de pesos y distancias en un mismo plano cartesiano, para (a) y (b) respectivamente. Interpreta cada una de las gráficas y establece diferencias y semejanzas entre ellas.

(d) Linealiza la gráfica obtenida anteriormente, es decir, gráfica P en relación con d^{-1} . ¿Qué significa la pendiente en cada gráfica?. ¿Cuál es la dimensión de la pendiente? ¿Cuál es la expresión matemática que identifica entonces la gráfica obtenida en (c)

5. Con base en la expresión matemática anterior construye sistemas en equilibrio, tales que estos sean equivalentes ¿Por qué son equivalente? ¿Cuáles no son equivalentes?

3.5.1 JUSTIFICACIÓN: TALLER 4B (RELACIONES DE PROPORCIONALIDAD ENTRE LAS VARIABLES PESO Y DISTANCIA)

Con relación a la magnitud *Acción* es necesario ver el “comportamiento” de las variables que están correlacionadas, lo cual será pertinente realizar a través de una situación experimental y de varias sesiones de discusión (plenarias).

En la primera actividad de este taller, el estudiante deberá notar que para pesos iguales distribuidos uniformemente sobre la barra, las Acciones de un lado, análogo al del otro brazo, son directamente proporcionales a la distancia, lo que permitirá construir el concepto de equilibrio desde la relación *Acción*-distancia; lo propio ocurre para *Acción*-peso, donde el concepto de equilibrio estará identificado por la relación *Acción*-peso.

En este mismo proceso, el análisis dimensional de la pendiente, permitirá ver las magnitudes relacionadas y con respecto a ello, consolidar el concepto de *Acción* en relación con la distancia y el peso.

Ahora bien, consecuentemente con las gráficas anteriores, *Acción* - distancia y *Acción* – peso y sus respectivas interpretaciones, viene la construcción de las gráficas P - d, las cuales se pide sean graficadas en un sólo plano cartesiano, donde se construirá y se obtendrá una relación inversamente proporcional entre

distancia y peso, relación que de una u otra forma constituye el concepto de equilibrio en una barra.

En este mismo proceso de construcción de relación será necesario que el estudiante genere un nuevo concepto, el cual, corresponde a sistema equivalente, pues al construir una serie de configuraciones diferentes para un mismo valor de *Acción* (el número que representa la *Acción*), el cual deberá ser el mismo, ser invariante para cada sistema generado y por tanto deberá concluir que dos sistemas serán diferentes cuando el número que representa la *Acción* es diferente. Esto es, Acciones diferentes de un sistema a otro generan sistemas diferentes en estado de equilibrio.

CONCLUSIONES

Es innegable el avance logrado por la física bajo los principios rectores del pensamiento mecanicista, sin embargo, en la actualidad se requiere de elementos de pensamiento más reflexivos para explicar y comprender los fenómenos físicos, lo cual puede lograrse por medio de constructos imaginarios no solo de orden algebraico (aplicación de ecuaciones), sino también de orden de experimentos mentales ajustables a la “realidad”²⁸ establecida por los modelos matemáticos que validan la solidez de los conceptos teóricos que intentan explicar un “fenómeno”.

La física newtoniana presenta los fenómenos como realidades fijas y ya organizadas, donde se da la sensación de que ya todo está determinado y perfectamente construido, lo cual nos permite afirmar que este modelo mecanicista es demasiado austero al caracterizar las variables por medio de las cuales se resuelven los problemas, tales como el equilibrio estático, desde los axiomas matemáticos que refinan los principios físicos desde los cuales se trata la sumatoria de fuerzas y torques, pues la estructura matemática sobre la cual se fundamenta permite calcular cualquier cantidad que tenga incidencia en la situación mecánica, ya que solo se busca confirmar matemáticamente las condiciones iniciales sin preocuparse por explicar el significado físico de los estados de un sistema.

Ahora bien, una perspectiva de construcción de un concepto en un problema objeto de estudio, como el equilibrio mecánico, en la enseñanza, es la

²⁸ Realidad: resultado de la percepción sensorial en primera instancia, lo cual se constituye en el punto de partida para la producción de conocimiento científico.

fenomenológica, desde la cual el sujeto que conoce, a través de su forma de ver la realidad y de describir los sistemas de relaciones, es quien determina en forma particular (o colectiva) el conocimiento acerca de un objeto de estudio, porque es en torno a su manera de conocer que la ciencia se construye, y en este sentido puede decirse que es el sujeto el que hace ciencia. Así mismo es menester implicar los procesos metodológicos desarrollados para abordar las problemáticas.

Con base en lo anterior, queremos resaltar del enfoque *fenomenológico* la pertinencia de él en el proceso de aprendizaje y de su incidencia en la enseñanza de la ciencia. Por que desde él, es posible establecer caracterizaciones de situaciones problemáticas objeto de estudio, tal que desde un “lenguaje natural” con el cual se describe la realidad que se constituye en objeto de conocimiento, el cual es construible a partir de un entramado de variables que sean el producto de un análisis reflexivo y que bajo una estructura lógica relacional (por ejemplo de equivalencias, de orden y proporcionalidad) se de cuenta de los acaecimientos naturales como el equilibrio mecánico.

Entendiendo que la física está basada en mediciones y que los conceptos físicos se construyen a partir de la identificación de las propiedades que caracterizan el fenómeno, es necesario apropiarse de una forma para descubrir cómo se pueden medir las propiedades que intervienen en una situación física, sean éstas de carácter vectorial o escalar. El torque es considerado como una magnitud de carácter vectorial por que es el resultado de una operación entre vectores: Producto cruz entre el vector fuerza y el brazo de acción -radio vector- a la línea de acción de la fuerza relativo a un punto de giro. De esta manera el torque es cuantificado como magnitud vectorial, sin embargo, *la acción* – torque - como un escalar podrá ser medible como resultado de la relación entre el modulo o medida de la fuerza y el modulo o medida del radio vector, las cuales son cantidades de

tipo escalar que producen una magnitud del mismo nivel: escalar, en este sentido se anuncia que la acción es una magnitud escalar.

La clasificación de los conceptos *acción*, peso y distancia, permiten hacer agrupaciones de conformidad con una cualidad atribuida y contrastada empíricamente, según las relaciones dadas para dichos conceptos. Ahora bien, para efectos de la comparación es menester establecer criterios comparativos, desde los cuales se pueden establecer relaciones de precedencia y equivalencia entre las variables en el ámbito del equilibrio estático en la palanca. En este sentido, desde las propiedades, se puede afirmar si un elemento es “mayor” o “menor que” otro con relación a una característica.

Además, al cumplirse la relación de equivalencia, es factible hacer clasificaciones con ellos, pero sin embargo, con todo y sus escalas ordinales y dado su proceso de construcción, solo con ello no es posible responder al criterio de cardinalidad de la magnitud de la *acción*, pues carece del componente de la estructura matemática que se lo permita, por ejemplo de la adición en el conjunto de los números reales, la cual permite establecer un isomorfismo con la estructura de tal conjunto y consecuentemente posibilita la operación cognoscitiva de cuantificar y medir la *acción*.

De esta manera podemos afirmar, que el concepto de equilibrio se construye desde la propiedad *acción*, la cual es a la vez un concepto cualitativo, comparativo y cuantitativo, dada la lógica interna de su proceso de construcción. Así por ejemplo, el concepto de *acción*, dados varios objetos que interactúan en una palanca, permite responder cuanta es la cantidad de acción que hay en un sistema para que este se encuentre en estado de equilibrio y que este sea o no equivalente a otro sistema y en cierta forma establecer una ordenación en términos de precedencia de la cualidad a la que se refiere el valor de la *acción*.

Ahora bien, es importante realzar los criterios de clasificación y comparación, pues estos se hallan inmersos en las estructuras conceptuales que son simplemente descriptivas en un lenguaje común, ya que podemos afirmar que las explicaciones son elaboraciones por fuera de lo que ellas delimitan en términos de causalidad.

Finalmente, el esfuerzo por conocer en las ciencias experimentales como en la física y en este caso en particular el del equilibrio estático en una palanca, debe orientarse dentro de un eje temático constituido como problema de conocimiento, a la construcción de conceptos métricos (propiedades medibles) y de las interacciones que se hacen aparecer de las variables con los cuales se configura el problema.

Es así como para el tratamiento de situaciones de equilibrio presentadas a través de una barra rígida y homogénea, dispuesta horizontalmente y sobre la cual se hace una distribución arbitraria de cuerpos, se pueden armar diversas configuraciones donde los sistemas sean equivalentes, logrando a través de las diferentes formas de los sistemas, establecer sistemas de relaciones entre las acciones de los cuerpos, que den cuenta de los estados de equilibrio. En lo cual es indiscutible, el proceso de construcción del concepto de equilibrio, y la participación del sujeto que conoce en su propio juicio acerca del problema estudiado y del cambio metodológico implicado bajo esta perspectiva fenomenológica del equilibrio estático.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO R. Marcelo, Acosta M. Virgilio. Introducción a la Física Tomo I. Editorial Cultural Ltda.. Bogotá, Colombia. 1986.

ARONS, Arnold B. Teachig Introductory Physics. United of America. 1992.

CASSIRER, Ernst. Fin y método de la física teórica, tomado de Ernst Cassirer. El problema del conocimiento, fondo de cultura económica, México, 1986, tomo IV.

CAMPBELL, Norman R. Medición tomado de James R. Newman. Enciclopedia Sigma, Tomo V, Editorial Grijalbo, Aragón - Barcelona 1994.

CHAMORRO, Maria y BELMONTE, Juan, "Conceptos relacionados con el de Magnitud" e " Importancia de la medición". Tomado de: El problema de la medida". Editorial Síntesis S.A., Madrid España 1994.

GALLEGO, Badillo. Rómulo. Discursos Constructivistas sobre las ciencias experimentales, una concepción actual del conocimiento científico, Editorial Mesa Redonda, 1996.

GASKING, Douglas. "La matemática y el mundo". Tomado de: Newman, James R. El mundo de las matemáticas, Enciclopedia Sigma Tomo V. Editorial Grijabo S.A., Barcelona-Buenos Aires, México D. F., 1980.

GUIDONI P. Arca M. Sistemas y Variables. Seminario Didáctico de la facultad de las ciencias. Universidad de Nápoles, Italia. Traducido de María mercedes Ayala y

Perspectiva Fenomenológica del Equilibrio Estático

Priscila Castro. Departamento de Física. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

MACH, Ernst. El concepto, tomado de Ernst Mach, conocimiento y error, editorial Espasa, Calpe, Argentina S.A. Buenos Aires, 1948.

NEWMAN, James R. "El mundo de las matemáticas". Ediciones Grijalbo, S. A., Barcelona-Buenos Aires, México D. F., 1980.

SERWAY, Raymond A." Física Tomo I." Editorial Mc Graw-Hill, México, 1996.

TRUESDELL, C. "Ensayos de historia de la mecánica". Editorial Tecnos, Madrid-España, 1975.

VALERO, Michel." Física fundamental I ". Editorial Norma, Bogotá Colombia1996.

WARTOFSKY, Marx. Introducción a la filosofía de la ciencia, I. Alianza Editorial, S.A. Madrid, 1973.