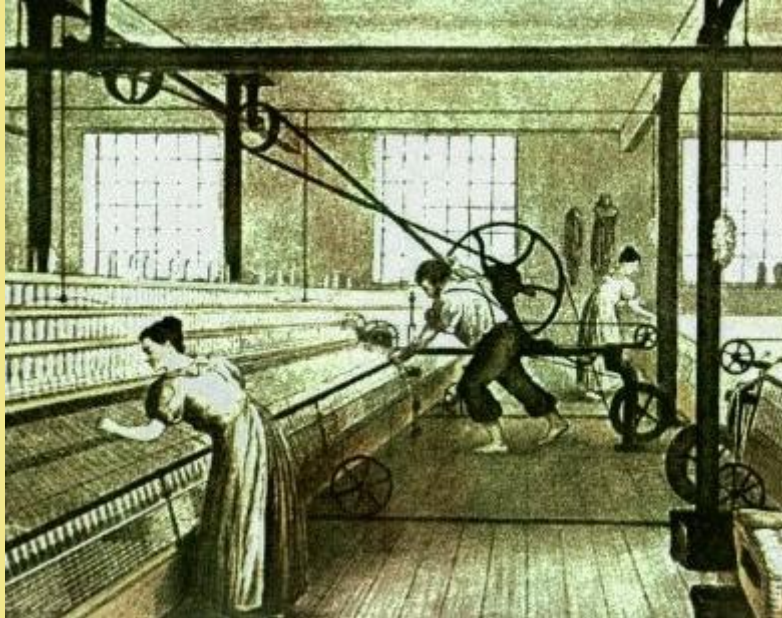


EL CONCEPTO DE MÁQUINA EN EL MATERIALISMO HISTORICO

Boris Hessen



Éste es un extracto de uno de los capítulos del trabajo clásico de Boris Hessen, *Las raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton*, en donde analiza el significado histórico del concepto de máquina en relación con el desarrollo de las fuerzas productivas y de la ciencia, aplicando el análisis del materialismo histórico en lo que podemos considerar un caso canónico y clásico que mantiene, como se verá, todo su vigor dialéctico en la actualidad. Extraído de la obra de Hessen, *las raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton*, traducido del inglés en Pablo Huerga Melcón, *La ciencia en la encrucijada*, Pentalfa ed., Oviedo 1999) La paginación del texto corresponde con la edición original inglesa de 1931.

**LA CONCEPCIÓN DE LA ENERGÍA DE ENGELS Y LA
AUSENCIA DE LA LEY DE CONSERVACIÓN DE LA
ENERGÍA EN NEWTON**

(43/9) Hasta ahora la física ha permanecido dentro de los límites del estudio de una forma de movimiento, la forma mecánica y, como hemos visto, esto constituye una peculiaridad de la física de Newton; el problema de las interrelaciones entre esta forma de movimiento y otras, realmente no podía ser establecido. Y cuando tal problema se planteaba había siempre una tendencia a hipostasiar precisamente esta forma de movimiento más simple y mejor estudiada forma de movimiento y a presentarla como el tipo único y universal del movimiento(1).

(44/1) Descartes y Huygens tomaron esta postura y Newton se sumó a ella en lo esencial.

(44/2) En la introducción a los *Principia*, Newton dirige su atención a la circunstancia de que «podría ser deseable deducir de los principios de la mecánica los demás fenómenos de la naturaleza». (Newton dedujo a partir de estas leyes el movimiento de los planetas, en el tercer libro). «Ojalá que fuera posible deducir los demás fenómenos de la naturaleza a partir de principios mecánicos con el mismo género de argumentación, pues muchas cosas me mueven a sospechar que puedan depender todos ellos de ciertas fuerzas con las que las partículas de los cuerpos por acusas aún desconocidas, bien se atraen unas a otras uniéndose según figuras regulares, bien huyen y se separan unas de otras»(2).

(44/3) Con el desarrollo de la industria a gran escala, pasó a un primer plano el estudio de las nuevas formas de movimiento de la materia y su explotación para las necesidades de la producción.

(44/4) La máquina de vapor dio un gran impulso al estudio de la nueva forma térmica del movimiento. El estudio de la historia del desarrollo de la máquina de vapor es importante para nosotros en dos sentidos:

(44/5) Ante todo, estudiamos el problema de por qué fue el desarrollo del capitalismo industrial y no del comercial el que planteó el problema de la máquina de vapor. Esto explicaría por qué la máquina de vapor se convirtió en objeto central de investigación, no en la época de Newton, sino en el período inmediatamente posterior, aunque la invención de la primera máquina de vapor data de la época de Newton. (la patente de Ramsay en 1630).

(44/6) Vemos así que la conexión entre el desarrollo de la termodinámica y la máquina de vapor es la misma que existe entre los problemas técnicos del período de Newton y su mecánica (3).

(44/7) Pero el desarrollo de la máquina de vapor tiene interés para nosotros en otro sentido. A diferencia de las máquinas mecánicas (la polea, el tornillo, la palanca) en las que un tipo de movimiento mecánico se transforma en otro tipo de desplazamiento mecánico, por su verdadera esencia la máquina de vapor está basada en la transformación de una forma de movimiento (térmico) en otra forma (mecánico) (4).

(44/8) Así, junto con el desarrollo de la máquina de vapor nos encontramos inevitablemente también con el problema de la transición de una forma de movimiento a otra, que nosotros no encontramos en Newton y que está vinculado estrechamente con el problema de la energía y su transformación.

(44/9) Primero comenzamos con un estudio de las fases más importantes del desarrollo de la máquina de vapor en conexión con el desarrollo de las fuerzas productivas.

(44/10) Marx observó que el comercio medieval de las primeras ciudades comerciales tenía carácter intermediario. Este tenía su fundamento en el barbarismo de los pueblos productores, para los que las ciudades comerciales y los comerciantes cumplían un papel de intermediarios (5).

(45/1) Mientras que el capital comercial jugó el papel de intermediario en el intercambio de productos de países no desarrollados, los beneficios provenientes del comercio no eran solamente el resultado de la estafa y el engaño, sino que estaban directamente originados por ellos. Más tarde, el capital comercial utilizó la diferencia entre los precios de producción de varios países. Unido a ello, como advierte Adam Smith, durante la primera etapa de su desarrollo el capital comercial es principalmente un proveedor, y abastece las necesidades del propietario feudal de la tierra o de los déspotas orientales, concentrando la mayor cantidad de producto excedente en sus propias manos mientras que se interesa comparativamente poco por los precios de las mercancías.

(45/2) Esto explica los enormes beneficios del comercio medieval. La expedición portuguesa de 1521 compraba clavo por dos o tres ducados y los vendía en Europa a 336 ducados. El coste total de la expedición alcanzó la suma de 22.000 ducados, los ingresos brutos fueron de 150.000, las ganancias de 130.000, es decir, alrededor de un 600 por ciento.

(45/3) A principios del siglo XVII, los holandeses compraban 625 libras de clavo a 180 florines, y los vendían en Holanda por 1.200 florines.

(45/4) El mayor porcentaje de beneficios provenía de aquellos países que estaban completamente sometidos a los europeos. Pero incluso en el comercio con China, que no había perdido su independencia, los beneficios llegaban al 75 o al 100%.

(45/5) Cuando el capital mercantil tiene un dominio aplastante, constituye -en todas partes- un sistema de saqueo.

(45/6) Los altos porcentajes de beneficios se mantuvieron durante el siglo XVII y principios del XVIII. Esto puede ser explicado por la circunstancia de que el gran comercio de la baja edad media y de principios de los nuevos tiempos era en su mayor parte un comercio monopolista. La compañía británica de las indias orientales estaba fuertemente conectada con el gobierno del estado. La ley de navegación de Cromwell fortaleció el monopolio del comercio británico. El gradual declive de Holanda como poder naval data de esta época, sentándose una base sólida para la hegemonía naval de Inglaterra.

(45/7) Así, mientras la forma dominante de capital era el capital comercial, la atención principal se dirigía no tanto al progreso del proceso mismo de cambio, sino a la consolidación de la posición monopolista y a la dominación de las colonias.

(45/8) El capitalismo industrial en desarrollo orientó inmediatamente su atención hacia el proceso de producción. La libre competencia dentro del país que la burguesía había alcanzado en 1688 planteó de inmediato la consideración del problema de los costes de producción.

(45/9) Como Marx ha señalado, la industria a gran escala universalizó la competencia e convirtió los impuestos proteccionistas en un simple paliativo.

(45/10) No sólo será necesario producir bienes de buena calidad y en suficiente cantidad, sino producirlos al menor costo posible.

(45/11) El proceso de abaratamiento de la producción de bienes se dirigía según dos objetivos: El crecimiento constante de la explotación de la fuerza de trabajo (la producción de plusvalía absoluta) y la mejora del proceso de producción en sí mismo (la plusvalía relativa). La invención de máquinas no sólo no redujo el día de trabajo sino que, al contrario, siendo un arma poderosa para el incremento de la productividad del trabajo, como instrumento del capital, simultáneamente se convirtió en un medio para prolongar ilimitadamente la jornada laboral.

(46/1) Mostraremos este proceso en la máquina de vapor. Pero antes de dedicarnos a analizar la historia del desarrollo de la máquina de vapor debemos aclarar qué entendemos por máquina, puesto que en esta cuestión existe una diferencia radical entre el punto de vista del marxismo y el de otros investigadores (6).

(46/2) Mientras tanto, para esclarecer la esencia de la revolución industrial que elevó la máquina de vapor a uno de los puntos más importantes, es necesario tener una clara concepción del papel jugado por la máquina de vapor en la revolución industrial.

(46/3) Hay una opinión verdaderamente persistente de que la máquina de vapor produjo la revolución industrial. Esta opinión es falsa. (63/5) La manufactura se alejó de la artesanía por dos caminos. Por un lado, surge de una combinación de artesanías independientes y heterogéneas, que pierden su independencia, y por otro lado, surge de la cooperación de artesanos del mismo oficio, que separan cada proceso en sus partes componentes y pasan a la división del trabajo dentro de la manufactura.

(46/4) El punto de partida en la manufactura es la fuerza de trabajo.

(46/5) El punto de partida de la industria a gran escala son los instrumentos de trabajo. Por supuesto, en la

manufactura también es muy importante el problema de la fuerza motriz, pero la revolución de todos los procesos de producción que fueron preparados por una detallada división del trabajo dentro de los límites de la manufactura no vino de la fuerza motriz sino del mecanismo ejecutor (7).

(46/6) Cada máquina está constituida por tres partes fundamentales: la fuerza motriz, el mecanismo de transmisión, y el instrumento ejecutor. La esencia de una interpretación histórica de la definición de máquina consiste en el hecho de que en distintos períodos la máquina tiene distintos propósitos.

(46/7) La definición de máquina debida a Vitruvio permaneció hasta la revolución industrial. Para él, una máquina era un instrumento de madera de gran servicio para subir y transportar pesos.

(46/8) Consecuentemente, los artilugios básicos que servían para estos fines -el plano inclinado, el torno, la polea, la palanca- recibieron el nombre de máquinas simples.

(46/9) Cuando analizaba en los *Principia* el contenido de la mecánica aplicada utilizada por los antiguos, Newton les atribuía la doctrina de las cinco simples máquinas, la palanca, el torno, la polea, el tornillo, y la cuña.

(46/10) De ahí proviene la opinión arraigada en la literatura inglesa de que un instrumento es una máquina simple y una máquina un instrumento complejo.

(47/1) Pero esto no es solamente una cuestión de simplicidad o complejidad. La esencia de la cuestión consiste en el hecho de que la introducción del mecanismo ejecutor, cuya función consiste en aprovechar y cambiar convenientemente el objeto que ha de ser sometido al trabajo, provoca una revolución en el proceso mismo de producción.

(47/2) Las otras dos partes de la máquina existen para poner en movimiento el mecanismo ejecutor.

(47/3) Así, es evidente el abismo que divide las máquinas concebidas por Vitruvio que acometían sólo el desplazamiento mecánico de productos acabados, y la máquina de la industria a gran escala, cuya función consiste en la transformación completa del material original del que se obtiene el producto.

(47/4) La fecundidad de la definición de Marx se hace especialmente evidente si la comparamos con las definiciones de máquina encontradas en la literatura.

(47/5) En su *Cinemática teórica*, Releau define una máquina como la combinación de cuerpos resistentes, contruidos de modo tal que, por medio de su fuerza mecánica, las fuerzas de la naturaleza son constreñidas, mediante ciertos movimientos, para producir una acción.

(47/6) Esta definición es igualmente aplicable a la máquina de Vitruvio que a la máquina de vapor. Aunque cuando la aplicamos nos encontramos con dificultades.

(47/7) La definición de máquina ofrecida por Sombart presenta el mismo defecto. Sombart define la máquina como un medio o conjunto de medios de trabajo, manejados por un hombre, cuyo propósito es la racionalización mecánica del trabajo. La máquina como un medio de trabajo se distingue del instrumento de trabajo por la circunstancia de que ésta es atendida por un hombre, mientras que un instrumento sirve al hombre.

(47/8) La naturaleza insatisfactoria de esta definición consiste en que hace recaer la base de la diferencia entre un instrumento y una máquina en la circunstancia de que uno está al servicio del hombre, y en la otra el hombre está al servicio de ella. Esta definición, basada a primera vista, en una característica económica y social, no solo no proporciona la idea de la diferencia entre el período en el que predominaba el instrumento simple y aquel en el que predominaba el modo maquinista de producción, sino que crea además una idea absurda de que la esencia de la máquina consiste en que el hombre está a su servicio.

(47/9) Así una máquina de vapor imperfecta que demanda el continuo servicio de un hombre (en la primera máquina de Newcomen un chico debía abrir y cerrar la tapa continuamente) puede ser una máquina, al tiempo que una compleja automoción que produce botellas o lámparas eléctricas puede ser un instrumento, puesto que esencialmente esto requiere escasa atención.

(47/10) La definición de máquina que ofrece Marx dirige su atención a la circunstancia de que ésta causa una revolución en todo el proceso productivo.

(47/11) La fuerza motriz es una necesidad y un componente muy importante de la maquinaria del capitalismo industrial pero esto no determina su carácter fundamental. Cuando John Wyat inventó su primera máquina giratoria no mencionó cómo se ponía en movimiento. «Una máquina para girar sin la ayuda de los dedos», era su programa.

(48/1) La revolución industrial del siglo XVIII no la produjo ni el desarrollo de la máquina ni la invención de la máquina de vapor, sino, al contrario, la máquina de vapor alcanzó tal importancia precisamente porque la división del trabajo desarrollada en la manufactura y la creciente productividad hicieron posible y necesario inventar un instrumento adecuado, y la máquina de vapor, que había sido engendrada en la industria minera, encontró un campo preparado para su aplicación como motor.

(48/2) La máquina de hilar de Arkwright, al principio, era movida por la fuerza del agua. Sin embargo el uso de ésta como fuerza motriz predominante venía acompañada de grandes dificultades.

(48/3) Era imposible elevar el agua a cualquier altura, sus carencia no podía ser compensada, a veces se agotaba y siempre mantuvo un carácter puramente local.

(48/4) Sólo con la invención de la máquina de Watt, la industria textil, ya suficientemente desarrollada, recibió el motor sin el cual no hubiera llegado al estado de desarrollo que ha alcanzado.

(48/5) Por lo tanto, la industria textil mecanizada no es en absoluto una consecuencia de la invención de la máquina de vapor.

(48/6) La máquina de vapor nació en conexión con la minería. Alrededor de 1630 fue concedida una patente a Ramsay por «elevar agua con la ayuda del fuego en trabajos en la profundidad de la mina».

(48/7) En 1711 se creó una «Sociedad para la elevación de agua con la ayuda del fuego» para la explotación de la máquina de Newcomen en Inglaterra.

(48/8) Escribe Carnot en su obra *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego*, que el gran servicio prestado por la máquina térmica (de vapor) inglesa es indudablemente la revitalización de las minas de carbón

que estaban amenazadas de cierre debido a las crecientes dificultades en el bombeo de agua y en la extracción del carbón.

(48/9) La máquina de vapor se transforma gradualmente en un importante factor de la producción.

Entonces se dirigió la atención inmediatamente a lo que pudiera hacerla más económica, reduciendo el gasto de vapor y, consecuentemente, el gasto de agua y combustible (8).

(48/10) Incluso antes del trabajo de Watt, Smeaton se había dedicado a investigar el gasto de vapor en varias máquinas de vapor, fundando un laboratorio especial para ello en 1769. Encontró que el gasto de vapor varía de acuerdo con la máquina entre 176 a 76 Kg por caballo de vapor hora. Savery logró construir una máquina del tipo Newcomen con un gasto de vapor de 60 Kg por caballo de vapor hora.

(49/1) Ya en 1767, estaban trabajando, solamente en los alrededores de Newcastle, 57 máquinas de vapor con una potencia total de 12 caballos de potencia.

(49/2) Es obvio que uno de los problemas más importantes a los que se enfrentó Watt fue el de hacer la máquina más económica.

(49/3) La patente de Watt, obtenida en 1769, comienza así: «Mi procedimiento de disminución del consumo de vapor en máquinas de fuego, y con ello el gasto de material combustible, consiste en las proposiciones básicas siguientes.»

(49/4) El contrato que Watt y Bolton firmaron con el propietario de minas de hierro consistía en su recepción en forma de dinero de una tercera parte de la suma recibida por el ahorro en el gasto de petróleo.

(49/5) Bajo esta condición, y de una sola mina, recibieron más de dos mil libras en un año.

(49/6) Las principales invenciones de la industria textil fueron realizadas durante el período de 1735 a 1780, y con ello existía ya una potencial demanda de motores.

(49/7) En la patente que obtuvo en 1784, Watt describió la máquina de vapor como un motor universal para la gran industria.

(49/8) El problema de la racionalización técnica de la máquina de vapor era ahora central. La realización práctica de esta tarea hacía necesario un estudio detallado de los procesos físicos que tienen lugar en la máquina.

(49/9) A diferencia de Newcomen, Watt estudió en detalle las cualidades termodinámicas del vapor en el laboratorio de la Universidad de Glasgow, y de este modo estableció las bases para hacer de la termodinámica una parte de la física.

(49/10) Realizó una serie de experimentos sobre la temperatura de ebullición del agua bajo varias presiones en conexión con los cambios en la elasticidad del vapor. Después investigó la temperatura latente de la formación de vapor y desarrolló y comprobó la teoría de Black.

(49/11) De esta forma, los principales problemas de la termodinámica, teoría de la temperatura latente de la formación de vapor, la dependencia del punto de ebullición del agua con respecto a la presión y el aumento de la temperatura latente de la formación de vapor comenzaron a ser calculados científicamente por Watt.

(49/12) Fue este estudio detallado de los procesos físicos de la máquina de vapor lo que hizo a Watt llegar más lejos que Smeaton, quien, a pesar de haberse impuesto la tarea de investigar en el laboratorio la máquina de vapor, no pudo ir más allá de la mejora superficial y empírica de la máquina de Newcomen, pues no estaba familiarizado con las cualidades físicas del vapor de agua.

(49/13) La termodinámica no sólo recibió un impulso en su desarrollo a partir de la máquina de vapor, sino que, de hecho, se desarrolló por el estudio de esta máquina.

(49/14) Surgió la necesidad de estudiar no sólo los procesos físicos separados en la máquina de vapor, sino también la teoría general de las máquinas de vapor, y la teoría general del coeficiente de actividad rentable de las máquinas de vapor. Este trabajo fue llevado a cabo por Carnot (9).

(50/1) [La teoría general de la máquina de vapor y la teoría del coeficiente de actividad rentable condujo a

Carnot a la necesidad de investigar los procesos térmicos en general y al descubrimiento del segundo principio de la termodinámica.] (10)

(50/2) El estudio de las máquinas de vapor decía Carnot en su obra *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego* (1824) es extraordinariamente interesante, ya que su importancia es muy considerable y su uso se incrementa día a día. Claramente causará una gran revolución en el mundo civilizado.

(50/3) Carnot señala que, a pesar de ciertas mejoras, la teoría de la máquina de vapor había hecho muy pocos progresos.

(50/4) Carnot formuló su tarea de descubrir la teoría de la máquina de vapor de tal manera que las tareas prácticas, propuestas por él para descubrir la teoría general del coeficiente de rendimiento, estuvieran perfectamente claras.

(50/5) Frecuentemente, dice, surgía la siguiente cuestión: si la potencia motriz del calor es limitada o ilimitada; por potencia motriz nosotros entendemos el servicio útil que un motor puede proporcionar.

(50/6) ¿No hay ningún límite a las posibles mejoras, un límite que la naturaleza de las cosas haga insuperable por cualquier medio sea cual sea? o, por el contrario, ¿las posibles mejoras son ilimitadas?

(50/7) Las máquinas que derivan su movimiento del calor, pero que tienen la fuerza motriz del hombre, de los animales, de la caída del agua, de las corrientes de aire, puede ser estudiadas, observa Carnot, por medio de la mecánica teórica.

(50/8) Aquí todas las posibilidades están previstas, todos los movimientos se reducen a principios generales (esto era posible gracias a la obra de mecánica de Newton), están firmemente establecidos y son aplicables en todas las circunstancias.

(50/9) Este tipo de teorías no existe en el caso de las máquinas térmicas. Será imposible establecerlas, declaraba Carnot, hasta que las leyes de la física estén suficientemente extendidas y suficientemente generalizadas para que puedan preverse los resultados de una reacción definida de calor sobre algún cuerpo particular.

(50/10) Aquí la conexión entre la tecnología y la ciencia, entre la investigación de las leyes generales de la física y los problemas técnicos provocados por el desarrollo económico se estableció con extraordinaria claridad (11).

(50/11) Pero la historia de la máquina de vapor es importante para nosotros, también en otro sentido.

(50/12) La sucesión histórica en el estudio de las distintas formas de movimiento físico de la materia es: mecánico, térmico, eléctrico.

(50/13) Hemos visto que el desarrollo del capitalismo industrial presentó a la tecnología la necesidad de construir un motor universal.

(51/1) Esta demanda fue suplida preliminarmente por la máquina de vapor, que no tuvo competidores hasta la invención del motor eléctrico.

(51/2) El problema de la teoría del coeficiente de rendimiento de las máquinas de vapor llevó al desarrollo de la termodinámica, es decir, al estudio de la forma térmica del movimiento.

(51/3) Esto explica consecuentemente la sucesión histórica en el estudio de las formas de movimiento; siguiendo a la mecánica llegamos al desarrollo del estudio de las formas térmicas de movimiento: la termodinámica.

(51/4) Pasamos ahora a considerar la importancia de la máquina de vapor desde el aspecto de la transformación de una forma de movimiento a otra.

(51/5) Mientras que Newton ni siquiera consideró el problema de la ley de la conservación y transformación de la energía, Carnot se vio obligado a considerarlo, aunque realmente de forma indirecta.

(51/6) Esto se debió precisamente a que Carnot enfocó el estudio de la máquina de vapor desde el aspecto de la transformación de la energía térmica en mecánica.

(51/7) La categoría de la energía como una de las categorías básicas de la física aparece cuando se plantea directamente el problema de las interrelaciones entre distintas formas de movimiento. Y cuanto mayor riqueza de formas de movimiento llega a ser tema de estudio para la física, mayor es la importancia adquirida por la categoría de energía (12).

(51/8) De esta forma, el estudio de las formas físicas de movimiento de la materia y su desarrollo histórico deben proporcionar la clave para una comprensión del origen, importancia y conexiones mutuas entre las categorías de la física.

(51/9) El estudio histórico de las formas de movimiento debe llevarse a cabo según dos aspectos. Debemos estudiar la sucesión histórica de las formas de movimiento tal como aparecen en el desarrollo de la ciencia física en la sociedad humana. Hemos mostrado ya la conexión entre la forma mecánica y térmica del movimiento desde el aspecto de su génesis histórica en la sociedad humana. El estudio de estas formas procede según la sucesión en que éstas han sido realizadas por la práctica humana(13).

(51/10) El segundo aspecto es el estudio de la «historia(14) natural del desarrollo de la materia.» El proceso de estudio del desarrollo de la materia inorgánica en el microcosmos y el macrocosmos debe proporcionar la clave para la comprensión de la conexión y transiciones mutuas de una forma de movimiento de la materia inorgánica en otra, y debe establecer una base firme para la clasificación natural de las formas de movimiento de la materia. Este principio debe subyacer en la base de la clasificación marxista de las ciencias(15).

(51/11) Cada ciencia analiza una forma separada de movimiento o un conjunto de formas de movimiento conectadas entre sí y que pasan de una a otra.

(52/1) La clasificación de las ciencias no es otra cosa que una jerarquía de formas de movimiento de la materia de acuerdo con su orden esencial, en otras palabras, de acuerdo con su desarrollo natural y la transición de una forma de movimiento a otra, tal como se realiza en la naturaleza.

(52/2) De esta forma, este principio de la clasificación marxista de la ciencia sitúa en la base de la clasificación la gran idea del desarrollo y transición de una forma de materia en movimiento a otra. (Engels) (16)

(52/3) En esto consiste la notable concepción de Engels de la interconexión y de la jerarquía de las formas de movimiento de la materia.

(52/4) El concepto de energía tiene que ver indisolublemente con la transformación de una forma de movimiento en otra, con el problema de la medida de esta transformación. La física moderna enfatiza el aspecto cuantitativo de esta transformación y postula la constancia de la energía a través de todas sus transformaciones.

(52/5) Recordamos, como hemos visto en el capítulo anterior, que la constancia cuantitativa y la invariabilidad de la cantidad de movimiento fueron anunciadas por Descartes. El elemento novedoso que fue introducido en la física por la obra de Mayer y Helmholtz consistía en el descubrimiento de la transformación de las formas de movimiento con la constancia de la energía también durante estas transformaciones.

(52/6) Fue esto, y no la simple constatación de la constancia lo que resultó un elemento novedoso(17).

(52/7) A causa de este descubrimiento la variedad de fuerzas aisladas de la física (el calor, la electricidad, la energía mecánica) que hasta ahora podían ser comparadas con las formas invariables de la biología, fueron transformadas en formas de movimiento interconectadas y susceptibles de pasar de unas a otras según leyes definidas.

(52/8) Como en astronomía, la física llegó a la inevitable conclusión de que el último resultado era el eterno ciclo de la materia en movimiento. Esta es la razón por la que el período de Newton, que trabajaba sólo con una forma de movimiento -la mecánica- y que ponía en primer plano no la transformación de una forma en otra, sino sólo la transformación y modificación de una misma forma de movimiento -el desplazamiento mecánico- (recordemos la definición de una máquina ofrecida por Vitruvio y las observaciones de Carnot), no planteó ni pudo plantear los problemas de la energía(18).

(52/9) Tan pronto como la forma térmica de movimiento apareció en escena (y ésta se presentó indisolublemente unida al problema de su transformación en movimiento mecánico) el problema de la energía pasó a primer plano. El propio planteamiento del problema de la máquina de vapor (elevar el agua mediante fuego) lleva claramente a la conexión con el problema de la transformación de una forma de movimiento en otra. Es significativo que la

clásica obra de Carnot se titule: *Reflexiones sobre la fuerza motriz del fuego*.

(53/1) Este tratamiento de la ley de la conservación y transformación de la energía propuesto por Engels, pone en primer plano el aspecto cualitativo de la ley de la conservación de la energía, en oposición al tratamiento que predomina en la física moderna y que reduce esta ley a una ley puramente cuantitativa -la cantidad de energía durante sus transformaciones-. La ley de la conservación de la energía, la teoría de la indestructibilidad del movimiento, tiene que entenderse no sólo en un sentido cuantitativo, sino también cualitativo. Esta contiene no sólo la suposición de la indestructibilidad y eternidad de la energía, que es una de las premisas básicas de la concepción materialista de la naturaleza, sino un tratamiento dialéctico del problema del movimiento de la materia. Desde este aspecto del materialismo dialéctico, la indestructibilidad del movimiento consiste no sólo en el hecho de que la materia se mueve dentro de los límites de una forma de movimiento, sino también en que la materia misma es capaz de todas las interminables variedades de formas de movimiento en sus transiciones espontáneas de una a otra, en su propio movimiento y desarrollo.

(53/2) Vemos que sólo la concepción de Marx, Engels, y Lenin proporciona una clave para una comprensión de la sucesión histórica del desarrollo y de la investigación de las formas de movimiento de la materia.

(53/3) Newton no percibió ni resolvió el problema de la conservación de la energía, pero no por falta de genio. Los grandes hombres, más allá de la grandeza de su genio, formulan y resuelven, en todos los campos, las tareas que han sido propuestas por el desarrollo histórico de las fuerzas productivas y por las relaciones de producción(19).

BIBLIOGRAFIA

Federico Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, Akal, Madrid 1978. Trad. Instituto de Marxismo-Leninismo del Comité Central del Partido Comunista de la URSS.

Boris Mijailovich Hessen, «The social Roots of the Newton's Principia», en VV.AA., *Science at the Cross*

Roads. Papers presented to the International Congress of the History of Science and Technology, held in London from June 29th to July 3rd 1931, by the delegates of the USSR. Kniga Ltd., Londres 1931; (p. 151-212). Reeditado (en facsímil) con prólogo de Joseph Needham e «Introducción» de Paul Gary Werskey, en Franz Cass, Londres 1971.

Boris Mijailovich Hessen, *Sotsialno-ekonomicheskie korni mekhaniki Niutona. Doklad na II mezhdunarodnom kongresse po instorii nauki i tekhniki*, editorial estatal técnico-teórica, Moscú-Leningrado 1933 (con apéndices y bibliografía, 79 pgs.) (Reeditado en 1934).

Boris Mijailovich Hessen, *The Social and Economic Roots of Newton's «Principia»*, Howard Fertig, New York 1971. (Con introducción de Robert Sonne Cohen (pp. v-x)).

Boris Mijailovich Hessen, *Las raíces socioeconómicas de la Mecánica de Newton*, Academia, La Habana 1985. (Introducción, traducción y notas de Pedro Pruna).

Bueno, Gustavo, *Teoría del cierre categorial*, T.I-V, Pentalfa, Oviedo 1992-

Pablo Huerga Melcón, *La ciencia en la encrucijada. Análisis crítico de la célebre ponencia de Boris Mijailovich hessen*, Las raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton, desde las coordenadas del materialismo filosófico, Pentalfa eds., Oviedo 1999.

Carlos Marx, *El capital. Crítica de la economía política*, FCE (tres tomos), México 1986. Trad. Wenceslao Roces.

Carlos Marx y Federico Engels, *Obras escogidas*, 3 tomos, Progreso, Moscú 1980.

Richard Westfall (en su *Force in Newton's Physics. The science of Dynamics in the Seventeenth Century*, Macdonald, London/American Elsevier, New York 1971

NOTAS

(1) Las tesis establecidas por Hessen en los párrafos anteriores constituyen un concentrado de su propia visión filosófica de la ciencia contemporánea. Pueden consultarse los apéndices I-IX. (N. de T.).

(2) Traducción de Eloy Rada, Newton, *Principia*, Alianza,

Madrid 1987; p. 98. (N. de T.).

(3) Esta tesis ha sido criticada por Bernal en *Ciencia e Industria en el siglo XIX*, ed. Martínez Roca, Barcelona 1973; p. 26; que sigue, en este punto a A. R. Hall, en su conocida monografía *Ballistics in the Seventeenth Century. A Study in the Relations of Science and War with Reference Principally to England*, Cambridge University Press, Cambridge/New York 1952; pp. 1-29; 158 y ss. Según estos autores, la relación entre la máquina de vapor y la termodinámica no es la misma que se establece entre las necesidades técnicas y la ciencia newtoniana. Véase nuestro capítulo III. (N. de T.).

(4) Estas son las tres tesis principales que Hessen quiere defender en este capítulo: 1. La relación directiva entre las necesidades técnicas y la ciencia; tanto en el caso de Newton, como en el caso de la Termodinámica; 2. La relación entre el capitalismo industrial y la máquina de vapor; 3. La configuración de la categoría de la energía a partir del desarrollo de la máquina de vapor. Con esta última tesis, Hessen abre la posibilidad para hablar de un tipo de relaciones entre las condiciones materiales y la ciencia, no estrictamente directivo: se trata de las relaciones de *conformación*; un tipo de relación que Hessen no desarrolla, sin embargo. Véase nuestro cap. IV. (N. de T.).

(5) Las tesis que desarrolla Hessen a partir de aquí hasta (46/1), proceden de Marx, *El capital*, t. III, FCE, México 1986; pp. 318 y ss. (N. de T.).

(6) Comienza aquí la exposición acerca del concepto de «máquina» que Hessen toma del cap. XIII de *El Capital*, t. I: «Maquinaria y gran industria». (N. de T.).

(7) Esta es la tesis básica de Marx en *Ibidem*. (N. de T.).

(8) Desde aquí remonta Hessen hacia la tesis de la función directiva que las necesidades técnicas y económicas cumplen con respecto al desarrollo de la ciencia. (N. de T.).

(9) Nuevamente, como hiciera en el caso de Newton (20/10), las nuevas teorías surgen de la necesidad de sistematizar todos los problemas técnicos sobre bases teóricas firmes. Esta necesidad pone a la ciencia en dependencia directa de las necesidades técnicas cuando estas llegan a un determinado nivel de complejidad. (N. de T.).

(10) Este párrafo no aparece en la traducción cubana de

Pruna. En la edición rusa, p. 58. (N. de T.).

(11) Esta es, pues, la primera y más importante conclusión a la que quiere llegar Hessen. Sin embargo, el estudio de la máquina de vapor le va a permitir introducir determinadas propuestas filosóficas que comprometen la filosofía de Engels. Se trata, especialmente, de la conexión entre las distintas formas de movimiento de la materia, asegurando así la visión «monista» que Engels desarrolla en su *Dialéctica de la naturaleza*. Véase nuestro estudio ontológico: segunda parte. (N. de T.).

(12) Con esta tesis responde Hessen a la cuestión planteada al final del capítulo anterior: por qué Newton no consideró la ley de la conservación de la energía. Véase, nota 19. (N. de T.).

(13) La visión historicista que el materialismo histórico de Hessen expone aquí inspirado en la filosofía de Engels de su *Dialéctica de la naturaleza*, es uno de los puntos clave para la interpretación de la idea de ciencia marxista desarrollada por Hessen,

como *adecuacionismo*, según los criterios de la *Teoría del Cierre Categorical* de Gustavo Bueno. Véase nuestro cap. V, así como las conclusiones al capítulo XIX.

Asimismo, Hessen utiliza aquí los criterios filosóficos de la *DN* de Engels que han sido considerados por nosotros como «las raíces filosóficas» de Boris Hessen (véase en nuestro trabajo, «ontología: segunda parte.») (N. de T.).

(14) En la edición inglesa dice «ciencia natural»; en ruso, «historia natural»; ver p. 60. (N. de T.).

(15) Véase el fragmento «Formas de movimiento de la materia. Clasificación de las ciencias» de Engels, en *La Dialéctica de la naturaleza, Op. cit.*, pp. 194-204. Esta tesis ha sido desarrollada posteriormente por B. M.

Kedrov, *Clasificación de las ciencias*, Progreso, Moscú 1974; dos tomos; traducción de Jorge Bayona: «Engels -dice Kedrov- estructura la clasificación de las ciencias como un reflejo de las concatenaciones y transiciones de las distintas formas del movimiento de la materia, empezando por la más simple (mecánica) y terminando por las más complejas y superiores. El concepto *forma de movimiento de la materia* es por eso central en toda su doctrina sobre esta disciplina.»;

(p. 5). Detrás de esta cuestión aparece, evidentemente, el problema de «los saltos cualitativos» de unas formas a otras, y el problema del reduccionismo

mecánico. Ontológicamente, la cuestión que está detrás de la clasificación de las ciencias es, evidentemente, el problema del monismo/pluralismo. Véase nuestro capítulo XVII. (N. de T.).

(16) Véase nota anterior. (N. de T.).

(17) Literalmente, Engels, *DN*, *Op. cit.*, p. 222

(18) Nuevamente, remitimos a la nota 107. (N. de T.).

(19) Westfall (en su *Force in Newton's Physics. The science of Dynamics in the Seventeenth Century*, Macdonald, London/American Elsevier, New York 1971) ha llamado la atención sobre el hecho de que Newton, efectivamente dedujo el «equivalente de la ecuación de la energía-trabajo», en la Proposición XXXIX del libro I de los *Principia*. Sin embargo, «We might note in passing that the quantities represented by the equations had no significance whatever in Newton's eyes. Exploiting a dynamics built on the equation $F=ma$, he was unable to grasp the importance of the work-energy equation he had implicitly derived. Above all, the quantity mv^2 held no meaning for him. This was Leibniz's conception of force. It was not Newton's.» (p. 448-449). Según Westfall, «The same mathematical relations, equivalent to the work-energy equation, appeared again in Newton's examination of the effect of resistance (proportional to the square of velocity) on the motion of a pendulum.»; *Ibidem*. Helge Kragh ha señalado un curioso detalle en torno al «mito de Newton» sobre esta cuestión: «A finales de la década de 1850, se aceptó por lo general la ley de la conservación de la energía y se reconoció que era uno de los pilares de la ciencia. No obstante, como en Newton no se halla para nada el concepto de energía, apenas pudo hacerse brillar su gloria en la ley de la energía [...] De este modo, Tait y Thompson, dos científicos de los más prominentes de la Inglaterra victoriana, reinterpretaron los pasajes de los *Principia* newtonianos de manera que Newton aparecía como el verdadero origen del principio de conservación de la energía. Así, se consideró el descubrimiento de la conservación de la energía la realización de una anticipación inspirada por Newton.» (*Introducción a la historia de la ciencia*, Crítica, Barcelona 1989; p. 150-151). Según el biógrafo de Tait, éstos encontraron restos de dicha ley «en las últimas frases del esolio a la III ley»; Knott, *The Scientific Work*

of P. G. Tait, Cambridge 1911; citado por Elkana, *The Discovery of the Conservation of Energy*, Hutchison, Londres 1974; p. 49 (en Kragh, *Ibidem*). Según la opinión de Westfall podría encontrarse su formulación matemática explícita, si bien, ésta no tenía significado especial para Newton. Hessen está situándose en este punto, y señala que para que Newton pudiera haber atribuído algún significado a esta formulación habría sido necesario el desarrollo tecnológico que se produce con la máquina de vapor. Esta es la tesis de Hessen para el siguiente capítulo. Tesis que, por cierto, no es tampoco un «arcaísmo marxista». (N. de T.).

Hessen concluye así con la tesis principal que el materialismo histórico atribuye al desarrollo de la historia de la ciencia. Marx lo formuló así: «Por eso, la humanidad se propone siempre únicamente los objetivos que puede alcanzar, pues bien miradas las cosas, vemos siempre que estos objetivos sólo brotan cuando ya se dan o, por lo menos, se están gestando, las condiciones materiales para su realización.» Marx, «prólogo» a la *Contribución a la crítica de la economía política*, en Marx y Engels, *Obras escogidas*, I; *Op. cit.*, p. 518. (N. de T.).