

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Apuntes sobre Mecánica social (1)

POR ANTONIO PORTUONDO Y BARGELÓ,

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

La energía universal.

(Continuación.)

Se observan esas conexiones de las energías físicas y fisiológicas y su correspondencia con las psíquicas (2). Se ve, por ejemplo, que un determinado alimento ó bebida; una cierta temperatura; un gran ejercicio corporal, etc., producen ciertos cambios en las energías fisiológicas del individuo, y provocan (ó se transforman) á su vez otras energías psíquicas como la excitación de la imaginación ó del entendimiento, ó el abatimiento y depresión del ánimo, etc., etc.

Inversamente, se observa que ciertos estados psíquicos del individuo provocan (ó se transforman) otros estados fisiológicos correspondientes; y de ello se puede presentar multitud de ejemplos. Un estado prolongado de pena hace más lentas las contracciones del corazón, ó viceversa; una emoción cualquiera altera el pulso, ó viceversa; una brusca impresión penosa provoca náuseas y diarrea; una impresión de miedo influye en la respiración, en la orina y en otras funciones fisiológicas; un esfuerzo de las facultades mentales paraliza ó retrasa la digestión; un sentimiento de ansiedad angustiosa provoca en ciertas circunstancias un desplegue enorme de fuerza muscular, etc., etc.

Respecto de la manera cómo deben ser entendidas estas transformaciones, dice *Bain* en su libro *El Espíritu y el cuerpo* "que si una impresión de miedo paraliza la digestión — por ejemplo — se debe de pensar que la emoción va acompañada de un estado de excitación particular del cerebro, y en general del sistema nervioso, y este estado es el que perturba las funciones del estómago". Y que, asimismo, en las transformaciones inversas de energías fisiológicas en psíquicas—por ejemplo—un estimulante material devolviendo la calma al espíritu, se debe de pensar que ese estimulante (alimento, por ejemplo), determina un aumento de

afluencia de sangre al cerebro é influye en las corrientes nerviosas, y á este modo particular de acción nervioso-cerebral corresponde el estado moral que se ostenta.

Ribot coincide con *Bain* al concebir que los estados de conciencia (emociones, por ejemplo) no pueden separarse de las condiciones físicas correspondientes, y que lo que objetivamente se expresa por lágrimas, temblor, etc., se expresa al mismo tiempo subjetivamente por tristeza, terror, etc. Y además, observa *Ribot* que en rigor no es una idea ó un sentimiento lo que se transforma en un movimiento ó energía física, sino que el estado fisiológico, que acompaña siempre al estado psíquico, es lo que se transforma en movimiento muscular, es decir, que un estado fisiológico se transforma en otro fisiológico. Nosotros hablando, de un modo breve—aunque pueda no ser enteramente correcto —, decimos que una energía psíquica se transforma en otra fisiológica, y viceversa.

En todas las especies animales en que se muestren claramente las energías psíquicas, se observa que estas transformaciones de energías fisiológicas en psíquicas, así como las inversas, se operan con maravillosa facilidad y rapidez en aquellos individuos en que predominan los fenómenos emocionales (por la constitución—heredada ó adquirida—de su sistema nervioso), y que son, por esto, de temperamento emocional.

El Profesor *Ostwald* considera, como ya hemos dicho, que los fenómenos psicológicos entran en el cuadro de la concepción energética, como todos los demás fenómenos; y que las energías psíquicas pueden quizá ser miradas como transformaciones de las energías químicas que hay en el organismo.

Piensa este ilustre Profesor que si entre el grupo de operaciones fisiológicas y el grupo de operaciones psíquicas no se ve más que *el paralelismo*, y sólo éste se estudia, la separación entre esos grupos subsistirá, y no se podrá llegar á ver nunca la comunicación. Me parece algo arbitrario este pensamiento de *Ostwald*, porque no es posible presumir *a priori*, sin riesgo de equivocarse, lo que habrá de resultar—para la ciencia en el porvenir—siguiendo atenta y profundamente el estudio del citado paralelismo; y esta actitud de circunspección científica es en cambio garantía de firmeza para los resultados á que se pueda llegar. *Ostwald* cree que los fenómenos psíquicos no son *simples acompañantes* de las variaciones de energías fisiológicas, sino que pueden identificarse con estas últimas.

(1) Véase el núm. 1937.

(2) No entramos á investigar las causas de estas conexiones y de esa correspondencia. Según advierte *Mach*, la noción de *causa* es muy metafísica—como hemos dicho en otra ocasión—y no encuentra lugar aquí.

El Profesor *Ebbinghaus* piensa que la unidad de la vida psíquica corresponde á la unidad del sistema nervioso; porque éste es—en cierto modo—todo el organismo, en cuanto organismo viviente. Para este psicólogo, las energías fisiológicas son *de un orden diferente*, y se distinguen bien de las psíquicas; pero *no corresponden á realidades distintas*, sino que más bien son manifestaciones diversas de *un solo y único Sér*.

Esta hipótesis de *Ebbinghaus* y de otros eminentes psicólogos (hipótesis de la *identidad*) deja siempre fuera de nuestro alcance lo que sea ese Sér como un único Principio. Decía *Maudsley* que: "No hay dos ciencias, la Psicología y la Fisiología de los centros nerviosos, y entre ellas una ciencia híbrida que sea la Psicología fisiológica. Hay *una sola ciencia*, que es la Fisiología del sistema nervioso, y los fenómenos de éste ofrecen dos aspectos: uno objetivo y otro subjetivo, que deben ser estudiados por la observación externa y por la interna". Y añadía que, en todo caso, aquella división artificial se puede admitir como una división científica, no en la naturaleza de las cosas. En otro pasaje dice *Maudsley* que: "No hay dos Mundos—el de la Naturaleza y el de la conciencia humana—colocados uno encima del otro y en oposición el uno con el otro, sino un solo Mundo que lo comprende todo, y del cual la conciencia humana es una manifestación, un grado de evolución, quizás el último y el más perfecto".

Además de las transformaciones de energías fisiológicas en psíquicas ó viceversa, hay otras mucho más interesantes para nosotros aquí, que son las de energías psíquicas *entre sí*.

Se observa que dentro de un mismo individuo, ó de un mismo elemento social cualquiera, una idea, vivamente pensada, provoca (ó se transforma) un sentimiento de alegría ó de tristeza, de entusiasmo ó de terror, etc. Según las circunstancias y según sea el temperamento psíquico del individuo ó del elemento social, el tono sentimental que acompaña á aquella representación es mayor ó menor. Inversamente, un estado sentimental provoca á veces una gran actividad mental, ó un tono superior de la voluntad, etc. Parece indudable que todas las diversas notas psíquicas de un individuo se relacionan entre sí, se acompañan y son susceptibles de transformarse mutuamente (1).

Es asimismo un hecho de observación, la comunicación de energías psíquicas de un individuo ó elemento social á otro. Estas transformaciones de energías psíquicas son las que revisten carácter *predominantemente social*. Las fuerzas psíquicas—que actuando como fuerzas exteriores—hemos admitido en estos *Apuntes*, ejercen sus acciones para realizar, *mediante sus trabajos*, las transformaciones de energías á que nos referimos ahora.

(1) Aunque una *idea* ó un *recuerdo* sea cosa enteramente distinta de una *emoción*, es evidente que lo uno puede provocar lo otro. Poco importa ahora, para nosotros, que una idea se transforme primero en energías fisiológicas, y éstas, después en una emoción; ó bien que (como piensan otros psicólogos), la idea provoque directamente la emoción, y ésta luego se transforme en energías fisiológicas. Lo que nos interesa notar, son esas *sucesiones y transformaciones*. Dice el Profesor *W. James*, que un individuo de temperamento emocional y de riqueza de imaginación, puede *revivir*—provocándola—una *emoción real* de amor ó de cólera, mediante el *recuerdo (ideal)*; y esto se comprueba por la observación y la experiencia.

Lo que aparece en estos casos es que un cierto estado de conciencia despierta ó promueve, como dice *Ribot*, otro estado de conciencia diferente, por asociación ó de cualquier modo. Puede pensarse que haya en el fondo transformación de alguna energía fisiológica en otra también fisiológica.

Se debe de observar—sobre las transformaciones de energías fisiológicas entre sí, fisiológicas en psíquicas ó viceversa, y psíquicas entre sí—que parece haber en cada individuo una particular y determinada *capacidad suya* para cada especial transformación de energía; y parece, por consiguiente, difícilísimo llegar á descubrir leyes cuantitativas á que obedezcan las equivalencias, y que sean aplicables por igual á todos los individuos (suponiendo que se pudieran medir unas y otras energías).

El día en que se pudiera eso intentar habría que determinar—á mi parecer—un coeficiente particular para cada individuo en cada género de transformación de energías; y aun este coeficiente individual no sería *constante*, sino variable con el estado particular en que se encuentre en un instante dado el individuo á quien corresponda. Es decir, que el coeficiente individual debería de ser afectado de un subcoeficiente, función del estado fisiológico y psíquico. Se comprende la inmensa dificultad de estas determinaciones.

Habremos de tratar más adelante de la conservación de la energía en su estricto sentido científico. Pero como observación vulgar, es atinadísima la de *Bain*, al decir que si consumimos mucha energía en una función—ejercicio muscular, digestión, pensamiento, sentimiento, etc.—las otras funciones deben de permanecer momentáneamente en una relativa inacción. Para satisfacer la demanda, exagerada en un sentido, es necesario, dice, suministrar menos energía á las otras funciones; y así, por ejemplo, el que emplea mucha de la energía nerviosa de que dispone en especulaciones científicas, no puede al mismo tiempo consumir muchas energías nerviosas en actos genésicos, so pena de un rápido agotamiento del organismo nervioso cerebral.

Pero sea lo que fuere de todo esto, lo que sí puede afirmarse—desde el punto de vista mecánico—es que las energías psíquicas del individuo encuentran limitaciones en las energías del mundo físico á que el individuo natural pertenece. El cuerpo de éste, con todos sus órganos y elementos materiales, constituye un sistema sometido á las leyes de la Mecánica física. Por esto no puede sustraerse—aunque el individuo lo quisiera—á las leyes de la gravedad ni á ninguna otra ley mecánica física.

A propósito de esto, se puede recordar que en todos los libros de Dinámica—al hacer la exposición del *Teorema del movimiento del centro de gravedad de un sistema material* (ó del Teorema llamado de las *áreas*), y al demostrar que las fuerzas *interiores* no pueden influir (por lo cual se formula el principio de la conservación)—se llama la atención sobre las limitaciones que encontraría un hombre, ó un animal cualquiera, si se le pudiera concebir aislado y en el vacío, para sustraerlo á todas las fuerzas exteriores. Si se imaginara que el animal (mediante fuerzas psíquicas de voluntad) desarrollase entonces esfuerzos interiores musculares, y moviera diversas partes de su cuerpo, se podría asegurar que, en el supuesto dicho—por ley mecánica ineludible de su propio cuerpo—, no podría mover las diversas partes *á su capricho*, porque no podría, por ejemplo, modificar el estado del centro de gravedad de su cuerpo. Si el estado inicial de este centro de masas de su cuerpo fuera de reposo, en reposo habría de permanecer, conservando la misma posición que ocupaba en el espacio; y aunque el hombre (ó animal) psíquico—valga la expresión—quisiera alterarla, le sería tan imposible, como le sería, por ejemplo, dejar de pesar. Recuerdo este ejemplo y lo cito, porque en él se ve, de modo muy patente, aquella conexión íntima de que hablábamos

entre las energías psíquicas y las físicas musculares. Aquí la conexión aparece claramente regulada por una ley de la Mecánica física.

*
* *

Dejando ya estas cuestiones acerca de las relaciones que hay entre unas y otras energías en el mundo llamado *inorgánico*, en el *orgánico* y en el *psíquico*, para encerrarnos en el terreno propio de la *Mecánica racional*, recordemos primeramente -- siguiendo la costumbre adoptada desde el principio en estos *Apuntes* -- lo que ocurre con un punto material libre colocado en un campo de fuerza.

En la dinámica de los puntos materiales se distingue:

1.º La energía actual ó de movimiento -- llamada *cinética* -- que dependiendo de la masa m del punto y de la magnitud v de su velocidad en el instante que se considera, se mide en este instante por $\frac{1}{2} mv^2$. Puede transformarse en una cantidad equivalente de trabajo.

2.º La energía de posición en el campo -- llamada *energía potencial* -- que, dependiendo de la masa m del punto y de su posición en el instante que se considera, así como de la naturaleza ó constitución del campo de fuerza -- se mide en ese instante por todo el trabajo positivo que podría desarrollar la fuerza del campo sobre el punto, cambiando su posición en la región de que se trata. Se sabe que la fuerza del campo es el producto de la masa del punto por la aceleración correspondiente á cada posición. Esta aceleración es lo que se llama la intensidad del campo en esa posición. Mientras pueda actuar la fuerza del campo, y pueda el cambio de posición del punto permitir á esa fuerza dar algún trabajo positivo, hay energía potencial en el punto material dentro del campo (1). Refiriéndonos á la unidad de masa, esta energía potencial es lo que se llama EL POTENCIAL correspondiente á cada posición. Es claro que la energía potencial (ó el potencial) es esencialmente numérica (escalar), como lo es la energía cinética. Lo es también la energía total del punto en el campo en que se encuentra, si se llama así la suma numérica de las energías cinética y potencial correspondientes á un mismo instante.

Se sabe que, en general, las posiciones de los puntos á las cuales corresponde el mismo potencial en un campo de fuerza, pertenecen á una misma superficie de nivel, que se llama equipotencial, y que cuando la intensidad del campo (actuando sobre un punto de masa unidad) hace trabajo positivo, el punto pierde de su potencial una parte exactamente igual á ese trabajo, y pasa á estar colocado en un menor nivel potencial. Por esto el potencial que tiene el punto en una posición en el campo, mide (ó da la medida de) todo el trabajo positivo que las fuerzas del campo harían si lo llevaran hasta el límite del campo, agotando todo su potencial.

En general, si el movimiento del punto en el campo se pudiera mirar como una sucesión de movimientos elementales, cada uno de los cuales se iniciara sin velocidad, la línea formada por las trayectorias elementales sería una línea de

fuerza. Sólo en el caso de ser ésta una línea recta, sería ella misma la verdadera trayectoria finita que seguiría un punto que se dejara libre y sin velocidad en el campo.

Después de estas ideas generales, recordemos el ejemplo sencillo del campo uniforme de la gravedad terrestre, en que, la intensidad del campo es g (constante); y la dirección y el sentido del campo es la vertical hacia abajo (constante) (1).

Si un punto material de masa m se dejara libre en el vacío en una posición cualquiera o , en la cual tuviera una velocidad v_0 , que forme (por su dirección y sentido) un ángulo agudo α , con la vertical hacia arriba, se sabe que en el movimiento parabólico del punto se cumple el Teorema de la energía, que dice así:

$$\frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2 = -mg \times y;$$

y que nos enseña: que al elevarse el proyectil--ó alcanzar mayor nivel potencial--la y positiva corresponde--para cada posición--á un trabajo negativo (segundo miembro de la ecuación), hecho por la fuerza del campo, por haber aumentando la energía potencial del punto en ese valor del trabajo hecho, que es exactamente igual a la disminución de energía cinética (primer miembro de la ecuación), desde su estado inicial $\frac{1}{2} mv_0^2$.

Puede notarse (como hecho interesante en este ejemplo) que, en cualquier instante, la energía cinética $\frac{1}{2} mv^2$, es compuesta de dos sumandos

$$\frac{1}{2} mv_x^2 + \frac{1}{2} mv_y^2; \quad (2)$$

y como el primer sumando no puede aumentar ni disminuir (porque el movimiento en proyección horizontal es necesariamente uniforme, puesto que la dirección del campo es normal á la dirección horizontal $o x$), y ese primer sumando tiene el valor constante $\frac{1}{2} mv_0^2 \cos^2 \alpha$; se ve que al disminuir--como decíamos--la energía cinética, ésta no puede agotarse por completo y convertirse ó transformarse toda ella en potencial. Sólo podrá agotarse--y se agotará--el segundo sumando inicial $\frac{1}{2} mv_0^2 \cos^2 \alpha$, cuando por el trabajo negativo de la fuerza del campo, la energía cinética del punto llegue al valor mínimo $\frac{1}{2} mv_0^2 \sin^2 \alpha$, correspondiente necesariamente á la posición de máximo potencial. Se ve: que en la rama descendente de la parábola--á partir de la posición de máximo potencial, las disminuciones del potencial serán compensadas (mediante los trabajos positivos que vaya haciendo la fuerza del campo)--por los aumentos de la energía cinética desde su mínimo. La exacta igualdad entre este aumento (primer miembro) y aquella disminución (segundo miembro) demuestra que hay conservación de energía total en el campo.

(1) Decimos dentro del campo, para que se recuerde bien que la energía potencial está en el conjunto del sistema á que pertenece el punto, aunque la refiramos á éste. El Profesor Ostwald (en su libro sobre la energía), ha presentado algunos reparos á la distinción hecha por Rankine entre la energía actual y la potencial. Ya se ha aceptado por todos la denominación de cinética, que no puede originar confusión. Se ha conservado la de potencial, que no equivale á posible como contrapuesto á lo real y efectivo. La energía potencial en un campo de fuerza, es tan real y efectiva como la cinética.

(1) Nos referimos á una región suficientemente pequeña para que las aceleraciones de todos los puntos en sus movimientos de caída, se puedan considerar--sin error sensible--como iguales, y para que análogamente las verticales puedan ser miradas como paralelas.

En las leyes que vamos á recordar, se prescinde de la resistencia del medio. No se tratará, pues, de las leyes del fenómeno natural, sino de leyes abstractas y aproximadas, que sería preciso corregir después. Se sabe que éste es el modo ordinario de proceder, dada la inmensa dificultad de formular las leyes de los fenómenos, tales como éstos se presentan en la Naturaleza.

(2) Adoptando el eje $o x$ horizontal y el eje $o y$ vertical.

Este problema es aún más sencillo, si se supone que la velocidad inicial v_0 es *vertical*. Entonces se ve: 1.º, que si su sentido es el mismo del campo ($\alpha = \pi$), el movimiento del punto es rectilíneo uniformemente acelerado en la dirección y en el sentido mismos de la *línea de fuerza*; 2.º, que si el sentido de v_0 es contrario al del campo ($\alpha = 0$), el movimiento es uniformemente retardado en la dirección de la línea de fuerza, y en sentido contrario y *toda* la energía cinética inicial $\frac{1}{2}mv_0^2$ se agotará, transformándose en potencial, correspondiendo el mínimo *cero* de aquélla al máximo de ésta.

En el caso de que el punto tenga enlaces que le sujeten á recorrer una determinada trayectoria fija, que sea una curva cualquiera con sinuosidades de máximos y mínimos de altura, y siempre moviéndose en el campo uniforme de la gravedad, se aplica idénticamente al *Teorema de la energía*, y conduce á idénticos resultados, puesto que la reacción normal de la curva fija da constantemente *trabajo nulo*, y siendo la única fuerza que trabaja la del campo—que es mg —la ecuación es idéntica.

Entonces no está obligada á conservarse constante ninguna parte de la energía *cinética inicial*, y toda ella se agotará hasta alcanzar el máximo posible de potencial, que corresponderá al mínimo *cero* de la cinética.

Nada nuevo hay que decir; y se ve siempre la *conservación de la energía total* en el campo.

Nos hemos detenido demasiado en los recuerdos en la *Mecánica racional* sobre un simple punto material colocado en un campo de fuerza.

Vengamos ya á la *Mecánica social*, para tratar de las fuerzas psíquicas, y verlas actuando sobre los individuos y elementos de una agrupación social que estén en movimiento en un asunto; es decir, haciendo *trabajos sociales*, y proporcionando *energías psíquicas*.

Fijemos la atención en un solo individuo.—Dijimos que en cada individuo y para cada asunto hay en cada instante un conjunto psíquico compuesto de ideas, sentimientos, voliciones, etc., que define para nosotros la *posición* del individuo en el asunto en ese instante. —Y dijimos también: que del *estado físico-fisiológico* del propio organismo corporal emanan influencias que al actuar sobre el *ente psíquico simple*, que llamamos *el individuo*, constituyen verdaderas fuerzas psíquicas; así como del *estado general psíquico* del propio individuo, brotan fuerzas que pueden actuar sobre el individuo mismo, é influir para cambiar su *posición en el asunto* que se considera.—Tanto las que emanen del estado físico-fisiológico, como las que vengan del estado psíquico en general, tendrán en cada instante direcciones y sentidos determinados, con intensidades también determinadas, en correspondencia unas y otras con el temperamento físico—por decirlo así—del individuo en que brotan (1).

El *ente individual abstracto y simple*, con su posición en un asunto, se halla realmente colocado en medio de algo que—mirado en conjunto—constituye un *campo de fuerza*, como se dice en Mecánica. Este campo ó región en que él se halla, lo vemos constituido, en un instante dado, como sigue:

(1) Creemos conveniente hacer esa separación para mayor claridad de lo que vamos á exponer; pero sin querer con ella significar que el estado psíquico sea algo *esencialmente* distinto del físico-fisiológico, porque éste es asunto ajeno á nuestras especulaciones.

1.º Por todo lo físico y psíquico que—fuera del espacio que ocupa del cuerpo del individuo natural—rodea, por decirlo así, á éste; y alcanza hasta donde sea sensible la acción que pueda ejercer sobre el individuo que consideramos.

2.º Por todo lo físico y fisiológico de su propio organismo corporal.

3.º Por todo lo psíquico general *suyo*, que pueda influir sobre él para modificar su posición en el asunto de que se trate (1).

Este complejo campo de fuerza debe de ser mirado (para el individuo *abstracto y simple*) como un verdadero *medio ambiente natural* externo é interno, tanto físico y fisiológico como psíquico. El individuo, en cada instante, como libre, se mueve—es decir, se modifica—con una determinada *aceleración* en el asunto, para cada posición del individuo, y *según sea el campo en ese instante*. Si concibiéramos un individuo con la *unidad de masa* para el asunto, diríamos que su aceleración: por su *magnitud*, da la medida de la *intensidad del campo*, y por su *dirección y sentido*, da la *dirección y el sentido del campo* en ese instante, para la posición que tenga (en el asunto) ese individuo. Se debe de advertir que lo que hemos llamado *campo de fuerza*, constituido, como acabamos de decir, para ver en él un movimiento elemental de modificación del individuo, es algo diferente del campo de fuerza que considera la *Mecánica racional*, para ver en él el movimiento de un solo punto material; porque los centros de fuerzas psíquicas—así externos como internos (respecto del individuo natural)—no son *centros fijos y de poder mecánico constante*, sino que cambian de un instante á otro física y psíquicamente, por lo cual el poder mecánico-psíquico, como si dijéramos, de esos centros de fuerza es esencialmente variable. Por esto, al hablar aquí de la intensidad, dirección y sentido del campo para una posición dada del individuo, hemos cuidado de añadir *según sea el campo del individuo en el instante de que se trata*. Ya se comprenden que la consideración del individuo en su campo para la *Mecánica social*, sea más difícil que la del punto material en la Mecánica racional; y que para formular las proposiciones respecto á las energías psíquicas de un individuo, haya que adoptar ciertas precauciones.

El *campo psíquico* de que hablamos—por su modo de ser—no será en general *uniforme*, es decir, que la intensidad, dirección y sentido del campo no serán las mismas para todos los individuos, en todas sus posiciones y en todos los instantes. Si se piensa en diversos individuos, se ve que el medio ambiente externo que los rodea es en general diferente de uno á otro; y aunque fuera igual, serían diferentes lo fisiológico y lo psíquico del ambiente interno en unos y otros individuos. Si se piensa en las diferentes posiciones que tenga un mismo individuo, en dos instantes cualesquiera de su movimiento, también se comprende que, aunque el medio ambiente externo subsistiera el mismo para ese individuo, cada *cambio de posición en el asunto* que se operara en el individuo abstracto y simple en un cierto transcurso de tiempo, sería simultáneo con otros cambios en lo orgánico-fisiológico del cuerpo del individuo y en lo psíquico suyo, es decir, en todo el ambiente interno. Se concibe la enorme complejidad que todo esto lleva consigo (2). Se ve, en defi-

(1) Lo primero es lo que llama Mach *exterior al límite U*; lo segundo y lo tercero es denominado por Mach *interior al límite U*.

(2) Se sabe que el *hábito* de ejecutar los actos todos de la vida influye

nitiva, que el campo de fuerzas psíquicas no será en general *uniforme*.

En la Mecánica racional, *cuando se trata de un solo punto material*, todo lo que ejerce acción sobre éste, se concibe como algo *fijo y constante*, aunque rigurosamente no lo sea, y se supone que cambian sólo la posición y la velocidad del punto que está en movimiento en el campo sobre una trayectoria cualquiera: mientras que en la *Mecánica social* (acabamos de verlo) todo el campo que ejerce acción sobre un individuo es cambiante de un instante á otro, á la vez que se modifican la posición y la velocidad del individuo que consideramos.

Pues bien: mirando el campo de fuerzas psíquicas, tal como sea para un individuo libre en un instante dado, se ve determinada su aceleración en el asunto en ese instante, que es en magnitud la *intensidad* del campo; la fuerza motriz para ese individuo, es (como en la Mecánica racional) el producto de su masa por esta intensidad.

Si se considerase con esa generalidad cambiante ya explicada, la noción del campo psíquico no podría ser de ninguna utilidad para lo que perseguimos ahora, toda vez que dos *posiciones* diferentes del individuo, así como todas las intermedias, para pasar de la primera á la segunda, no podrían ser vistas *en un campo* que fuera *algo* definido y concreto. Por esto nos referiremos solamente (en lo que vamos á decir) al caso particular en que la *dirección y el sentido del campo* sean constantes para cada individuo; es decir, al caso en que la *línea de fuerza* sea simbolizada por una *línea recta*. Entonces se puede hablar de un campo psíquico en el cual el individuo esté sometido, en cada instante y en cada posición suya, á una fuerza para la cual se conciba una sola ley de variación *de su intensidad*. El campo—para el individuo considerado—sería entonces como *si hubiera* un centro único de fuerza situado en esa línea de acción, y del cual proviniera la fuerza que, en cada instante, fuera la resultante de las acciones de todo el campo. Conviene advertir, además, para evitar confusiones y contradicciones, que vamos á poner la atención en un sólo individuo, y que el campo particular que decimos será el *suyo*, y no el de otro individuo cualquiera. Para otro cualquiera, su campo tendrá *otra dirección y sentido*, también *constante* para él, y como si la resultante de todas las acciones que sobre este otro individuo se ejerzan, viniera de otro centro de fuerza y con su ley de variación de *intensidad*.

Considerando, pues, un solo individuo de masa unidad, se debe de pensar que, aun en el caso particular dicho, el campo en que le veamos á él moverse (es decir, modificarse) no sería uniforme, sino en el caso muy particular de que la *intensidad* del campo fuera también *constante*, es decir, que la resultante de todas las acciones que se ejercieran sobre ese individuo de masa unidad—emanando de todo el ambiente interno y externo, físico-fisiológico y psíquico—tuvie-

de tal modo en lo que hemos llamado ambiente interno de cada individuo, que las fuerzas fisiológicas, solamente estimuladas por las simples sensaciones, bastan para realizar nuevamente aquellos actos una vez iniciados. Como ya se realizan *automáticamente*, no hay fuerzas psíquicas—propia-mente dichas—que intervengan. No habiendo de cambiarse el modo de hacer, no ha de intervenir fuerza psíquica como causa de modificación, quedando entregado el individuo—para esos actos—al sólo juego fisiológico inconsciente.

Esto no obstante, por otra parte, según se sabe, hay renovación continua fisiológica que se realiza en el cuerpo de cada individuo natural; y así el medio ambiente interno, de que hemos hablado, es esencialmente variable con el tiempo.

ra, no solamente dirección y sentido constantes, sino también la misma *magnitud* en todos los instantes. Es evidente que en este caso muy particular el movimiento de modificación del individuo en la dirección y en el sentido de la línea de fuerza sería uniformemente acelerado.

En el curso de estos *Apuntes*, al tratar del movimiento de modificación de un solo individuo ó elemento social, hemos dicho desde la Cinemática, que prácticamente y de ordinario, realiza en su vida los cambios de posición en cada asunto, por una sucesión de movimientos parciales de *dirección constante*, cada uno de los cuales es de larga duración relativa. Cada uno de estos movimientos parciales está en el caso particular que hemos considerado, y podemos aplicarle lo que digamos sobre la *energía psíquica potencial en su campo* en cada instante. Bien entendido, que se supondrá conocida la ley de variación de la intensidad de su campo, en función de la posición que tenga en el asunto en cada instante, porque esta ley es la que *definirá* verdaderamente el campo en el movimiento parcial que consideremos.

En vista de todo lo dicho, procedamos ya á distinguir también para la *Mecánica social* las dos clases de energía de un individuo en su campo, á saber:

1.^a La energía actual ó *de movimiento* del individuo en el asunto (la llamaremos *energía cinética*), que dependiendo de su masa *m* para el asunto, y de la *magnitud* de su velocidad *v* en el instante que se considere, se mide en este instante por $\frac{1}{2}mv^2$, y se puede transformar en *trabajo social*.

Esta energía cinética de un individuo en un asunto, en nada difiere de la de un punto material en la Mecánica racional. Intervienen en ella idénticamente los dos factores *masa y magnitud de la velocidad*, y ésta elevada al cuadrado, con la misma influencia preponderante que en la Mecánica racional.

2.^a La *energía potencial* que dependiendo de la masa *m* del individuo para el asunto, y de su posición en el instante que se considere, así como de la naturaleza ó constitución de su campo de fuerza, se mide en ese instante por *todo el trabajo positivo* que podría desarrollar la fuerza del campo mediante cambios de posición del individuo en el asunto (1). Este trabajo *total* habría de apreciarse como integral de trabajos elementales, cada uno de los cuales es (mediante el factor *m*) el producto de la *intensidad del campo* (variable) en cada posición, por el camino elemental recorrido y estimado en su sentido á partir de ella. El recorrido elemental se apreciaría por el incremento muy pequeño del parámetro definidor de su posición en el asunto.

Se ve que este potencial del individuo en cada posición vale y representa energía *en potencia*, dentro del campo, para el asunto que se considera.—Y existe esta energía mientras el campo pueda ejercer sobre el individuo abstracto y simple alguna *acción real y efectiva*, y pueda él cambiar su posición en el asunto (es decir, modificarse), de modo que permita á la intensidad del campo hacer *trabajo positivo*.—El potencial en cada posición expresa, pues, mecánicamente, todo lo que puede *dar de sí* todavía el individuo por movimiento de modificación en el asunto; y es, por consiguiente, *energía almacenada*, no desplegada todavía, pero que puede desplegarse, contando con todo lo interno y externo que se simboliza—por decirlo así, para el caso parti-

(1) Se sobreentiende que esta energía potencial—aunque referida al individuo—está en todo el conjunto.

cular que consideramos—en la ley de variación de la intensidad del campo.

Si el individuo de masa unidad pasa de una posición inicial en la cual su potencial sea π_0 á otra en que su potencial sea π (menor que π_0) por un movimiento cualquiera en la línea de fuerza (que es el caso particular de que tratamos), se ve que la disminución $\pi_0 - \pi$ del potencial, mide el trabajo positivo hecho, efectivamente, por todas las fuerzas del campo actuando sobre el individuo.

Distinguidas así las dos energías psíquicas *cinética* y *potencial* del individuo en su campo, apliquemos el *Teorema de la energía* al individuo de masa unidad; y se escribirá:

$$\frac{1}{2} v^2 - \frac{1}{2} v_0^2 = \pi_0 - \pi;$$

lo cual nos dice que:

El incremento de la energía cinética es igual á la disminución de la potencial.

Y si se llama *energía total*, en un instante, la suma de las cinética y potencial en ese instante, la proposición anterior equivale á esta otra:

$$\frac{1}{2} v^2 + \pi = \frac{1}{2} v_0^2 + \pi_0.$$

La energía total del individuo en su campo, se conserva constante á través de todas sus modificaciones.

Para darnos cuenta de la ley que acabamos de formular, pensemos que cada individuo al nacer tenga—como si dijéramos—una posición inicial *de parámetro cero*, en el asunto que se considera; y que se encuentre, á partir de ese instante, y para un primer transcurso de tiempo de su vida, en medio de un *campo de fuerzas* constituido:

1.º Por todo lo que haya en su organismo fisiológico, heredado de sus dos padres directamente, con todas las predisposiciones psíquicas también heredadas (y que parecen como ligadas á la misma constitución fisiológica) que trae el individuo consigo para su vida después del nacimiento. Todas esas disposiciones fisiológicas, con predisposiciones psíquicas, habrán de desenvolverse física y psíquicamente.

Puede decirse con entera verdad que ese ambiente interno del niño, al nacer, viene de *toda su ascendencia*.

2.º Por todo lo físico y psíquico del ambiente externo, en medio del cual se encuentre colocado el individuo desde el instante en que nace (1).

Por esto se comprende que el sér todo de cada individuo, tanto por lo hereditario que trae al nacer, como por lo que en él influye el medio ambiente físico y social, está íntima y profundamente penetrado por el pasado y el presente de la Sociedad á que pertenece (2).

(1) La duración del primer transcurso de tiempo que vamos á considerar variará mucho de unos individuos á otros, y dependerá de circunstancias ó accidentes particulares para cada individuo.

(2) Esto que decimos concuerda perfectamente (aunque el aspecto *mecánico* se distinga bien del *biológico*) con la fórmula biológica de *M. Le Dantec*.—Según éste, interviniendo conjuntamente en todo acto vital dos factores esenciales:

- 1.º El contenido del cuerpo del sér vivo..... A ;
- 2.º El medio que envuelve al sér..... B ;

es claro que en un instante cualquiera el funcionamiento vital puede expresarse por la fórmula $A \times B$.

Y así el paso de la forma A_{n-1} del sér (en el instante t), á la forma

Y se ve, como ya habíamos dicho, que todo lo que constituye su campo es esencialmente variable en el tiempo. De hecho, el organismo del niño irá creciendo y modificándose por procesos fisiológicos y biológicos del particular modo que corresponda á *la relación en que se encuentre* con todo el medio ambiente externo; y este medio ambiente (comprendiendo en él todo lo exterior que pueda ejercer alguna influencia de cualquier género sobre el niño íntegramente considerado) cambia de hecho también de un instante al siguiente, al mismo tiempo que cambia lo que hemos llamado el ambiente interno (1).

Pues bien; si suponemos que durante un cierto transcurso de tiempo, desde el nacimiento, la acción de *todo el campo*—aunque variable—sea tal que el individuo simple y abstracto *se mueva*—respecto de un asunto—en una determinada dirección y sentido, y que esta dirección y sentido se conserve constante en todo ese transcurso de tiempo, podríamos decir que el individuo *tenía* al nacer un determinado *potencial para el asunto*, potencial que depende de todo lo que constituye su campo con el modo de ser de éste. El movimiento de modificación que vaya haciendo pasar sucesivamente al individuo de modo continuo por las diferentes *posiciones en el asunto* que él vaya teniendo, será tal que á medida que aumente su energía *cinética*, irá consumiéndose su *potencial*.—Según dijimos, cada disminución de éste, será equivalente al trabajo positivo (ó será medido por el trabajo positivo) que hagan las fuerzas del campo, para acelerar el movimiento de modificación en el asunto. Se ve así la transformación parcial y sucesiva de energía potencial en otra equivalente, durante ese período de tiempo—ó sea la *conservación de la energía total*.

Si no ocurriera la muerte del individuo en ese primer período, llegará ordinariamente un instante en el cual—teniendo el individuo una cierta *posición en el asunto*—el campo de fuerzas experimente grandes alteraciones, y que á éstas corresponda una *nueva dirección y sentido* en que el individuo se mueva ó se modifique (2). Si en este segundo

A_n (en el instante $t + dt$), se expresa—para *M. Le Dantec*—por la fórmula simbólica:

$$A_{n-1} + (A_{n-1} \times B_{n-1}) = A_n.$$

Se sobreentiende que el signo $\times$ no tiene el significado que en Aritmética, para la operación de multiplicar.—Se refiere aquí ese signo al conjunto de actividades de todo género, que (mediante las relaciones entre un cuerpo vivo A y el medio que le rodea B) se opera por acciones y reacciones, á partir de cada instante, y durante cada intervalo infinitamente pequeño dt , de tiempo.

Si con el símbolo general $A \times B$ se expresara la magnitud finita en un instante cualquiera de la actividad total entre el ser vivo A y su medio B , el lenguaje simbólico de *M. Le Dantec* permitiría quizá escribir la fórmula general

$$A_n = A_0 + \int_{t_0}^{t_n} (A \times B) dt$$

si de A_0 (instante t_0) se pasa á A_n (instante t_n).

(1) Vimos anteriormente que el crecimiento y las modificaciones sucesivas y continuas de la estructura del animal, se realiza mediante transformaciones de energías que estaban en el medio ambiente externo, y pasan por asimilación á estar en el medio interno. El proceso de crecimiento dura, naturalmente, hasta llegar el animal (ó la planta) á la plenitud, por decirlo así, de su tamaño y de su estructura, según la especie á que pertenece.

(2) Si se mira bien, ese cambio en el campo de fuerza—que suponemos rápido—, no se presentaría sino en casos especiales ó en períodos *críticos* (por ejemplo, el de la pubertad); pero admitimos esa discontinuidad tan sólo para dar más relieve á nuestro pensamiento.

En la realidad de la vida, el proceso de variación del campo de fuerzas

período, llamémosle así, el nuevo campo (aunque siempre variable) permitiera conocer, juntamente con su dirección y sentido, su intensidad en función de las futuras posiciones, podríamos aplicar todo lo dicho anteriormente para el primer período, viendo el potencial que (en relación con el nuevo campo) pueda corresponder al individuo en el instante inicial del segundo período; y así sucesivamente.

En todo lo dicho hemos considerado la *intensidad* del campo haciendo trabajo *positivo* para aumentar la energía cinética del individuo á expensas de su potencial. Pero en las vicisitudes de la vida del individuo puede haber, y habrá, períodos en los cuales se mueva el individuo (en el asunto que se considere), en sentido opuesto al *sentido del campo* en ese período. Si, por ejemplo, un individuo se encuentra en un instante dado (que consideramos como inicial) animado de cierta velocidad debida á causas anteriores, y se ve colocado en ese instante, y para los transcurso sucesivos del tiempo, en medio de un campo que, por su constitución y naturaleza, tenga la misma dirección de la velocidad del individuo, pero *sentido opuesto*, es evidente que el movimiento del individuo en ese período será *retardado*; es decir, que su *energía cinética* irá disminuyendo por el trabajo *negativo* que irá haciendo la fuerza del campo; pero su *potencial en el campo* irá aumentando, puesto que á las posiciones que vaya teniendo irá correspondiendo mayor cantidad *posible de trabajo positivo que hacer á la intensidad del campo*.

Cuando á ese individuo se le agote la energía cinética que tenía en el instante inicial, porque se haya transformado toda ella en potencial, éste será un *máximo*, cuando la cinética sea *nula*; y á partir de ese instante, el trabajo positivo irá aumentando la energía cinética, á partir de *cero*, y corresponderá á un movimiento en el *sentido mismo* del campo, que irá acompañado de la correspondiente disminución de potencial. Siempre se cumplirá, por el *Teorema de la energía*, la ley de la *conservación de la energía total*; y habrá un *instante* en que *toda la energía* (mirando sólo un individuo), estará en potencial, que es aquel en que la cinética sea *nula*.

* *

Todo lo expuesto anteriormente respecto á las energías cinética y potencial de un sólo individuo moviéndose en su campo, podría aplicarse á lo que llamábamos *un elemento de una agrupación social*, si se individualizara. Para ello sería preciso:

1.º Concebir el *elemento* como simbolizado por un punto central, al cual se atribuyera una masa para el asunto que fuera la de todo el elemento social, y al cual se atribuyera también una velocidad de modificación en cada instante; y así visto, ó individualizado, el elemento social, su energía cinética se mediría por $\frac{1}{2} mv^2$.

2.º Concebir que ese punto central ó elemento individualizado estuviera en un campo de fuerzas psíquicas constituido, por una parte, por todos los individuos de la colección que, ejerciendo sus acciones sobre el centro, formarían el *medio ambiente interno*; y por otra parte, por toda la agrupación social, y por todo lo exterior á ésta, hasta donde

se opera según ley de continuidad; y en rigor se debe de ver al individuo con su potencial en el campo de fuerzas, moviéndose (ó desenvolviéndose), de modo continuo, á la vez que su campo se transforma continuamente. — Nosotros nos limitamos á ver lo que ocurriría en un punto, por virtud de un cambio finito en el campo de fuerzas.

fuera sensible la acción que pudiera ejercer sobre el elemento que se considera, lo cual formaría el *medio ambiente externo* para el elemento. Aplicando á este campo para el elemento social las consideraciones hechas al tratar de un sólo individuo, se debería de mirar cada período del movimiento en que fuera conocida y constante la *dirección y el sentido del campo*, y en que se pudiera conocer su *intensidad*. Ya sea esta intensidad constante ó variable, se podría concebir la *energía potencial* del elemento (en cada posición que tenga en su campo) como el producto de su *masa* por el *potencial* en esa posición (para la unidad de masa).

Podría repetirse después de esta concepción todo lo dicho respecto de un sólo individuo, y aplicar el *Teorema de la energía*; y quedaría establecido también el principio de la *Conservación de la energía total*.

Se ve en definitiva que (tanto para un individuo como para un elemento social) el *porvenir*, es decir *lo que será* por efecto del movimiento elemental de modificación en el tiempo, depende *del presente*, en el cual está ya el pasado, naturalmente. Pero entendiendo bien, que *el presente* no se refiere tan sólo al estado del individuo ó del elemento social en posición y velocidad en el instante que se considere, sino al estado (en este mismo instante) de todo lo que ha de influir en el individuo ó elemento social, que es su *campo de fuerzas*, constituido por todo lo físico y psíquico interno y externo de donde emanan fuerzas que actúan sobre él. Todo esto es también *presente*, como correspondiente al instante de que se trata. En el presente está, pues, *toda la energía* del individuo ó del elemento social en las dos formas cinética y potencial.

Y es muy de notar que mediante el despliegue y las transformaciones de las energías totales de los individuos y elementos de una agrupación, éstos influyen á su vez, muy marcadamente, sobre el medio ambiente físico externo, y lo modifican, ayudándose de todos los conocimientos adquiridos por las ciencias físicas, químicas y naturales. Con la ayuda de las ciencias psíquicas y sociales—si éstas progresaran bastante—se influiría muy marcadamente también sobre el ambiente psíquico interno y externo. En definitiva se ve, que, por repercusión, se van modificando las fuerzas de los campos en que se van encontrando sucesivamente los individuos y elementos sociales. Así se realiza la evolución total del ambiente físico y psíquico para los individuos y elementos de toda una Sociedad.

A la Sociología corresponde examinar atentamente y de un modo profundo y detallado todo lo que acabamos de indicar para ver si con los progresos de la Psicología experimental es posible algún día emprender la constitución científica de la Mecánica social aplicada.

(Continuará.)

Popularización de la electricidad.

El problema de la popularización de la electricidad está íntimamente ligado al del porvenir de las fábricas centrales y al de las Compañías de distribución.

En el extranjero se han hecho grandes esfuerzos para procurar conseguir que el empleo de aparatos eléctricos se extienda á todas las clases de la sociedad. Es lamentable el hacer constar que en nuestro país nada se haya hecho en este sentido. La publicidad comercial, debida á la iniciativa privada de los construc-