

DISCURSOS

LEIDOS ANTE

LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCION PÚBLICA DEL

ILMO. SR. D. MANUEL MARIA DE AZOFRA.



MADRID:

IMPRESA Y LIBRERÍA DE DON EUSEBIO AGUADO.— PONTEJOS, 8.

1865.

Señores:

Si cuantos han llegado á ocupar este sitio se han creído en el imprescindible deber de reclamar vuestra indulgencia; á pesar de los profundos conocimientos que distinguían á unos, de los eminentes servicios que adornaban á otros, de los acrisolados merecimientos que enaltecían á todos, ¿qué me sucederá á mí, que desprovisto de tan gloriosos timbres solo puedo ofrecer, para aspirar á vuestra benevolencia, mi profunda gratitud por el inmerecido honor que me habeis dispensado, y mi sincero, pero estéril deseo, de corresponder á él? Vosotros, que habeis ocupado tan dignamente este sitio de honra y de inquietudes, haciendo resonar aquí los sublimes acentos de la ciencia en sus diversas acepciones; vosotros, que habeis confirmado despues con dignos trabajos lo acertado de vuestra eleccion; vosotros, que adornados de la modestia, inseparable compañera del verdadero saber, reclamábais la indulgencia de vuestros jueces; vosotros vais á serlo míos; y esto al menos sirve para alentarme en mi propósito; pues conociendo la verdadera necesidad con que la reclamo, lo poco que de mí podríais esperar en ninguna circunstancia, y menos aún en las que, absorbiendo por

completo mi tiempo, me han obligado á retrasar mas de lo que hubiera deseado el cumplimiento de este sagrado deber; no me negareis vuestra benevolencia para cumplirlo. Con ella, y con la de tan ilustrada concurrencia, cuento para exponer en breves y desaliñadas frases una idea general de los motores que en el estado actual de las ciencias y de la industria merecen especialmente el nombre de motores industriales, y de los caracteres y tendencias que los distinguen. Y no os sorprenda que trate de presentar á vuestro superior criterio un tema que, por lo conocido, parece impropio de ser explanado ante un congreso de especialidades eminentes, representacion genuina de la altura á que en nuestros dias se han elevado las ciencias, y para quienes son innecesarias las observaciones que pueda yo hacer en el asunto que someto á vuestra consideracion. Talento os sobra para comprender que no á todos es dado remontarse á las regiones abstractas del saber; y que si es privilegio de unos pocos poder elevarse sobre el comun de las gentes, merece consideracion de sus conciudadanos el que, en esfera mas humilde, contribuye á disipar alguna preocupacion inveterada, á difundir alguna idea útil, que solo puede fructificar contando con la aprobacion de las corporaciones sábias á quienes no alcanzan las preocupaciones del vulgo, y ante cuyo augusto tribunal se fallan las fecundas contiendas de la inteligencia.

Permitid, pues, que llame por breve rato vuestra ilustrada consideracion hácia los motores, el individuo que en este momento tiene la honra de dirigiros su voz, propagador entusiasta por espacio de treinta años de los perfeccionamientos que las ciencias exactas en su aplicacion á la industria han introducido en las artes mecánicas, y que cifra su único orgullo en haber contribuido en cuanto se lo han permitido su escaso valer, y las vicisitudes de épocas no siempre tranquilas por que ha pasado la Nacion española desde la muerte del último monarca, á difundir en la cátedra, en el libro y en la prensa periódica los principios de las ciencias aplicadas.

Las *fuerzas*, los *motores* que nos suministra la naturaleza para la ejecucion de los diversos trabajos en que se emplean, pueden reducirse

á muy corto número: la *fuerza vital*, el *agua*, el *viento* y el *vapor*, ó sean la fuerza muscular del hombre y de los animales; la pesantez obrando especialmente sobre el agua; el aire en movimiento; y la fuerza expansiva ó contractil que resulta de la dilatacion y contraccion de ciertos cuerpos, por consecuencia de la absorcion ó pérdida de calor, son las cuatro fuerzas mas principales empleadas en producir el trabajo mecánico indispensable para satisfacer las diversas necesidades del hombre: si á ellas se agregan la elasticidad, la electricidad, el magnetismo, y el electro-magnetismo, de que hasta el día no se ha hecho un uso verdaderamente importante bajo el punto de vista industrial, se habrá completado el número de las fuerzas naturales aplicables á la industria; y se dice que las cuatro primeras son las principales, no porque realmente sean las únicas que pudieran emplearse, ni menos aún porque lo hayan de ser en lo sucesivo: cuando las aplicaciones de la electricidad como fuerza motriz están aún en la infancia; cuando la inflamacion de la pólvora, la explosion de ciertos cuerpos, y otros diversos agentes, pueden llegar á ser poderosos auxiliares de la débil fuerza muscular del hombre, mal se pudieran considerar aquellas cuatro fuerzas como las únicas puestas á su disposicion; pero sí es lícito añadir que en el estado actual de las ciencias y de la industria, son las únicas que se emplean con ventaja cuando deben economizarse para obtener de ellas el mayor efecto de que son susceptibles. Sabido es que todas estas fuerzas pueden obrar aislada ó simultáneamente sobre los diversos aparatos destinados á utilizar su accion, que á veces obran en sentido contrario del movimiento que toman los cuerpos, y entonces su accion se asemeja en muchos conceptos á las mismas resistencias que por su medio tratan de vencerse: sabido es tambien que para apreciar sus diversos efectos, se necesita una medida comun con que puedan estos compararse; una *moneda mecánica* con que pueda aquilatarse su diferente valor. Si se entiende, pues, por *motores* los animales, el agua, el viento, y el vapor, como generalmente se hace respecto de los cuatro primeros, es preciso distinguir cuidadosamente el cuerpo del agente motor de las causas que le dan las cualidades que posee, causas sin las cuales no las

poseería. Así el agua no obra como motor, sino en tanto que se le presenta una diferencia de nivel. El aire no se pone en movimiento, sino cuando ha sido enrarecido en un parage por una causa cualquiera. Los animales no obran como motores, sino con ayuda de la fuerza muscular ó vital. Pero cualquiera que sea la causa primitiva que pone en movimiento los cuerpos del agente motor, estos obran á su vez como verdaderas fuerzas, pueden producir trabajo, y este trabajo ser valuado en kilográmetros, y comparado con otro cualquiera con ayuda de la moneda mecánica que acabo de indicar. Que este trabajo representa siempre una resistencia vencida y un camino recorrido; que es mal modo de apreciar los resultados que pueden obtenerse de los motores, contar solo con el mayor esfuerzo que puedan desarrollar, ó con la mayor velocidad que puedan tomar; que no hay trabajo alguno sin resistencia vencida, cualquiera que sea el camino recorrido, y tampoco lo hay sin camino recorrido cualquiera que sea la resistencia vencida; y que, como consecuencia de estos principios, caen por su base las quiméricas tentativas que aun hoy dia vemos anunciar con demasiada frecuencia en periódicos de nuestro país y del extranjero sobre el movimiento perpétuo, sobre la creacion de la fuerza con ayuda de máquinas ingeniosas: no hay para qué ponderarlo. Las peregrinas combinaciones que se han imaginado para resolver este pretendido problema, todas adolecen de un vicio radical de concepcion, que un poco de observacion hace facilmente descubrir en ellas; la mayor parte de sus autores solo se han apoyado en vagas nociones de equilibrio, que no han sido completadas y rectificadas con el estudio de las máquinas en movimiento. Partiendo del hecho mal comprendido, y (permitidme decirlo así) no pocas veces mal explicado, de que por medio de una palanca ú otra máquina cualquiera, una fuerza pequeña puede equilibrar otra mas considerable, han creido poder encontrar en las combinaciones geométricas de diferentes órganos de máquinas, una causa de *produccion de movimiento*, cuando todas estas combinaciones no son, no pueden ser jamás sino aparatos de modificacion de *movimiento*, que solo transmitirán á lo sumo, una cantidad de trabajo igual á la que recibieran; y aun pres-

cindiendo de toda resistencia útil, siempre existiría el trabajo absorbido por las resistencias nocivas, por el rozamiento de las superficies en contacto, por la resistencia de los medios en que se moviesen los cuerpos; de modo que lejos de que una combinacion cualquiera de órganos de máquinas pueda ser causa de produccion de movimiento, ni aun serviría para conservar indefinidamente el que se le hubiere comunicado; y por lo tanto no es en el empleo de una máquina mas ó menos complicada donde habria que buscar la solucion de este problema, sino en la anulacion de todas las resistencias pasivas: observacion que no debe perderse de vista para conocer la completa inutilidad de toda investigacion sobre este asunto, pues además de que el problema así planteado sería inútil, porque un sistema que no hiciese mas que conservarse perpétuamente en movimiento, sin vencer la mas mínima resistencia, de nada nos serviría, es de todo punto imposible la completa destruccion de aquellas resistencias por la naturaleza misma de las cosas. Y por último, aun suponiendo por un instante vencida esta imposibilidad, obtenida la supresion de las resistencias pasivas por una peregrina construccion de los órganos de las máquinas no sería ya tal ó cual máquina la que resolviese la cuestion, sino todas aquellas á que se aplicase tan maravilloso medio de construccion. Mucho pudiera decirse sobre estas diferentes cuestiones, cuya importancia mejor que yo conoce vuestra superior ilustracion; pero no entrando en el cuadro que me he propuesto, principiaré á tratar de los motores industriales.

Motores animados.

El hombre, en primer lugar, y despues los animales domésticos que le ayudan en sus tareas, son los que se entienden por motores animados, cuyo número y especie varia segun el clima de que se trata.

La fuerza muscular del hombre debió ser la primera empleada en la industria; mas tarde, los progresos del saber humano le permitieron sustituir á la débil suya, la de animales mas vigorosos; aprovechó des-

pues con ventaja la de agentes inanimados provistos por la naturaleza, tales como el agua y el viento; en nuestros días se ha visto llegar á un grado asombroso de perfeccion la eficazísima del vapor de agua; y nadie puede preveer dónde terminarán los adelantos de las ciencias y de la industria en este ramo, cuando la electricidad y otros diversos agentes de uso nulo, ó casi nulo como fuerzas motrices en la actualidad, entrañan, quizás, resultados y aplicaciones que hoy no pueden concebirse, pero que tal vez llenarán de asombro á las generaciones venideras.

Los motores animados presentan en su organizacion un sistema de partes sólidas, flexibles y fluidas. Las primeras son los *huesos*, destinados á sostener todo el sistema, proporcionando los correspondientes puntos de apoyo á los mismos órganos, y de suspension á los *músculos*; estos vienen en seguida á rodear y revestir los huesos, á los que se unen por lazos de gran fortaleza y sujecion; y estos músculos, que forman la mayor parte de la masa del cuerpo de cada animal, son los órganos encargados de la ejecucion de los movimientos: no hay para qué hablar aquí de las vísceras, por mas que sean los órganos esenciales de la vida y de la nutricion; ni de las partes fluidas, como la sangre, la linfa, el quilo y demás humores. Los huesos y los músculos son los órganos de la locomocion; y en este acto de la vida, los huesos son pasivos, los músculos activos: todos los movimientos se efectuan por la contraccion y por la extension de los músculos; cuando un músculo entra en accion se acorta, se endurece, se hincha, y adquiere fuerza y elasticidad tan grandes, que sus fibras llegan á ser susceptibles de vibrar y producir sonidos, y hasta el caso de romper los tendones y huesos: la costumbre y el ejercicio influyen poderosamente en la energía y duracion de la contraccion; pero el esfuerzo que un motor puede ejercer depende no solo de los músculos que se ponen en juego, sino tambien de la posicion que ocupa, y es siempre indispensable la experiencia para poder apreciar la fuerza de los diferentes músculos, ó por mejor decir, para obtener resultados medios que se puedan aplicar con suficiente aproximacion á los diversos individuos de una misma especie.

La accion ejercida por los motores animados tiene la principal ventaja de ser intermitente, pues estos necesitan del reposo, el sueño y el alimento para recobrar las fuerzas perdidas. La cantidad de accion diaria ó de trabajo diario que producen se descompone en dos partes, una destinada á realizar el efecto útil, y otra que se emplea en vencer las resistencias pasivas, y en comunicar el movimiento al cuerpo del agente motor. Cuanto mas corta es la duracion del trabajo, mayor es la cantidad de accion que proporciona en cada instante un motor animado; y reciprocamente, tanto mas pronto se hacen sentir la *fatiga* y necesidad del descanso, cuanto mayor es la accion ejercida por el agente motor. Es preciso distinguir bien en un motor animado, la accion diaria ó el trabajo diario que produce, de la *fatiga* que experimenta al producirlo, pues el objeto que debe proponerse en el empleo de estos motores es *obtener el mayor trabajo* posible con la fatiga que sea compatible con la organizacion especial del motor, sin perjudicar á su economia animal.

La fuerza animal, y sobre todo la del hombre, debió ser naturalmente una de las primeras empleadas, y es tambien una de las mas importantes, aunque sea de las menos eficaces; pero nuestra ignorancia sobre el principio de la vida nos impide explicar con datos científicos las leyes de esta fuerza: sabemos, por ejemplo, que la del hombre es nula para la industria en nuestros primeros años de existencia; que crece y se desarrolla con la edad á medida que el niño crece, entra en la adolescencia, llega á ser hombre y pasa á la edad madura; vemos que en seguida decrece por grados hasta que el anciano cae en la decrepitud, si algun accidente ó enfermedad particular no produce la muerte antes de la extincion total de la fuerza aplicable á la industria. Conocemos tambien por experiéncia, que esta fuerza varia con el alimento, estado de salud, sexo, clima, género de trabajo y otras mil diversas circunstancias; pero el exámen de todas ellas no nos proporciona medio alguno para medir de una manera absoluta las fuerzas vitales, ni la ley de disminucion de estas fuerzas segun el género y duracion del trabajo.

La resistencia vencida en cada instante por un motor animado, solo puede determinarse y medirse cuando está fuera del motor, y entonces este no produce mas que un efecto equivalente al de un peso, y puede ser expresado en kilográmetros ó en cualquiera otra clase de medidas de trabajo como el de los demás motores, bien se les haga trasportar un peso en diversas circunstancias, bien se les obligue á empujar ó tirar aplicados á algun órgano de máquina convenientemente dispuesto. En el primer caso, el centro de gravedad de toda la carga, incluso el peso de su propio cuerpo, será elevado á cierta altura, y se obtendrá el trabajo multiplicando este peso por la altura á que se eleva; en el segundo, al peso elevado habrá que sustituir el esfuerzo desarrollado, y á la altura el camino recorrido en la direccion del esfuerzo; pero en uno y otro caso, además del esfuerzo exterior que produce el trabajo mecánico, se desarrolla interiormente otro para poner en el oportuno movimiento los diferentes miembros del agente motor; y como se ignora completamente la medida de este último, y como ambos contribuyen á producir la fatiga del motor animado, se deduce de aquí que no hay medida absoluta del trabajo diario de los motores animados; que este se compone del exterior, medible como los demás, y del interno, que no es susceptible de medida. Dedúcese tambien de aquí la natural explicacion de las notables diferencias que se observan en las cantidades de trabajo que son susceptibles de producir los motores animados segun su modo de obrar, desde 34.330 kilográmetros que produce un hombre cavando, que es uno de los ejercicios mas penosos, hasta 280.800 kilográmetros, que puede producir trasportando pesos por un camino de suave pendiente.

Ahora bien: el estudio de las diversas cantidades de trabajo de que son capaces el hombre y los demás motores animados, segun la manera de emplearlos, la relacion en que se hallan unos y otros, las condiciones que han de observarse para su mejor empleo, las relaciones que deben existir entre la velocidad comunicada, el esfuerzo ejercido y la duracion de este para obtener el mayor efecto útil de tales motores, los límites en que estas cantidades varian sin que lo hagan notablemente aquellos

resultados, y otras mil cuestiones correspondientes á este asunto, han sido objeto de largas meditaciones, ingeniosas teorías y concienzudos experimentos de muchos ilustrados profesores, que han presentado en sus obras y lecciones los resultados medios que pueden servir de gran utilidad en la práctica, y los elementos necesarios para continuar de igual modo estas investigaciones. Los nombres de Dupin, Coulomb, Navier, Courtois, se vienen naturalmente á la memoria al tratar de tan interesante materia.

Mas para obtener del hombre como motor una cantidad de trabajo, que tan útil puede ser en las diversas operaciones de la industria, de la manera mas ventajosa, no basta aplicar á ciegas su fuerza muscular; es preciso poner los medios necesarios para aumentarla cuanto sea dado, para emplearla con la posible destreza y aptitud, y dirigirla con la mayor inteligencia y acierto; es indispensable la educacion física, artística é intelectual. El hombre que se alimenta mal (y lo mismo pudiera decirse de los animales en este punto), no puede desarrollar toda su fuerza. El reposo, el sueño y el alimento, son indispensables para la vida, y para recobrar las fuerzas perdidas en el trabajo; y si no se toman en la cantidad y calidad necesarias; si por falta ó por exceso se quebranta la salud, ó no se adquiere la indispensable robustez; si por una prolongacion excesiva del trabajo diario, ó por verificarlo en condiciones insalubres, ó en edad y circunstancias poco acomodadas, se origina una perturbacion en la economía animal del motor, en vano será tratar de obtener de este la mayor cantidad de trabajo de que un método mas racional, mas humano y provechoso para los mismos que lo explotan, le harian susceptible. Notables ejemplos pudieran aducirse de esta verdad, comparando el método de alimentacion y de trabajo de los obreros de diferentes paises, y se observaria en ellos la inmensa diferencia que estas circunstancias originan; pero aun sin salir del nuestro podrian hacerse comparaciones entre el trabajo de los hombres libres y el de los penados diferentemente alimentados, de que han tratado con tan singular acierto algunos distinguidos individuos de esta Academia.

Conviene mucho, sin duda, dedicar los hombres al trabajo desde

que buenamente pueden verificarlo; amoldar, digámoslo así, para él á los niños desde su edad mas tierna; pero librenos Dios de incurrir en el exceso inhumano y cruel, en que han incurrido no pocos gefes de talleres y manufacturas de países que pasan por muy ilustrados, y que lo son en muchos conceptos, de exigir de los niños y mujeres una tarea superior á sus escasas fuerzas, contraria á su conservacion y desarrollo, y que ha hecho indispensable la intervencion de la ley para poner freno á codicia tan poco cristiana como mal entendida. Nunca debe exigirse de los niños todo el trabajo que permitan sus crecientes fuerzas; sino al contrario, alijerarlo, dividirlo por intervalos de reposo y de recreo, y dedicar parte de este tiempo á instruirlos en los primeros elementos de las ciencias, que pueden contribuir poderosamente á su moralidad y bienestar, y al mismo aumento de trabajo que se desea obtener de ellos.

Por otra parte, solo en el trabajo de los simples braceros será objeto principal obtener el máximo de la fuerza animal que pueden desarrollar diariamente. En las tareas de los artesanos, y con mayor razon en las de los artistas, el mejor modo de emplear el trabajo del hombre consiste mas bien en una aplicacion inteligente, concienzuda, observadora, sin pérdida de tiempo, de una parte mas ó menos grande de sus fuerzas físicas; porque á su trabajo muscular, semejante por sí solo al de las bestias de tiro y carga, añade el hombre el trabajo de la vista, del oido, del olfato, del gusto y del tacto, el de todos sus sentidos guiados por las facultades de su inteligencia; añade la experiencia que puede adquirir con espíritu observador, que le proporcione el conocimiento de gran número de resultados, que se convierten para él en guias seguros de sus operaciones materiales. De aquí nace la importancia de perfeccionar nuestros sentidos, de desarrollar y dirigir convenientemente la inteligencia del obrero, de inclinarle á trabajar con silencio y observacion de las operaciones puestas á su cuidado, para adquirir esa misma experiencia tan fecunda en buenos resultados. Y para obtenerlos de la manera mas conveniente y rápida, encuentra dos poderosos auxiliares en el empleo de buenos instrumentos, y en la bien entendida di-

vision del trabajo, que se presta á tantas importantes consideraciones. Estas dos circunstancias contribuyen poderosamente á abreviar el tiempo empleado en las diversas operaciones de la industria, á obtener mayor cantidad de productos en el mismo tiempo. Y téngase en cuenta que se puede mirar como principio matemáticamente demostrado, que á medida que se desarrolla y perfecciona la industria de un pueblo, las operaciones industriales deben adquirir mayor velocidad para obtener en todas ocasiones el mayor efecto útil. ¿Quereis un ejemplo palpable de esta verdad? Pues observad lo que se verifica en todo género de transportes. A medida que la industria de los pueblos se ha ido desarrollando, ha ido también creciendo la velocidad de sus transportes y comunicaciones, desde la lenta marcha de los peatones, hasta la rapidísima de los ferro-carriles, y la casi instantánea de los despachos telegráficos; y nada tiene de extraño que así suceda; cuando el hombre llega á poseer un capital considerable, que hace valer por medio de su inteligencia, el tiempo es para él de la mayor importancia, porque sus beneficios se multiplican en razon del número de operaciones que ejecuta en un plazo dado.

La acertada division del trabajo debe contarse entre los medios mas poderosos de acelerar y perfeccionar los del hombre; porque á medida que los movimientos exigidos á cada obrero son mas sencillos y menos diferentes, su repeticion se hace mas fácil, rápida y perfecta, y de ella nacen los asombrosos resultados que se obtienen de tal division.

Los instrumentos y herramientas que emplea el hombre en sus diversas operaciones, le son indispensables para suplir la inferioridad con que le ha dotado la naturaleza en este punto, respecto de muchos animales que llevan consigo todas las herramientas necesarias para las diferentes faenas que les han sido señaladas, y con una perfeccion en esos mismos órganos que ha rehusado al género humano. En vano intentará el hombre descortezar con sus dientes ni con sus uñas la madera, como lo hacen el castor y otros animales; pero ¿cuál de ellos podrá cortar un madero como el hombre armado de una simple sierra? ¿Cuál es el pájaro cuyo pico penetra en el tronco de un árbol tan fácilmente como el

hombre, provisto de una barrena ó un verbiquí? La simple operacion de introducir un clavo en una pared ó en una viga, es impracticable para el hombre què se halla en el estado de la naturaleza, es decir, reducido al uso de sus órganos propios como los demás animales. Pero poned en su mano un martillo, y esta operacion, superior al esfuerzo de diez animales de los mas vigorosos, se convertirá para él en un pasatiempo: y ¿qué resulta cuando á las herramientas propiamente dichas añade el hombre el auxilio de ciertos reactivos, ó de ciertos accesorios, la greda ó el esmeril si quiere pulimentar una superficie, los ácidos cuando se propone taladrar las piedras? ¿Qué son entonces respecto del hombre los moluscos, que por sus secreciones, ó á fuerza de siglos, han roído tal ó cual dique submarino y llegado á destruirlo? Por eso se ha dicho que los instrumentos y herramientas son para el hombre una especie de órganos suplementarios, que variados al infinito en sus formas y aplicaciones, le permiten transformar su esfuerzo de mil maneras diferentes, dándole una destreza, una finura, una delicadeza, una aptitud universal, que en vano se procuraria obtener sin ellos; y por eso no debe extrañarse que los obreros inteligentes de muchos países, y especialmente de Inglaterra, den toda la importancia que se merece á la adquisicion de las herramientas que les permiten ejecutar durante un día laboral, mayor, mejor y mas cómoda cantidad de trabajo: los desembolsos que se hacen para adquirirlos les son ámpliamente recompensados por el mayor fruto que obtienen de sus tareas, y la menor fatiga con que las llevan á cabo.

Sin embargo, el poder productivo del hombre, reducido á sus propias fuerzas, es muy limitado, por mas que se auxilie con los medios que ligeramente acabo de indicar. Ciertó que el hombre puede aumentar la destreza de sus dedos y la flexibilidad de sus miembros; pero hay un punto, pasado el cual este progreso llega á ser extremadamente lento y limitado; lo mas á que entonces puede aspirarse, es á hacer participar á gran número de personas de los adelantos obtenidos por unos pocos. Indudablemente es permitido al hombre aumentar en determinada cantidad el vigor de sus músculos; mas el progreso que se verifica en este

género en un largo espacio de tiempo y para una reunion inmensa de hombres, para una nacion cualquiera, tiene un límite reducido cuando ya ha llegado á cierto grado. El hombre civilizado, que se alimenta de una manera regular, que se halla sometido á un trabajo diario, consigue dar á algunos de sus miembros, y aun á todo su cuerpo, un poder de accion superior al que posee el salvaje que no es industrial, y que no se ejercita en el trabajo sino por casualidad, y para cubrir sus escasas necesidades, como se halla comprobado por experimentos directos; pero una vez que ha entrado en las vias de la civilizacion, y que está sujeto á un trabajo regular y continuo, el hombre puede considerarse como si hubiere adquirido una fuerza muscular fija por término medio. Los mozos de cordel no llevan hoy sobre sus espaldas mayor peso que el que podian cargar sus abuelos: la intensidad de la fuerza material del hombre tiene sus límites naturales en nuestra misma constitucion; la fuerza muscular media del Español y el Francés, del hombre del mediodía y del norte, del europeo y del americano, debe ser hoy poco mas ó menos igual á la que era hace cien años; y sin embargo, ¡cuán inmensamente ha crecido su poder productivo en este espacio de tiempo! ¿A que atribuir tan benéfica trasformacion? A la razon de que la Providencia ha dotado al hombre, que es una de sus primeras fuerzas, la primera de todas sin disputa; la que le ha permitido emplear en provecho suyo los demás motores animados é inanimados; la que es origen y prenda de su dominacion en la tierra, como es la promesa de su inmortalidad en la otra vida.

Y para concluir este punto de los motores animados (en el cual por no alargarlo demasiado, casi siempre me he concretado á tratar del hombre como motor), ¿cuál deberá ser la tendencia que en su mejor empleo deba uno proponerse? ¿Cuáles los medios generales de conseguirlo? ¿Tratar de obtener del hombre en todos los casos la mayor cantidad de trabajo corporal de que sea susceptible? De ningun modo. Además de que esto repugna muchas veces á la humanidad, á la fraternidad y benevolencia que debe reinar entre los hombres, á nuestras mismas creencias religiosas, seria casi siempre

opuesto á los intereses de los que tan torpemente quisieran abusar de los medios de trabajo puestos á su disposicion: utilizar con grande empeño, con desmedida codicia, con ignorante actividad, la débil fuerza corporal del hombre, desperdiciando la mas poderosa que pueden proporcionar su razon, su inteligencia desarrollada por la instruccion, por la destreza, por el perfeccionamiento de sus sentidos, por la division del trabajo, por el empleo de buenas herramientas, por tantos medios como pueden conducir á su mas acertado empleo, es una trasgresion de las leyes de la naturaleza, que en sí misma lleva casi siempre el castigo merecido: la pequeñez de los resultados obtenidos para los especuladores; la pérdida de la salud y la brevedad de la vida para los individuos; la desmoralizacion para la sociedad; el atraso y postergacion para las naciones.

Y no es esto desconocer la importancia de la fuerza muscular del hombre, sino reservar su empleo para los usos y casos á que deba limitarse. En todos aquellos trabajos que todavia no se pueden efectuar con máquinas movidas por otros motores, ni que parezcan susceptibles de serlo, allí tienen su ocupacion natural los motores animados, y especialmente el hombre; pero aun en estos casos debe intervenir el empleo de buenos instrumentos y herramientas, para aliviar al hombre cuanto sea posible, y obtener el mayor resultado con el menor esfuerzo. En todos los demás, el hombre debe trabajar mas con la fuerza intelectual que con la fisica: debe vigilar y dirigir la marcha de las máquinas, darles ó detener sus movimientos, modificarlos y variarlos, abrir y cerrar llaves ó válvulas, y otras mil faenas indispensables en las fábricas y talleres, y que se realizan hoy con tanto provecho de sus dueños como limitado trabajo de los obreros: que en esto se diferencian los pueblos y siglos ilustrados de aquellos en que la civilizacion estaba en su infancia. Cuando se emplea la accion directa del hombre para moler el trigo y pulverizar otras sustancias; para extraer los aceites y los vinos; para mover pesadas embarcaciones á fuerza de remos; para sacar minerales de las entrañas de la tierra, se necesitan esclavos; se necesitan hombres condenados á galeras; se necesita, en fin, uncir los hombres

á un molino, como se uncen los bueyes al yugo y los caballos al malacate. Bien sabeis que por desgracia estas indicaciones no son exageradas; los bellos tiempos de los romanos y de la edad media suministran hartos ejemplos de ello; y no hay motivo de afligirse ciertamente, por la diferencia que se nota en este particular entre antiguos y modernos tiempos.

Motores hidráulicos.

Cuando una masa de agua, en virtud de la gravedad á cuya accion se halla sometida (como todos los cuerpos), y de una diferencia de nivel, se pone en movimiento, adquiere una fuerza viva que puede convertirse en trabajo mecánico con ayuda de máquinas mas ó menos ingeniosas, mas ó menos bien dispuestas; formando uno de los *motores* mas económicos, antiguos, esparcidos, enérgicos, importantes y útiles en gran número de circunstancias: el agua se consideraba como el motor por excelencia, hasta hace pocos años, que ha sido destronado por el vapor, ese gigante de los tiempos modernos, que se va apoderando de la ejecucion de todas las operaciones de la industria, y de la satisfaccion de todas las necesidades del hombre en que se hace uso de fuerza motriz; pero si bien el agua ha perdido bajo este punto de vista el cetro de la universalidad de sus aplicaciones, que la hacian contar como el primero y casi exclusivo de los motores inanimados, todavia lleva consigo la alegría, la salubridad, la abundancia y la fuerza cuando se aprovechan con inteligencia sus benéficas corrientes en el abastecimiento, limpieza y ornato de las poblaciones, en el embellecimiento de los jardines, en el riego de los campos, en la navegacion de los rios y canales, y en el movimiento de numerosos artefactos para los cuales será siempre irreemplazable. *Los rios son caminos que andan*, decia el célebre Pascal, y que llevan en su movimiento el bienestar y el poder á los que saben aprovecharse de ellos. En aquellos países ó regiones en que abundan los saltos de agua y escasean los combustibles; donde la industria rural haga indispensable el empleo de una fuerza poderosa, y las

artes de construcción, especialmente del hierro, no se hallen muy desarrolladas; en los casos en que entre por principal elemento la economía y abunden el volumen de agua y salto disponibles; en los que pueda sacrificarse la regularidad y continuidad de la acción á esa misma baratura; las máquinas de vapor, á pesar de su incontestable superioridad, de la constancia de su acción, de la regularidad de sus movimientos, de la energía de que son susceptibles, no podrán competir, ni menos reemplazar con ventajas á las máquinas hidráulicas. Y esto es lo que se verifica en muchas partes, y especialmente en nuestro país, donde lo accidentado del territorio, lo torrencioso de los cursos de agua, la escasez, hasta hoy utilizada al menos, del combustible mineral, lo caro que va siendo el vegetal, las necesidades de la industria rural, y el atraso relativo en la construcción y maquinaria, harán muchas veces preferibles los motores hidráulicos á los de vapor.

El agua puede obrar con la fuerza motriz que recibe de la gravedad, sobre los órganos que se oponen á su acción, sobre los receptores destinados á recibir aquella, de cuatro maneras diferentes, aisladas ó combinadas entre sí; por su peso, por el choque, por reacción, y por la fuerza centrífuga. El número de aparatos, receptores ó motores hidráulicos destinados para aprovecharla, es variadísimo en sus formas y disposiciones; pero bien sabéis que pueden dividirse en dos grandes grupos: aparatos dotados de movimiento alternativo y aparatos cuyo movimiento sea de rotación. Poco numerosos los primeros, solo se emplean en casos muy especiales, y por lo tanto se hace de ellos un uso muy limitado; tales son los arietes hidráulicos de Montgolfier y las máquinas de columna de agua de Reichembach. Las ruedas hidráulicas, al contrario, por la variedad con que obra sobre ellas la fuerza de una corriente, por la que originan el diverso volumen y desnivel de que se disponga, por la que hagan conveniente la mayor ó menor velocidad que se necesite, y por otras mil circunstancias; son mas numerosas, mas útiles y conocidas que los motores dotados de un movimiento alternativo. Las ruedas hidráulicas se dividen tambien en verticales y horizontales. Refiérense á las primeras las simples ruedas colgadas de

paletas planas que se mueven en una corriente indefinida; las que lo hacen en un canal estrecho; las ruedas de paletas curvas llamadas á la Poncelet; las de costado ó de doble efecto, sean de paletas de cajones que reciben el agua por el vértice superior, ó muy inmediato á él, y solo deben verterla en el punto mas bajo. Entre las segundas se cuentan las ruedas de paletas alabeadas ó de *cucharas*, que se mueven libremente en un espacio ilimitado, como sucede en los molinos harineros de la mayor parte de nuestras provincias del Norte; las de la misma forma que se mueven dentro de un cilindro, como se ve en los molinos de cubillo de Valencia, y de todo el levante y mediodía de nuestra península; las diversas ruedas de reaccion de que tan limitado uso se ha hecho hasta el dia; y la inmensa variedad de turbinas, que desde las de Fourneyron se han multiplicado extraordinariamente á pesar de su mucho coste, de la exactitud que exige su buena construccion, y de las condiciones indispensables para su mejor empleo.

¿Trataré de hacer ahora la historia circunstanciada de cada uno de estos motores, del país en que han nacido, de los pasos que han dado en su desarrollo, del número de los que existen, de la fuerza que representan, de las modificaciones que han recibido, de las mejoras de que son susceptibles, y de los casos en que debe ser preferido su empleo, así como del modo mas conveniente de construirlos y establecerlos? Tarea fuera esta por demás importante y entretenida, y en la que entraria con gusto si no temiese molestar vuestra bondadosa atencion, y fracasar en mi propósito con lo desaliñado de la frase y la insuficiencia de mis conocimientos: permitid, pues, que me limite á breves consideraciones generales sobre la fuerza motriz de una corriente de agua, y sobre las mas esenciales diferencias de su empleo en las ruedas hidráulicas de los diferentes sistemas.

La masa de agua que corre por un lecho cualquiera, toma una velocidad dependiente de la inclinacion de aquel, y posee una fuerza viva, que es el producto de aquella masa por el cuadrado de esta velocidad, y cuya mitad representa una cantidad de trabajo que la naturaleza proporciona al hombre que sabe utilizarlo con inteligencia y acierto: unas

veces lo hace suspendiendo inmediata y directamente á la accion de la corriente una rueda hidráulica, la mas imperfecta de todas, la rueda de paletas planas movida en una corriente indefinida, que solo aprovecha la quinta, la décima parte ó menos del trabajo que entraña en su movimiento; otras veces interrumpe su curso con una presa mas ó menos elevada, mas ó menos acertadamente dispuesta, la conduce por un *caz* ó canal convenientemente trazado á un depósito ó *caldera*, desde donde sale por una compuerta y un pequeño canalizo, saetin ó cascada, cuya disposicion y construccion ejerce grande influencia en los resultados que se obtienen, á obrar sobre las paletas ó cajones de la rueda, escapándose despues por un *socaz* ó canal de desagüe, que tambien debe disponerse con inteligencia para obtener los resultados mas ventajosos en cada caso. Cualquiera que sea la manera de obrar de una corriente, y de aprovechar la fuerza motriz que encierre, es evidente que esta no puede variar: la mitad de la masa de agua que se gasta en cada unidad de tiempo multiplicada por el cuadrado de la velocidad que fuera susceptible de adquirir, ó bien el peso de dicha masa de agua multiplicado por la altura de que cae, representará siempre en kilográmetros, ó en cualquiera otra medida de los efectos de las fuerzas, la única cantidad de trabajo que encerrara aquel salto de agua, constante si sus condiciones permanecen las mismas, y variable cuando aquellas varian tambien. Los receptores por cuyo medio se aproveche esta cantidad de trabajo solo utilizarán una parte de él, pues es evidente que, aun prescindiendo de todo lo demás, las resistencias pasivas que origina su movimiento absorberán siempre, en menoscabo propio, una parte mas ó menos considerable del trabajo motor. Ahora bien: para hacer que en las ruedas hidráulicas se aproveche la mayor cantidad posible del trabajo del motor, prescindiendo del que es absorbido por las resistencias pasivas, y para utilizar este de la manera mas oportuna, enseña la teoria, demuestra la razon y confirman todos los experimentos, que es indispensable que el agua entre en la rueda sin choque y salga sin velocidad. ¿Es esto absolutamente posible? En la práctica jamás. Luego tampoco es posible en ningun caso obtener un *máximum*

de trabajo absoluto; luego á obtener el *máximum* posible con arreglo á cada sistema y cada caso, deben dirigirse las investigaciones de ingenieros y constructores, de los hombres de ciencia y de arte. A este fin se aspira, y tal objeto tienen la aproximacion de la compuerta á la rueda hidráulica, la inclinacion de aquella, el embuzamiento del canal de carga, la inclinacion de las paletas planas en las ruedas verticales ordinarias, los rebordes de Morosi, la curvatura de las paletas en las de Poncelet, el trazado helizoidal de su canal de desagüe, el saetin circular, las contrapaletas y el cuello de cisne en las ruedas de costado; la forma, disposicion y caída en las de cucharas, en los rodetes ó rodeznos; la altura y disposicion del cilindro hueco en las de cubillo; el número, forma y disposicion de las paletas, de las curvas directrices, de las compuertas generales y particulares en los diversos sistemas de turbinas; así como la mas conveniente relacion entre la velocidad de la rueda y la del agua en todos los casos, y tantas otras circunstancias cuya exposicion nos llevaria demasiado lejos, pero cuya importancia ha llamado la atencion de Prony, Coulomb, Navier, Poncelet, Morin, Smeaton y otros ilustrados mecánicos, y cuya acertada combinacion influye poderosamente en los buenos resultados de los motores hidráulicos. Como la condicion indispensable de estos para su mayor efecto es que el agua entre en ellos sin choque y salga sin velocidad, ó lo que viene á ser lo mismo, que se aproveche toda la masa de agua y todo el salto disponible, facilmente se deducirá que aquellos en que el agua obra solo ó principalmente por choque, serán en este concepto los menos ventajosos; mientras que serán los mas aquellos otros en que el agua obra principalmente por su peso. Ya se ha indicado antes que las ruedas de paletas planas movidas por una corriente indefinida, no aprovechan muchas veces sino su décima parte: solo en circunstancias especiales, y con todas las modificaciones indicadas se llega á obtener una quinta parte, ó sea 0,20 del trabajo motor: poco mas aprovechan las ruedas de cubillo y de canal abierta; al paso que las de Poncelet aprovechan de 0,50 á 0,65, segun las circunstancias. Las de costado de 0,65 á 0,75. Otro tanto los diversos sistemas de turbinas en condiciones acomodadas.

das. Y con las grandes ruedas de cajones se ha llegado á obtener de 0,75 á 0,85 y aun 0,90 del trabajo del motor.

De manera que no parece que debiera quedar duda sobre la eleccion del sistema. Si solo se tratase de aprovechar la mayor cantidad posible del trabajo del motor, siempre deberia hacerse uso de ruedas verticales de cajones; pero ni esto es posible en muchos casos, ni tampoco es lo mas conveniente en todos. Para construir y establecer una buena rueda de cajones, se necesita un salto de 10 á 15 metros: ¿qué rueda de cajones se habia de construir con un salto de 2 metros? Y sin embargo, muchas veces se tienen alturas de caida muy inferiores á esta, que conviene utilizar, y que lo son ventajosamente con las ruedas de Poncelet, y aun con las de paletas planas. Además hay ocasiones en que por la naturaleza de la obra que ha de ejecutarse, y por evitar complicadas trasmisiones de movimiento, se necesita que la rueda se halle dotada de gran velocidad. Entonces son preferibles las de paletas planas, y mejor las de Poncelet cuando hayan de moverse en un plano vertical, y las turbinas y ruedas horizontales de todas clases cuando lo hayan de hacer en un plano de esta situacion, á las grandes ruedas de cajones; porque estas no pueden marchar bien sino con muy poca velocidad, y porque además despiden muy pronto el agua fuera de los cajones cuando aquella es escesiva, cualquiera que sea la forma y la cabida que se dé á los mismos; al paso que la velocidad en las ruedas de paletas, y en muchos sistemas de turbinas, puede separarse muy notablemente de la que corresponde á su mejor efecto, sin que por ello se separe mucho el trabajo obtenido del máximum que se pudiera obtener.

Por eso la mejor eleccion de un motor hidráulico es un problema que no puede resolverse en general, y que debe ser objeto de estudio especial y detenido en cada caso: el volúmen de agua y la altura de caida de que se pueda disponer; la velocidad que debe tener la rueda hidráulica, ó el operador á que se aplique; los materiales que hayan de emplearse en la construccion; lo que se ha de invertir en ella; hasta el esmero ó descuido en conservarla y la facilidad

ó dificultad de las reparaciones, son, con otros muchos, elementos que deben tenerse en cuenta para la acertada resolución de tan interesante problema.

Concluiré este punto, indicando que pues la fuerza de una corriente hidráulica es determinada, y los motores en que se aplica solo pueden utilizar parte de ella, á hacer esta la mayor posible, combinándola con la sencillez, solidez y economía en la construcción, deben dirigirse las investigaciones de cuantos se ocupen en esta materia. Hoy se construyen muy buenas ruedas de hierro solo, y de madera y hierro combinados con inteligencia, que sustituyen ventajosamente á las antiguas y pesadas de madera; las turbinas no pueden construirse hasta ahora sino de metal; pero en los pueblos cortos, y en el campo, donde las artes de construcción no están muy desarrolladas, y el capital destinado á estos mecanismos es poco considerable, al paso que abundan los saltos de agua, las ruedas verticales de paletas y los rodetes horizontales serán por mucho tiempo irremplazables. ¿Qué máquina puede compararse con un molino para moler trigo ó descascarar arroz, que se compone de un eje vertical, llevando en el extremo inferior el rodete, y en el superior la muela móvil? Si á esto se agrega que no hay maestro de molinos ó carpintero de un pueblo que no sepa hacer un rodete cogiendo dos trozos de morera ó de álamo, labrando en cada uno de ellos la mitad de las cucharas, y sujetándolos por dos aros de hierro, se comprenderá bien la dificultad de que tan expedito, sencillo y económico mecanismo sea reemplazado por otro, por mas que no utilice aquel de la manera mas conveniente la fuerza motriz de la corriente; al menos hasta que la industria del país no se halle mas desarrollada, y el aumento de la población y los adelantos de las artes lo hagan necesario y posible.

¿Qué le importa á nuestro industrial, en la mayoría de los casos, que pueda duplicar la fuerza motriz disponible, si no tiene á su alcance, ni los capitales necesarios para dar mayor ensanche á su especulación, ni consumidores que le remuneren del valor de los capitales que emplee en mejorar su fabricación para aumentar el producto, ni operarios hábiles capaces de vigilar la marcha regular de un aparato mas com-

plejo, y sujeto, por consecuencia, á reparaciones frecuentes y delicadas?

¿Quereis una prueba tangible de mi aserto? Tended la vista hácia las ricas, comarcas del reino de Valencia, bañadas por el caudaloso rio Jucar. Hace pocos años, la produccion total de arroz apenas se elevaba á 400.000 fanegas; la falta de abonos en cantidad suficiente para la conveniente explotacion de las tierras dedicadas á este cultivo, hacia imposible extender á otras pantanosas el beneficio de la desecacion, saneamiento y plantacion del arroz. Descubriéronse las inagotables minas de guano del Perú, aportaron á las playas del antiguo reino de Valencia los primeros cargamentos de aquel fecundo abono, hiciéronse rápidos ensayos de su poder fertilizador, y los agricultores valencianos, tan laboriosos é inteligentes, pudieron contar desde entonces con una base segura para dilatar la zona cultivable, y aumentar la potencia productora de una superficie determinada: vióse como por encanto al sóbrio é incansable habitante de las márgenes de la Albufera trabajar con fatigosa perseverancia en levantar y sanear las tierras antes sumergidas en aquel lago encantador; surgiendo al poco tiempo una nueva zona de tierras propias para el cultivo de arroz, que convenientemente abonadas aumentaron su poder productivo. La cosecha del arroz, que antes apenas llegaba á la suma arriba indicada, se elevó á un millon de fanegas. Como consecuencia natural, pensaron en aumentar el número de motores hidráulicos destinados á la limpia y descascareo del arroz; y en el corto espacio de 14 años se ha duplicado el número de artefactos sobre sus anchurosas y magníficas acequias de riego, desechando los antiguos receptores, empleando las ruedas de paletas planas ó curvas mas adecuadas á cada localidad, y emancipándose por completo de la onerosa tutela en que los tenian aprisionados los molinos arroceros de los alrededores de Valencia.

Desarróllese la riqueza pública, desaparezcan las trabas artificiales y naturales que impiden á la industria sentar sus reales en todas las provincias del suelo español, segun sus necesidades y productos, y entonces desaparecerán para no volver jamás esos humildes rodetes, em-

blemas de otra edad, y que caracterizan el genio de nuestros antepasados los árabes, que poblaron de ellos los fértiles campos de Valencia, Murcia, Cataluña y el mediodía de Francia, completando con ellos el vasto sistema de riegos que establecieron en aquellas comarcas, y dejando con ambas mejoras un monumento de imperecedera memoria de su gran saber y amor al trabajo.

Motores de viento.

Entre los motores inanimados he citado en segundo lugar el aire atmosférico puesto en movimiento; no en verdad por su importancia, ni porque sea mas útil que el vapor de agua, sino porque es de uso mas antiguo, y porque los principios que rijen en este se encuentran tambien en aquel, sin otros varios peculiares á los vapores. El aire es el último agente á que regularmente convendrá apelar como motor en la industria, no solo por la escasez de su esfuerzo en la mayor parte de los casos, sino principalmente por su irregularidad. Con todo, ocasiones hay en que su empleo puede ser muy útil, ya se le recoja artificialmente, haciéndole salir en condiciones de velocidad, de direccion, de temperatura y de volúmen determinados de un mecanismo cualquiera para alimentar altos hornos de fundicion, ventilar minas, teatros, hospitales y demás, y otros varios usos mas bien químicos que mecánicos; ya se aproveche en algunos trabajos de la industria la fuerza de las corrientes indefinidas de la atmósfera; pero á pesar de las ventajas que pudieran resultar de su economía, pues nada cuesta el producirlo, y de la extension de las mismas columnas, que permiten poner á la vez en movimiento un crecido número de receptores, tiene muy graves inconvenientes, nacidos de las irregularidades de su direccion y de su intensidad, que harán siempre que un mecanismo semejante no pueda convenir sino á trabajos que no exijan ser mantenidos constantemente con el mismo grado de fuerza y velocidad, y aun que puedan, sin experimentar perjuicio, sufrir

una interrupcion de muchos días cuando el viento cesa. Este inconveniente se opone, á pesar de toda la economía que se pueda encontrar en el empleo del viento, á que se utilice como fuerza motriz en las grandes manufacturas. Otro inconveniente es la imposibilidad de hacer uso de él en todas las situaciones; se necesita que el molino, que la máquina con que se ha de aprovechar, se halle establecida en alguna eminencia ó en espaciosa llanura, ó en un valle dilatado á quien no den abrigo extensos bosques, ó en gargantas montañosas que reunan condiciones muy especiales, á fin de que el viento pueda llegar libremente sobre las alas ó aspas del molino. Las principales aplicaciones industriales que se hacen de él, son para moler granos, extraer aceite de las plantas oleaginosas, machacar las cortezas que se emplean en las tenerías, serrar maderas, y en fin, elevar las aguas destinadas al regadío, ó simplemente extraer tambien las que anegan parte del territorio, y sanearlo por este medio.

Una de las aplicaciones mas antiguas é importantes que se hacen y hacian del viento, por su extension, y por la magnitud de los resultados obtenidos, es la tocante á la navegacion. No hace muchos años que la nacion inglesa contaba cerca de 200.000 hombres en su marina militar y mercante; cada uno de estos hombres, con la fuerza del viento, era capaz de trasportar 15.000 kilogramos, cuando con el solo auxilio de su fuerza corporal, apenas puede llevar de 60 á 70, ó tirando de un aparato convenientemente dispuesto, de 150 á 200: la enorme diferencia que resulta, es una inmensa fuerza que la naturaleza proporciona al hombre con el uso de este motor inanimado. A pesar de la importancia del empleo del viento en la navegacion, bien conocereis que no puedo detenerme á explicar el modo mas conveniente de aplicarla; la diferente forma y magnitud de las velas y demás aparatos, el ingenioso modo de hacerle obrar sobre ellas en combinacion con el timon para navegar en direccion diferente de la del viento, y aun casi en sentido completamente opuesto; en suma, para la resolucion de tantos importantes problemas como se refieren al movimiento y gobierno de los buques de todas clases; ni es este el lugar de verificarlo, ni mis fuerzas alcanzan á tan-

to: permitidme, pues, que vuelva á discurrir ligeramente sobre los demás empleos industriales del viento como motor.

Las máquinas fijas ó receptores, por cuyo medio se aplica en la industria el viento como fuerza motriz, han recibido en todas partes el nombre de *molinos de viento*, por mas que puedan aplicarse (y muchas veces se aplican) á objetos diferentes que moler.

El uso de los molinos de viento parece que fué primero conocido en Oriente, y que de allí se comunicó á Europa, como tantas otras invenciones, hácia la época de las cruzadas; ofreciendo la historia de este motor el hecho importante y curioso, de que el modo práctico adoptado de muy antiguo para recibir la accion del viento, esto es, la construccion de los receptores á que se aplica, se aproxima á la perfeccion cuanto pudiera prometerse de las investigaciones científicas mas felices. Compruébanlo la comparacion de los resultados teóricos obtenidos por el cálculo, con los ingeniosos experimentos sobre modelos muy delicados contruidos por Smeaton, y los datos prácticos obtenidos por Coulomb en multitud de molinos establecidos en circunstancias algun tanto diferentes entre sí.

Los molinos de viento, como las ruedas hidráulicas, pueden ser de dos especies: unos con el arbol vertical y la rueda horizontal, que por lo mismo se llaman *molinos horizontales*; otros con el arbol horizontal ó ligeramente inclinado, y la rueda perpendicular al mismo, ó sensiblemente vertical. Los molinos horizontales son, como las ruedas hidráulicas de la misma clase, menos ventajosos, y se usan menos que los verticales, porque solo pueden recibir la accion del viento en una parte limitada de sus alas. Cítanse, no obstante, ejemplos muy curiosos de molinos de viento horizontales que pueden reducirse á una elevada torre circular, cuyo contorno presenta una série de aberturas verticales y oblicuas, comparables á las de una persiana que estuviese colocada sobre el contorno del cilindro; cualquiera que sea la direccion del viento, penetra por una parte de las aberturas de la torre, avanzando en su interior siempre en el mismo sentido. Al penetrar en el interior, encuentra las velas colocadas paralelamente á las generatrices del ci-

lindro de la torre, y las empuja siempre en el mismo sentido del cilindro, haciendo andar el molino, y escapándose el aire por las aberturas del lado opuesto. Es, pues, una especie de rodete colocado dentro de su cubillo, que es aquí la torre, y como él, aprovecha muy poco la fuerza del agente motor.

Los molinos de alas verticales, tanto los contruidos toscamente en la Mancha y otros puntos, como los mas esmerados de Holanda y otros países, que á imitacion suya los han perfeccionado, son los que se emplean con mejor éxito para aprovechar las corrientes atmosféricas: para el mas conveniente empleo de aquellos hay que tener presentes muchas circunstancias y disposiciones particulares, y voy á citar algunas de las mas importantes.

No ejerciéndose casi nunca la accion del viento en las inmediaciones de la superficie de la tierra en un plano horizontal, no puede serlo tampoco el árbol del molino perpendicular al cual se fijan las alas ó aspas: la direccion del viento forma ordinariamente con el horizonte un ángulo de 8 á 13 grados; y por lo tanto esta es la inclinacion que se da al árbol del molino para que las alas se hallen en un plano no rigurosamente vertical, sino perpendicular á la direccion del viento.

No siendo constante, ni mucho menos, la direccion de las corrientes atmosféricas, y debiendo hallarse siempre las aspas en un plano perpendicular á aquella direccion, es indispensable que todo el mecanismo pueda girar libremente, bien por sí mismo, bien ayudado de la mano del hombre. Para satisfacer aquella condicion, es indispensable que pueda *orientarse*.

No teniendo el viento siempre la misma intensidad, y debiendo ser esta proporcionada á la resistencia que haya que vencer, y aun á la estabilidad y conservacion del mecanismo, es indispensable que las aspas presenten mayor ó menor superficie á la accion del viento, *vistiéndose y desnudándose* de la lona de que están cubiertas, ó abriendo y cerrando las celosías que las componen en algunos artefactos; operacion que tambien puede hacerse á mano, ó por la misma máquina.

No siendo igual el efecto producido por la accion del viento en to-

das las partes de las alas ó aspas, la amplitud y direccion de estas debe variar, desde la mas próxima al árbol de rotacion hasta el borde exterior, formando superficies alabeadas de determinada magnitud.

Conviniendo aprovechar la mayor extension de la corriente atmosférica sobre un mecanismo dado sin estorbar la libre salida del viento despues que haya obrado, se debe combinar con inteligencia la mayor amplitud de las aspas con los espacios que queden entre ellas.

Por último, no siendo indiferentes la velocidad y la carga del molino comparada con la del viento para obtener el mayor efecto útil, han de arreglarse aquellas en las relaciones que la teoría y la experiencia hayan hecho conocer como mas oportunas.

Tales son, entre otras varias, las principales cuestiones que han sido asunto de los cálculos mas prolijos y de los mas minuciosos experimentos, llevados á cabo con singular acierto por Christian y Borgnis, por Smeaton y Coulomb, y por cien distinguidos calculadores y experimentadores. Y voy á concluir tambien este punto haciendo observar que del exámen de los preceptos que se deducen de las mas ingeniosas teorías comparadas con los hechos realizados en la práctica de los buenos molinos, se ha deducido la consecuencia apuntada anteriormente, de que en esta clase de artefactos se ha llegado de muy antiguo á la perfeccion que fuera de desear, lo que se halla comprobado por la observacion de que no varian esencialmente los resultados obtenidos, aunque lo hagan en límites bastante extensos las condiciones de los molinos de viento que influyen en estos mismos resultados. Así en este, como en otros casos, la ciencia no ha venido á iluminar la práctica, sino á sancionar y dar razon de lo que antes se practicaba, y á poner de manifiesto que no debe esperarse poder introducir en el empleo de la fuerza motriz del viento innovaciones ventajosas y de alguna importancia, cambiando el sistema y formas principales de estos artefactos, sino procurando mejorar los detalles de construcción y aplicacion de sus diversas partes.

Motores de vapor.

Se da el nombre de motores de vapor á aquellos aparatos mecánicos que se emplean en utilizar la fuerza del vapor de agua, generalmente en producir un movimiento, por lo comun rectilíneo alternativo, que se trasmite y cambia en seguida hasta el operador con ayuda de los comunicadores necesarios. Ningun motor mas poderoso existe á disposicion del hombre; el cual puede aumentar su eficacia á medida de su deseo, templanlo como le acomode, y trasportarlo con facilidad á donde le sea necesario. Ninguno prueba tampoco mejor la superioridad de los tiempos presentes sobre los que nos han precedido. La fuerza muscular del hombre y de los animales se ha empleado desde tiempo inmemorial; la del aire atmosférico y la del agua son tambien antiquísimas; pero la del vapor pertenece á nuestros dias, pues apenas cuentan dos siglos las primeras aplicaciones útiles de este agente: y las que verdaderamente le dan esta supremacia, las hemos visto nacer entre nosotros. Mas aún: al paso que despues de tantos siglos como se están empleando las anteriores fuerzas, todavía no se han llevado al grado de perfeccion que fuera de desear, en las máquinas de vapor se asombra uno de ver reunida á su inmensa fuerza la regularidad y exactitud de sus movimientos y trabajos: las primeras no se han podido aplicar sino á objetos exclusivos indicados por su naturaleza; el segundo, susceptible de todas magnitudes, se aplica en el dia á los trabajos mas diminutos de igual suerte que á los mas colosales; reemplaza el penoso ejercicio del molendero de chocolate, del aserrador, y de otros mil oficios manuales, á la par que mueve en todas las fábricas millares de husos, cardas, cilindros, operadores de todas clases; arrastra por caminos especiales con velocidad increíble centenares de carruajes cargados de hombres y de mercancías; pone en movimiento monstruosas dragas para la limpia de los puertos; surca los mares á despecho de las calmas y de las tempestades; y tal vez le esté reservado un papel im-

portante en la direccion de los globos aereostáticos. Podria decirse con un sábio inglés, que el vapor es un gigante que apenas ha tenido infancia, cuando los otros motores apenas han salido de ella con el trascurso de los siglos.

No es mi ánimo hablar detalladamente de la invencion y progresos de las máquinas de vapor ó *de fuego* (como se llamaron al principio) en todos los pueblos; pero séame permitido indicar que dificilmente se hallará entre las invenciones útiles, otra cuyo primitivo origen haya sido mas vivamente disputado: lo ha sido entre diversos países y hasta entre diversas poblaciones de un mismo país; y lo ha sido á la par que con sobrado ardor y acrimonia, con no menos sutileza y pueriles consideraciones. Buscar el origen de las máquinas de vapor, tales como hoy existen, en los ensayos anteriores á nuestra época, sería lo mismo que buscar el nacimiento de un gran rio en cada uno de los pequeños filetes que surcan las montañas de donde nace.

Como quiera que sea, desde las primeras aplicaciones útiles que se hicieron del vapor de agua como fuerza motriz á fines del siglo XVII hasta las ingeniosas y variadísimas máquinas que se construyen en la actualidad, cuéntase una série no interrumpida de mejoras, de variaciones, de simplificaciones y de ensayos, que han conducido estas máquinas á la perfeccion á que han llegado, y á la generalizacion de su uso en todas las industrias. Se aplicó por Nollet en su bomba de fuego el vapor, obrando directamente sobre el agua fria, para elevar una parte de esta con la inmensa pérdida de calor y de fuerza que hoy se comprende harto bien, pero que no estorbó llamara extraordinariamente la atencion en su época; y desde entonces los constructores y mecánicos mas ilustrados de Inglaterra, del antiguo y del nuevo continente, se dedicaron á perfeccionar el empleo de este poderoso agente en los multiplicados aspectos en que puede serlo. Harto conocen los que me escuchan las mejoras debidas á Dionisio Papin, al Capitan Savery, Tomás Newcomen, al célebre Watt, á Boulton, Woolf, Mudslay y Taylor: las de Cavé, Bourdon, Farcott, Haud, Stephenson, Crampton y otros infinitos son de hoy; y su exposicion haria interminable este discurso.

Se aplicó el vapor primero para obrar directamente sobre la masa de agua que se había de elevar; se interpuso después un émbolo; se combinó su acción con la presión atmosférica; se le hizo obrar después sobre las dos caras del émbolo para tener las máquinas de doble efecto; se añadió un cilindro alimentado constantemente de agua fría para tener las máquinas de condensación; se hizo obrar el vapor, no solo por la fuerza primitiva de su formación, sino también por la que tenía al dilatarse más y más, formando las máquinas de expansión de uno ó de dos cilindros; se ha hecho esta expansión constante ó variable á voluntad para arreglar la energía del motor á la resistencia accidental que tenga que vencer; se ha empleado el vapor á diversas temperaturas para formar las máquinas de baja, media y alta presión; se colocó el cilindro vertical y horizontalmente; se hizo este fijo y oscilante; se ha intentado comunicar directamente un movimiento de rotación, construyendo para ello muy variados aparatos, que si bien han conseguido el objeto, no con las ventajas necesarias para poder aplicarlos en la práctica; se han variado al infinito, perfeccionándolos y simplificándolos, hasta los más pequeños detalles de estas máquinas y de todos sus accesorios: la forma, disposición y magnitudes de los hogares, calderas y chimeneas; los medios de alimentación, los émbolos y cilindros, las cajas de distribución y los reguladores, los órganos para la transformación de los movimientos, los aparatos de alarma y de seguridad. Se han construido máquinas fijas monumentales, si así puede decirse, de inmensa fuerza, representada por muchos centenares de caballos, para comunicar desde ellos, como de un centro común, el movimiento y la vida á todos los operadores de los más vastos talleres; á la par que lo han sido máquinas diminutas para mover una sierra, levantar un martillo, hacer girar una muela, y otros muchos usos en que apenas se necesita la fuerza de un hombre. Se han establecido las máquinas de vapor en un terreno fijo, para desde él irradiar el movimiento á su alrededor; en un carro ambulante, para trasladarlo á las faenas del campo, y á cualesquiera otras en que pueda ser necesario; sobre la quilla de los buques, para comunicarles la velocidad y la seguridad de la

marcha, que en vano esperarían de la acción del viento; sobre las delgadas barras de los ferro-carriles, en fin, para imprimir al transporte de las cosas y personas la rapidez, síntesis de los adelantos modernos, y la comodidad indispensable también para aprovecharla.

En la parte teórica se ha profundizado el modo de apreciar, medir y comparar la cantidad de trabajo de que son capaces los diversos sistemas de máquinas de vapor, teniendo en cuenta la tensión del que se produce en la caldera, y la que conserva en el cilindro en virtud de las pérdidas que se experimentan al pasar desde la primera al segundo, y se ha efectuado con arreglo á los procedimientos expuestos en las obras de *Morin*, *Pambour* y otros autores contemporáneos; se han comparado los resultados teóricos con los que suministra la práctica; y de esta doble luz han resultado nuevos preceptos, y nuevas mejoras en las dimensiones de los tubos y conductos del vapor, en la disposición y forma de las válvulas, en los revestimientos ó camisas de las calderas y cilindros, en la velocidad de los émbolos y demás partes de las máquinas, y en cuantos elementos pueden influir en el mejor empleo de la fuerza motriz del vapor de agua.

Descritas á grandes rasgos las modificaciones mas esenciales que han experimentado las máquinas de vapor desde que se emplea este agente como auxiliar poderoso de la industria en sus varias manifestaciones, voy á terminar este punto indicando cuál es la tendencia que tienen, y que en mi humilde opinión deben tener las investigaciones de las personas ilustradas que procuran mejorar las máquinas de vapor.

Queda dicho que en la bomba de Nollet se hacia obrar directamente el vapor sobre la masa de agua fria que se trataba de elevar á cierta altura, condensándolo y suspendiendo la marcha de la máquina hasta que se producía nueva cantidad de vapor, y perdiéndose para el efecto útil, como es consiguiente, la mayor parte, la casi totalidad de la fuerza engendrada por el calórico al evaporar el agua. La adición de un émbolo macizo sobre el cual obraba el vapor sin estar en contacto con el agua, disminuyó aquella enorme pérdida; pero aún era muy considerable, por tener que introducir un chorro de agua fria en el mismo ci-

lindro en que habia obrado el vapor, para condensarlo y hacer posible la marcha sucesiva de la máquina: la adición de un condensador, al que se dirigia el vapor despues de haber obrado en el cilindro, disminuyó aún mas esta pérdida; pero todavía era de mucha importancia, por la elevada temperatura que conservaba el vapor al dirigirse al condensador ó salir al aire libre; y la adopción de las máquinas de expansion de diversos sistemas, ha producido, entre otras ventajas, la de ir reduciendo mas y mas aquella pérdida de calor que representa fuerza, combustible, dinero. Mas á pesar de todas estas mejoras, todavía es grande y muy de lamentar la tension y temperatura que conserva el vapor de agua al abandonar las máquinas que ha puesto en movimiento; y son muy dignas del aprecio público las tentativas, las investigaciones teóricas y prácticas dirigidas á disminuir aquellas pérdidas. Tal es la tendencia que tienen y la necesidad que tratan de satisfacer los ensayos en que se ha sustituido el agua con otros líquidos, que siendo mas fácilmente evaporables, consumen menos cantidad de calórico para producir una fuerza motriz determinada; si bien la cantidad de líquido que hay que perder siempre, y el elevado precio de los que se han empleado, ha reducido hasta el dia las ventajas económicas que de su empleo pudieran esperarse en otras condiciones. Despues de varias tentativas sobre diversos líquidos, se ha dado la preferencia al cloroformo, y se han construido máquinas en las que, combinando el empleo de los vapores de agua y de cloroformo, se ha podido obtener mayor regularidad en la marcha y mayor economía de combustible.

La misma razon é igual tendencia han obtenido los ensayos practicados para emplear de nuevo el vapor que ha servido ya, regenerándolo, digámoslo así, ó volviéndole la tension necesaria, aumentando la temperatura, como se practica en las máquinas de vapor recalentado de Siemens.

Inténtase llegar al mismo fin, empleando como agente motor el aire atmosférico dilatado por el calor y contraído por el frio, para lo que se necesita menor cantidad de combustible.

Todos estos ensayos, y otras muchas consideraciones que sería largo

explanar aquí, han conducido á los hombres eminentes que observan los adelantos de las ciencias físicas, á investigar si tal vez existe una relacion constante entre el trabajo total producido y el calor con que se desarrolla, á determinar lo que se ha llamado *equivalente* mecánico del calor, estableciendo una nueva teoría sobre las trasformaciones del calor en trabajo y recíprocamente; teoría muy satisfactoria ya, y de que ofrecen las máquinas de vapor el ejemplo mas notable, puesto que en ellas se verifica directamente la produccion del trabajo con ayuda del calor. Y el poseer en el equivalente mecánico del calor un *máximum teórico* perfectamente determinado para comparar con él los resultados obtenidos de toda clase de sistemas y combinaciones, proporciona el medio de evaluar exactamente el mérito de cada uno de ellas, de estudiar los medios de perfeccionarlos, y de no extraviarse entre los infinitos senderos que solo pueden conducir á resultados quiméricos. Ahora bien, el equivalente mecánico del calor, esto es, el número de kilográmetros de trabajo que pueden teóricamente obtenerse de una caloría, segun los ingeniosos cálculos y experimentos de Joule, Mayer, Laboulaye y otros eminentes físicos, puede fijarse como término medio en 140: á rectificar este dato, á comprobarlo con nuevos experimentos, á deducir de él todas las importantes consecuencias de que es susceptible, á hacerle extensivo á toda clase de cuerpos, parece que deben dirigirse las miras de cuantos se ocupan de estas materias: quizás el mismo principio de los equivalentes pueda aplicarse á los demás motores, tanto animados como inanimados; quizás el mismo solo forme parte de otro principio mas general, que con el nombre de *permanencia de las potencias naturales* ha ocupado ya á muchas personas ilustradas, haciendo ver que el principio químico del célebre Lavoissier, de que *nada se pierde ni nada se crea*, es igualmente aplicable á las fuerzas naturales.

Si la tendencia científica de las máquinas de vapor es la que queda ligeramente apuntada, la tendencia práctica en las mejoras á que convidan es, en primer lugar, á disminuir cuanto sea posible todas aquellas pérdidas de calor, que ya se sabe son pérdidas de fuerza; á que no se escape de la máquina sin producir el mayor trabajo mecánico posi-

ble todo el calor desarrollado. De aquí la importancia y utilidad sancionada por la teoría y por la práctica, de mejorar la disposición del hogar, de aumentar la superficie de calentamiento de la caldera sin aumentar su volúmen, de envolver exteriormente el cilindro con un cuerpo mal conductor del calor para evitar el enfriamiento interior de dicho cilindro, de reducir al menor volúmen posible el que ocupan las máquinas de vapor, haciendo de esta manera mas económica su construcción y mas fácil su instalación en locales reducidos, hoy día que tanto escasea el terreno en los grandes centros fabriles y manufactureros: á multiplicar, en una palabra, sus aplicaciones, convirtiendo las máquinas de vapor en un aparato sencillo, fácil de manejar, portátil y económico, converjen en la actualidad las miras y aspiraciones de cuantos se dedican á la construcción de estas máquinas.

Conclusion.

Si la tendencia manifiesta de los que se dedican al estudio, construcción y mejora de las máquinas de vapor, es simplificar el peso, volúmen y órganos de trasmisión de estas máquinas, y subdividir hasta fracciones de caballo su potencia motriz, para hacer que reemplace en la mayor partè de los casos la fuerza muscular del hombre en los talleres, é introducirla hasta en los usos domésticos; los esfuerzos de los físicos mas eminentes parece que converjen tambien á simplificar las brillantes teorías, hoy dia admitidas como ciertas, de la producción del calor, de la luz, de la electricidad y del magnetismo, sustituyendo á todos estos *cuerpos imponderables* un solo agente universal, el calor, que junto con la gravitación universal (de quien la atracción molecular no es mas que un caso particular), obran sobre la materia inerte, produciendo los efectos del calor, de la luz, de la electricidad y del magnetismo.

De la lucha que puede establecerse á consecuencia de las leyes que

rigen el mundo físico entre estos dos agentes, obrando simultáneamente sobre la pasiva materia, pueden resultar dos hechos, el equilibrio y el movimiento: si se verifica lo primero, la materia permanece inerte; si lo segundo, habrá surgido un motor. Y este *desequilibrio* es tan necesario en el mundo físico, que sin él no sería posible la existencia de los seres organizados, y la tierra estaría aún sumida en la inmovilidad del caos. Este *desequilibrio*, elemento indispensable de la vida, es el que ha traído á nuestro planeta á su estado actual; él es también el que ha producido los cataclismos cuyas huellas contemplamos; él agita los mares, empuja los vientos, sostiene y activa los volcanes, hace correr los ríos, eleva y recoge inmensas masas de agua, y las trasporta de uno á otro continente; hace crecer las plantas, origina todas las reacciones químicas y todas las transformaciones de la materia; y si, como es evidente, de la falta de equilibrio ha de resultar el movimiento, dedúcese que donde quiera que se dirija la vista se encontrarán motores; así el viento que se agita, el mar que se conmueve, un árbol que crece, el agua que desciende de la atmósfera, un ser animado cualquiera, un cuerpo que se calienta, otro que cambia de estado, este que crece, aquel que se descompone, dos que se combinan, forman otros tantos motores en el sentido más lato de la palabra.

Podría, pues, asentarse en tésis general, que el número de motores es tan grande como el de fenómenos diferentes físicos y químicos que la materia puede presentar por la falta de equilibrio de los dos grandes agentes á que desde la creación se encuentra sometida.

Más para que un motor sea utilizable en la práctica, no basta que esté probada su existencia; es preciso que lo sea con facilidad y economía, y que pueda desarrollar un esfuerzo de cierta importancia. He aquí por qué el *hombre*, considerado como motor animado capaz de producir un trabajo material, es tal vez el último de los motores; y si se le considera como capaz de producir un trabajo intelectual, el motor por excelencia. A medida que adelantan los pueblos en el camino de la civilización, ponen todo su conato en separar al hombre del trabajo corporal, reservándolo para aquellos en que se requiere mayor suma de inteligencia,

relegando á las herramientas y motores inanimados el cuidado de operar sobre la materia de una manera uniforme, y reservando para el *hombre* aquellos trabajos en que la destreza, la agilidad, la variacion continua de esfuerzo ó de presion, de direccion ó sentido en el operador, hacen necesaria la combinacion de un pequeño esfuerzo ejercido con una grande *habilidad* en su ejecucion. He aqui tambien la razon de que siendo innumerables los motores de que se puede hacer uso, sean tan pocos los que se aprovechan en la práctica; pues no basta, en el terreno económico, que exista la posibilidad de aprovechar una de las fuerzas naturales como motor, es preciso que pueda este obtenerse *barato*, y en proporciones suficientes á llenar las necesidades del consumo.

Si la causa originaria de los motores es tan vasta, tan general, y si un motor puede nacer donde quiera que se turba el equilibrio entre la atraccion molecular y el calor, ¡qué inmenso campo de exploracion y de estudio se presenta á la vista del hombre pensador! ¿Quién es capaz de predecir cómo habrán sido reemplazados los actuales motores dentro de algunos siglos? La cuestion es de tal importancia, que si se obtuviese un nuevo motor que tuviese respecto del vapor las ventajas que este tenia sobre los conocidos cuando nació, se seguiria una revolucion industrial, y una série de descubrimientos acaso tan importantes como los que produjo la aplicacion del vapor, y entre los cuales descuella la locomocion maritima y terrestre.

A la lista de los motores que se acaban de reseñar, ha venido á unirse en nuestros dias uno nuevo, conocido con el nombre de *motor de gas de Lenoir*, aunque la invencion y los perfeccionamientos que está recibiendo actualmente pertenecen á *Hugon*. De él ha tratado toda la prensa científica, y todo el mundo ha podido verlo en accion en el Conservatorio de París. Esta notable invencion ha venido, como sucedió con la electricidad, á poner sumisa y dócil en manos del hombre una fuerza que se manifestaba aterradora, y propia solo para producir desastres.

En efecto, la causa inmediata de los terribles accidentes que amenazan á los obreros en las minas de carbon, y de muchos que des-

graciadamente ocurren en las fábricas de gas, en poblaciones alumbradas con este fluido, esta causa, repito, es la que se utiliza en la máquina de gas de acción directa ó indirecta.

El motor Hugon, que nació el año 58, no pudo al nacer competir en baratura con el ya antiguo vapor; de entonces acá han pasado cinco años (tiempo que no se pierde en el presente siglo). Establecer hoy un motor de gas en igualdad de fuerzas, no cuesta mas que uno de vapor en ciertas circunstancias, presenta aún menos peligro que este, y consume poco mas de metro y medio de gas del alumbrado por hora y caballo de 75 kilográmetros.

Y como todos los descubrimientos se dan la mano y se ayudan mutuamente, resulta que la nueva invención viene á dar vigoroso empuje á una industria también moderna, la del gas del alumbrado, que con ella llega á utilizar un capital que tenía improductivo durante las horas de sol; el capital empleado en la canalización del gas.

Permitidme aquí, Señores, que aproxime y agrupe cinco cosas muy heterogéneas, pero que el génio del hombre reúne en un tubo de hierro haciéndolas caminar por él, y distribuyéndolas á los demás en justas proporciones.

Estas cinco cosas son: el *calor*, la *luz*, el *agua*, el *tiempo* y la *fuerza*. ¡Curioso espectáculo, en verdad, el de una población cuyos habitantes pueden recibir en su aposento, con solo abrir una llave, el agua de largas distancias, la fuerza que ha de mover su máquina, la luz que ha de alumbrar su trabajo durante la noche, el calor que ha de condimentar su alimento, y la medida del tiempo de la manera mas exacta posible!

¿Quién, al ver uno de esos tubos que hoy se ocultan bajo las calles de las poblaciones, y que aparece vacío á los ojos vulgares, no se admira al pensar que por él caminan silenciosamente y entrañados en un gas invisible la *fuerza*, el *calor* y la *luz*, y que estos tres agentes por si mismos, antes de entregarse al consumo, se *miden*, y dejan consignadas las proporciones en que se han consumido? ¡Pues esto que parecería un desvarío ha pocos años, y que es tan admirable, si no

tan sorprendente como la rápida marcha de una idea por un hilo metálico, se está hoy realizando.

Todos vosotros conoceis en principio el motor *Hugon*; mas aún, sabíais, antes que *Hugon* realizase su invento, que en la combinación de los hidrógenos carbonados con el oxígeno del aire se originaba una fuerza, se turbaba el equilibrio de la materia con predominio de calor; todos comprendisteis allí un motor teórico: hoy se puede ver ya un motor industrial, aunque, á pesar de sus ventajas, y por razones que todos comprendéis, no sustituya al vapor mas que en limitados casos y aplicaciones.

He terminado mi tarea: al presentaros este humilde fruto de mi escasa inteligencia, solo me he propuesto, al par del cumplimiento de un sagrado deber, ofreceros un cuadro general del estado actual de los motores conocidos aplicables á la industria, señalando al propio tiempo la tendencia que en mi sentir tienen todos los que tratan de ellos en la actualidad con objeto de mejorarlos y extender sus usos y aplicaciones: esta tendencia puede resumirse á mi entender en una sola frase. La ciencia tiende á la unidad, la práctica á la multiplicidad de las aplicaciones de los principios científicos, y á poner al alcance de los menos acaudalados, y dentro del hogar doméstico, los resultados obtenidos con el profundo estudio de los motores inanimados, desterrando casi por completo el empleo de la fuerza muscular del hombre como motor, y convirtiéndole de autómeta en hombre pensador. — **HE DICHO.**

CONTESTACION
AL DISCURSO ANTERIOR

POR

EL SR. D. JOSÉ SUBERCASE,

ACADEMICO DE NUMERO.

Señores:

HAY caracteres que imprimen un sello indeleble á cada siglo, á cada generacion, y que dominando en sus anales, quedan asociados á ella en la memoria de la posteridad. Una se distingue por la invencion de la pólvora, otra por la de la imprenta; esta se ilustra por el renacimiento de las letras, aquella con los descubrimientos de Newton.

Si se pregunta cuál será en los tiempos venideros el rasgo característico de la edad presente, se podrá contestar, que será la prodigiosa acumulacion de admirables inventos, que permitiendo aplicar las fuerzas del mundo material á los usos de la vida humana, han producido tan inmensa modificacion en su bienestar fisico y en su progreso moral é intelectual, que no deja lugar á parangon con otra alguna.

Natural era pues que el nuevo Académico, dedicado, desde que se establecieron las primeras cátedras de mecánica industrial en España, á profesar, practicar y escribir sobre la aplicacion de esas fuerzas á la industria, eligiese esta ocasion para presentar, con la superioridad

de esa larga enseñanza, algunas consideraciones relativas á los motores que mas comunmente se emplean, y á los medios de aprovechar su fuerza.

Abarcar en ellas la historia del progresivo conocimiento que el hombre fue teniendo de cada una de las fuerzas que le ha sido posible aplicar á la satisfaccion de sus necesidades, así como de las modificaciones que los receptores de esas fuerzas han experimentado, indicando, siquiera fuera someramente, la influencia que cada progreso ha tenido en la civilizacion, sería trabajo por demás útil y curioso, pero tambien inmenso, y poco adaptable á la ocasion presente. Tratar de todos los motores que se han introducido ó tratado de introducir en los usos de la vida, y de los diferentes receptores que sirven para aprovechar con mas ó menos ventaja su fuerza; ocuparse primero de aquellos en abstracto, para conocer bien su naturaleza, y formarse una idea clara y exacta de la cantidad absoluta de trabajo que son capaces de suministrar en un tiempo dado, pasando despues á describir detenidamente los receptores, tambien hubiera sido larguísima tarea, y mas propia de un tratado especial que de un discurso Académico.

Nuestro nuevo colega ha sabido evitar estos escollos, sin que por eso haya dejado de exponer con lucidez las principales y mas trascendentales consideraciones relativas á este asunto; probando cuánto lo domina, y cuán enterado se halla de los mas recientes adelantos y de las tentativas que se hacen para conseguir otros nuevos.

No seguiré al Sr. Azofra en el vasto cuadro que tan bien ha bosquejado, y solo pararé un tanto la atencion en la inmensa influencia que ha tenido en el bienestar y en el progreso moral de las clases sociales la introduccion de nuevas fuerzas ó motores, y su aplicacion, por medio de aparatos mas ó menos ingeniosos, á las diferentes operaciones industriales; en la notable diferencia que existe entre los medios empleados en la antigüedad y en la edad presente para satisfacer unas mismas necesidades; y en la importantísima parte que en este progreso ha tenido el de las ciencias.

La fuerza muscular del hombre, auxiliada por algunas herramientas

extremadamente sencillas, era en épocas remotas el único motor conocido y empleado para el desempeño de todos los trabajos y de todas las artes que satisfacían á las necesidades entonces existentes. Cuando habian de desarrollarse grandes esfuerzos, se obtenian con la accion simultánea de muchos hombres. Tambien se servían para algunos trabajos, y en especial tratándose de arrastres, de la fuerza muscular de ciertos animales; pero en general el hombre era el motor por excelencia, y el mas generalmente utilizado. Si los esfuerzos tenían por objeto el movimiento de grandes masas, se auxiliaban con las máquinas que comunmente se denominan simples, las cuales, así como sus diversas combinaciones de tornos, cabrestantes, polipastos, etc., les eran conocidas. Su ejecucion no obstante y sus detalles, distaban mucho de la perfeccion actual; siendo esto causa de que se originasen enormes rozamientos y otras resistencias pasivas que absorbían una gran parte de la fuerza del motor. De las demás fuerzas naturales ninguna se empleaba, ó solo se aprovechaba la del viento para la navegacion á la vela, de un modo sumamente imperfecto, que hacia indispensable en la mayor parte de los casos la fuerza muscular de los remeros. Del uso de las corrientes de agua como motores, se encuentran vestigios en Asia hácia la época de Mitridates; pero solo en algunos molinos harineros, y empleando, segun todos los indicios, como receptores las ruedas horizontales con paletas de cuchara toscamente labradas, que aprovechan una parte insignificante de la fuerza de lo corriente; como puede observarse en los que aún se encuentran en algunas localidades de España y de otros paises.

La del viento aplicada al mismo objeto, parece ser de mas reciente época, y originaria de Hungría; pues aunque se ha supuesto conocida en Asia desde muy antiguo, é introducida en Europa en tiempo de las Cruzadas, es casi seguro que 400 años antes de la primera ya existian en aquel país los molinos de viento, y muy dudoso que los cruzados los encontrasen establecidos en Oriente. De todas suertes, además de no utilizarse estos dos últimos motores sino en la molienda de los cereales, estaba limitadísimo su uso; y por consiguiente, lo mismo para ese objeto

que para satisfacer á todas las demás necesidades del hombre, se puede decir que su fuerza, y en ciertos casos la de algunos animales, servia de motor universal. La organizacion del trabajo en las sociedades antiguas, el desprecio con que en general se miraban todas las operaciones manuales, abandonándolas á castas reducidas á la mayor abyeccion ó á esclavos, que este mismo estado de cosas hacia indispensables, eran causa de que hubiese muy poco estímulo para el progreso, y para encontrar nuevos medios de perfeccionar y sacar partido del empleo de esa misma fuerza, ya que no se encontrasen otros motores, y ya que la desproporcion entre el consumo y la produccion no hiciese conocer la absoluta necesidad de buscar agentes mas enérgicos.

Por otra parte, ¿de qué hubiera servido tener conocimiento de un motor capaz de producir efectos poderosos, si no se inventaban al mismo tiempo los medios de sustituir su accion á la del hombre, y de hacerle fabricar con mas abundancia, perfeccion y baratura los mismos productos que este obtenia con el solo auxilio de sus manos y de algunos medios sumamente elementales? Para conseguir semejantes resultados era necesario que los conocimientos mecánicos, á la par que los físicos, no estuviesen tan atrasados como lo estaban. Así que hasta el siglo XVIII, casi á su fin, no se puede decir que los recursos de la mecánica, fuera de los utensilios de mano, se hayan aplicado á la industria mas que excepcionalmente y en muy pequeña escala. El trabajo manual bastaba á cubrir la mayor parte de las necesidades, y la industria manufacturera era patrimonio casi exclusivo de corporaciones ó gremios, compuestos de obreros que vivian de esta especie de trabajo, y por consiguiente muy poco dispuestos á admitir invenciones que condujesen á disminuir la mano de obra.

Cualesquiera que sean las razones alegadas para explicar semejante estabilidad y rutina, no es menos cierto que en el citado siglo, los procedimientos industriales eran en su mayor parte los de la mas remota antigüedad, sea que se trate de las industrias mas necesarias para el bienestar, tales como las que tienen por objeto proporcionar alimento y vestido, sea que se consideran las artes de construcción; y como dice

un célebre ingeniero ocupándose de estas últimas, existen razones muy poderosas para creer que los medios mecánicos utilizados para elevar bloques de granito á la cúspide de las pirámides de Egipto, y á los grandes templos de Tebas y de Menfis, diferían muy poco de los empleados en los últimos siglos para erigir monumentos análogos.

Mas hubo un momento en que los brazos fueron insuficientes á cubrir el trabajo que exigian las necesidades sociales, y desde entonces datan las grandes invenciones mecánicas, que se apoyaban á la vez en notables descubrimientos científicos.

Para hacer resaltar la enorme diferencia establecida por la industria moderna, auxiliada con los admirables medios de accion que ha sabido utilizar, entre las sociedades actuales y las que en otros tiempos mas ó menos remotos se consideraban dotadas de una brillante civilizacion, bastarán algunos ejemplos.

El transporte de personas ó cosas necesarias á la vida, no se efectuaba en aquellos tiempos, y aun hoy dia en algunos paises atrasados en la civilizacion, mas que á lomo de bestias ó de hombres, que hacian sus veces, y en algunos toscos carros ó carretas. El transporte de grandes pesos, tampoco conocia otro medio que la fuerza de los brazos, trasformando alguna que otra vez el arrastre propiamente dicho, en rodadura, con medios que no siempre surtian buen efecto. Aun para esto era preciso que el terreno que habia de recorrer el peso fuese casi horizontal, y preparar grandes calzadas, que en ocasiones tenian tanta importancia como la misma obra. Por ejemplo, para trasportar los bloques que sirvieron en la construccion de la grande pirámide de Cheop, en Egipto, se hizo, segun algunos historiadores antiguos, un camino de 1 kilómetro de longitud, 19 metros de ancho y 15 de elevacion: en él trabajaron 100.000 hombres, relevados cada 3 meses, durante 10 años.

Con semejantes medios, y cuando la casi totalidad de las vias de comunicacion consistia en veredas que seguian todos los accidentes del terreno, claro está que los cambios de mercancías por tierra habian de ser muy limitados, muy sujetos á peligros é interrupciones de todo gé-

nero, y muy limitadas por iguales motivos las traslaciones de personas. Así que ningun estímulo habia al aumento de la produccion; y aun cuando las necesidades hubieran sido grandes y grande aquella, la falta de medios de trasporte hubiera dejado sin utilidad la una y en descubierto las otras. Sin retroceder á tiempos tan remotos, no está muy distante la época en que las dificultades para hacer un viaje eran grandísimas, y en que, contrayéndonos á nuestro país, para ir de Madrid á Galicia ó Andalucía una sola familia, necesitaba buscar con grandes gastos un carruaje incómodo, tirado por 5, 6 ó mas caballerías, con el que invertia en el viaje 15 ó 20 dias, y solo llegaba á su término al través de todo género de peligros é incomodidades. Para que una galera llevase 3 toneledas, invirtiendo en el viaje cerca de un mes, necesitaba 10 á 12 excelentes mulas, con diferentes relevos en el camino.

Hoy día hay locomotoras que pueden llevar hasta 500 toneladas, y son muy comunes las que llevan 150 y 200 en caminos con fuertes pendientes, y con velocidades de 10 á 15 kilómetros por hora. Es decir, que se necesitarian 166 galeras y 1.666 fuertes caballerías relevadas de trecho en trecho para sustituir la primera locomotora, y 66 galeras con 600 á 700 caballerías, para sustituir á la segundas. Aun así se marcharia con una velocidad extraordinariamente menor; y si se intentaba acercarse á la de la locomotora, sería preciso aumentar los tiros y estrechar mucho la distancia de los relevos, creciendo tambien en sumo grado el precio.

Para efectuar el trasporte de los 174 millones de viajeros, de los 94 millones de toneladas y de los 12 millones de cabezas de ganado que recorren anualmente los ferro-carriles de Inglaterra, independientemente del inmenso movimiento de sus canales y carreteras, apenas bastaria el millon de cabezas de ganado caballar y mular que se calcula existir en toda España, suponiéndolo todo en edad y aptitud para el tiro de carruajes; á lo cual habria que añadir los que se necesitasen para relevos, y para reponer y suplir á los que perecieren ó enfermasen. Escusado es decir que no habria carreteras suficientemente anchas ni resistentes, que bastasen al inmenso número de carruajes y caballerías que á cada

momento las recorrerian; que sería extraordinario el número de edificios necesarios para cuadras, cocheras y paradas, y sin cuento el de brazos ocupados, tanto en estos diferentes servicios como en la conservacion de los caminos. De suerte, que no existiendo otros medios de transporte, habrian de disminuir de un modo portentoso las traslaciones de personas y cambio de cosas, con las fatales consecuencias que esto tendria en la produccion y en el consumo.

La aplicacion de la máquina de vapor á la locomocion marítima y terrestre, es uno de los medios mas poderosos para acrecer la potencia productiva de las naciones, puesto que ligan mas íntimamente los dos grandes elementos de vitalidad de un país, la produccion y el consumo; es en fin uno de los grandes medios que contribuirán á resolver el problema del bienestar de las clases menesterosas, puesto que para ella es preciso que la produccion aumente en grande escala, y eso no se puede conseguir sin su auxilio, en tanto que no se encuentre otro motor que pueda suplirlos con ventaja.

Mas para obtener todos los beneficios que su estado actual realiza, era preciso que los adelantos de las ciencias y de las artes preparasen y facilitasen los medios de emplear el vapor de agua como motor. Era necesario descubrir las grandes formaciones hulleras, y explotarlas, empleando medios que á su vez suponian grandes descubrimientos; era preciso que la industria metalúrgica, y en especial la del hierro, pudiera producir esas inmensas masas de hierro que necesitan los ferro-carriles, y las máquinas y vehículos que discurren por ellos; era necesario poner en juego esos extraordinarios aparatos que cortan, horadan y estiran el hierro como pudiera hacerse con la sustancia mas endeble y ductil; era preciso que Séguin y Stephenson hubiesen creado la locomotora moderna, ó por lo menos sus mas esenciales disposiciones; era necesario, en fin, que se hubieran hecho los admirables estudios de Regnault sobre los vapores, y que la teoría mecánica del calor hubiese llegado á la altura en que hoy se encuentra.

Otro género de comparaciones nos hará encontrar una economía prodigiosa de mano de obra con un extraordinario aumento de mejores

y mas baratos productos. Desde las épocas mas remotas de que hacen mencion los historiadores, vienen siendo en el antiguo continente los cereales, uno de los alimentos mas generalizados y mas necesarios del hombre; pero para prepararlos convenientemente, necesita antes reducirlos á harina. Unas veces, y es lo mas antiguo, se trituraba en morteros y salia una harina tosca mezclada con gran parte del salvado, sirviendo luego á la alimentacion desleida ó cocida en agua; mas tarde ya se convertia en pan, y tambien se inventaban las muelas movidas á brazo, empleando en esta faena mujeres ó esclavos reducidos á la mayor miseria; de este modo se obtenia con el trabajo de un hombre, harina bastante grosera suficiente para 25 personas. Hoy el solo molino de San Maur, movido por el agua, produce, con solo 20 operarios destinados á vigilar el mecanismo, harina de primera calidad para 72.000 personas, y podria, si se tratase de pan de municion, suministrar la racion de 100.000 soldados; siendo así que con aquel sistema hubiera sido necesario emplear en esta molienda 4.000 hombres, reducidos á la condicion de bestias, para obtener, en vez de pan blanco de excelente calidad, pan negro, que el último jornalero no podria tolerar actualmente.

Si de los alimentos pasamos á otro de los artículos mas necesarios á la vida, cual es el vestido, encontraremos que en el hilado del algodón, con los métodos actuales, y con la sustitucion del vapor á la accion directa del hombre, un solo operario puede bastar al trabajo que hace pocos años exigia 400; iguales progresos y economía de mano de obra hallaríamos en el hilado de otras materias textiles, y en el tejido de toda especie de telas; siendo la consecuencia que un simple artesano de la época actual disfrute de mas holgura en el vestir, y tenga mas comodidades que muchos grandes señores de la época de Carlos V, que apenas conocian los pañuelos de bolsillo y otras prendas tan necesarias como esta.

Así podrian irse comparando casi todas las industrias, notando en cada una de ellas modificaciones de igual importancia, debidas simultáneamente á la adopcion de nuevos motores, de nuevos recepto-

res y de nuevos operadores, capaces de ejecutar mecánicamente y con mas perfeccion y economía el trabajo manual del hombre.

Donde mas han tardado en sustituirse otros motores y otros mecanismos á la fuerza muscular del hombre y de otros animales, es en las diferentes faenas agrícolas; pero desde hace algunos años ya el vapor va siendo un grande auxiliar de estos trabajos, ó cuando se emplea la fuerza muscular, es por medio de aparatos que aumentan en sumo grado el efecto útil obtenido. De este modo podrá suplirse la falta de mano de obra que se va notando en los campos, y podrá atenderse mas fácilmente al aumento de produccion que las mejoras introducidas en el cultivo pueden proporcionar, y que el aumento de la poblacion y de las necesidades de esta hacen indispensable. Así vemos que la siega del trigo y demás cereales hecha por cuadrillas de segadores usando la primitiva hoz, apenas les permite extenderse á mas de 2.000 metros cuadrados por dia, al paso que con una máquina segadora tirada por dos fuertes caballos y auxiliada por dos hombres, se pueden segar en el mismo tiempo 60.000 metros cuadrados, que por aquel sistema exigirian 30 jornaleros. La trilla hecha con el azote, como aún se hace en algunas partes, no permite separar á lo sumo á cada peon mas que cuatro fanegas de grano, debiendo hacerse por separado la operacion del aventado. Con una máquina movida con el vapor de una locomovil de 8 á 9 caballos de fuerza, pueden efectuarse simultáneamente las dos operaciones, mas el cribado, produciendo 170 fanegas de grano perfectamente limpio, que de otra suerte necesitarian solo para la primera operacion 40 ó 50 hombres. La misma fuerza de vapor empieza á emplearse con buen éxito en las labores agrícolas que menos susceptibles parecian de ello, como son el arado de las tierras, y ciertos trabajos de drenage ó saneamientos, etc., etc.

En fin, á cualquier parte que se tienda la vista, ya se trate de ejercer grandes esfuerzos, ya de fabricar grandes cantidades de artículos de consumo, ya de llevar la accion de los motores á talleres que solo necesitan pequeñas fuerzas, ó de distribuirla entre los diferentes aparatos de una misma fábrica para que el encargado de manejarlos pueda

usarla ó interrumpirla á su arbitrio, siempre aparece la tendencia á economizar la mano de obra, y á no dejar á cargo del hombre mas que aquellas operaciones en que, mas bien que de su fuerza, se necesita de su inteligencia, ó bien aquellas en que aún no se ha encontrado medio de suplir su accion. El resultado inmediato es acrecer inmensamente la produccion y las consecuencias ulteriores, mejorar el bienestar de todas las clases de la sociedad, acortar las distancias que la separaban, haciendo de ellas como otras tantas castas, mejorar como consecuencia de todo el estado moral, y conducir rápidamente al desarrollo intelectual.

No es pues extraño que aumentando cada dia las necesidades, y siendo por consiguiente indispensable aumentar los productos de la industria, crear otros nuevos y ponerlos al alcance de las clases menos acomodadas, se hayan buscado medios que permitiesen emplear con mas ventaja la fuerza de los motores existentes, y que se haya tratado de sustituir á la accion de estos la de otros nuevos. Natural es tambien que entre los esfuerzos hechos para conseguir el objeto los haya habido mas ó menos felices, guiados con mas ó menos inteligencia, con mas ó menos conocimiento de lo ya existente y de los recursos que podia proporcionar; sea por no conocer á fondo la naturaleza y teoría del motor que queria reemplazarse, sea porque en esa teoría se hubiera introducido algun error autorizado por el crédito y reputacion científica de los que por primera vez la propalaron, como ha sucedido especialmente con las máquinas de vapor.

Aun antes de generalizarse estas ya se habia ocurrido el emplear la fuerza expansiva del aire atmosférico dilatado por el calor, para aplicarla á las máquinas industriales; y Niepce presentó un aparato que titulaba Pireolóphoro, en el que el movimiento se obtenia por la fuerza expansiva del aire producida por una série de explosiones, ocasionadas en un recipiente con válvulas, al que llegaba una corriente de aire mezclada con sustancias inflamadas, cuya combustion se producía por un chorro de llama que coincidía con la afluencia del aire; mas esta tentativa no tuvo consecuencias. Despues de generalizado el uso de la

máquina de vapor, pero cuando aún era poco conocida su teoría, si bien se tocaban sus maravillosos efectos, se trató de sobrepajarlos, y de obtener una fuerza análoga con menos gastos, buscando nuevos modos de suplir la acción del vapor. El descubrimiento de la liquidación de ciertos gases, y en especial del ácido carbónico, sugirió la idea de emplearlos en sustitución del vapor para dar movimiento á las máquinas por su variación de estado, pasando alternativamente del líquido al gaseoso y vice-versa. De aquí los ensayos de Brunel en 1827, y los que, perfeccionados los medios de liquidación, se han hecho posteriormente, y en especial en 1855 y 56. Las enormes presiones que sería posible emplear con este sistema, permitirían reducir á un pequeño volumen el aparato motor; pero también el espesor que habría de darse á las paredes que hubiesen de resistir esas presiones, harían que el peso fuese muy considerable. De todos modos, esta idea no ha pasado de ensayos hechos en pequeños modelos, y de descripciones que hasta el presente no han dado ningún resultado práctico.

El aire, que tranquilo de nada sirve como motor, que en movimiento no ha solido aprovecharse mas que para la navegación y para dar movimiento á los molinos de viento, también se ha querido emplear de diversos modos como motor; ya introduciéndolo en la máquina á la presión y temperatura atmosférica, aumentándolas después notablemente por el calentamiento, y produciendo á continuación su enfriamiento por medio de combinaciones mas ó menos ingeniosas; ya haciéndole tomar, con el auxilio de otro motor, una gran tensión, para obrar luego por expansión; ya, por el contrario, haciendo un vacío relativo, y dejando actuar sobre el receptor la presión atmosférica; ya de otros mil modos. Algunos de los sistemas presentados han tenido un principio de aplicación; pero es de advertir que en realidad lo que se hacia, exceptuadas las máquinas de aire caliente del sistema Ericson y otras análogas, era servirse del aire comprimido ó dilatado como intermedio, ó mejor dicho, como medio de transmisión entre la máquina hidráulica de vapor ú otra, y el cuerpo ó mecanismo que se quería poner en movimiento. Entre los sistemas presentados y que mas probabili-

dades tienen de porvenir, está el que consiste en utilizar las fuerzas gratuitas que nos suministra la naturaleza en el viento y en el agua corriente; para almacenar, por decirlo así, el aire comprimido, y transmitir la fuerza que proporciona por largas tuberías establecidas entre las ruedas hidráulicas ó los molinos de viento, y el punto en que se haya de hacer sentir el efecto de aquella fuerza. La aplicación mas notable y útil que de este sistema ha hecho, es la del movimiento de los perforadores del túnel del Monte-Cenis. Si añadimos á estos los motores en que juegan solos ó en combinación con el aire diferentes gases, encontraríamos en pocos años mas de doscientos proyectos de utilización de su fuerza expansiva, entre los cuales los hay bastante ingeniosos, y que tal vez tengan su aplicación en un porvenir no lejano. Pero es preciso confesar que la mayor parte no han sido ni aun experimentados, y otros han sido abandonados porque la experiencia ha demostrado su poca utilidad: de modo que hasta el presente solo ofrecen un porvenir lisonjero y prestan grandes servicios el sistema antes indicado, los motores Lenoir y Hugon, mencionados por el Sr. Azofra; este sobre todo por lo que se refiere á pequeñas fuerzas, está llamado á generalizarse en sumo grado tan pronto, como pueda proporcionarle á mas bajo precio.

Excusado casi es decir que entre el cúmulo de inventos para aprovechar la acción de las fuerzas naturales en las máquinas, no quedaria olvidada la electricidad. Efectivamente, muchos son los que han tratado de utilizar el efecto atractivo de los electro-ímanes, ó los efectos dinámicos de las corrientes; pero han tropezado con serias dificultades, que no han permitido aplicar hasta el presente esa fuerza mas que á máquinas de poco poder, y á un precio muy subido, comparado con la que suministra el vapor de agua. Desde 1827 construyó Jedlich un electro-motor bastante perfeccionado, que tiene completa analogía con uno de los construidos por Froment; pero el primer trabajo serio, prescindiendo de las tentativas poco felices para la locomoción por los ferrocarriles, es el de Jacobi, que hizo navegar por el Newa en 1839 un bote con 12 personas, y armado de ruedas de paletas. Mas esta misma tentativa sirvió para hacer ver la dificultad de la empresa, y para que

ese sábio desistiese de ulteriores estudios, pues á pesar del extraordinario poder de la pila empleada, no consiguió obtener mas que una fuerza de tres cuartos de caballo de vapor á expensas de muy considerables gastos. Despues han abundado los inventores de electro-motores, pero todos han venido á confirmar la dificultad y casi imposibilidad que en la actualidad existe de producir fuerzas aplicables á la industria, á causa, entre otras, de su poca intensidad y su alto precio. El que mas ha adelantado en esto, por la grande inteligencia científica manifestada, y por la admirable ejecucion de sus aparatos, es Froment, con cuya muerte tanto han perdido las artes de precision. Este eminente artista habia aplicado un motor electro-magnético á dar movimiento á sus máquinas de dividir, cuyo conjunto formaba la admiracion de cuantos lo veian.

Otras infinitas invenciones y tentativas para encontrar y aplicar nuevos motores podrian indicarse, pero apenas han pasado de figurar en algun ensayo de gabinete, ó cuando mas en algun privilegio de invencion.

Las de que se ha hecho mérito bastan para hacer ver cuán grandes esfuerzos de ingenio se hacen para encontrar motores mas potentes que los usados, ó mas fáciles de manejar en cualquier taller, ó que proporcionen la fuerza con mas economía, y sin la exposicion de las máquinas de vapor.

En tanto que esta multitud de inventos mas ó menos afortunados, introducía cierta confusion y vacilacion entre los industriales, y era á veces causante de graves quebrantos para algunos, los hombres de ciencia no podian aceptar sino con repugnancia la multiplicidad é inconexion de las fuerzas que el hombre iba encontrando en la naturaleza, ni dejaban de concebir que debia existir una medida para todos ellos, que proporcionase el modo de calcular su efecto en absoluto, y la parte que de este se aprovechaba, empleándolas de tal ó cual manera. De suerte que como dice muy bien el Sr. Azofra, al paso que se multiplicaban los medios de suplir la accion del hombre, ya buscando motores y aparatos para producir grandes esfuerzos, ya subdividiendo la fuerza

de aquellos para emplearla en los trabajos mas delicados y en que la fuerza habia de ser escasa, la ciencia se ocupaba en simplificar su teoría, y en buscar el lazo de union de todos esos motores.

La idea especulativa de una fuerza universal que preside á todos los fenómenos y efectos no es de hoy; pero una cosa es emitir una idea desprovista de toda prueba que la haga aceptable, y otra fundarla en hechos comprobados, y en deducciones lógicas de esos hechos. El principio de la dependencia de las diferentes fuerzas físicas, habia ya sido enunciado en términos muy positivos por el célebre autor del *Espiritu en la naturaleza*, OErsted, el cual, por sus especulaciones metafísicas, estaba predispuerto á considerar todas las modificaciones de la materia como simples transformaciones del movimiento.

Los trabajos de Grove, y su obra sobre la *Correlacion de las fuerzas*, los de *Sequin* y otros físicos, dan nueva fuerza á la creencia que empieza á establecerse en el mundo científico, de que efectivamente existe una íntima conexion entre todas las fuerzas naturales; en ellos se encuentran presentados con lucidez los hechos en que fundan esas opiniones, y las razones que apoyan las deducciones que de ellos sacan, así como sus tentativas para someterlas á una medida rigurosa. Pues á la ciencia no le basta saber que de la electricidad puede salir el calor, y viceversa; es preciso que además pueda determinar cuánta electricidad puede engendrar con una cantidad determinada de calor, y una vez determinadas las unidades que miden las diferentes fuerzas naturales, es preciso que las compare, y determine la dependencia que tienen entre sí.

Sin embargo, por mas materiales que se hayan acumulado en poco tiempo, y por mas probabilidades que se presenten en favor de tales ideas, es preciso confesar que apenas se ha hecho mas que entrar en este sendero, que aún está muy poco trillado, y que no faltan sábios que dudan penetrar en él, por un resto de desconfianza en los principios que sirven de base á la nueva doctrina. Entre tanto que la luz brilla en todo su esplendor, los trabajos ejecutados no han sido infructuosos. Porque si bien dado un agente físico, cualquiera que sea, puede obligársele á mover

una masa, á levantar un peso y vencer resistencias capaces de medida, solo el calor nos suministra medios cómodos para comparar las fuerzas que mantienen las vibraciones invisibles de las moléculas de la materia, con los que imprimen un movimiento general á toda masa; y aquellas investigaciones nos han conducido á poder calcular la relacion constante entre una cantidad dada de calórico que se puede medir, y la cantidad de trabajo que puede producir, medida por el número de kilogramos que en un tiempo dado puede elevar á cierta altura, á lo que se ha dado el nombre de *equivalente mecánico del calor*. Sería poco oportuno en esta ocasion entrar en detalles relativos á la teoría dinámica del calor; bástenos sentar que está demostrado que el calor y el trabajo son dos manifestaciones de la misma fuerza, y que cualesquiera que sean los vacíos que aún falte llenar para completar esa teoría con toda generalidad, y en todas sus ramificaciones, lo que dará la segura pauta para conocer el sistema mas ventajoso de emplear el calor, ya puede ilustrar lo suficiente sobre el verdadero valor é importancia industrial de algunos de esos sistemas. Y en efecto, si se comparan las máquinas de vapores combinados, sistema de Tremblay, y las de aire caliente, con las de vapor de agua, se viene fácilmente por la aplicacion de esa teoría, en conocimiento de la desventaja que en su estado actual tienen aquellas con respecto de la última, en cuanto al efecto producido por la unidad de calor. Resultado sensible, y que hace desear ulteriores mejoras en los aparatos empleados, que modifique ese resultado; porque si la máquina de aire caliente pudiera llevarse á un grado de perfeccion que prácticamente la hiciese comparable á una máquina de vapor, aun cuando no fuese de las mas perfectas, tendria grandes ventajas su aplicacion en muchas circunstancias, evitando los terribles desastres producidos por las explosiones, y haciendo posible su establecimiento allí donde se careciese del agua necesaria para alimentar máquinas de vapor.

Al estudiar bajo este punto de vista los fenómenos terrestres, cuidando, como dice muy bien el Sr. Azofra, de distinguir el verdadero motor del cuerpo que le sirve de intermedio, sea para producir los grandes movimientos que observamos en la naturaleza, sea para trasmitir

su accion á las máquinas industriales, no faltan sábios que han sido conducidos á buscar en el sol el origen y manantial de casi todos los movimientos que se observan en nuestro globo. Y efectivamente, ¿qué fuerza inmensa es la que levanta á grandes alturas, en forma de vapores y de nubes, esas inagotables masas de agua robadas al mar y á los rios, sino el calor solar? Pero estas nubes se condensan, y produciendo la lluvia que cae sobre la costra terrestre, forma los manantiales, arroyos, torrentes y rios; depósitos inagotables de fuerza, que sirven á su vez para mover los diferentes artefactos hidráulicos. De suerte que la fuerza motriz que sirve á moler el grano en un molino harinero, no es mas que la trasformacion del calor que ha conducido el agua hasta las nubes; y por consiguiente nada tiene de extraño que el sol sea considerado como el verdadero motor del molino.

Si el buque navega á impulso del viento, si el movimiento de unas aspas sirve para mover bombas que agotan grandes pantanos, y para otras operaciones industriales, ¿á qué se debe sino al desequilibrio general ó parcial de las diferentes partes de la atmósfera, y á los vientos que este rompimiento de equilibrio ocasiona? Mas estos movimientos de la atmósfera son producidos por la desigual dilatacion del fluido que nos rodea bajo la accion solar, de suerte que, como en el caso anterior, este es el verdadero motor.

Pero no es la accion del calor actual de este astro la sola que disfrutamos, por eso Stephenson, al ver avanzar rápidamente un tren conducido por una poderosa máquina, exclamaba: no son esas admirables locomotoras, que dirijen nuestros hábiles maquinistas, las que mueven el tren, sino la luz del sol, que hace millares de años fijó el carbono en las plantas que despues se trasformaron en hulla. Y efectivamente, durante la formacion de los vegetales el ácido carbónico es el que suministra el carbono, y los rayos solares los que facilitan el abandono del oxígeno y la fijacion del carbono; pero cada átomo de carbono que se fija en la planta conserva una cierta cantidad de calórico, que permanece durante siglos en el estado latente, hasta el momento en que combinándose de nuevo, por el acto de la combustion, con el oxígeno, vuelve

á quedar libre y en disposicion de producir trabajo, y por consiguiente de dar movimiento á millares de fábricas, buques y caminos de hierro. La misma fuerza animal no queda exceptuada de esta regla; pues delicadísimos experimentos de fisiólogos y físicos han demostrado que los animales no producen trabajo sino á espensas de cierta cantidad de calor consumido, y han hecho tambien conocer que esa cantidad era proporcional al trabajo producido; mas ese calor es debido á la combinacion de sustancias carbonadas con el oxígeno, cuyos elementos los suministran la nutricion y respiracion, y ya se ha visto la parte que el sol tenia en la fijacion del carbono, de las sustancias vegetales, y en la disociacion del oxígeno. Pero si bien así puede explicarse mas ó menos plausiblemente la relacion que en el hombre tiene el trabajo producido con el calor consumido, no podria, como en los casos anteriores, decirse que el sol, ó el calor proveniente de cualquier otro origen, es el verdadero motor, sino mas bien el intermedio, entre la complicada máquina humana, por ejemplo, y un motor cuya verdadera naturaleza y modo de actuar es desconocido, á pesar de todos los esfuerzos que para explicarla han hecho eminentes fisiólogos y psicólogos antiguos y modernos.

En resumen, señores, los motores que la ciencia ha descubierto en la naturaleza, y que la industria ha sabido aplicar á sus trabajos, son los mas poderosos medios de produccion de que la huumanidad puede disponer. Una reunion de hombres reducida á no emplear mas que los esfuerzos individuales y aislados de cada uno de ellos, podria muy bien subsistir, y aun elevarse á cierto grado de bienestar; pero sus recursos no podrian exceder la suma de las fuerzas físicas de cada uno, y su industria quedaria limitada por ellas. Privese además á esta sociedad del vasto arsenal de instrumentos de trabajo, desde la azada, el arado y el cuchillo, hasta las mas complicadas máquinas á que puede aplicarse la fuerza muscular, y bien pronto quedará reducida al estado salvaje; las poblaciones disminuirán, y la soledad se esparcirá por toda la tierra. La idea religiosa descenderá hasta el fetichismo, y la idea moral hasta la de las hordas antropófagas.

Auméntese por el contrario ese material, añadiendo nuevas máquinas y encontrando nuevos medios de aplicarles las fuerzas de la naturaleza, y se obtendrá una civilización continuamente progresiva y una moralidad cada vez más depurada; cada nuevo invento contribuirá poderosamente á realizar, ó cuando menos á acercarse á las condiciones de libertad, de legalidad y de verdadera religiosidad, contra lo que creen algunos espíritus cavilosos y sin duda poco reflexivos, viendo en cada adelanto, en cada progreso del bienestar social, una tendencia al materialismo. ¡Como si la historia y la experiencia diaria, estudiada y observada con verdadero criterio, no probasen con toda evidencia lo contrario!

Si el Supremo Hacedor hubiese querido que el trabajo del mundo fuese ejecutado por los huesos y nervios de los hombres, nos hubiera dotado de brazos tan potentes como el árbol de una máquina de vapor; nos hubiera dotado de la facultad de trabajar sin descanso. En vez de pólvora y otras materias explosivas, nos hubiera dado manos y fuerzas bastantes para destrozarse una cantera y amoldar sus fragmentos á los diferentes usos á que ahora se destinan. Pero no son brazos de hierro y hombros atléticos los que nos ha dado, sino la razón, la capacidad de adquirir conocimientos, y de apropiarse todas las fuerzas de la naturaleza á nuestro uso. Para conocer más su inmensidad no nos ha dado una vista capaz de abarcar el infinitamente grande y el infinitamente pequeño, pero nos ha dado el poder de inventar el telescopio y el microscopio; para llegar, en fin, al último grado de la inteligencia, nos ha permitido descubrir la imprenta. En una palabra, sin una inteligencia cultivada, el hombre apenas se distinguiría del bruto, y sería la más débil de las fuerzas dinámicas; con este auxiliar, el hombre es el dominador de la tierra.

He aquí por qué el estudio de los motores es uno de los más importantes que puedan hacerse; y he aquí por qué el nuevo Académico lo ha elegido con mucho acierto por tema de su discurso, haciendo ver sus progresos, la tendencia á sustituir aquellas fuerzas naturales á la fuerza del hombre, dejando solamente para estas operaciones en

que debe dar pruebas de inteligencia y no de fuerza material. Y he aquí por qué los sábios de todos los países se afanan á fin de encontrar los medios de utilizar, con ventaja para la industria, la accion de las fuerzas que sus estudios les han hecho descubrir; y por qué tratan de medir el efecto de cada una para juzgar con exactitud de la bondad de sus diferentes modos de aplicacion, y la relacion íntima que las liga unas con otras, haciendo que tal vez sean modificaciones de una misma.

El campo es vasto: en cultivarlo y hacer conocer sus frutos, ha trabajado gran parte de su vida el Sr. Azofra; esperemos que con sus ulteriores trabajos añada alguna piedra á ese grande edificio, redun- dando una parte del honor que reporte á esta Corporacion.—He visto.