

El concepto humanístico de la ENTROPÍA en los primeros años de DYNA

Los artículos de José Ricardo de Zubiría

Ignacio F. de Aguirre
COIB

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/5810>

1. INTRODUCCIÓN

DYNA se inició con el nº 1 correspondiente al mes de enero de 1926, como “revista oficial de la Agrupación de Ingenieros Industriales de Bilbao”. En la cabecera figuraba su Director y un Comité de Redacción de seis ingenieros industriales, bastantes de ellos profesores de la Escuela de Bilbao. La realidad era que una buena parte de los artículos propios eran escritos por los componentes del Comité, y que eran muchas las páginas transcritas o traducidas con noticias técnicas y económicas, españolas e internacionales, en considerable proporción de origen alemán, especialmente para los temas científicos e industriales. DYNA era mensual, publicándose 12 números al año.

En los números 23 y 24, de noviembre y diciembre de 1927, se publicó, traducido del alemán, un artículo de R. Plank, que había aparecido en el *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* (Karlsruhe) nº 25 de 1926, bajo el título **CONCEPTO DE LA ENTROPÍA** y subtítulo *Límites de validez del segundo principio de la Termodinámica*. Este texto, especialmente el último apartado sobre su aplicación a fenómenos de la vida orgánica y espiritual, influyó tanto en uno de los miembros del Comité, José Ricardo de Zubiría, que desde enero de 1928 hasta marzo de 1931, escribió numerosos textos sobre este tema, siendo en ocasiones contestado por otro de sus colegas, Mario Martínez Ruiz de la Escalera.

La máquina de vapor (ver *A todo vapor*, DYNA nº 3 de 2011), a partir de los últimos perfeccionamientos de Watt, patentados en 1784, venía siendo el más potente impulsor de la revolu-

ción industrial y el mayor generador de movimientos mecánicos de todo tipo. Por esa razón, y buscando una mejor comprensión científica y el mayor rendimiento energético posible, se había ido desarrollando una gran cantidad de conocimiento científico, sentando las bases de una nueva rama de la Física: la Termodinámica. Sin embargo, la consolidación de este término solo se hizo tras un largo recorrido de 35 años, entre 1824 y 1859.

La primera fecha está marcada por la aparición del libro del francés **Sadi Carnot**, *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres a développer cette puissance* y la última por el ingeniero escocés **William Rankine**, que a su *Manual of the Steam Engine and Other Prime Movers*, lo subtítulo Principios de Termodinámica. Pero fue el físico alemán **Rudolf Clausius** quien, primero en 1850 con el artículo *Sobre la fuerza motriz del calor y las leyes del calor que pueden ser deducidas de ella*, y sobre todo en 1854, escribiendo *Sobre una forma modificada del segundo teorema fundamental en la teoría mecánica del calor*, dejó establecidas las que desde entonces se conocen como primera y segunda leyes de la Termodinámica.

Las consideraciones hechas en las breves 65 páginas del libro de Carnot habían dejado establecidos los principios de lo que ahora conocemos como 1ª ley de la termodinámica, expresable de múltiples formas, siendo una de ellas que:

En un sistema aislado, el incremento de su energía interna es igual a la diferencia entre el calor que se le ha aportado y el trabajo realizado por él sistema ($\Delta U = Q - W$).

El experimento (fig. 1) de **Joule** sobre la equivalencia entre calor y trabajo (1843) fue la prueba práctica de ello y, por eso, una forma popular de la citada ley ha venido siendo que, en esas condiciones de sistema aislado, *la energía*

no se puede crear ni destruir, sino solo transformarse. Y claro está que nuestro universo es un sistema aislado.

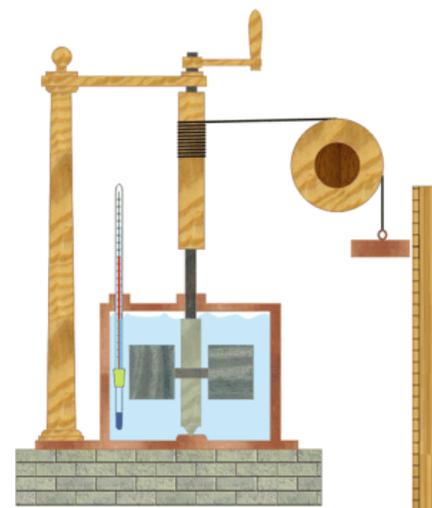


Fig. 1: Disposición de la experiencia de Joule
El descenso del peso mueve las paletas y calienta el líquido

La aplicación práctica de esta primera ley se ha plasmado en el llamado ciclo de Carnot, expresión gráfica en un diagrama cartesiano *presión/volumen* del mejor proceso posible para la producción de trabajo en una máquina térmica entre dos fuentes a alta y baja temperatura o, a la inversa, la aplicación de trabajo para reducir la temperatura de la fuente fría (máquina refrigeradora). Como concepto sin denominar aun, puesto que no se creó el nombre hasta comienzos del siglo XX, se podía estimar que todo fluido homogéneo quedaba definido por lo que finalmente se llamó **entalpía** (H) del mismo, $H = U + pV$, expresada en julios. En la fórmula, U es la energía intrínseca del fluido, p la presión que ejerce y V su volumen. Por ejemplo la variación de entalpía, con un producto presión por volumen constante, corresponderá solo a la variación de su energía interna.

Carnot no escribió nada a partir de 1824 y probablemente supuso que sus ideas caerían en el olvido, pero otro

francés, **Clapeyron**, las recogió diez años más tarde en su *Puissance motrice de la chaleur* y fue por ese medio como llegaron a Clausius.

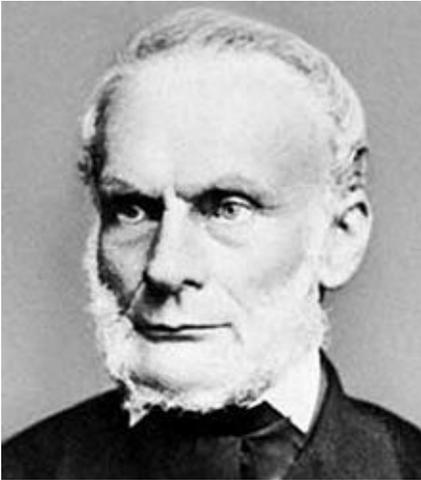


Fig. 2: Rudolf Clausius (1822 - 1888)

Clausius no estaba completamente satisfecho con solo el principio expresado por Carnot: para conseguir cerrar su conocido ciclo había, en una de las etapas, que invertir parte del trabajo generado en otra y, además, representaba un rendimiento máximo inalcanzable en la práctica. Alguna otra ley, hasta entonces no tenida en cuenta, parecía gobernar los procesos termodinámicos entre el calor y el trabajo y, en un enfoque inicial, apuntó a la apreciable diferencia existente entre los procesos naturales reversibles y los irreversibles. Entre los primeros se hallan procesos mecánicos sin rozamiento, gravitacionales, vibratorios, etc. En cambio la transmisión de calor, la expansión de los gases, la disolución, la difusión de fluidos o la transformación del trabajo en calor siempre tendrán lugar “naturalmente” en el mismo sentido: *El calor no puede pasar por sí mismo de un cuerpo con temperatura baja a otro con temperatura más alta*. Dicho de otra forma, el trabajo no puede obtenerse “por sí mismo” del calor, aunque sí el calor del trabajo.

Culminando el desarrollo matemático de esta teoría, avanzó explícitamente en su obra el concepto de entropía (S), pero no como una idea puramente intuitiva o cualitativa, sino como una auténtica función de estado, cuantitativa y expresada para un sistema aislado como $S = Q/T$ (julios por grado K), siendo Q el contenido en calor del sistema y T su temperatura absoluta. Tengamos en

cuenta que en aquellos tiempos el concepto del calor era a modo de un fluido transmisible y la temperatura una de sus características medibles. La variación de entropía de un material aislado al que se aporta o extrae una cantidad de calor ΔQ manteniendo su temperatura será $S_1 - S_2 = \Delta S = \Delta Q/T$, positiva o negativa.

Un proceso reversible sería, por ejemplo, el llevado a cabo en un sistema aislado, un recinto que contiene a cierta altura una esfera perfectamente elástica que se deja caer sobre un suelo absolutamente rígido sin frotamiento del aire: no hay generación de calor ni cambio de temperatura, la esfera vuelve a su posición inicial y la variación de entropía es nula.

¿Y si el proceso es irreversible? Supongamos otro sistema aislado compuesto también por un amplio recinto a una temperatura de ~ 298 K (25°C) en el que se encuentra un vaso con hielo a ~ 273 K (0°C). Una cantidad de calor del recinto, ΔQ a 298 K (disminución de la entropía en $\Delta Q/298$), provocará la fusión del hielo que pasará a agua con 0°C (~ 273 K) con un incremento de entropía en $\Delta Q/273$. El resultado final será positivo, aumento de la entropía en la diferencia entre ambas, la inicial y la final: un proceso irreversible en un sistema aislado supone un aumento de entropía, los procesos “naturales” son por naturaleza irreversibles, por lo que, contemplando nuestro universo como un sistema aislado global en que continuamente se producen procesos irreversibles, su entropía estará creciendo continuamente.

2. EL ARTÍCULO DE R. PLANK Y SUS CONCLUSIONES

Para el año 1927 en que se transcribió en DYNA el artículo de R. Plank, el concepto de entropía había ya rebasado el ámbito termodinámico clásico y, en los últimos decenios del siglo XIX, había sido aplicado por Maxwell y Boltzmann a los fenómenos físico-químicos de los gases, a pesar de no ser aun generalmente aceptadas las teorías energéticas moleculares relacionadas con sus presiones o temperaturas. Por otra parte, los métodos estadísticos ya conocidos permitían analizar los procesos dividiéndolos en micro-estados sucesi-

vos y aplicar las leyes de probabilidad a las condiciones de temperatura, presión o volumen de cada transformación.

El artículo de R. Plank, que tanto impacto causó en nuestro compañero Zubiría, desarrolla ampliamente la citada formulación termodinámica del segundo principio, la interpretación de Clausius y su consecuencia para con los procesos reversibles o irreversibles, anticipando con frase lapidaria el concepto de *la entropía como medida de la evolución unilateral del mundo* y, a continuación, pasa a exponer algunas analogías y posibles similitudes con otras magnitudes, como el tiempo, debatidas en la época por la proximidad del enunciado de la Teoría de la Relatividad.

Para exponer posibles límites de validez a este principio, R. Plank se apoya en el proceso de expansión de un gas. Supongamos dos recintos iguales (fig. 2) separados por una compuerta, conteniendo el izquierdo un número determinado de moléculas del gas, que determinarán su presión y estando el derecho en el vacío más absoluto. Al abrir la compuerta, si nos atenemos a la termodinámica clásica, se producirá un proceso irreversible por sí mismo: tendremos $n/2$ moléculas en cada recinto. Pero, dado el totalmente desordenado movimiento de las mismas, se puede aceptar probabilísticamente que una reversión casual, debido a ese movimiento, que situase de nuevo todas las moléculas en el recinto izquierdo sería muy pequeña, pero no nula, y si consideramos muy pocas moléculas (presiones muy bajas), la probabilidad de reversión puede ser apreciable: el segundo principio tiene pues sus límites de validez y puede considerarse un principio de probabilidad.

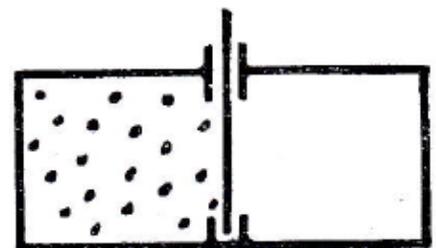


Fig. 3: Los dos recintos

No solo eso. Si la termodinámica clásica nos decía que las presiones se igualaban en ambos recintos, ahora está claro que estamos ante un fenómeno de *fluctuación* de esa presión, tanto más

apreciable cuanto menor sea el número de moléculas del estado de equilibrio con $n/2$ en cada uno. La microscopía de gran aumento permitía contemplar los *movimientos brownianos* de un coloide, no moleculares pero sí asimilables, y apreciar que en lugar de seguir la ley de la gravedad, conservan sus movimientos “*debido solamente al calor del ambiente que se halla a su misma temperatura*” y contradiciendo la interpretación del segundo principio.

Pero además el apartado final era apasionante: **Aplicación del segundo principio y de las leyes de probabilidad a fenómenos de la vida orgánica y de la vida espiritual**. En él empieza planteándose que quizá fuera posible encontrar leyes matemáticas causales para estudiar esos procesos, pero que dado su inmenso número de variables el intento estaría condenado al fracaso. Sin embargo, al ser de naturaleza estadística, una vía podría ser el cálculo de probabilidades y al reinar en ellos un desorden elemental, habrá también una evolución irreversible “*dirigida en un*

sentido, un devenir y un acabamiento”. Expone la teoría existente sobre la aparición probabilística de mutaciones en los procesos biológicos celulares, que diesen origen a nuevas especies con sus fluctuaciones en el curso de los fenómenos físico-químicos correspondientes. Citando a Spengler ⁽¹⁾, “*al introducirse la irreversibilidad... los elementos formales de la vida: crecimiento, envejecimiento, duración, dirección, muerte, acuden a los primeros planos... La idea del fin del mundo aparece en el ropaje de ciertas fórmulas que en el fondo de su esencia no son ya fórmulas*”.

En el plano de la vida psíquica, la contraposición reversibilidad e irreversibilidad correspondería a la de conceptos como cultura y naturaleza, cosmos y caos, evolución y revolución, sistemática e intuición, personalidad y masa, ley moral y libertad, razón y sentimiento, ciencia y arte. Ello se reflejaría en la vida espiritual de hombres preeminentes, siendo como ejemplo de carácter reversible, equilibrada, la de Goethe, Kant o Bach e irreversible, apasionada,

con una “*pródiga disipación de la energía espiritual*”, la de Nietzsche, Miguel Ángel, Van Gogh o Beethoven.

Y finaliza reproduciendo un párrafo completo de Chwolson ⁽²⁾:

“*Afirmo que el descubrimiento del principio de la Entropía es lo más alto que el pensamiento humano ha concebido hasta ahora en todos los campos del conocimiento; que los pensamientos sobre los que se funda este principio descuellan incomparablemente en profundidad filosófica, en amplísima significación para el conocimiento de los seres y en infinita fecundidad, y que ninguna ciencia ha mostrado un resultado, una idea, que pueda sostener comparación frente a la grandeza del principio de la Entropía. La Humanidad se puede sentir orgullosa de este principio, que lleva el sello de belleza de la verdad absoluta, más que por todos los demás, por los que ha luchado y ha alcanzado... Entre las pocas verdades que la humanidad ha alcanzado es la más preeminente la ley de la Entropía*”.



DYNA

Revista oficial de la Agrupación de Ingenieros Industriales de Bilbao.

REDACCIÓN Y ADMINISTRACIÓN: EN EL DOMICILIO SOCIAL. ESTACIÓN, 1, 1.º TEL. 1029

AÑO III. NÚM. 25.

ENERO 1928

SE PUBLICA TODOS LOS MESES

Comité de Redacción: ANDRÉS DE BENGOA, LUIS CHECA, MARIO MARTÍNEZ R. DE LA ESCALERA, PEDRO MENDIZÁBAL, JOAQUÍN PÉREZ CARRANZA, LUIS POMBO, FÉLIX ORÁA, JOSÉ L. TORRÓNTEGUI, J. RICARDO DE ZUBIRÍA. Redactor Jefe PEDRO BERROYA. Secretario RAFAEL PADRÓ INGENIEROS INDUSTRIALES.

Precios de suscripción: Bilbao, 10 Ptas. año. Resto de España 12. Extranjero, 15 Francos oro. Número suelto, 1,25. Atrasado, 1,50

S U M A R I O

	PAG.		PAG.
Observación sobre la interpretación estadística. Por D. J. R. de Zubiría, Ingeniero Industrial...	1	Revista de Revistas.....	11
Estudios sobre entretenimiento del material móvil Por D. C. Laffite, Ingeniero Industrial.....	5	Información económico-industrial.....	22
Tensión de transporte más económica para las líneas eléctricas.—Por D. Mario Martínez de la Escalera, Ingeniero Industrial.....	7	Sección editorial.....	35
		Crónica de la Agrupación.....	37
		Nombramientos y destinos, Miscelánea.....	38
		Bibliografía.....	39

Fig. 4: Cabecera del número de DYNA con el primer artículo de J.R. de Zubiría

¹ Oswald Spengler (1880-1936), filósofo e historiador alemán, que en su obra *La Decadencia de Occidente*, propone un ciclo para las civilizaciones que finaliza con su declive

² Orest Danilovich Chwolson (1852-1934), físico ruso, activo en los campos de la electricidad, el magnetismo, la fotometría y la cosmografía.

3. LOS ARTÍCULOS DE J. R. DE ZUBIRÍA

Es a partir de entonces cuando surge la intensa aportación escrita de J.R.

literario de la época. En cambio, Mario Martínez Ruiz de la Escalera que le replicó y puntualizó en tres ocasiones, era profesor de la Escuela de Bilbao, domi-

sa de muy pocas ideas. Básicamente, que los “sabios” avanzan proponiendo teorías contradictorias, por lo que no se debe tomar como inmutable cualquiera

AÑO	MES	TÍTULO DEL ARTÍCULO
	ENERO	Nota sobre el segundo principio de termodinámica Observación sobre la interpretación estadística
	FEBRERO	Nota sobre el segundo principio de termodinámica El “demonio” de Maxwell y la ley de los grandes números
	MAYO	Nota sobre el segundo principio de termodinámica Carácter circunstancial y antropomórfico del segundo principio
	JULIO	Nota sobre el segundo principio de termodinámica ¿Demuestra la mecánica estadística el segundo principio?
	AGOSTO	Nota a la “Nota sobre el principio del aumento de la entropía” por Mario Martínez Ruiz de la Escalera
1928	SEPTIEMBRE	Lamentaciones de un espectador por José Pérez Salado
	SEPTIEMBRE	Nota sobre el segundo principio de termodinámica Sobre un posible desdoblamiento del factor de degradación en los fenómenos de agitación térmica
	OCTUBRE	El segundo principio fundamental de la termodinámica clásica (1ª parte) por Mario Martínez Ruiz de la Escalera
	NOVIEMBRE	Nota sobre el segundo principio de termodinámica Algo en las sociedades humanas que interesa al segundo principio (1ª parte)
	DICIEMBRE	Nota sobre el segundo principio de termodinámica Algo en las sociedades humanas que interesa al segundo principio (2ª parte)
	FEBRERO	El segundo principio fundamental de la termodinámica clásica (2ª parte) por Mario Martínez Ruiz de la Escalera
	MARZO	Los sabios y la entropía
1929	SEPTIEMBRE	Nota sobre el segundo principio de termodinámica Una sola clase de energía
	DICIEMBRE	Nota sobre el segundo principio de termodinámica Sobre la utilidad de las obras de vulgarización científica Beethoven y beethovenes
	FEBRERO	Nota sobre el segundo principio de termodinámica Algunos conceptos fundamentales. Empleo de un símil
1930	AGOSTO	Nota sobre el segundo principio de termodinámica Alcance de una hipótesis de dos factores
1931	MARZO	Nota sobre el segundo principio de termodinámica Demostración (continuará)

Tabla 1: Los artículos de J.R. de Zubiría (■) y las réplicas publicadas (■)

de Zubiría a lo largo de los tres años siguientes. Ingeniero Industrial, graduado por la Escuela de Barcelona en 1902, trabajó en Altos Hornos de Vizcaya, siendo nombrado Adjunto a la Gerencia en 1933. Casi todos los textos de los artículos que escribió son puramente discursivos, con una fuerte carga filosófica, y redactados en el retórico estilo

naba los aspectos técnicos y matemáticos de las teorías expuestas y proponía los desarrollos pertinentes a las cuestiones planteadas.

¿Tenía en mente J.R. de Zubiría la magnitud de su dedicación a este tema? Probablemente no, pero la realidad es que produjo cuatro artículos en los seis meses siguientes conteniendo la defen-

de sus consideraciones y que la interpretación probabilística del 2º principio nos puede hacer dudar de las afirmaciones de Clausius sobre el crecimiento de la entropía. Y, por no decir que del “demonio” de Maxwell no puede deducirse más que una confirmación de la imposibilidad práctica de su actuación; o que el apelar a la probabilidad para

explicar hechos “brutos” (reales) se hace solo por no poder conocer la profunda complejidad de un fenómeno.³ En resumen, que las leyes de la Ciencia pueden ser exactas para los hechos científicos, pero que para los hechos naturales “solo Dios puede estar en posesión de la verdadera ciencia”, lo que hace que aquellas nunca deben ser tomadas como dogma.

La reacción de Mario Martínez, considerándose aludido como científico, no se hizo esperar, y en un artículo de respuesta defendió el poder demostrativo de la Ciencia, desarrollando en parte y alegando excesiva extensión para completar las formulaciones, la coherencia del 2º principio con la teoría cinética de los gases. Al mes siguiente, un lector escribió solicitando un debate más claro que hiciera accesibles a los lectores los fundamentos de esta teoría sin prejuicios previos de quienes abordaban el tema.

A partir de este momento, las publicaciones de ambos autores siguen derroteros diferentes. Por ejemplo M. Martínez publicará un solo trabajo en dos partes exponiendo, a modo de apuntes didácticos para “mejor comprender los interesantes estudios del Sr. Zubiría”, lo que es el planteamiento técnico del 2º principio siguiendo la termodinámica clásica. Sin embargo, J.R. de Zubiría lanzará ese mismo año dos artículos más, el primero en la misma línea de los anteriores pero el segundo, de considerable extensión y en dos partes, planteando sus teorías sobre las características comparativas del fenómeno entrópico en relación con las sociedades humanas.

Según ellas, las personas de un pueblo pueden considerarse como las moléculas de un fluido y las actuaciones de sus individuos, si se efectúan de forma caótica, lo que llama “democracia por choque”, va resultando en una degra-

dación similar al aumento de la entropía. Si a esa democracia se le suman virtudes cívicas cristianas, se produce una “sobregadación”, una reducción de la entropía. Eso también lo puede conseguir un líder, y pone el ejemplo de Mussolini en lo político o Ford en lo industrial, que organizan y “sobregadan” a colectivos anárquicos, pero con consecuencias que pueden ser funestas por la falta de libertad, aunque a veces se considere un mal menor. Lo mismo que actuamos técnicamente sobre los fluidos para obtener trabajo de la agitación térmica, llega a afirmar que para evitar que la libertad no se convierta en libertinaje, en el caso de la anarquía, “la dictadura debe ser un paso hasta que el pueblo vuelva a adquirir las virtudes ciudadanas”, para volver a concederle el máximo de libertad y llevarle con una adecuada dirección.

La producción de artículos en el año siguiente es bastante menor. Comienza con una presentación de las considerables discrepancias entre los sabios sobre la entropía, reproduciendo la polémica planteada en la revista *L'Électricien* sobre una alocución del presidente de la *Institution of Electrical Engineers* habida el año 1903. Sigue otro, defendiendo que, a su juicio, no es posible hablar de energías más o menos degradadas, sino que todas las energías deben situarse al mismo nivel, y que si no lo vemos así es por no disponer aun del conocimiento preciso sobre los fenómenos de transformación. En el último, incide en la necesidad de la vulgarización científica, por ejemplo sobre la entropía, de modo que los *ignorantes* sean capaces de asimilar lo dicho en el lenguaje de los sabios y que éstos vean físicamente lo que redactan matemáticamente, lo mismo que un compositor sabe lo que representan sus signos que ponen la música al alcance de los simples mortales.

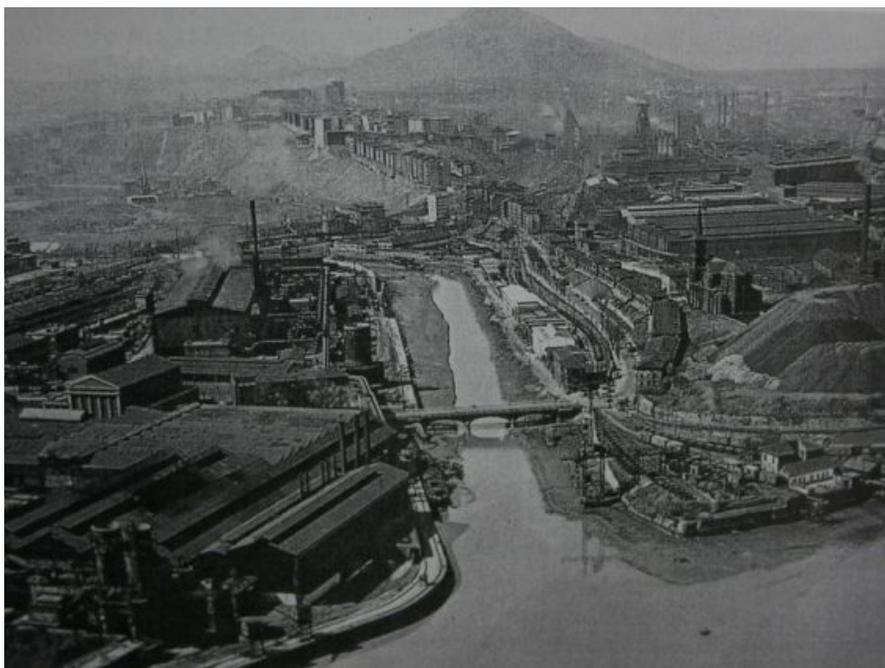


Fig. 5: Altos Hornos de Vizcaya en la época de los artículos

³ James Clerk Maxwell (1831-1879), expuso lo siguiente en 1871 en su libro “Theory of Heat”, sección “Limitación de la segunda ley de la Termodinámica”:

Uno de los hechos más relevantes de la termodinámica es que no se puede producir una diferencia de temperatura y/o presión en un sistema adiabático a volumen constante sin ejercer trabajo sobre el sistema. Esta es la segunda ley de la termodinámica y se cumple mientras tratamos solo con las propiedades macroscópicas de los cuerpos y no podemos percibir o manipular las moléculas que los componen. Si concebimos un ser cuyos sentidos son tan agudos que puede seguir la trayectoria de cada molécula, entonces este ser, cuyos atributos son tan finitos como los nuestros, podría hacer lo que es imposible para nosotros. Hemos visto que para una caja llena de gas a temperatura constante las velocidades de las moléculas no son constantes aunque la velocidad media se mantiene constante para un número grande de ellas. Supongamos ahora que la caja se divide en dos con un pequeño agujero en la división y que un ser que ve las moléculas, abre y cierra el agujero dejando pasar las moléculas rápidas para un lado y las lentas para el otro. Así crea una diferencia de temperatura entre los dos lados sin hacer trabajo, contradiciendo la segunda ley de la termodinámica.



Fig. 6: ENTROPÍA, escultura de Jorge Elizondo en la Universidad de Monterrey (México)

Los artículos que J.R. de Zubiría publica en los dos años posteriores son menos aún, solamente tres, pero de una mayor coherencia. Trata de comparar el ciclo de Carnot con la operación de cribado de una arena compuesta por granos y fino, asimilándola a la energía con parte útil y parte “degradada”, presenta una hipótesis de dos factores (degradación y *sobregradación*) frente a la de Clausius de un solo factor y finaliza en marzo de 1931, iniciando una demostración de esta hipótesis que pro-

mete continuar, continuación que nunca se produjo.

4. EVOLUCIONES POSTERIORES DEL CONCEPTO DE LA ENTROPÍA

Desde la época en que se escribieron los artículos de J.R. de Zubiría han pasado más de 80 años y el concepto de la entropía contemplado por diferentes ámbitos técnicos o humanísticos, con

propuestas rigurosas o banales, sigue alimentando certezas y controversias. Disponemos de la ley de Boltzmann, $S = k \cdot \ln W$, que representa la entropía de un macroestado gaseoso compuesto por W microestados posibles y de las posteriores leyes de Bose-Einstein para las partículas denominadas bosones y la de Fermi-Dirac para los fermiones (ver el modelo estándar en *Algo más sobre los aceleradores de partículas* DYNA n°2 de 2012). También se afronta la paradoja del demonio de Maxwell con el argumento de que la adquisición de su conocimiento y de la información necesaria supone una importante inversión en energía.

Y qué decir de las aplicaciones del término entrópico a la química, a las matemáticas, a la métrica, a la informática o a la cosmología. Pero centrándonos en el aspecto humanístico que contemplamos, es de notar la extensión del concepto entropía a la información, para medir la incertidumbre de un texto fuente o de un conjunto de datos, a la biología para sostener que los sistemas biológicos evolucionan hacia estados en equilibrio energético con su entorno o a la economía, en la que hay quien denuncia el posible agotamiento de los recursos, salvo una decisión universal que lo evite. En sociología y en política, la incertidumbre o degradación de lo que va sucediendo con los acontecimientos instalados en un sistema social será medida por la variación de su entropía

¿Son las leyes físicas de la energía las que motivan todo acontecimiento temporal en cualquier aspecto material o inmaterial? El Universo procede de un estado sencillo, restringido, condensado y homogéneo y va haciéndose cada vez más complejo, disperso y granular en continua aceleración. Dejamos abiertas estas incógnitas, que tanto preocuparon en su tiempo a nuestro compañero Zubiría ⁽⁴⁾, para que los lectores del siglo XXI que lo deseen nos transmitan sus aportaciones a la luz de las nuevas tecnologías de las que disponemos ahora los ingenieros industriales. ¿Resultaría posible reanudar actualmente el debate que se inició en DYNA hace más de 80 años?.

⁴ Los artículos de José Ricardo de Zubiría son accesibles en nuestra web (www.revistadyna.com) por medio del Buscador de Contenidos (Archivo histórico) y en el año y mes correspondiente a cada uno.