

COMENTARIO SOBRE LA TESIS DE J. OÑATE Y GUILLÉN *LA PRECISIÓN EN LA TEORÍA DE MAGNITUDES Y UNIDADES FÍSICAS*

Mariano Sánchez-Gabriel Fernández-Giro
Universidad de la Rioja

Alrededor de la fecha en la que presenta la tesis (febrero de 1945) los sistemas de unidades era uno de los temas que más interés suscitaba. No había unanimidad sobre cuál era el más adecuado y los sistemas c.g.s., utilizados en los textos científicos, presentaban algunas objeciones.

Faltaban aún bastantes años para la implantación del Sistema Internacional de Unidades¹.

Al comienzo de la década de los años 40, el matemático Ricardo San Juan (uno de los discípulos predilectos de Julio Rey Pastor) y el físico Julio Palacios se interesan de forma especial por estas cuestiones: el primero establece las bases matemáticas con el estudio de las funciones homogéneas de la Física² y define con precisión los conceptos de magnitud y cantidad. Palacios publica diversos artículos sobre los sistemas de unidades, varios de ellos citados por Oñate, aparte de los capítulos que dedica en sus libros de texto, que pueden calificarse de magistrales³. Con estos precedentes no es de extrañar que Oñate y Guillén, (ya había publicado algunos trabajos sobre el cálculo con magnitudes en la década de los 30), se decidiera a tratar estos temas en su tesis doctoral.

En esencia trata de establecer la diferencia entre lo que él llama valor físico y valor algebraico de las magnitudes que figuran en las expresiones correspondientes,

1. En España el SI fue declarado de uso legal mediante la Ley 88/1967 del 8 de noviembre y las modificaciones introducidas figuran en el Decreto 1257/1974 del 25 de abril.

2. San Juan Llosá, R. (1946). *Teoría de las Magnitudes Físicas y sus fundamentos algebraicos*. Cátedra "Fundación Conde de Cartagena". Separata del tomo XXXIX de la *Revista de la Real Academia de Ciencias*. Madrid.

3. Palacios Martínez, J.: (1949) *Mecánica Física*. Madrid. (1947) *Termodinámica Aplicada*. Madrid. (1945) *Electricidad y Magnetismo*. Madrid.

lo que implica el considerar, en primer lugar, el estudio cualitativo de la ley que rige un fenómeno físico (qué variables intervienen en el fenómeno) para, acto seguido, considerar el aspecto cuantitativo previo establecimiento de los sistemas de unidades que permitan determinar la cuantía de cada una de las variables que, en rigor, son magnitudes físicas.

En todas las expresiones utilizadas, bien sea para definir una magnitud derivada de otras dos, que serán fundamentales en el sistema elegido, o la ley de un fenómeno físico, tiene en cuenta el siguiente criterio de Guggenheim⁴ :

Dada una cierta magnitud cuya cuantía se representa por A , al medirla con una unidad arbitraria u_A , se expresa así el resultado de la medida,

$$A = A_m u_A \quad [1]$$

siendo A_m el resultado de medir A con la unidad u_A .

Sentado esto, Oñate sustituye las cuantías de las distintas magnitudes por las que resultan al medirlas con la unidad correspondiente, es decir, utiliza la expresión anterior en la forma,

$$A_m = A / u_A \quad [2]$$

De acuerdo con su terminología las cuantías de las magnitudes son los números de medida y las razones equivalentes, que sustituyen a éstos, serán el resultado de aplicar la [2] a cada una de las expresiones que relacionan las distintas magnitudes físicas. Esto le permite el paso de un sistema a otro mediante los correspondientes factores de conversión que aparecen con facilidad al poner en forma explícita las unidades correspondientes. Las fórmulas aparecen un tanto “recargadas” debido a las abreviaturas que utiliza para las distintas unidades (“me” para el metro, “par sec” cuando mide la velocidad en cm/s,...), pero hay que tener en cuenta la falta de criterios de normalización en aquella época.

Aparece cierta confusión cuando, en los sistemas de unidades utilizados en Mecánica, nos habla de un sistema técnico “acorde” y de un sistema técnico “dis-corde” o sistema de los “dos kilogramos”. “Traducido” al lenguaje actual distinguiríamos los sistemas físicos, en los que la magnitud fundamental es la masa, con las unidades gramo-masa (g) o kilogramo-masa (kg) , según el sistema utilizado, de los sistemas técnicos, en los que se utiliza la fuerza como fundamental (unidades, gramo-peso y kilogramo-peso, kp) teniendo en cuenta que el número que nos indica la masa en el Sistema Internacional coincide con el número que nos mide el peso en el sistema técnico correspondiente, lo que ha de tenerse en cuenta al operar en uno u otro sistema.

4. Guggenheim (1942). *Phil. Mag.* vol. XXX, p. 479.

Al tratar de los sistemas de unidades en Electroestática, aborda el problema de la racionalización de las fórmulas que consiste en elegir las constantes de forma que desaparezca el factor 4π . Trata de una analogía geométrica que, en síntesis, consiste en lo siguiente:

En general, el área de una superficie esférica viene dada por,

$$S = K R^2$$

viniendo expresada en m^2 o en cm^2 , según la unidad adoptada para medir el radio, cuando la constante K vale 4π , pero si esta constante vale la unidad, $S=R^2$ y tendremos el área unidad cuando $R = 1$: es lo que llama “unidad esférica”, que puede emplearse para evaluar el área de cualquier superficie sin más que dividir por 4π el valor calculado en unidades ordinarias, ya que el producto de los factores anteriores representa el área de una superficie esférica de radio 1.

Es curioso que, bastantes años después, en un artículo que publica Palacios titulado “Carácter peculiar de las ecuaciones de la Geometría y de la Física”⁵, dice se puede admitir que, en general, el área del círculo viene dada por la expresión $S' = K' R^2$ con $K' = \pi$ si la superficie se mide en las unidades usuales pero si esta constante vale 1, $S' = R^2$, obteniéndose entonces una nueva unidad para la medida de la superficie del círculo que denomina “centímetro redondo” o “metro redondo”, según la unidad adoptada para medir el radio. Así un círculo de 5 m de radio tendrá, en este sistema de unidades, 25 “metros redondos de superficie”.

De acuerdo con lo expuesto, propone un sistema que llama “electrostático cegesimal racional o esférico” cuyas magnitudes fundamentales son la longitud, la masa, el tiempo y la carga eléctrica. Las unidades respectivas son el cm, el gramo-masa, el segundo y la unidad cegesimal de carga eléctrica (frankil), asignándose a la constante dieléctrica del vacío el valor $4\pi\epsilon_0$. Obtenía así un sistema tetradimensional en el que a las tres magnitudes fundamentales de los sistemas mecánicos, añadía otra de carácter eléctrico. Recordemos que en el sistema c.g.s. electrostático clásico se consideraba a la carga eléctrica como magnitud derivada de las tres mecánicas con lo cual la capacidad de una esfera conductora en el vacío “viene dada por el valor de su radio en cm”, es decir, aparecían como homogéneas dos magnitudes de muy distinta índole: una geométrica (la longitud) y otra de carácter eléctrico (la capacidad de un conductor). En rigor debe decirse que el número que nos mide la capacidad de una esfera conductora situada en el vacío coincide con el número que expresa el valor del radio de la esfera en cm. Con razón afirma Palacios, al comentar lo que sobre el concepto de dimensión dice Fourier en su famoso libro “Théorie

5. *Physicalia. Boletín de la Asociación Nacional de Físicos de España (ANFE)*. Año IX, (1959), nº 53. Mayo.

analytique de la chaleur”, que las magnitudes con dimensiones iguales no son necesariamente de la misma naturaleza⁶.

Algo parecido ocurre al efectuar el cociente entre el valor de la carga eléctrica en el sistema c.g.s. y el valor de esta carga en el sistema c.g.s. electromagnético.

Partiendo de las leyes que rigen las interacciones entre corrientes, pasa a expresarlas en función de cargas en movimiento y al ser el segundo la unidad de tiempo común a todos los sistemas, deduce el valor numérico de la relación entre la unidad de carga eléctrica en el sistema electromagnético que llama “decaculombio” y el franklin: como es sabido, coincide con el número que expresa la velocidad de la luz en el vacío en cm/s pero como él mismo afirma, no quiere decir que ese cociente sea una velocidad.

Todas las expresiones de las magnitudes electromagnéticas así como las que rigen las leyes correspondientes son expuestas mediante las que llama “fórmulas generales” (fórmulas con sus correspondientes “factores de conversión”) lo que permite llegar a la conclusión que aparece al final del párrafo anterior.

Revisa también las denominaciones de los vectores característicos del campo magnético: siguiendo a Sommerfeld que se basaba en criterios dimensionales, indica la conveniencia de llamar intensidad de campo al vector \vec{B} y excitación magnética al vector \vec{H} . Así procede Palacios en su obra “Electricidad y Magnetismo”³ publicada el mismo año en que Oñate leyó su tesis, criterio que también seguían los autores alemanes⁷.

Sobre el sistema tetradimensional de Giorgi, cuyas magnitudes fundamentales son L, M, T y Q (longitud, masa, tiempo y carga eléctrica, con las unidades metro, kilogramo-masa, segundo y culombio) propone sustituir la masa por la potencia, utilizando el vatio como unidad, y la carga por la intensidad de corriente, basándose en que el vatio se utiliza tanto en Mecánica como en la Electricidad. Palacios usa el primero de estos sistemas utilizando también el sistema racional porque, dice textualmente, “sus fórmulas aparecen de un modo natural al hacer una exposición lógica, y no porque creamos resuelta definitivamente la vidriosa cuestión del 4π ”. En el texto Oberdorfer (ver nota 7) aparece el denominado sistema de Kalantaroff que toma como magnitudes fundamentales la longitud, el tiempo, la carga eléctrica y el flujo magnético. Este mismo autor propone un sistema de unidades mecánicas en el que la acción sustituye a la masa como magnitud fundamental. La implantación del Sistema Internacional de Unidades zanjó estas cuestiones. Como es sabido, se apoya en el sistema tetradimensional de Giorgi sustituyendo la carga eléctrica por la inten-

6. Segunda op. cit. en nota 3. Capítulo I.

7. Oberdorfer, G. (1956). *Tratado de Electrotecnia*. Tomo I. Bases Científicas de la Electrotecnia. Ed. Labor, S.A. Barcelona-Madrid.

sidad de corriente como magnitud fundamental: razones de tipo práctico aconsejaron este cambio que, como hemos visto, también propuso Oñate.

Resumiendo, la tesis de Oñate y Guillén trata sobre un tema que, según hemos visto, era de actualidad en aquella época.

Hace un estudio crítico de los sistemas entonces en uso inclinándose por el sistema tetradimensional que permite independizar la Electricidad de la Mecánica.

Mediante las que denomina fórmulas generales, aparecen las unidades de forma explícita con lo que se facilita el paso de un sistema a otro. También permiten distinguir la naturaleza de las distintas magnitudes físicas de lo que es una coincidencia de valores numéricos.

Por último, hace una descripción de los patrones utilizados en la época para la definición de algunas unidades.

La tesis fue presentada en la Universidad Central, que así se designaba entonces a la de Madrid, el 10 de febrero de 1945. Si tenemos en cuenta que en este año se editó el texto de Palacios "Electricidad y Magnetismo" (ver nota 3) en el que se exponen las ventajas del sistema tetradimensional de unidades eléctricas que, por otro lado, ya habían puesto de manifiesto el italiano Giorgi y los alemanes Sommerfeld, Pohl y Mie⁸, podemos corroborar la actualidad de los temas abordados por Oñate y Guillén en su tesis doctoral.

La tesis fue publicada por la "Sociedad Anónima Española de Traductores y Autores" (S. A. E. T. A.), apareciendo en la publicación la composición del tribunal que la juzgó: estaba presidido por D. José Álvarez Ude, figurando como vocales D. Emilio Román Retuerto, D. Francisco Navarro Borrás y D. José Baltá Elías, actuando como secretario D. Antonio Jalón Alba.

En el tribunal había un claro predominio de matemáticos: Álvarez Ude era Catedrático de Geometría Descriptiva, Román Retuerto de Geometría Proyectiva y Navarro Borrás de Mecánica Racional (que pasó a denominarse Mecánica Teórica). Ordinariamente esta última cátedra era desempeñada por matemáticos. Baltá Elías era catedrático de Electricidad y Magnetismo y Jalón Alba desempeñaba labor docente en la asignatura denominada Física Experimental, que entonces se cursaba en el primer curso de las distintas secciones de la Facultad de Ciencias.

La tesis mereció la calificación de SOBRESALIENTE.

8. 1ª op. cit. en nota 3, p. 8.