

KNO-008 · Instrumentos que amplían los sentidos

KNO · Formas de conocer

Juan Segurola

v0.1 · ES

Todos los derechos reservados

Resumen del artículo

La expresión del título de este artículo es una abreviatura útil y una descripción pobre. Un termómetro no afina el sentido del calor de nadie; convierte la temperatura en una longitud que el ojo puede leer. Lo que un instrumento construye es una cadena de conversiones cuyo último eslabón resulta perceptible, y el sensorio humano no se amplía en ningún punto de ella. Este artículo sigue las consecuencias: que fiarse de una lectura es fiarse de todos los eslabones, que calibrar un instrumento es circular antes de ser rutinario, y que los instrumentos interesantes son aquellos cuya salida no corresponde a ningún sentido. Salda el problema de la longitud que dos artículos anteriores aplazaron, y encuentra que el relato habitual sobre cómo se resolvió no sobrevive al contraste con la literatura académica.

En 60 segundos

Unas gafas ayudan a un sentido, un telescopio extiende uno, y un termómetro no hace ninguna de las dos cosas: convierte una magnitud que ningún ojo registra en una longitud que el ojo lee, y el observador infiere. Creer esa lectura es creer todos los eslabones de esa cadena, y ningún punto de ella se zanja mirando. El telescopio de Galileo se aceptó por replicación independiente y no a la vista. La calibración es circular de partida, porque justificar un instrumento exige la ley que medir con él debería establecer; ese círculo se rompió por iteración y no por decreto, y una crítica publicada sostiene que la argumentación razonada puede romperlo. La longitud no la resolvió un reloj; las distancias lunares se trataron como equiparables en 1767, se apoyaban en la estima entre observaciones, y declinaron al abarataarse los cronómetros. La radioastronomía empezó como un intento de reducir ruido. Una detección de ondas gravitacionales no termina en ninguna sensación, y su primera señal salió de una búsqueda de ráfagas y no del ajuste de plantillas. Lo que hace comparables dos lecturas es una cadena institucional, y el vocabulario que la define advierte qué no garantiza.

Por qué importa esta pregunta

Una lectura se ofrece como si fuera una observación, y es el final de una cadena que empezó donde ningún sentido llega. Tomarla por percepción esconde todos los lugares donde la cadena puede equivocarse: la sustancia acoplada a la magnitud, la calibración que hay detrás, el modelo que convierte una correlación en una afirmación. Las distinciones de aquí permiten preguntar qué validó el instrumento, si el acuerdo entre copias vale algo cuando comparten diseño, y si el relato de cómo se resolvió un problema es el que el registro sostiene de verdad.

1. Qué hace realmente un instrumento

Conviene distinguir tres dispositivos que suelen archivarse juntos.

Unas gafas corrigen un defecto de un sentido existente y no cambian nada sobre qué clase de cosas puede percibirse. La luz sigue llegando al ojo y el ojo sigue viéndola.

Un telescopio opera en la misma modalidad y empuja más allá de un límite natural. Sigue siendo luz, sigue siendo el ojo, sigue siendo ver, y los objetos que revela son de una clase que el ojo desnudo ya conoce.

Un termómetro hace algo categóricamente distinto. La temperatura no es algo que los ojos perciban. El instrumento acopla una sustancia termométrica a la magnitud de interés y la convierte en una longitud, y la longitud es lo que el observador ve realmente. El observador no percibe la temperatura con más agudeza. El observador percibe una columna de líquido e infiere.

De los tres, las gafas **ayudan** a un sentido y el telescopio **extiende** uno más allá de su rango natural, que son los dos casos literales y los menos interesantes; la tabla de abajo reserva cada palabra para uno de ellos. El tercero es lo que hacen muchos instrumentos científicos, y el patrón se repite ampliamente: el dispositivo convierte una magnitud inaccesible en una accesible, y cada paso de esa conversión es un lugar donde la cadena puede equivocarse.

Esto sugiere un vocabulario de trabajo, ofrecido como estipulación y no como hallazgo.

Ayuda	Restaura o mejora un sentido dentro de su propia modalidad.
Extensión	Misma modalidad, más allá del alcance natural.
Transductor	Convierte una magnitud que los sentidos no registran en otra que sí.
Instrumento inferencial	No produce ningún análogo perceptible; la salida es un número o una afirmación estadística, y al fenómeno solo se llega a través de un modelo.

Los cuatro no son etapas. Coexisten, y un mismo aparato puede contener los cuatro en serie.

En qué punto estamos

Tres dispositivos archivados juntos hacen tres cosas distintas, y solo dos tienen que ver con un sentido. Devolver la vista y alcanzar más allá del rango natural son los casos literales y los menos interesantes. El tercero convierte lo que ningún ojo registra en algo que un ojo sí, y deja al observador como lector de columnas y no como perceptor de calor.

2. La cadena hay que crearla eslabón a eslabón

Si un instrumento es una cadena de conversiones, entonces la cuestión de si creerlo no es una cuestión sobre los sentidos. Es una cuestión sobre la cadena, y no hay punto alguno en ella donde la percepción zanje el asunto.

El telescopio es un ejemplo temprano de observación mediada por instrumentos. Las observaciones de Galileo de 1609 y 1610 no se aceptaron a simple vista; el instrumento y sus informes se difundieron por Europa y fueron retomados por múltiples observadores. La secuencia precisa de aquella recepción disputada no se reconstruye aquí, porque las fuentes accesibles no sostienen una cronología más detallada.

Conviene nombrar la estructura porque reaparece. Un instrumento nuevo informa de algo que nadie ha visto. El informe no puede comprobarse mirando, porque mirar es justamente lo que está en cuestión. Una comprobación que funciona es el acuerdo entre instancias independientes de la

misma cadena, construidas por gente sin interés en los resultados de la otra. **Por sí sola no basta.** Las copias de un instrumento pueden compartir diseño, ruta de calibración o modelo de fondo, y los instrumentos que comparten cualquiera de esas cosas pueden coincidir por el mismo motivo equivocado. Lo que eleva ese acuerdo son comprobaciones de otra clase: alimentar la cadena con una **entrada conocida** y ver si la devuelve, medir la misma magnitud con un **instrumento de otro diseño**, **intervenir** sobre el fenómeno y ver si la lectura acompaña, y contrastar el resultado con una **restricción independiente** que no venga por la misma cadena.

En qué punto estamos

Si creer una lectura es creer una cadena, mirar más no lo zanja, y el caso fundacional lo confirma: el instrumento nuevo se creyó cuando gente sin interés en los resultados ajenos construyó el suyo y obtuvo lo mismo. El acuerdo por sí solo no basta, porque unas copias pueden compartir diseño y equivocarse juntas. Entradas conocidas, otros diseños, intervención y restricciones externas son lo que lo eleva.

3. La calibración es circular antes de ser rutinaria

El problema más hondo de la instrumentación no es construir el dispositivo. Es establecer qué significan sus lecturas, y ese problema es circular de partida.

Para justificar un termómetro hace falta la ley que relaciona el comportamiento de la sustancia termométrica con la temperatura. Para establecer esa ley hace falta medir la temperatura. La circularidad es real y tiene nombre: el problema de la medición nómica, expuesto en un estudio de la termometría de los siglos XVIII y XIX que sostiene que el círculo no se rompió por decreto sino por refinamiento iterativo y autocorrectivo entre tradiciones termométricas rivales a lo largo de un periodo largo (Chang 2004).

De ahí se siguen dos consecuencias y las dos se pasan por alto con facilidad.

Primera, **un instrumento no se limita a medir una magnitud que ya estuviera bien definida.** Antes de una termometría practicable no había manera operativa de decir que dos cuerpos estaban a la misma temperatura, y fijar el procedimiento de medida fue parte de fijar qué era la magnitud.

Segunda, **una circularidad de esta clase puede aparecer donde esté en juego un fenómeno nuevo**, y es un riesgo que conviene buscar y no la estructura de todo instrumento nuevo. Donde aparece, si un aparato funciona correctamente se juzga por si produce el resultado esperado, y qué resultado esperar es lo que el aparato se construyó para averiguar. **El caso de la medición nómica del párrafo anterior es aún más estrecho:** pertenece a los casos fundacionales en que la propia magnitud se está fijando junto con su medida, y un termómetro contrastado con un patrón mantenido no está en esa situación. En sociología de la ciencia esto se llama regreso del experimentador y se asocia a Collins (1992). La edición de University of Chicago Press de 1992 nombra *Detecting Gravitational Radiation: The Experimenter's Regress* como capítulo 4; aquí no se utiliza ninguna afirmación más amplia de ese capítulo. El argumento de ese capítulo, y las afirmaciones más amplias sobre el regreso, no lo están, y aquí no se formula ninguna afirmación más amplia.

Hay una crítica publicada del regreso y su sitio es este y no una nota al pie. Franklin sostiene, a partir del episodio de las ondas gravitacionales, que el regreso se rompió mediante argumentación razonada (Franklin 1994). Léase con la estrechez con que está escrito: niega que el

regreso sea ineludible, no que nunca aparezca. Esta sección ya trata la circularidad como un riesgo que conviene buscar y no como la estructura de todo instrumento nuevo, y la crítica es lo que convierte ese tratamiento en una posición dentro de un debate y no en una cautela.

En qué punto estamos

Establecer qué significa una lectura cuesta más que construir el aparato, y al principio los dos requisitos se persiguen. La historia muestra el círculo desgastado por tradiciones rivales que se corrigen entre sí y no cortado por decreto. Fijar cómo medir fue parte de fijar qué se medía, y la circularidad es un riesgo que rastrear, no la forma de todo aparato nuevo. Una crítica publicada sostiene que puede romperse.

4. La longitud, y una deuda saldada

KNO-006 aplazó el problema de la longitud por corresponder al tiempo. KNO-007 lo examinó y lo remitió aquí, por no ser una cuestión sobre qué es el tiempo sino sobre transportar un patrón horario. Este artículo salda la deuda, y la literatura académica desmonta el relato habitual.

La versión popular dice que los cronómetros marinos de John Harrison resolvieron el problema. La versión académica dice que hallar la longitud en la práctica exigía instrumentos, procedimientos y tablas, y personas con criterio, y que ningún artefacto aislado resolvió nada por sí solo (Miller 2015).

Más llamativo es el destino del método rival. Las distancias lunares, hechas practicables por las tablas de Tobias Mayer en la década de 1750 y por el *Nautical Almanac* de Maskelyne desde 1767, fueron tratadas por el Board of Longitude en 1767 como equiparables a los cronómetros. El viaje del *Endeavour* de 1768 a 1771 usó distancias lunares, en un momento en que el H4 de Harrison era el único cronómetro suficientemente exacto y solo existía uno. **Este artículo no dice que fueran el método principal**, ni allí ni en los demás viajes de Cook, porque es una afirmación que las páginas accesibles no zanján. Las tablas lunares siguieron en los almanaques náuticos bien entrado el siglo siguiente, y el método declinó a medida que los cronómetros se abarataron, no porque fallara (de Grijns 2020).

Esa misma fuente describe además la estima en que el método se apoyaba. En el viaje del *Endeavour* el trabajo lunar se combinó con la estima, contrastada y probada, que siguió siendo una herramienta de navegación fundamental aunque supletoria cuando el tiempo interrumpía las observaciones lunares; la velocidad del barco se estimaba con una barquilla en una corredera de nudos cronometrada con una ampolleta, y el procedimiento no podía corregir la deriva ni las corrientes (de Grijns 2020). **Aquí no se da ninguna cifra de longitud**, porque lo que el pasaje aporta es un procedimiento y sus límites y no un número.

Lo general de esto va sobre instrumentos y no sobre barcos. **Una solución instrumental y una solución computacional pueden ser igualmente correctas**, y cuál se impone puede decidirlo el coste de fabricación y no la exactitud. Leer el desenlace hacia atrás como demostración de que el reloj era la respuesta correcta importa una conclusión que la historia no proporciona.

En qué punto estamos

Una deuda que dos artículos anteriores dejaron abierta se cierra aquí, y la respuesta habitual resulta comprimir una historia más larga. Hallar la posición en el mar exigió a la vez aparatos, tablas, procedimientos y criterio, sin que ningún artefacto decidiera nada solo. El método rival se trató como igual, se apoyó en una estima ciega a las corrientes, y se apagó cuando su competidor se abarató.

5. Instrumentos sin análogo perceptivo

Algunos instrumentos detectan cosas para las que no podría existir un sentido, y son los que muestran la estructura de transducción con mayor claridad.

La radioastronomía empezó por accidente y no por diseño. Karl Jansky estaba empleado en rastrear la estática que interfería en la telefonía transatlántica (NRAO/AUI Archives, «Papers of Karl G. Jansky»), con una antena rotatoria (Jansky 1932) que operaba a 21 MHz (Kellermann et al. 2023). Primero sospechó del Sol. A comienzos de 1933 la dirección del siseo ya no seguía al Sol, y en febrero concluyó que procedía de una dirección fija en el espacio (Kellermann et al. 2023), hacia el centro de la Vía Láctea (NRAO, Jansky Lectureship). El artículo primario registra que se había pensado que la fuente de esa perturbación estaba asociada de algún modo al Sol (Jansky 1933), que es la hipótesis que el análisis posterior desplazó, y esa misma historia institucional identifica el resultado como ondas de radio procedentes de la región central de nuestra Vía Láctea. El instrumento no se construyó para observar nada. Se construyó para reducir ruido, y el ruido era la observación.

La detección de ondas gravitacionales no tiene ninguna etapa perceptible. La primera observación directa comunicada da una deformación máxima de $1,0 \times 10^{-21}$ (Abbott et al. 2016). Nada en esa cadena termina en una sensación. Además la detección misma es un juicio estadístico. **Uno de los métodos que se usan para ella** es el filtrado adaptado: los datos se correlacionan con un banco de formas de onda teóricas, y para ruido gaussiano eso se reduce a una correlación maximizada entre datos y plantilla que optimiza la relación señal a ruido, que es una forma de detección por máxima verosimilitud (Jaranowski y Królak 2012). **Ese método no agota el modo en que se halla una señal así**, y este artículo no lo presenta como la definición de la detección.

La detección inicial no salió del ajuste de plantillas en absoluto. El propio resumen de la colaboración registra que la detección inicial la hizo una búsqueda llamada de ráfagas, y que dos tuberías separadas de filtrado adaptado, llamadas PyCBC y GstLAL, recuperaron el suceso después (LIGO Scientific Collaboration, resumen científico). De modo que las plantillas fueron una comprobación cruzada sobre una detección hecha sin ellas, y un relato que empieza por el filtrado adaptado tiene el orden del revés.

Conviene decirlo sin rodeos. **El objeto de la afirmación no se ve, no se oye y no lo registra ningún sentido. Se infiere del grado en que un registro se ajusta a un modelo de lo que produciría tal suceso.** El instrumento no amplía un sentido. Sustituye la percepción por inferencia, y allí donde la inferencia pasa por plantillas vale lo que valga el modelo que las suministra.

En qué punto estamos

Algunos instrumentos alcanzan objetos que ningún sentido registra, y ahí la estructura se ve clara. Uno empezó limpiando interferencias y acabó diciendo de dónde venía un siseo. Otro no termina en sensación ninguna, y llega a su objeto mediante un modelo de lo que lo produciría. Incluso allí la señal inicial se halló sin ajuste de plantillas, y las tuberías de filtrado adaptado la recuperaron después.

6. Qué hace comparables dos lecturas

Un instrumento en el que solo confía su dueño sirve de poco. Lo que hace comparable una lectura de un laboratorio con la de otro es la trazabilidad metrológica, la cadena de calibración hasta una referencia común, concepto incorporado a la tercera edición del vocabulario internacional de metrología (JCGM 200:2012).

Aquí corresponde una cautela de cita y no una nota al pie. **Una copia muy difundida de ese vocabulario lleva la fecha de 2006 y es un borrador de comité previo a la publicación, no la edición publicada.** Quien la citara desde esa copia estaría citando un borrador. La edición de referencia vigente es JCGM 200:2012.

El vocabulario la define como propiedad de un resultado, y dice qué no garantiza. La trazabilidad metrológica es una propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena documentada e ininterrumpida de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida; y la misma entrada advierte que la trazabilidad no asegura que la incertidumbre de medida sea adecuada para un fin dado, ni asegura la ausencia de errores (JCGM 200:2012, VIM 2.41, Note 5).

El punto conceptual es que la comparabilidad no es una propiedad de un instrumento. Es una propiedad de un arreglo institucional que enlaza unos instrumentos con otros, y hay que mantenerlo. Un instrumento sin calibrar no es un instrumento algo peor; es un instrumento cuyas lecturas no conectan con las de nadie.

En qué punto estamos

Un instrumento que nadie más puede comprobar sirve de poco, y lo que conecta un laboratorio con otro es una cadena mantenida y no una propiedad de ningún aparato. El vocabulario que define esa cadena es cuidadoso con lo que no promete: ni que la incertidumbre convenga al fin, ni que no se haya cometido ningún error. Un instrumento sin calibrar no es algo peor; sus lecturas no conectan.

7. Lo que la evidencia no puede resolver

Si un instrumento funciona, en un caso nuevo. La circularidad de la sección 3 no es un acertijo a la espera de solución. Es un rasgo estructural, gestionado por iteración y por replicación independiente en vez de eliminado.

Qué habría mostrado un instrumento construido de otro modo. Todo instrumento selecciona. Lo que no registra no está por ello ausente, y la ausencia de señal es evidencia solo cuando se conoce la respuesta del instrumento a esa señal.

La prioridad en el descubrimiento accidental. Cuando un instrumento construido para un fin registra otra cosa, decidir quién descubrió qué depende de qué cuenta como reconocer un fenómeno, y eso no lo zanja el registro por sí solo.

Varias fuentes usadas aquí. Tres de las obras citadas se verificaron como publicaciones pero su texto pertinente no pudo leerse en esta ronda. Las afirmaciones que descansan en ellas se formulan de manera conservadora para ajustarse a lo que puede sostenerse.

En qué punto estamos

Cuatro cosas quedan abiertas, cada una por un motivo distinto. Si un aparato funciona en un caso realmente nuevo es estructural y no un problema sin resolver. El contrafáctico sobre otro diseño carece de respuesta, porque seleccionar es lo que los aparatos hacen. El crédito por lo no buscado depende de qué cuenta como reconocer. Y tres fuentes se verificaron como publicaciones sin leer su texto pertinente.

8. Conclusión

Muchos instrumentos no amplían los sentidos en absoluto. Los alistan al final de cadenas que empiezan donde los sentidos no llegan, y en esos casos el peso epistémico recae en la cadena y no en el momento de percepción que la remata. **Algunos instrumentos sí amplían un sentido**, y la sección 1 los separa; lo que este artículo sostiene vale para los muchos, no para todos.

Por eso la historia de los instrumentos no es una historia de ojos más agudos. Es una historia de calibración, de replicación entre gente que no se fía entre sí, de patrones sostenidos por instituciones, y de modelos que convierten una correlación en una afirmación sobre la fusión de dos agujeros negros. Cuando se cree a un instrumento, lo que se está creyendo es todo eso, y la lectura es lo último y lo menos.

En qué punto estamos

El argumento vuelve al lugar donde recae el peso. En muchos instrumentos la carga epistémica la lleva la cadena y no el momento de percepción que la remata, y la sección 1 acota aquellos en que no es así. Así leída, la historia deja de ser la de unos ojos mejores y pasa a ser la de la calibración, la desconfianza y los patrones mantenidos.

Lo que sabemos y cómo lo sabemos

Expertos de Bolonia informaron de que veían poco o nada por el telescopio de Galileo en abril de 1610, el Colegio Romano retuvo la confirmación hasta octubre, y la credibilidad se estableció por replicación independiente; la fuente de esto se leyó solo hasta donde llegan sus páginas accesibles. La circularidad de validar un instrumento de medida sin la ley que lo justifica se llama problema de la medición nómica y se atribuye a un estudio de la termometría de 2004, que sostiene que el círculo se desgastó por refinamiento iterativo y autocorrectivo y no se rompió por decreto. Franklin sostiene, a partir del episodio de las ondas gravitacionales, que la argumentación razonada rompió el regreso. La edición de University of Chicago Press de 1992 titula su capítulo 4 con la expresión *Detecting Gravitational Radiation: The Experimenter's Regress*, que la autoridad humana leyó en el índice y que nadie leyó más allá. El Board of Longitude trató en 1767 los cronómetros y las distancias lunares como equiparables; el viaje del *Endeavour* combinó el trabajo lunar con la estima, que no podía corregir la deriva ni las corrientes. La historia institucional del observatorio identifica el resultado de Jansky como ondas de radio procedentes de la región central de la Vía Láctea, y el artículo primario registra la hipótesis solar que quedó desplazada. La primera observación directa comunicada de ondas gravitacionales da una deformación máxima de $1,0 \times 10^{-21}$, y la detección inicial la hizo una búsqueda de ráfagas, recuperando después el suceso PyCBC y GstLAL. La trazabilidad metrológica se define como propiedad de un resultado de medida ligado a una referencia por una cadena documentada e ininterrumpida de calibraciones.

Lo que todavía no sabemos

Varios detalles quedan fuera del alcance evidencial utilizado aquí: el argumento completo de Collins sobre el regreso del experimentador; la recepción disputada precisa del telescopio de Galileo; las conclusiones detalladas del estudio histórico de la termometría; si las distancias lunares fueron el método principal en los viajes de Cook; la redacción del prólogo publicado en 2012 frente al borrador previo del comité; y si el capítulo de Sullivan respalda de forma independiente el relato sobre Jansky. Ninguno de esos puntos se utiliza aquí como base de una afirmación más fuerte.

Qué podría hacernos cambiar de opinión

Una lectura del capítulo de Collins zanjaría qué sostiene esa obra sobre el regreso del experimentador, frente a que lo nombre. Una fuente cuyo texto pueda leerse, sobre la recepción del telescopio de Galileo, sustituiría una afirmación que hoy descansa en una página de editor y en un ensayo distinto. Evidencia paginada de que las distancias lunares fueron o no el método principal en los viajes de Cook decidiría una cuestión que este artículo deja abierta en ambos sentidos. Leer el prólogo publicado de 2012 convertiría una presunción sobre el vocabulario en una comprobación. Y que un instrumento de diseño enteramente distinto coincidiera con alguno de estos resultados haría más por él que otra copia del mismo diseño coincidiendo, que es lo que sostiene la sección 2 y que vale para las fuentes de este mismo artículo.

Si solo recuerdas una cosa

Un instrumento rara vez amplía un sentido; remata una cadena de conversiones, y creer la lectura es creer todos los eslabones.

Artículos relacionados

- KNO-006 · *Mapas y representación espacial*
- KNO-007 · *Calendarios y medida del tiempo*

Referencias

Este artículo cita en el propio cuerpo, por autor y fecha o por designación de documento, y no lleva números de afirmación entre corchetes. Cada cita resuelve a una fila de KNO-008_CLAIMS_AND_SOURCES_RECONSTRUCTION.md, que nombra una fuente académica u oficial por afirmación y, desde el 11 de septiembre de 2026, la localización del registro en que se leyó. Las afirmaciones inciertas, los límites de alcance declarados y las fuentes excluidas están en KNO-008_UNCERTAINTIES_RECONSTRUCTION.md.

Abbott, B. P., et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration). 2016. «Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger». *Physical Review Letters* 116 (6): 061102. DOI 10.1103/PhysRevLett.116.061102.

Bucciantini, Massimo, Michele Camerota, y Franco Giudice. 2015. *Galileo's Telescope: A European Story*. Trad. Catherine Bolton. Cambridge, MA: Harvard University Press. ISBN 978-0-674-73691-7.

Chang, Hasok. 2004. *Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress*. Oxford Studies in Philosophy of Science. Oxford: Oxford University Press. ISBN 978-0-19-517127-3.

Collins, Harry. 1992. *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*. Chicago: University of Chicago Press. ISBN 978-0-226-11376-0.

de Grijjs, Richard. 2020. «A (not so) brief history of lunar distances: Lunar longitude determination at sea before the chronometer». *Journal of Astronomical History and Heritage* 23 (3): 495–522.

Franklin, Allan. 1994. «How to Avoid the Experimenters' Regress». *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 25 (3): 463–491. DOI 10.1016/0039-3681(94)90062-0

Jansky, Karl G. 1932. «Directional Studies of Atmospherics at High Frequencies». *Proceedings of the Institute of Radio Engineers* 20 (12): 1920–1932.

Jansky, Karl G. 1933. «Radio Waves from Outside the Solar System». *Nature* 132: 66. Publicado el 8 de julio de 1933. DOI 10.1038/132066a0

Jaranowski, Piotr, y Andrzej Królak. 2012. «Gravitational-Wave Data Analysis. Formalism and Sample Applications: The Gaussian Case». *Living Reviews in Relativity* 15 (1): art. 4. DOI 10.12942/lrr-2012-4.

JCGM. 2012. *International Vocabulary of Metrology: Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM)*. 3.^a edición, JCGM 200:2012, versión corregida. Bureau International des Poids et Mesures. URL estable: <https://www.bipm.org/en/committees/jc/jcgm/wg/jcgm-wg2-vim>

Kellermann, Ken, Ellen Bouton, Heather Cole y Jeff Hellerman. 2023. «Jansky @90: The Origins of a New Window on the Universe». National Radio Astronomy Observatory, 27 de abril de 2023. URL estable: <https://public.nrao.edu/news/jansky-90-the-origins-of-a-new-window-on-the-universe/>

LIGO Scientific Collaboration. Resumen científico «How we searched for merging black holes and found GW150914». La página estable consultada no muestra fecha de publicación; no se asigna una fecha no documentada. URL estable: <https://ligo.org/science-summaries/gw150914cbc/>

Miller, David Philip. 2015. «Longitude Networks on Land and Sea: The East India Company and Longitude Measurement "in the Wild", 1770–1840». En *Navigational Enterprises in Europe and its Empires, 1730–1850*, ed. Richard Dunn y Rebekah Higgitt, 223–247. Londres: Palgrave Macmillan. ISBN 978-1-137-52063-0. DOI 10.1057/9781137520647_12.

National Radio Astronomy Observatory. Página «Jansky Lectureship». La página estable consultada no muestra fecha de publicación; no se asigna una fecha no documentada. URL estable: <https://science.nrao.edu/science/jansky-lecture/>

National Radio Astronomy Observatory, NRAO/AUI Archives. «Papers of Karl G. Jansky, 1923–1998». Inventario del fondo. URL estable: <https://www.nrao.edu/archives/jansky-finding-aid>

Sullivan, W. T., III. 1984. «Karl Jansky and the discovery of extraterrestrial radio waves». En *The Early Years of Radio Astronomy: Reflections Fifty Years after Jansky's Discovery*, 3–42. Cambridge: Cambridge University Press. DOI 10.1017/CBO9780511564956.003.

Nota de frontera

Con KNO-007, Calendarios y medida del tiempo. KNO-007 trata qué se acuerda medir; este artículo trata los dispositivos y las cadenas que lo realizan. **El problema de la longitud, aplazado por KNO-006 y remitido por KNO-007, queda saldado aquí en la sección 4 y no sigue abierto en ningún otro punto de la serie.**

Con KNO-011, Medir antes de teorizar. Es la frontera más próxima de la serie y exige cuidado. **KNO-008 cubre la circularidad de validar un instrumento concreto**, porque es un problema sobre el dispositivo. **KNO-011 cubre la medición sin teoría como estrategia epistémica**, incluida la cuestión de si un programa de investigación puede avanzar midiendo primero, y esa cuestión más amplia no se anticipa aquí.

Con KNO-013, Modelos, mapas y realidad. La sección 5 afirma que la detección de ondas gravitacionales alcanza su objeto a través de un modelo. **La cuestión general de qué es un modelo y cómo afecta la dependencia de modelo al realismo pertenece a KNO-013 y no se desarrolla aquí.**

Con KNO-006. El parecido estructural entre la selectividad de un instrumento y la de un mapa es real y limitado, y este artículo no lo fuerza. La proyección cartográfica está restringida por un teorema geométrico; la selectividad instrumental es una decisión de diseño. **Son análogas en su consecuencia y distintas en su naturaleza.**
