

Relatividad y simetría en fenómenos de desincronización de relojes

Juan Tomé

Amonaria cosmológica / Libros / Los relojes no miden el tiempo: textos complementarios

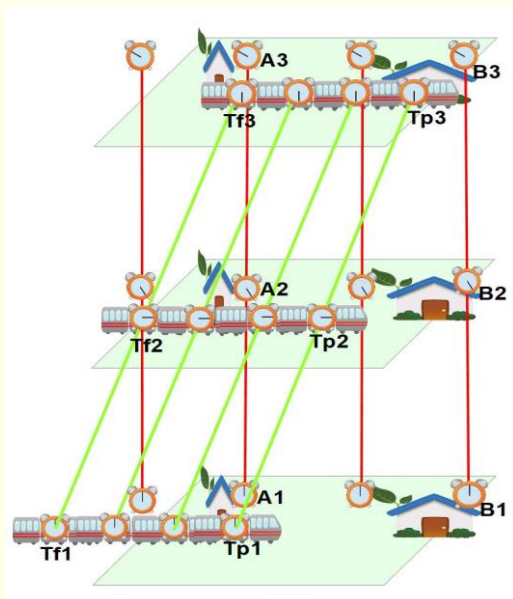
www.cosmologica.amonaria.com



Este texto se concibió como complemento del libro “Los relojes no miden el tiempo”. Aunque puede leerse como separata, gana sentido en relación con él.

Cuando se comparan duraciones de esperas y de viajes de ida y vuelta (caso de la paradoja de los gemelos o de los relojes de Hafele y Keating) no hay duda de quien espera y quien viaja: la espera corresponde con una línea de universo recta y el viaje con una curva. Pero cuando los viajes son solo de ida (como los del gemelo, la andarina, el tren y los muones que se tratan en el capítulo 9 de “Los relojes no miden el tiempo”), tan rectas son las líneas de universo de quien espera como las de quien viaja, lo que hace pensar, con razón, que la distinción entre “espera” y “viaje” es arbitraria. En efecto, cuando se dice que el tren viaja entre estaciones, se dice desde el punto de vista de las estaciones. Pero desde el punto de vista del tren, el de un pasajero, las estaciones pasan por delante de él, así que lo que se mueve, lo que viaja, son las estaciones. Como el Principio de Relatividad hace a todos los observadores igualmente válidos para describir la realidad física, tan correcto es decir el reloj del tren mide la duración del viaje y los de las estaciones las esperas como decir que los de las estaciones miden la duración de sus viajes y los de tren las esperas.

En la figura se representan cuatro relojes fijos al terreno, dos de ellos en las estaciones. Se representa también un tren largo con cuatro relojes fijos a él. Como la figura está hecha desde el punto de vista de las estaciones es fácil ver que el tren viaja: en la imagen



de abajo el tren está pasando por la estación A y en la de arriba por la estación B. El reloj del tren mide la duración del proceso “viaje” y los de las estaciones la de las “esperas”. Pero hagamos el esfuerzo de vernos dentro del tren. En la imagen de abajo la estación A está delante de las ventanillas del segundo vagón, donde está el reloj Tp; la estación A se verá irse por la izquierda de la ventanilla, pasará por delante del vagón del medio del tren y, en la tercera imagen, la estación A pasa por delante de las ventanillas del penúltimo vagón, donde está el reloj Tf. Los pasajeros del tren han visto que la estación A se ha movido desde el segundo hasta el penúltimo vagón: la estación ha viajado y los pasajeros han estado

esperando que llegue desde un vagón al otro. Ahora es el reloj de la estación A el que mide la duración de un proceso “viaje” y los relojes del tren los que miden la duración de procesos “espera”.

Al analizar el viaje del tren, el de los muones y el de la andarina (todos ellos viajes sin vuelta) queda claro que las esperas duran más que los viajes, que las líneas de universo de las esperas son más “largas” que las de los viajes porque aquéllas son proyecciones de éstas. Pero acabamos de mostrar que las etiquetas “espera” y “viaje” cambian con el punto de vista. ¿Quiere esto decir que los resultados de las experiencias descritas dependen del punto de vista? La respuesta es no. Los resultados describen la realidad física cuadrimensional, el universo de procesos, y son absolutos. Es decir, todos los observadores estarán de acuerdo en que la duración de los procesos “viaje” que se ha medido en las experiencias descritas es menor que la de los procesos “espera” correspondientes. La duración es una propiedad de los procesos y no puede depender del punto de vista. Si un observador mide que la duración de un viaje es menor que la duración de la espera correspondiente, todos los observadores, razonando a partir de sus propias medidas, estarán de acuerdo con él. Pero, ¿cómo se casa esto con que las etiquetas “espera” y “viaje” dependan del punto de vista? Pues veamos cómo.

Hay, para empezar, una diferencia absoluta entre “espera” y “viaje”: cualquier observador que etiquete un proceso como viaje dirá que su duración se mide con un solo reloj, el que hace el viaje; y cualquier observador que etiquete un proceso como “espera”, dirá que necesita dos relojes sincronizados para medir su duración, uno cuya línea de universo contiene el sitiomomento inicial del viaje correspondiente y otro cuya línea de universo contenga el sitiomomento final del viaje. Así, el viaje del tren se mide con un reloj del tren, y el viaje de la estación A se mide con el reloj de la estación A. La espera correspondiente al viaje del tren entre las estaciones A y B se mide con los dos relojes de las estaciones, y la espera correspondiente al viaje de la estación A entre la segunda y la penúltima ventanilla del tren se mide con los dos relojes de esas ventanillas. Por lo tanto, todos los observadores estarán de acuerdo en que, visto desde las estaciones, el viaje del tren es un viaje y las esperas en las estaciones son esperas. Y también estarán de acuerdo todos los observadores en que, desde el punto de vista de los pasajeros del tren, el viaje de la estación A es un viaje y las esperas tras las ventanillas son esperas.

En segundo lugar, la relación entre lo proyectado y la proyección es absoluta. Esto quiere decir que si para un observador cualquiera un segmento de línea de universo es proyección de otro, no habrá ningún observador que vea que el otro sea proyección del uno. La relación de proyección es absoluta y, en consecuencia, es absoluta la relación entre las duraciones de viajes y esperas. En la figura de más arriba, las líneas rojas (esperas desde el punto de vista de las estaciones) son proyecciones de las verdes; pues bien, ningún observador podrá decir que, para él, las verdes sean proyecciones de las rojas. Es cierto que las líneas rojas se pueden proyectar sobre las verdes, pero la proyección resultante es un segmento de la verde distinto del de la figura. Los extremos de tal proyección no serán los sitiomomentos de la figura. Esos sitiomomentos son hechos físicos absolutos (coincidencia de tren y estaciones), y con ellos como extremos de líneas de universo nadie puede ver que lo verde es proyección de lo rojo. Al cambiar el punto de vista se puede ver como viaje lo que antes era espera y viceversa, pero no se mantienen las correspondencias: si a un viaje concreto le corresponde una espera concreta, al cambiar el punto de vista cambiarán las etiquetas pero ya no se corresponderán el uno con la otra. De otra forma: la relación de proyección es asimétrica.

El principio de relatividad establece que los observadores son equivalentes entre sí. En relación con esta discusión, eso quiere decir que si un observador ve que sus proyecciones son mayores que lo proyectado, lo mismo deben ver otros observadores con sus proyecciones. Pero no quiere decir que si hay un observador que ve que un segmento es proyección de otro tenga que haber otro observador que vea que el otro es proyección del uno. Si fuera así la relación entre duraciones de viajes y esperas sería relativa: un observador vería que una espera dura más que un viaje y otro observador vería que el viaje dura más que la espera. La duración sería una magnitud aparente, que parecería mayor o menor según el observador. No se puede confundir el principio de relatividad con la exigencia de simetría entre descripciones hechas desde distintos puntos de vista.

“Nada podría causar mayor mal a la teoría de la relatividad”, dice Smith en Introducción a la Relatividad Especial, p 52, porque tal confusión reduce a meras apariencias lo que son hechos reales, absolutos. En relación con lo que nos ocupa: todos los observadores estarán de acuerdo en que lo que ven como viaje, porque se mide con un solo reloj, dura menos que la correspondiente espera, que reconocerán porque precisará de dos relojes para ser medida. La relación entre duración de viajes de solo ida y sus correspondientes esperas es absoluta.

Cuando se compara la duración de un viaje de ida y vuelta y la de su correspondiente espera, no hay duda de cuáles son los términos de la comparación: lo que marca un reloj que espera y lo que marca un reloj que hace el viaje de ida y vuelta. Ambos relojes, además, están en el sitio momento inicial común de la espera y del viaje y en el final, que también es común a espera y viaje. Está claro qué se compara y la comparación es directa. No hay duda entonces de que el resultado de la comparación es absoluto, porque tiene la categoría de hecho físico directamente comprobado. Ya hemos visto que también es absoluto el resultado de comparar la duración de un viaje de solo ida (caso del tren, de los muones y de la andarina) con la de la correspondiente espera. Sin embargo, en estos casos, los términos de la comparación no están tan claros, porque aunque para medir la duración del viaje basta un solo reloj (el que viaja), para medir la duración de la espera se necesitan dos sincronizados, lo que requiere la definición de simultaneidad y la del «ahora». Ni la relación de simultaneidad ni la hipótesis del «ahora», son absolutas; ambas dependen del observador. Todas las esperas correspondiente a un viaje de solo ida tienen una línea de universo uno de cuyos extremos es un hecho físico absoluto (una coincidencia, de un tren y una estación, o de un muón y un laboratorio) y otro que no lo es, porque está definido solo por el sitio momento de un reloj sincronizado. Esto las diferencia de los viajes, que siempre están determinados por dos hechos físicos, dos coincidencias. La diferencia esencial es que los hechos físicos son absolutos y las simultaneidades no.

Bibliografía

Smith, J., 1965, Introducción a la Relatividad Especial, Ed Reverté, Barcelona, 1969