

Revisión del origen de las Transformaciones de Lorentz y su comparación con las Transformaciones Para-Lorentzianas

Romer Urdaneta, Dia Nader y Williams P. Pitter

Universidad del Zulia, Facultad de Ingeniería División de Post-grado, Facultad de Ciencias
Departamento de Física Maracaibo, Zulia, Venezuela

Resumen

En este trabajo rememoramos los orígenes de las Transformaciones de Lorentz y revisamos el análisis a la prueba de H. Robertson, realizada por J. Vargas, a partir del cual él arriba a un conjunto de transformaciones, llamadas *Para-Lorentzianas*. Las Transformaciones Para-Lorentzianas son compatibles con la existencia de un sistema privilegiado en el universo, lo cual nos conduce consecuentemente a una variación de la velocidad de la luz en otros sistemas. Posteriormente comparamos la estructura matemática y las consecuencias físicas de ambas transformaciones; encontrando que las Transformaciones Para-Lorentzianas del mismo modo que las Transformaciones de Lorentz, predicen contracción de longitudes y dilatación del tiempo, pero no reproducen la relatividad de la simultaneidad. Se discuten todos los elementos envueltos en el principio de la relatividad en conexión con ambas transformaciones.

Palabras claves: Relatividad Especial.

Review of the origin of Lorentz Transformation and their comparison with Para-Lorentzian Transformations

Abstract

In this paper we evoke the origins of the Lorentz transformation (LT) and review the analysis of H. Robertson's test carried out by J. Vargas. From Vargas's approach a set of new transformations are derived, called Para-Lorentzian transformation (PLT). The mathematical structure as well as the physical consequences of both transformation are compared, finding that PLT predicts the contraction of length and dilation of time (like LT), but they do not reproduce the relativity of simultaneity (unlike TL). All the elements related with the relativity principle in connection with both transformations are discussed.

Key words: Special Relativity.

Introducción.

Es bien conocido que la Relatividad Especial ha sido múltiplemente verificada por muchos experimentos modernos, prediciendo y acertando fenómenos nunca antes concebidos

en el pensamiento de la vieja mecánica. Con todo, no por ello no han dejado de surgir teorías alternas que pretenden rivalizar con la relatividad especial, entre las cuales se encuentra la teoría desarrollada por J. Vargas, que constituye el interés central de este trabajo.

Los nuevos planteamientos de Vargas hunden sus raíces en un exhaustivo análisis a la prueba de H. Robertson[1] para la verificación de la relatividad especial. La prueba de Robertson deriva las transformaciones de Lorentz (TL) basándose esencialmente en el Proceso de Sincronización de Relojes de Einstein y en el examen de los experimentos de Michelson-Morley, Kennedy-Thorndicke, e Ives-Stillwell. Pero según Vargas[2], Robertson incurre en una serie de fallas que le llevan erróneamente a las TL. Según su perspectiva, Robertson debería haber llegado a un nuevo conjunto de transformaciones, es decir, las transformaciones Para-Lorentzianas (TPL), como Vargas las llama.

Estas transformaciones fueron derivadas por primera vez por S. Marinov[3] y luego por el mismo Vargas[2,4]. Las TPL llevan implícito una modificación sustancial a los postulados de la relatividad especial, por cuanto introducen un sistema preferido en el universo, (en contra del primer postulado); conduciendo consecuentemente a una variación de la velocidad de la luz en otros sistemas (en contra del segundo postulado). La idea de la existencia de un sistema privilegiado en el universo descansa en el hecho que Robertson utiliza en su análisis un sistema donde la luz se propaga isotrópicamente con velocidad c , como parte vital de su derivación de las transformaciones de Lorentz. Luego, según Vargas[2], este sistema en reposo se convierte en un sistema privilegiado en el universo, en virtud que posee un conjunto de propiedades las cuales carecen los otros sistemas. Vargas avanza un paso más en su argumento y propone que el sistema privilegiado en el universo es la anisotropía de la Radiación Cósmica de Fondo, por cuanto constituye una especie de éter, un telón de fondo delante del cual se mueven todos los objetos. Vargas sustenta su propuesta invocando la evidencia experimental al respecto[5,6].

Las TPL modifican radicalmente nuestra visión de la estructura del espacio-tiempo del universo, conduciendo por supuesto, a una nueva física, en caso que fueran válidas. Lo más interesante es que todo esto toma lugar sin

contradecir abiertamente la relatividad especial. Además, si ocurriera el hecho de que fuera posible detectar pequeñas desviaciones en la cinemática relativista (por ejemplo, variación de la velocidad de la luz, lo que supondría un sistema privilegiado en el universo), la relatividad especial dejaría de ser válida a ese nivel; y justamente en esa pequeña región del espacio-tiempo, las TPL darían cuenta, en principio, de ese fenómeno; pudiendo ser entendidas como una corrección a la relatividad especial. No obstante, Vargas[2] argumenta, que la nueva cinemática basada en las TPL debería ser entendida como un paradigma explicativo extendida a toda la globalidad de todo el espacio-tiempo plano.

En efecto, en esa dirección D. Blokintsev[7] ha sugerido que si se encontraran desviaciones en la cinemática relativista sería necesario una revaluación radical de los postulados básicos de la física contemporánea.

Lo más sorprendente de las TPL, compatibles con la existencia de un sistema privilegiado en el universo, radica en que tienen elementos comunes con las transformaciones de Lorentz: como por ejemplo al predecir igualmente contracciones de longitudes y dilatación del tiempo, pero por otro lado, no conducen a la relatividad de la simultaneidad.

Esta fenomenología con toda la física allí envuelta es el objeto de la presente investigación; enfocando especialmente la atención a las TL y su comparación con las TPL en lo que concierne a sus respectivas predicciones.

El origen de las transformaciones de Lorentz.

Hacia 1.900 las leyes de la mecánica clásica eran reconocidas como correctas, pero la electrodinámica de Maxwell - Lorentz era puesta en duda, vía Michelson-Morley, debido a la no existencia del éter. Además el principio de la relatividad (el primero) era aplicable a la mecánica clásica y a la electro-dinámica de Maxwell-Lorentz. Pero el principio de Galileo requería que la velocidad de la luz dependiera del movimiento relativo de la fuente y del observador y estos sistemas de referencia estaban relaciona-

dos por una Transformación de Galileo (TG); mientras que en la electrodinámica de Maxwell-Lorentz los sistemas inerciales están relacionados por una TL[8].

Así el asunto de los sistemas inerciales Maxwellianos, vinculados por las transformaciones de Lorentz, y los sistemas inerciales Newtonianos, vinculados por las transformaciones de Galileo, planteó una inmensa incompatibilidad a las leyes de la física alrededor de 1.900.

Einstein se planteó esta contradicción y pensó que la solución exigía cambios radicales, que era preciso elegir entre la mecánica y el electromagnetismo o bien rechazar ambas. Einstein supuso que la mecánica clásica no era correcta y además elaboró una nueva mecánica compatible con la electrodinámica, esto es, las ecuaciones fundamentales de la nueva mecánica eran invariantes bajo las TL. La razón por la cual Einstein se decide por esta propuesta, se debió a la evidencia experimental que confirmaba las predicciones de la teoría, por ejemplo, el fenómeno de la aberración de la luz estelar, etc[9].

De esta manera nace la relatividad especial. En realidad, la relatividad especial es un desarrollo matemático, amparado por la física del electromagnetismo de Maxwell-Lorentz y surge de un análisis profundo de los conceptos físicos del tiempo y el espacio y de la reconciliación de dos principios aparentemente incompatibles, modificando la cinemática de la mecánica clásica.

Visión general del análisis de Vargas a la prueba de Robertson

En esta sección esbozaremos el análisis de Vargas[2] a la prueba de Robertson. En otro trabajo hemos mostrado esto con mayor detalle[10].

J. Vargas se ha inspirado para sus planteamientos en un artículo publicado en 1.949 por H. Robertson[1], en el cual el autor se formula la interrogante de como un postulado puede ser reemplazado por la observación en la derivación de la cinemática sobre la cual la relatividad especial está basada. Robertson encontró que los tres grandes experimen-

tos ópticos de Michelson-Morley, Kennedy Thorndicke e Ives-Stilwell nos permiten sustituir gran parte de los postulados de Einstein por resultados obtenidos inductivamente de las observaciones.

La prueba de Robertson, es un ensayo bien conocido, usado por los experimentalistas en el campo de la verificación de las transformaciones de Lorentz. Robertson comienza su trabajo postulando la existencia de un sistema de referencia en reposo, en el cual la luz se propaga rectilínea e isotrópicamente en el espacio libre con velocidad constante c . Otras consideraciones entran en su análisis como la constitución de reglas y relojes, y la existencia de un sistema de referencia moviéndose relativamente con velocidad constante $v < c$ con respecto al sistema en reposo. Con estos elementos Robertson deriva las célebres TL.

Al estudiar cuidadosamente el trabajo de Vargas uno puede resumir tres aspectos importantes de su propuesta, como son:

1. El sistema en reposo de Robertson, es identificado por Vargas mediante la anisotropía de la Radiación Cósmica de Fondo de 2.7°K .
2. El sistema de referencia moviéndose con velocidad constante $v < c$ es la tierra, cuya velocidad cósmica es $v = 0.0001c$ con respecto al sistema privilegiado en el universo o lo que es lo mismo con respecto a la Radiación Cósmica de Fondo.
3. Utiliza la paradoja de los trillizos en lugar de cualquier proceso de sincronización de relojes.

Consecuentemente el conjunto de transformaciones que se derivan son las transformaciones Para-Lorentzianas, las cuales son las más apropiadas para la nueva física, compatibles con la existencia de un sistema privilegiado en el universo. Por tanto las ecuaciones de Maxwell requieren modificaciones en otros sistemas de referencia.

Acerca de esto último, Vargas[2] puntualiza que si la relatividad especial es válida, el proceso de sincronización de Einstein y el de sincronización de relojes por transporte lento no coinciden. Si no, cualquier nueva teoría que la

sustituya predice la no universalidad de la velocidad de la luz. De todo esto dos cosas muy importantes deben decirse:

1. En estos últimos años, una data experimental muy abundante ha detectado variaciones en la velocidad de la luz. Hacia 1.981 Vargas[11] pensaba que las variaciones de c debido al movimiento de la tierra, deberían ser del orden de 10^{-3} . Entonces ambos métodos no son equivalentes.

2. Dependiendo de cual método o procedimiento uno escoja, las transformaciones tomarán una u otra forma y dos diferentes formulaciones para una misma física emergerán, lo cual es contradictorio.

Estas son las razones por las cuales Vargas no utiliza ninguno de los procesos de sincronización de relojes en su derivación de las nuevas transformaciones. El mismo Robertson, apunta Vargas, ignoraba el problema y en su prueba utilizó el proceso de sincronización de Einstein, constituyéndose en una falla adicional del test[2]. Además, Vargas[1,2] apunta que el uso erróneo de los procesos de sincronización de relojes es la raíz de todos los errores, es más, sostiene que sin este tipo de errores se llega necesariamente a las TPL.

Posteriormente Vargas[12] mostró como el sistema en reposo de Robertson llega a ser preferido, y muestra que lo es, en el sentido que otros sistemas inerciales no tienen las mismas propiedades. La importancia de este resultado estriba en que ahora se tiene una métrica, la cual es dejada invariante bajo las transformaciones Para-Lorentzianas, más un sistema preferido. Según Vargas esta característica es la raíz para la estructura de una nueva física[2].

Las TPL tienen la siguiente forma:

$$x = \gamma(x' + vt') \quad (1.1)$$

$$y = y' \quad (1.2)$$

$$z = z' \quad (1.3)$$

$$t = t' \gamma \quad (1.4)$$

y sus inversas son:

$$x' = \gamma(x - vt) \quad (2.1)$$

$$y' = y \quad (2.2)$$

$$z' = z \quad (2.3)$$

$$t' = t \gamma^{-1} \quad (2.4)$$

En cambio las TL son las siguientes:

$$x' = \gamma(x - vt) \quad (3.1)$$

$$y' = y \quad (3.2)$$

$$z' = z \quad (3.3)$$

$$t' = \gamma(t - vx/c^2) \quad (3.4)$$

Sus inversas son:

$$x = \gamma(x' + vt') \quad (4.1)$$

$$y = y' \quad (4.2)$$

$$z = z' \quad (4.3)$$

$$t = \gamma(t' + vx'/c^2) \quad (4.4)$$

donde,

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

El conjunto de ecuaciones (1) o su equivalente (2), constituyen el conjunto de transformaciones compatibles con la existencia de un sistema privilegiado en el universo, lo cual se muestra sencillamente al observar que tales ecuaciones no coinciden con las inversas. A diferencia de las TL, las TPL no son ortogonales.

Comparación entre las TL y TPL.

En esta sección nos dedicaremos a mostrar las semejanzas y diferencias entre las TL y TPL. Además, mostraremos analíticamente como ambas transformaciones predicen contracción de longitudes y dilatación del tiempo. También se comprobará como ambas teorías son antagónicas con respecto al concepto de simultaneidad.

Contracción de Longitudes.

Cuando comparamos las TL con las TPL, observamos que las ecuaciones que relacionan las componentes espaciales, en la dirección del movimiento, son idénticas y como es sabido, en relatividad especial las TL predicen contracción

de longitudes, entonces debido a su identidad con las TPL ellas también predicen contracción de longitudes.

La ecuación idéntica en ambas transformaciones es:

$$\Delta x = \Delta x' (1 - v^2/c^2)^{1/2} \quad (5)$$

Dilatación del Tiempo.

Al comparar la ecuación (2.4) de las TPL con la ecuación (3.4) de las TL, se observa que ambas ecuaciones difieren en forma, pero el efecto es el mismo que en relatividad especial, es decir, ambas predicen dilatación del tiempo, como procederemos a mostrarlo.

Imaginemos dos relojes perfectamente sincronizados y coincidiendo sus lecturas cuando ambos están en reposo en el mismo sistema. Supongamos ahora, que uno de ellos está en reposo en un referencial inercial que llamaremos S', moviéndose con una velocidad constante v, respecto al otro reloj en reposo en otro referencial S. Si el reloj situado en S' mide un evento cualquiera en su propio sistema, el intervalo de tiempo viene dado por:

$$\Delta t' = t_2 - t_1 \quad (6)$$

el mismo evento es medido por el reloj en S y su intervalo de tiempo es:

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (7)$$

Ahora veamos como están relacionadas ambas mediciones. Usando la ecuación (2.4) de las TPL, encontramos que:

$$\Delta t = \gamma \Delta t' \quad (8)$$

Al examinar la ecuación (8) se deduce que el observador en S registra un intervalo de tiempo mayor que el observador en S', de esto puede concluirse que los relojes en movimiento se atrasan. Así la ecuación (8) es la misma que la usada en teoría especial de la relatividad y por supuesto con idénticas consecuencias físicas.

Relatividad de la Simultaneidad.

En relatividad especial la simultaneidad es un concepto relativo, es decir, depende del

referencial utilizado. Sencillamente, la simultaneidad se refiere a que si un evento es simultáneo en un sistema de referencia inercial, no lo es en otro. Veamos el concepto de simultaneidad, en un experimento sencillo, analicemos en él las TL y las TPL para luego compararlas, con la finalidad de observar el comportamiento de ambas transformaciones con respecto a la simultaneidad.

Imaginemos a un observador situado en un sistema S', viajando con velocidad v con relación a otro situado en S y en reposo. Supongamos que S' observa la ocurrencia de dos eventos al mismo tiempo, pero separados en el espacio. Digamos que dos células fotoeléctricas equidistantes, de una fuente de luz, se constituyen en nuestro experimento. En S' el frente de onda es registrado simultáneamente en ambos receptores, es decir $\Delta t'_2 = t'_1$.

Examinemos la relatividad de la simultaneidad utilizando la parte temporal de las TL.

Supongamos que en S' se mide un evento simultáneo a dos observadores situados allí, es decir, $\Delta t' = t'_2 - t'_1 = 0$

Vamos a utilizar la transformación dada por la ecuación (4.4) y hagamos:

$$t_2 = \gamma (t'_2 + vx'_2/c^2) \quad (9)$$

$$t_1 = \gamma (t'_1 + vx'_1/c^2) \quad (10)$$

de modo que su diferencia Δt es:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \gamma v/c^2 (x'_2 - x'_1) + \gamma (t'_2 - t'_1) \quad (11)$$

pero como $\Delta t' = 0$, entonces:

$$\Delta t = \gamma v/c^2 (x'_2 - x'_1) \quad (12)$$

Este es el resultado que predice la Relatividad Especial, es decir, mientras en S', $\Delta t' = 0$ eventos simultáneos, $\Delta t \neq 0$ en S. Esto es lo que se conoce como relatividad de simultaneidad.

Realizando el mismo análisis anterior, pero utilizando las TPL veamos que resultado se obtiene.

El observador situado en el referencial S' registra en su reloj el siguiente intervalo de tiempo:

$$\Delta t' = t'_2 - t'_1 = 0 \quad (13)$$

Ahora determinemos, para el mismo evento, que intervalo de tiempo mide un observador en el referencial S, es decir,

(14)

Procediendo como antes, sustituyamos $t = t'\gamma$ en $\Delta t = t_2 - t_1$, lo cual resulta,

$$\Delta T = \gamma (t'_2 - t'_1) \quad (15)$$

pero como $t'_2 = t'_1$, entonces $\Delta t' = 0$.

Por lo tanto se establece que bajo el análisis de las TPL un evento que es simultáneo en un referencial inercial S', que se mueve con velocidad rectilínea y uniforme con respecto a otro referencial inercial S, también es simultáneo en S.

El resultado de este último análisis marca una diferencia resaltante entre la Relatividad Especial y la teoría de Vargas. Pasaremos a mostrar ahora donde radica tal diferencia. Examinando rápidamente la ecuación temporal de las TL de la Relatividad Especial, se observa que la diferencia está presente en el término $(v/c^2)x$, que no aparece en las TPL para el tiempo. Al término antes mencionado se le conoce en el marco de la Relatividad Especial como diferencia de fase.

En la teoría de Vargas $t = \gamma t'$ y en Relatividad Especial, $t = \gamma [t' + \alpha(t)]$, donde, $\alpha(t) = (v/c^2)x'$, es la fase, la cual depende de la posición x' , es decir, cuanto mayor sea la separación entre dos relojes equidistantes de una fuente emisora de luz, en un sistema S', más retrasado registrará el tiempo el reloj en el sistema S en un instante dado. En síntesis, el observador en S concluirá que los relojes en S' no pueden sincronizarse con su reloj.

En consecuencia el término $\gamma = (v/c^2)(x_2 - x_1)$ es una diferencia de fase entre los relojes de ambos observadores.

En la ecuación temporal de las TPL no aparecen términos espaciales, por lo tanto el tiempo adquiere un carácter absoluto, pero no al estilo de la mecánica clásica. Este es el origen

de las muchas controversias con las TPL y de las críticas que los físicos relativistas hacen a las mismas y a los esfuerzos teóricos de Vargas.

Conclusiones.

El acento principal de este trabajo, recayó más bien en una comparación bastante trivial entre las transformaciones de Lorentz y las transformaciones Para-Lorentzianas. Sorprendentemente encontramos que las transformaciones Para-Lorentzianas también predicen contracción de longitudes y dilatación del tiempo, lo que no nos permite rechazarlas de plano, pero no predicen relatividad de simultaneidad, por cuanto el carácter del tiempo en las transformaciones Para-Lorentzianas no está ligado al espacio, y he aquí un asunto de agrias controversias, lo cual pasamos de lado.

En esencia, estos nuevos planteamientos dejarían sin efecto, en una pequeña región del espacio-tiempo, el principio de la relatividad. Es decir, que la velocidad de la luz solo es isotrópica en el sistema privilegiado y que el valor de la velocidad de la luz requiere modificación en otros sistemas.

Los últimos esfuerzos teóricos de Vargas[13,14,15] se han concentrado en un programa de geometrización para toda la física en el contexto y producto de sus contribuciones en esta área.

Finalmente, este trabajo pretende ser una contribución al mejor entendimiento de una propuesta alternativa a la célebre Relatividad Especial.

Referencias

1. Robertson H., Rev. Mod. Phys., **21**, 378 (1.949).
2. Vargas J., Found. Phys., **14**, 625 (1.984).
3. Marinov S., Int. J. Theor. Phys., **13**, 189 (1.975).
4. Vargas J., Rev. Col. Fis., **14**, 79 (1.980).
5. Henry P., Nature (London), **231**, 516 (1.971).
6. Smoot G., Gorenstein M. and Muller R., Phys. Rev. Lett., **39**, 898 (1.977).

7. D. Blokhintsev., Soviet Phys. Esp. **9** (3), 405 (1.966).
8. Flores J. Chela, Einstein, Editorial Equinoccia, Universidad Simón Bolívar, Caracas, 1.981.
9. Reitz J. and Miltford F., Foundations of Electromagnetic Theory, Editorial Addison Wesley, 1.967.
10. Urdaneta, R. Tesis de Grado. Universidad del Zulia, Facultad de Ingeniería, División de Postgrado 1.990.
11. Vargas J., Found. Phys., **11**, 235 (1.981).
12. Vargas J., Found. Phys., **16**, 1089 (1.986).
13. Vargas J., Found. Phys., **19**, 269 (1.989).
14. Nuclear Physics B. (Proc. Suppl.) **6**, 115 (1.989).
15. Vargas J., Found. Phys., **21**, 379 (1.991).

Recibido el 20 de Abril de 1990

En forma revisada el 29 de Marzo de 1993