Condición de Compatibilidad de la Métrica y Postulado de la Tétrada.

por
Myron W. Evans,
Alpha Foundation's Institutute for Advance Study (AIAS).
(emyrone@oal.com, www.aias.us, www.atomicprecision.com)

Traducción: Alex Hill (www.et3m.net)

Resumen.

La condición de compatibilidad de la métrica de la geometría de Riemann y el postulado de la tétrada de la geometría diferencial son piedras fundamentales de la relatividad general, en lo referido a sus variaciones de Einstein Hilbert y de Palatini. En ésta última, el tensor de la tétrada es el campo fundamental, mientras que en el primero el campo fundamental es el tensor de la métrica. En la teoría de campo unificado de Evans la tétrada deviene el campo fundamental para toda clase de materia y radiación, y el postulado de la tétrada conduce al Lemma de Evans, la ecuación de onda de Evans y a todas las ecuaciones de onda fundamentales de la física, en varios límites bien definidos. El postulado de la tétrada es un requisito fundamental de la geometría diferencial, y ello se demuestra en este documento de siete maneras diferentes. Por lo tanto, para gravitación dirigida en forma central, tanto la condición de compatibilidad métrica como el postulado de la tétrada poseen una exactitud experimental de una parte en cien mil.

Palabras clave: Compatibilidad de la métrica, postulado de la tétrada, variación de Einstein Hilbert de la relatividad general, variación de Palatini de la relatividad general, teoría de campo unificado de Evans.

.

1. Introducción

La teoría de la relatividad se formuló originalmente en1915 por Einstein, y en forma independiente por Hilbert. Se desarrolló para gravitación dirigida centralmente, y fue verificada por el experimento de Eddington [1]. Recientemente [2] se mejoró el grado de precisión del experimento de Eddington a una parte en cien mil. Por ende, las suposiciones geométricas básicas utilizadas por Einstein y Hilbert también se verificaron en forma experimental a una parte en cien mil. Una de ellas es la condición de compatibilidad de la métrica [3]– [5] de la geometría de Riemann, que afirma que la derivada covariante del tensor de la métrica desaparece. El tensor de la métrica es el campo fundamental en la variación de Einstein Hilbert de la relatividad general. Se define como:

$$g_{\mu\nu} = q^a{}_\mu q^b{}_\nu \eta_{\mu\nu} \tag{1}$$

donde $q^a{}_\mu$es la tétrada [3]–[5],un tensor de rango dos de índice mixto. El suprafijo latino del tensor de la tétrada se refiere al espaciotiempo del paquete tangente en un punto P de la variedad base, indicada por el sufijo griego de la tétrada. En la Ec.(1) η_{ab} es la métrica de Minkowski:

$$\eta_{ab} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \tag{2}$$

La condición de compatibilidad métrica es entonces [3]–[5], para cualquier espaciotiempo:

$$D_\rho g^{\mu\nu} = D_\rho g_{\mu\nu} = 0. \tag{3}$$

Usando el Teorema de Leibnitz [3]–[5] la Ec.(1) y (3) implican:

$$q^b{}_\nu D_\rho q^a{}_\mu + q^a{}_\mu D_\rho q^b{}_\nu = 0 \tag{4}$$

de la que una posible solución es:

$$D_\rho q^a{}_\mu = D_\rho q^b{}_\nu = 0. \tag{5}$$

La Ec.(5) es el postulado de la tétrada de la variación de Palatini [3]-[8] de la relatividad general. En la Sección 2 se mostrará en varias formas complementarias que la Ec.(5) es la única solución de la Ec.(4). Resulta que, para gravitación central, el postulado de la tétrada se ha verificado experimentalmente [2] a una parte en 10^5. En la Sección 3 se incluye una breve explicación del significado físico de la condición de compatibilidad métrica, usada por Einstein y Hilbert en 1915 para describir la gravitación dirigida en forma central. En 1915 se suplementó la condición original con la suposición adicional de que el espaciotiempo de la relatividad general gravitacional se hallaba libre de torsión:

$$T^\kappa{}_{\mu\nu} = \Gamma^\kappa{}_{\mu\nu} - \Gamma^\kappa{}_{\nu\mu} = 0 \tag{6}$$

donde $T^{\kappa}{}_{\mu\nu}$ es el tensor de torsión y $\Gamma^{\kappa}{}_{\mu\nu}$ es el símbolo de Christoffel. Este último es simétrico en sus dos índices inferiores y también se conoce como la conexión de Levi-Civita o de Riemann [3]–[5]. Para la gravitación centralizada del Sol, estas suposiciones se cumplen a una parte en 10^5 [2]. Sin embargo, la teoría de campo unificado de Evans [9]–[15] ha reconocido recientemente que el electromagnetismo es la forma de torsión de la geometría diferencial [3]– [5], siendo la gravitación la forma de Riemann, y ha mostrado cómo el electromagnetismo interactúa con la gravitación en un espaciotiempo en el que el tensor de torsión no es igual a cero en general. Por lo tanto, en la Sección 3 se analizan las implicaciones para la condición de compatibilidad métrica de la teoría de 1915, y se resumen las condiciones necesarias para la interacción de la gravitación y el electromagnetismo.

2. Siete demostraciones del postulado de la tétrada.

Se ha mostrado en la introducción que para cualquier espaciotiempo (libre o no de torsión) el postulado de la tétrada es una posible solución de la condición de compatibilidad métrica. En esta sección se muestra de siete maneras diferentes que es la única solución.

1. Demostración a partir de la Invertibilidad Matricial Fundamental.

   Considerar las siguientes propiedades básicas del tensor de la tétrada [3]– [5]:

$$q^b{}_\nu q^\nu{}_b = 1 \tag{7}$$

$$q^a{}_\mu q^\mu{}_a = 1 \tag{8}$$

$$q^\mu{}_a q^a{}_\nu = \delta^\mu{}_\nu \tag{9}$$

$$q^a{}_\mu q^\mu{}_b = \delta^a{}_b \tag{10}$$

   donde $\delta^\mu{}_\nu$ y $\delta^a{}_b$ son funciones delta de Kronecker. Diferenciamos las Ecs. (7) a (10) en forma covariante con el Teorema de Leibnitz:

$$q^\nu{}_b D_\rho q^b{}_\nu + q^b{}_\nu D_\rho q^\nu{}_b = 0 \tag{11}$$

$$q^a{}_\mu D_\rho q^\mu{}_a + q^\mu{}_a D_\rho q^a{}_\mu = 0 \tag{12}$$

$$q^\mu{}_a D_\rho q^a{}_\nu + q^a{}_\nu D_\rho q^\mu{}_a = 0 \tag{13}$$

$$q^a{}_\mu D_\rho q^\mu{}_b + q^\mu{}_b D_\rho q^a{}_\mu = 0. \tag{14}$$

   Reordenando índices mudos en Ec.(11) $(a \rightarrow b, \mu \rightarrow \nu)$:

$$q^\mu{}_a D_\rho q^a{}_\mu + q^b{}_\nu D_\rho q^\nu{}_b = 0. \tag{15}$$

   Reordenando índices mudos en Ec.(14) $(\mu \rightarrow \nu)$:

$$q^\mu{}_b D_\rho q^a{}_\mu + q^a{}_\nu D_\rho q^\nu{}_b = 0. \tag{16}$$

   Multiplicando la Ec.(15) por $q^a{}_\mu$:

$$D_\rho q^a{}_\mu + q^a{}_\mu q^b{}_\nu D_\rho q^\nu{}_b = 0. \tag{17}$$

Multiplicamos la Ec.(16) por $q^b{}_\mu$:

$$D_\rho q^a{}_\mu + q^b{}_\mu q^a{}_\nu D_\rho q^\nu{}_b = 0. \tag{18}$$

Se ve que la Ec.(17) es de la forma:

$$x + ay = 0 \tag{19}$$

y la Ec.(18) es de la forma:

$$x + by = 0 \tag{20}$$

donde

$$a \neq b. \tag{21}$$

La única solución posible es:

$$x = y = 0. \tag{22}$$

Esto da el postulado de la tétrada, Q.E.D.:

$$D_\rho q^a{}_\mu = D_\rho q^\nu{}_b = 0, \tag{23}$$

que por tanto es la solución única de la Ec.(4). Nótese que el postulado de la tétrada se cumple para toda conexión, se encuentre o no libre de torsión.

2. Demostración a partir de la Independencia de Coordenadas de los Tensores.

Un tensor cualquiera es independiente de cómo se escribe [3]– [5]. Consideremos la derivada covariante de un tensor X en dos bases diferentes 1 y 2. Resulta entonces:

$$(DX)_1 = (DX)_2. \tag{24}$$

En la base de coordenadas [3]:

$$\begin{aligned}(DX)_1 &= (D_\mu X^\nu) dx^\mu \otimes \partial_\nu \\ &= (\partial_\mu X^\nu + \Gamma^\nu{}_{\mu\lambda} X^\lambda) dx^\mu \otimes \partial_\nu.\end{aligned} \tag{25}$$

En la base mixta:

$$\begin{aligned}(DX)_2 &= (D_\mu X^a)\, dx^\mu \otimes \hat{e}_{(a)} \\ &= \left(\partial_\mu X^a + \omega^a{}_{\mu b} X^b\right) dx^\mu \otimes \hat{e}_{(a)} \\ &= q^\sigma{}_a \left(q^a{}_\nu \partial_\mu X^\nu + X^\nu \partial_\mu q^a{}_\nu\right. \\ &\quad \left. + \,\omega^a{}_{\mu b} q^b{}_\lambda X^\lambda\right) dx^\mu \otimes \partial\sigma\end{aligned} \tag{26}$$

donde usamos la regla de conmutación para tensores. Cambiamos los índices mudos σ a μ y usamos:

$$q^\nu{}_a q^a{}_\nu = 1 \tag{27}$$

para obtener:

$$(DX)_1 = \left(\partial_\mu X^\nu + q^\nu{}_a \partial_\mu q^a{}_\lambda X^\lambda + q^\nu{}_a q^b{}_\lambda \omega^a{}_{\mu b} X^\lambda\right) dx^\mu \otimes \partial_\nu \qquad (28)$$

Comparamos la Ec.(25) y la Ec.(28) para dar:

$$\Gamma^\nu{}_{\mu\lambda} = q^\nu{}_a \partial_\mu q^a{}_\lambda + q^\nu{}_a q^b{}_\lambda \omega^a{}_{\mu b} \qquad (29)$$

Multiplicamos ambos lados de la Ec.(29) por $q^a{}_\nu$:

$$q^a{}_\nu \Gamma^\nu{}_{\mu\lambda} = \partial_\mu q^a{}_\lambda + q^b{}_\lambda \omega^a{}_{\mu b} \qquad (30)$$

para obtener el postulado de la tétrada, Q. E. D.:

$$D_\mu q^a{}_\lambda = \partial_\mu q^a{}_\lambda + \omega^a{}_{\mu b} q^b{}_\lambda - \Gamma^\nu{}_{\mu\lambda} q^a{}_\nu = 0. \qquad (31)$$

3. Demostración a partir de la Definición Básica.

Para todo vector V^a [3]:

$$V^a = q^a{}_\nu V^\nu \qquad (32)$$

y usando el Teorema de Leibnitz:

$$D_\mu V^a = q^a{}_\nu D_\mu V^\nu + V^\nu D_\mu q^a{}_\nu. \qquad (33)$$

Usando el resultado:

$$D_\mu q^a{}_\nu = 0 \qquad (34)$$

obtenido en las demostraciones (1) y (2), se demuestra aquí que las Ecs. (32) y (34)implican:

$$D_\mu q^a{}_\lambda = \partial_\mu q^a{}_\lambda + \omega^a{}_{\mu b} q^b{}_\lambda - \Gamma^\nu{}_{\mu\lambda} q^a{}_\nu \qquad (35)$$

A partir de las Ecs.(33) y (34):

$$\partial_\mu V^a + \omega^a{}_{\mu b} V^b = q^a{}_\nu \left(\partial_\mu V^\nu + \Gamma^\nu{}_{\mu\lambda} V^\lambda\right). \qquad (36)$$

De la Ec.(32) :

$$\partial_\mu V^a = V^\nu \partial_\mu q^a{}_\nu + q^a{}_\nu \partial_\mu V^\nu \qquad (37)$$

y

$$\omega^a{}_{\mu b} V^b = \omega^a{}_{\mu b} q^b{}_\nu V^\nu. \qquad (38)$$

Sumando las Ecs.(37) y (38):

$$\partial_\mu V^a + \omega^a{}_{\mu b} V^b = q^a{}_\nu \partial_\mu V^\nu + V^\nu \partial_\mu q^a{}_\nu + \omega^a{}_{\mu b} q^b{}_\nu V^\nu \qquad (39)$$

Comparando las Ecs.(36) y (39):

$$q^a{}_\nu \Gamma^\nu{}_{\mu\lambda} V^\lambda = V^\nu \left(\partial_\mu q^a{}_\nu + \omega^a{}_{\mu b} q^b{}_\nu\right) \qquad (40)$$

y cambiando los índices mudos $\nu \to \lambda$, obtenemos:

$$\partial_\mu q^a{}_\lambda + \omega^a{}_{\mu b} q^b{}_\lambda - q^a{}_\nu \Gamma^\nu{}_{\mu\lambda} = 0. \qquad (41)$$

Esta ecuación se obtuvo de la suposición (34), de manera que resulta que:

$$D_\mu q^a{}_\nu = \partial_\mu q^a{}_\lambda + \omega^a{}_{\mu b} q^b{}_\lambda - q^a{}_\nu \Gamma^\nu{}_{\mu\lambda} = 0 \qquad (42)$$

Q.E.D.

4. Demostración a partir de la Primera Ecuación Estructural de Cartan [9].

   Esta demostración aparece en detalle en la ref. [9] y se resume aquí por conveniencia. Igualmente para las Demostraciones (5) a (7). La primera ecuación estructural de Cartan [3]–[8]es una ecuación fundamental de la geometría diferencial desarrollada por Cartan.

Define la forma de torsión como la derivada exterior covariante de la forma de la tétrada:

$$T^a = d \wedge q^a + \omega^a{}_b \wedge q^b \tag{43}$$

o sea

$$T^a{}_{\mu\nu} = \partial_\mu q^a{}_\nu - \partial_\nu q^a{}_\mu + \omega^a{}_{\mu b} q^b{}_\nu - \omega^a{}_{\nu b} q^b{}_\mu . \tag{44}$$

Aquí $T^a{}_{\mu\nu}$es la dos-forma de torsión, $q^a{}_\mu$ es la uno-forma y $\omega^a{}_{\mu b}$ es la conexión de espín. El tensor de torsión de la geometría de Riemann se define como [3]-[5]:

$$T^\lambda{}_{\mu\nu} = q^\lambda{}_a T^a{}_{\mu\nu} . \tag{45}$$

Usando el postulado de la tétrada (31) en la forma:

$$\Gamma^\lambda{}_{\mu\nu} = q^\lambda{}_a \partial_\mu q^a{}_\nu + q^\lambda{}_a q^b{}_\nu \omega^a{}_{\mu b} \tag{46}$$

se ve de las Ecs.(44) a (46) que:

$$\begin{aligned} T^\lambda{}_{\mu\nu} &= q^\lambda{}_a \left(\partial_\mu q^a{}_\nu + \omega^a{}_{\mu b} q^b{}_\nu \right) \\ &- q^\lambda{}_a \left(\partial_\nu q^a{}_\mu + \omega^a{}_{\nu b} q^b{}_\mu \right) \\ &= \Gamma^\lambda{}_{\mu\nu} - \Gamma^\lambda{}_{\nu\mu} . \end{aligned} \tag{47}$$

La Ec.(47) es el tensor de torsión de Riemann, Q.E.D. Dada la ecuación estructural de Cartan (43), por lo tanto, se requiere el postulado de la tétrada para deducir el tensor de torsión de Riemann. La situación inversa también se cumple.

5. Demostración a partir de la Segunda Ecuación Estructural de Cartan [3].

   Similarmente, esta prueba se ha dado en completo detalle en otros sitios [9]–[15] y es una elegante ilustración del empleo del postulado de la tétrada como el vínculo entre la geometría diferencial y la de Riemann. La segunda ecuación estructural de Cartan define la forma de Riemann como la derivada exterior covariante de la conexión de espín:

$$R^a{}_b = D \wedge \omega^a{}_b \tag{48}$$

o

$$R^a{}_{b\nu\mu} = \partial_\nu \omega^a{}_{\mu b} - \partial_\mu \omega^a{}_{\nu b} + \omega^a{}_{\nu c} \omega^c{}_{\mu b} - \omega^a{}_{\mu c} \omega^c{}_{\nu b} . \tag{49}$$

Para establecer el vínculo, el postulado de la tétrada se usa en la forma:

$$\omega^a{}_{\mu b} = q^a{}_\nu q^\lambda{}_b \Gamma^\nu{}_{\mu\lambda} - q^\lambda{}_b \partial_\mu q^a{}_\lambda \tag{50}$$

para expresar la conexión de espín en términos de la conexión gamma. El tensor de Riemann se define como [3]–[5]:

$$R^{\sigma}{}_{\lambda\nu\mu} = q^{\sigma}{}_{a} q^{b}{}_{\lambda} R^{a}{}_{b\nu\mu} \tag{51}$$

y usando la propiedad de invertibilidad del tensor de la tétrada [3]:

$$q^{\lambda}{}_{c} q^{c}{}_{\lambda} = 1 \tag{52}$$

se obtiene correctamente el tensor de Riemann [9]–[15] como:

$$R^{\sigma}{}_{\lambda\nu\mu} = \partial_{\nu}\Gamma^{\sigma}{}_{\mu\lambda} - \partial_{\mu}\Gamma^{\sigma}{}_{\nu\lambda} + \Gamma^{\sigma}{}_{\nu\rho}\Gamma^{\rho}{}_{\mu\lambda} - \Gamma^{\sigma}{}_{\mu\rho}\Gamma^{\rho}{}_{\nu\lambda} \tag{53}$$

Q. E. D. Por lo tanto se ha demostrado que la forma de Riemann y el tensor de Riemann están vinculados por el postulado de la tétrada. La forma de Riemann se define por la segunda ecuación estructural de Cartan (48). La primera y segunda ecuaciones estructrales de Cartan también se conocen como la primera y segunda ecuaciones estructurales de Maurer-Cartan [3]. Son válidas para cualquier tipo de conexión de espín.

6. Demostración a partir de la Primera Identidad de Bianchi.

La primera identidad de Bianchi de la geometría diferencial [3] es:

$$D \wedge T^{a} = R^{a}{}_{b} \wedge q^{b}. \tag{54}$$

Esta notación condensada denota [9]–[15]:

$$(d \wedge T)^{a}{}_{\mu\nu\rho} = \partial_{\mu} T^{a}{}_{\nu\rho} + \partial_{\nu} T^{a}{}_{\rho\mu} + \partial_{\rho} T^{a}{}_{\mu\nu} \tag{55}$$

$$(\omega \wedge T)^{a}{}_{\mu\nu\rho} = \omega^{a}{}_{\mu b} T^{b}{}_{\nu\rho} + \omega^{a}{}_{\nu b} T^{b}{}_{\rho\mu} + \omega^{a}{}_{\rho b} T^{b}{}_{\mu\nu}\,. \tag{56}$$

La forma de torsión se define como:

$$T^{a}{}_{\mu\nu} = \left(\Gamma^{\lambda}{}_{\mu\nu} - \Gamma^{\lambda}{}_{\nu\mu}\right) q^{a}{}_{\lambda}. \tag{57}$$

Similarmente:

$$R^{a}{}_{b} \wedge q^{b} = \left(R^{\sigma}{}_{\mu\nu\rho} + R^{\sigma}{}_{\nu\rho\mu} + R^{\sigma}{}_{\rho\mu\nu}\right) q^{a}{}_{\sigma}. \tag{58}$$

Usar el Teorema de Leibnitz y el postulado de la tétrada en la forma:

$$\partial_{\mu} q^{a}{}_{\sigma} + \omega^{a}{}_{\mu b} q^{b}{}_{\sigma} = \Gamma^{\lambda}{}_{\mu\sigma} q^{a}{}_{\lambda} \tag{59}$$

conduce correctamente [9]– [15] a:

$$\begin{aligned}
&\partial_{\mu}\Gamma^{\lambda}{}_{\nu\rho} - \partial_{\nu}\Gamma^{\lambda}{}_{\mu\rho} + \Gamma^{\lambda}{}_{\mu\sigma}\Gamma^{\sigma}{}_{\nu\rho} - \Gamma^{\lambda}{}_{\nu\sigma}\Gamma^{\sigma}{}_{\mu\rho} \\
&+\partial_{\nu}\Gamma^{\lambda}{}_{\rho\mu} - \partial_{\rho}\Gamma^{\lambda}{}_{\nu\mu} + \Gamma^{\lambda}{}_{\nu\sigma}\Gamma^{\sigma}{}_{\rho\mu} - \Gamma^{\lambda}{}_{\rho\sigma}\Gamma^{\sigma}{}_{\nu\mu} \\
&+\partial_{\rho}\Gamma^{\lambda}{}_{\nu\nu} - \partial_{\mu}\Gamma^{\lambda}{}_{\rho\nu} + \Gamma^{\lambda}{}_{\rho\sigma}\Gamma^{\sigma}{}_{\mu\nu} - \Gamma^{\lambda}{}_{\nu\sigma}\Gamma^{\sigma}{}_{\rho\nu} \\
&= R^{\lambda}{}_{\rho\mu\nu} + R^{\lambda}{}_{\mu\nu\rho} + R^{\lambda}{}_{\nu\rho\mu}
\end{aligned} \tag{60}$$

permitiendo la identificación del tensor de Riemann para cualquier conexión gamma:

$$R^{\lambda}{}_{\rho\mu\nu} = \partial_{\mu}\Gamma^{\lambda}{}_{\nu\rho} - \partial_{\nu}\Gamma^{\lambda}{}_{\mu\rho} + \Gamma^{\lambda}{}_{\mu\sigma}\Gamma^{\sigma}{}_{\nu\rho} - \Gamma^{\lambda}{}_{\nu\sigma}\Gamma^{\sigma}{}_{\mu\rho} \tag{61}$$

Q.E.D. Por lo tanto, se ha demostrado que el postulado de la tétrada es la condición necesaria y suficiente para vincular la primera identidad de Bianchi (54) y el equivalente en geometría de Riemann, la Ec.(60).

7. Demostración a partir de la Segunda Identidad de Bianchi

La segunda Identidad de Bianchi de la geometría diferencial es [3, 9]–[15]:

$$\begin{aligned} D \wedge R^{a}{}_{b} &= d \wedge R^{a}{}_{b} + \omega^{a}{}_{c} \wedge R^{c}{}_{b} + \omega^{c}{}_{b} \wedge R^{a}{}_{c} \\ &= 0. \end{aligned} \tag{62}$$

Usando los resultados de la Demostración (7), y utilizando por implicación el postulado de la tétrada otra vez, se obtiene correctamente [9]–[15] la segunda identidad de Bianchi de la geometría de Riemann:

$$D_{\rho}R^{\kappa}{}_{\sigma\mu\nu} + D_{\mu}R^{\kappa}{}_{\sigma\nu\rho} + D_{\nu}R^{\kappa}{}_{\sigma\rho\mu} = 0 \tag{63}$$

Q. E.D. Por lo tanto, se ha demostrado que el postulado de la tétrada es el vínculo necesario y suficiente entre la segunda identidad de Bianchi de la geometría diferencial [3] y la segunda identidad de Bianchi de la geometría de Riemann.

3. Significado físico de la Condición de Compatibilidad Métrica y del Postulado de la Tétrada.

La condición de compatibilidad métrica de la geometría de Riemann significa que el tensor de la métrica es constante en forma covariante [3, 9]–[15]: la derivada covariante del tensor de la métrica desaparece. Si la métrica no es constante en forma covariante entonces la métrica no es compatible. La variación de Einstein Hilbert de la relatividad general (la teoría original de 1915) se basa en compatibilidad métrica [3,9]–[15]. La teoría es precisa para gravitación central del Sol a una parte en 10^5 [2]. Se emplea la compatibilidad métrica, así como la suposición de que desaparece el tensor de torsión. Estas suposiciones conducen a la defininción del símbolo de Christoffel usado por Einstein en su teoría original de la relatividad general. Puede también suponerse compatibilidad métrica sin suponer una torsión igual a cero. En este caso se obtiene la variación Palatini de la relatividad general, en donde la compatibilidad métrica deviene el postulado de la tétrada, como se describió en las Secciones 1 y 2. Las ventajas de la variación Palatini son bien conocidas, y recientemente se ha demostrado que el postulado de la tétrada es el origen geométrico de todas las ecuaciones de onda de la física [9]–[15]. En una teoría de campo unificado, siempre se requieren una forma de torsión distinta de cero y un tensor de torsión, a fin de describir el sector electromagnético. Sólo cuando los sectores gravitacional y electromagnético se vuelven independientes se puede utilizar la variación original de Einstein Hilbert de relatividad general gravitacional, con su desaparición del tensor de torsión y su conexión simétrica o de Christoffel.

Agradecimientos Se agradece al Gobierno Británico por la Pensión Civil Vitalicia. Se agradece a la Fundación Ted Annis, a Craddock Inc., y a John B.Hart y otros académicos de avanzada por los fondos y la invalorable ayuda en el tipografiado y su verificación. Se agradece al equipo técnico de AIAS y otros del ambiente de AIAS por muchas discusiones interesantes.

Bibliografía

[1] F. W. Dyson, A. S. E. Eddington y C. R. Davidson, *Phil. Trans. Roy. Soc.* A, 220, 221 (1920).

[2] Experimentos de NASA Cassini (2002).

[3] S. P. Carroll, Lecture Notes in General Relativity, (curso para graduados en Harvard, la Univ de California en Santa Barbara y la Univ Chicago, del dominio público, arXiv: gr - gc 973019 v1 1991).

[4] R. M. Wald, General Relativity, (Univ Chicago Press, 1984).

[5] B. F. Schutz, A First Course in General Relativity (Cambridge Univ Press, 1985).

[6] E. E. Flanagan, *Phys. Rev. Lett.*, 92, 071101 (2004).

[7] D. N. Vollack, Phys. Rev. D, arXiv gr - gc / 0409068 v 1 (2004).

[8] E. Bertschinger, www.acw.mit.edu , física 8.962 curso en M.I.T., Primavera 2002.

[9] M. W. Evans, Generally Covariant Unified Field Theory: The Geometrization of Physics (en prensa, 2005) (prempresión en www.aias.us y en www.atomicprecision.com).

[10] L. Felker, The Evans Equations of Unified Field Theory (preimpresión en www.aias.us y www.atomicprecision.com). Hay traducción al castellano en el portal www.aias.us .

[11] M. W. Evans, *Found. Phys. Lett.*, 16, 367, 507 (2003).

[12] M. W. Evans, *Found. Phys. Lett.*, 17, 25, 149, 267, 301, 393, 433, 535, 663 (2004).

[13] M. W. Evans, The Objective Laws of Classical Electrodynamics, the Effect of Gravitation on Electromagnetism, Journal New Energy, Special Issue on the Evans Unified Field Theory in press (preimpresión en www.atomicprecision.com y www.aias.us).

[14] M. W. Evans, The Spinning of Spacetime as Seen in the Inverse Faraday Effect, ibid., (preimpresión en www.atomicprecision.com y www.aias.us).

15] M. W. Evans, The Coulomb and Ampere` Maxwell Laws in the Schwarzschild Metric, A Classical Calculation of the Eddington Effect, ibid., (preimpresión en www.atomicprecision.com y www.aias.us).