



Espirales revista multidisciplinaria de investigación científica
ISSN: 2550-6862
compasacademico@icloud.com
Grupo Compás
Ecuador

Agresiones externas a personal sanitario en centros de salud de atención primaria en la ciudad de Ibarra

Gordillo Corrales, Verónica; Ferrer Villalobos, Michelle; Burbano, Cindy Elizabeth; Merino-Salazar, Pamela
Agresiones externas a personal sanitario en centros de salud de atención primaria en la ciudad de Ibarra
Espirales revista multidisciplinaria de investigación científica, vol. 3, núm. 29, 2019
Grupo Compás, Ecuador
Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573263328014>

Agresiones externas a personal sanitario en centros de salud de atención primaria en la ciudad de Ibarra

External aggressions to health personnel in health centers of primary care in the city of Ibarra

Verónica Gordillo Corrales dragabrielagorc@gmail.com
Universidad Internacional SEK, Ecuador

 <http://orcid.org/0000-0002-9130-6763>

Michelle Ferrer Villalobos michelle.ferrer@uisek.edu.ec
Universidad Internacional SEK, Ecuador

 <http://orcid.org/0000-0003-0877-9314>

Cindy Elizabeth Burbano cindy.burbano@uisek.edu.ec
Universidad Internacional SEK, Ecuador

 <http://orcid.org/0000-0002-4817-8460>

Pamela Merino-Salazar pamela.merino@uisek.edu.ec
Universidad Internacional SEK, Ecuador

 <http://orcid.org/0000-0002-3796-4706>

Espiraes revista multidisciplinaria de investigación científica, vol. 3, núm. 29, 2019

Grupo Compás, Ecuador

Recepción: 07 Noviembre 2019

Aprobación: 26 Marzo 2020

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573263328014>

Resumen: **Introducción** Pese a que los eventos de agresión en el trabajo afectan prácticamente a todos los sectores y categorías de la población trabajadora, existen grupos con mayor riesgo de padecerla **objetivo** del presente estudio es determinar la frecuencia y los tipos de agresión hacia los profesionales sanitarios de centros de atención primaria de la ciudad de Ibarra. **Materiales y métodos** Se trata de un estudio exploratorio llevado a cabo en 181 profesionales médicos/as, enfermeros/as y auxiliares de enfermería. Las variables del estudio incluyeron características sociodemográficas de las personas agredidas, así como tipo y particularidades de la agresión, que se describieron mediante frecuencias y porcentajes. **Resultados** El 66,9% de los participantes refirieron agresiones, de las cuales el 61,9% fueron de tipo verbal. Los principales agresores fueron el paciente o sus familiares, las mujeres (61,2%), y las personas de entre 31 a 50 años (68, 6%). **Discusión** De forma similar a estudios previos, en el presente estudio se observó que más de la mitad de los participantes han sido víctimas de agresiones externas en su lugar de trabajo **Conclusiones** Las causas desencadenantes más frecuentes fueron la demora en la atención y la carencia de recursos. La elevada frecuencia de agresiones externas en personal sanitario de atención primaria requiere establecer planes de prevención, actuación y notificación de estos eventos.

Palabras clave: violencia en el trabajo, agresión a personal sanitario, atención primaria en salud.

Abstract: **Introduction** Although the events of aggression in the work affect practically all the sectors and categories of the working population, there are groups with greater risk of suffering the **objective** of this study is to determine the frequency and the types of aggression towards the health professionals of centers of primary care in the city of Ibarra. **Materials and methods** This is an exploratory study carried out in 181 medical professionals, nurses and nursing assistants. The study variables included sociodemographic characteristics of the persons attacked, as well as the type and characteristics of the aggression, which were described by means of frequencies and percentages. **Results** 66.9% of the participants reported assaults, of which 61.9% were verbal. The main aggressors were the patient or his relatives, women (61.2%), and people

between 31 to 50 years (68, 6%). **Discussion** In a similar way to previous studies, in the present study it was observed that more than half of the participants have been victims of external aggressions in their workplace **Conclusions** The most frequent triggers were the delay in attention and the lack of resources. The high frequency of external aggressions in primary care health personnel requires establishing prevention, action and notification plans for these events.

Keywords: violence at work, aggression against health personnel, primary health care.

INTRODUCCIÓN

Los incidentes de agresión en los lugares de trabajo constituyen un problema creciente a nivel mundial. Este problema adquiere cada día más importancia tanto en países de altos ingresos como en países de medianos y bajos ingresos, trascendiendo sectores de actividad económica y grupos ocupacionales. Dichas agresiones se presentan como amenazas inminentes al bienestar y salud de los profesionales, así como al desarrollo y el éxito de las organizaciones, ya que afectan las relaciones entre las personas, la organización del trabajo y el entorno laboral

Pese a que los eventos de agresión en el trabajo afectan prácticamente a todos los sectores y categorías de la población trabajadora, existen grupos con mayor riesgo de padecerla. La Organización Internacional del Trabajo (OIT) señala que los profesionales sanitarios son uno de los colectivos con mayor riesgo de sufrir agresiones externas en el sitio de trabajo. De hecho, existen varios estudios a nivel mundial que aseguran una mayor incidencia de agresiones externas en el personal sanitario. Las agresiones externas al personal sanitario son las acciones o comportamientos por parte de usuarios o pacientes que pueden dañar al personal de salud, y que están relacionados con la actividad profesional. Este tipo de agresiones pueden ser de tipo físico o verbal, incluyendo amenazas o intimidaciones.

El fenómeno de las agresiones externas al personal sanitario constituye una problemática grave que hasta fechas muy recientes era escasamente conocido y que, además, ha permanecido silenciado por su escasa denuncia. Los datos disponibles sobre agresiones externas corresponden a los países con altos ingresos, mientras que, en los países de bajos ingresos, la información es insuficiente. Por ejemplo, en el Reino Unido el riesgo de sufrir este tipo de agresiones es 3 o 4 veces mayor en el personal sanitario que en otras ocupaciones del sector servicios. Asimismo, en el 2014 se publicó un informe por el Grupo de Trabajo de Agresiones a Profesionales del Sistema Nacional de Salud, que constituye el primer documento oficial sobre este tipo de agresiones en España. Dicho informe revela que en el periodo entre 2008-2012 más de 30 000 profesionales sanitarios sufrieron agresiones en España. Un estudio realizado a 19 967 profesionales de Latinoamérica, mediante encuesta electrónica, mostró que el 66,7% había sufrido algún tipo de agresión.

Ciertos factores del medio sanitario aumentan el riesgo de padecer eventos de agresiones externas en el trabajo. La elevada demanda de atención, el requerimiento de los pacientes y familiares de atención rápida y eficaz, así como la confluencia de pacientes con complicaciones

mentales, marginalidad y drogadicción se han identificado como aspectos que incrementan la conflictividad. De esta manera, las áreas de emergencia y los centros de atención primaria son los que presentan mayor frecuencia de estos eventos. Por otra parte, se ha sugerido que estas situaciones se originan por factores socioculturales y múltiples circunstancias que convergen en una sociedad cada vez más exigente de sus derechos y no de sus obligaciones, que en ocasiones culminan en episodios violentos contra el personal sanitario

Las consecuencias de las agresiones externas en el trabajo en el personal de salud pueden ser diversas. Por un lado, se encuentra la repercusión en la prestación de los servicios de atención de salud, lo cual puede dar lugar a deterioro de la calidad de los cuidados dispensados y a ciertas decisiones de los trabajadores, como por ejemplo, abandonar las profesiones de atención de salud. Por otro lado, se conoce el efecto nocivo que este tipo de situaciones ocasiona en la voluntad y en la salud del personal sanitario, constituyendo un problema que genera secuelas emocionales y laborales, y causa una percepción de inseguridad en el lugar de trabajo en los profesionales sanitarios. Las agresiones externas pueden generar en el personal sanitario consecuencias comunes al síndrome de Burnout, tales como insatisfacción laboral, disfunción familiar y social. Un tema poco estudiado corresponde la aparición de desmotivación en los profesionales tras episodios de agresiones externas.

El fenómeno de violencia hacia el personal sanitario ha sido más estudiado en centros hospitalarios, los datos encontrados sobre estos eventos en centros de atención primaria son escasos y variables. Se ha descrito que el porcentaje de médicos agredidos oscila entre el 30 y el 60%

De tal manera, que el objetivo del presente estudio es determinar la frecuencia y los tipos de agresión hacia los profesionales sanitarios que laboran en centros de atención primaria de la ciudad de Ibarra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para detectar las OG se deben comparar los datos experimentales con las simulaciones realizadas con métodos numéricos avanzados. Aun así, se requiere muchas horas de cálculo en supercomputadoras que permitan obtener resultados confiables en tiempos relativamente cortos.

Un método muy usado para resolver las ecuaciones de Einstein consiste en seccionar el espacio-tiempo en foliaciones (hojas de papel separadas por intervalos de tiempo de diferencia), especificar datos iniciales adecuados a la foliación inicial y hallar la evolución de los campos gravitacionales. En varios trabajos se han utilizado foliaciones especiales que permiten evaluar el señal de radiación gravitacional en el infinito. Para hallar los patrones de radiación se lleva a cabo una compactificación, que facilita la implementación numérica de las ecuaciones, siendo la convergencia y estabilidad de las soluciones la confirmación que las simulaciones están arrojando resultados confiables.

Desde la década de los noventa, una serie de trabajos se realizaron en simetría esférica, donde se han conseguido realizar simulaciones

estables con datos iniciales del espacio-tiempo plano y datos iniciales que incluyen un agujero negro. Estos resultados fueron cruciales para la implementación general en tres dimensiones espaciales, para la simulación de modelos teóricos de ondas gravitacionales y en estudios más realistas del espacio-tiempo.

Estudiar la radiación gravitacional en forma analítica es difícil por la naturaleza compleja de las ecuaciones. La necesidad de investigar estos sistemas dió origen a la Relatividad Numérica, que ha permitido resolver las ecuaciones de campo de Einstein a partir de la prescripción del dato inicial (Bondi, Van der Bur y Metzner, 1962). Por ejemplo, los códigos que existen sugieren que una estrella colapsando puede emitir de 1 a 2% de su masa en forma de radiación gravitacional. La colisión entre agujeros negros, estrellas de neutrones, estrellas de neutrones y agujeros negros, estrellas rotantes son algunos de los problemas que se están tratando de simular. Con las recientes detecciones, se demostró que efectivamente, en la fusión de dos agujeros negros, la masa del agujero negro resultante es menor que la suma de las masas de los agujeros antes de la fusión. Un porcentaje se radió al espacio en forma de OG:

En las últimas décadas surgieron dos métodos que permiten especificar y evolucionar datos iniciales para problemas físicos complejos. El método de Cauchy (también conocido como ADM o “3+1”) folia el espacio-tiempo con hipersuperficies tipo espacio (Newman y Penrose, 1965). Alternativamente, la aproximación característica usa la foliación de hipersuperficies nulas. La evolución de Cauchy está muy desarrollada y se ha demostrado su utilidad en problemas con materia y campos fuertes. Sin embargo, está limitado a usarse en una región finita del espacio-tiempo y se necesita especificar condiciones de contorno artificiales. La evolución característica permite la compactificación del espacio-tiempo y la incorporación del infinito nulo dentro de una malla computacional finita. En el presente, la unificación de ambos métodos ofrece la mejor oportunidad de atacar el problema de dos cuerpos en la gravitación teórica moderna: la colisión de dos agujeros negros (Lazkoz y Valiente, 2003). En las simulaciones de este trabajo se usa la formulación característica.

Formulación Característica de la Relatividad General

La formulación característica de la Relatividad General se fundamenta en el problema del valor inicial característico formulado por Bondi (Rowan y Hough, 2000). Entre las ventajas que ofrece esta formulación se tiene la compactificación de la coordenada espacial, lo cual permite transformar un intervalo infinito en una malla computacional finita de puntos y el conjunto de datos iniciales se puede especificar arbitrariamente. Si la coordenada radial compactificada es $x=r/(r+1)$, el infinito se describe por la hipersuperficie nula $x = 1$. Un campo en el espacio-tiempo se puede definir ahora globalmente en el intervalo $(0 \leq x \leq 1)$. La transcripción de las ecuaciones de campo en esta nueva coordenada es necesaria antes de la implementación numérica y proporciona una ecuación de evolución para todos los radios incluyendo $x = 1$ (el infinito).

El formalismo $\text{eth}(\delta)$

El Formalismo eth tiene su fundamento analítico en los artículos de Newman y Penrose en los años sesenta (Newman y Penrose, 1965). En los años noventa se empleó una versión numérica de este formalismo para simular la radiación gravitacional. El Formalismo eth permite la implementación numérica (discretización) de las coordenadas angulares y se ha aplicado a diferentes problemas de la Relatividad General. La técnica consiste en cubrir la esfera con dos parches de coordenadas estereográficas tangentes a los hemisferios norte y sur (Figura 1), con una zona llamada de solapamiento entre los parches. Los parches se definen por

$$\begin{aligned}\zeta_N &= \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right)e^{i\phi} \quad \text{excluyendo } \theta = \pi \\ \zeta_S &= \operatorname{Cotg}\left(\frac{\theta}{2}\right)e^{-i\phi} \quad \text{excluyendo } \theta = 0\end{aligned}\quad (1)$$

Ambos parches se relacionan

$$\begin{aligned}\zeta_S &= \frac{1}{\zeta_N} \\ &= q\bar{s} + i\bar{p}s\end{aligned}\quad (2)$$

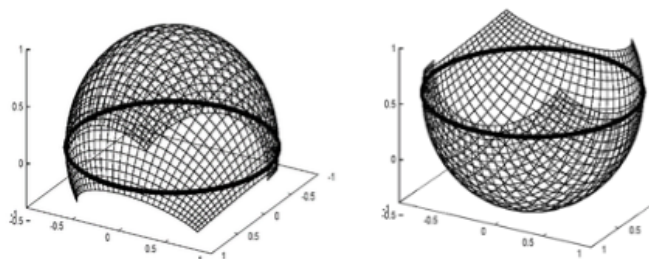


Figura 1.

Hemisferios norte y sur de la esfera. Cada uno se cubre con un parche cuadrado que permite relacionar las coordenadas esféricas (θ, ϕ) con las rectangulares estereográficas (q, p) .

Los Autores

Discretización de las coordenadas angulares

La ecuación de la onda suministra una descripción satisfactoria de ciertos sistemas físicos. La ecuación de onda 3D (tres dimensiones espaciales y una temporal) se expresa

$$\frac{\partial^2 F}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 F$$

donde c es la velocidad de la luz, F es el campo a determinar, representa el operador Laplaciano

$$\nabla^2 = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2}$$

en coordenadas esféricas y

$$\nabla^2 \Psi = D^2 \Psi = \frac{1}{4} (1 + p^2 + q^2)^2 (\partial_{qq} + \partial_{pp}) \Psi$$

en las coordenadas rectangulares estereográficas. En el cálculo numérico la expresión (4) es difícil discretizar, mientras que la expresión (5) es mucho más sencilla. De tal forma que se puede construir una malla de puntos (q_k, p_l) en una región cuadrada, de ancho $N\xi\Delta$ y alto $N\xi\Delta$ (Figura 2), con

$$q_k = -1 + (k-3)\Delta, \quad k = 1, 2, \dots, N_\xi$$

$$p_l = -1 + (l-3)\Delta, \quad l = 1, 2, \dots, N_\xi$$

donde N_ξ es el número de puntos de la malla angular.

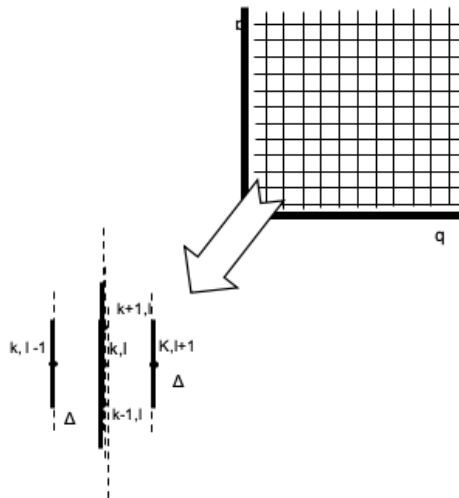


Figura 2

Discretización de las coordenadas angulares en términos de las coordenadas q y p , mediante diferencia centrada. La figura muestra una malla de puntos en coordenadas p y q , que permiten discretizar las coordenadas angulares mediante el formalismo eth.

Los Autores

La aproximación en diferencia centrada a segundo orden para la primera derivada es

$$\partial_q \Psi = \frac{(\Psi_{k+1,l} - \Psi_{k-1,l})}{2\Delta} + \mathcal{O}(\Delta^2)$$

$$\partial_p \Psi = \frac{(\Psi_{k,l+1} - \Psi_{k,l-1})}{2\Delta} + \mathcal{O}(\Delta^2)$$

donde indica el error de truncamiento. Mientras que para la derivada segunda en términos de p y q se expresa

$$\partial_{qq} \Psi_{k,l} = \frac{(\Psi_{k+1,l} - 2\Psi_{k,l} + \Psi_{k-1,l})}{\Delta^2} + \mathcal{O}(\Delta^2)$$

$$\partial_{pp} \Psi_{k,l} = \frac{(\Psi_{k,l+1} - 2\Psi_{k,l} + \Psi_{k,l-1})}{\Delta^2} + \mathcal{O}(\Delta^2)$$

Simulación de las ondas gravitacionales

Muchos fenómenos físicos están representados por ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. Debido a que no se conocen las soluciones analíticas para algunas de estas ecuaciones, se han implementado técnicas para resolverlas numéricamente que han permitido estudiar fenómenos físicos desde los más comunes y fundamentales de la naturaleza, como lo es el movimiento ondulatorio, hasta los más complejos como la colisión de dos agujeros negros [8,9,10]. En este trabajo se resuelve numéricamente el sistema Einstrein-Klein-Gordon cuasiesférico en 3D.

Muchos fenómenos físicos están representados por ecuaciones diferenciales en derivadas parciales. Debido a que no se conocen las soluciones analíticas para algunas de estas ecuaciones, se han implementado técnicas para resolverlas numéricamente que han permitido estudiar fenómenos físicos desde los más comunes y fundamentales de la naturaleza, como lo es el movimiento ondulatorio, hasta los más complejos como la colisión de dos agujeros negros [8,9,10]. En este trabajo se resuelve numéricamente el sistema Einstrein-Klein-Gordon cuasiesférico en 3D.

El sistema Einstein-Klein-Gordon en forma general

$$R_{ab} = 8\pi \left(T_{ab} - \frac{1}{2} g_{ab} T \right)$$

donde T representa la traza del tensor de energía-momentum para el campo escalar de masa nula, Rab es el tensor de Ricci y gab las componentes del tensor métrico. Se demuestra que las ecuaciones son acopladas mínimamente al campo escalar de masa nula, o el sistema de Einstein-Klein-Gordon cuasiesférico es

$$R_{\mu\nu} = 8\pi \phi_{,\mu} \phi_{,\nu}$$

y la ecuación de evolución para el campo escalar de masa nula

$$\square \Phi = 0$$

donde $\square$ es el operador D'lambertiano en coordenadas de Bondi-Sachs (Weber, 1969). Explícitamente, el sistema Einstein-Klein-Gordon cuasi-esférico en coordenadas de radiación es (Rosales et al, 2007)

$$\beta_{,r} = 0, \quad (12)$$

$$(r^2 Q) = -r^2 (\delta J + \delta K)_{,r} + 2r^4 \delta \left(\frac{\beta}{r^2} \right)_{,r} \quad (13)$$

$$U_{,r} = \frac{e^{2\beta}}{r^2} (Q) \quad (14)$$

$$W_{,r} = \frac{1}{2} e^{2\beta} R - 1 - e^\beta \delta \delta e^\beta + \frac{1}{ar^2} [r^4 (\delta U + \delta U)_{,r} \quad (15)$$

donde

$$R = 2K - \delta \bar{\delta} K + \frac{1}{2} (\delta^2 J + \delta^2 \bar{J}) + \frac{1}{4K} (\delta \bar{J} \delta J - \delta \bar{J} \delta \bar{J}) \quad (16)$$

$$2(rJ)_{,ur} - \left(\frac{v}{r} (rJ)_{,r} \right)_{,r} = -\frac{1}{r} (r^2 \delta U)_{,r} + \frac{2}{r} e^\beta \delta^2 e^\beta - \left(\frac{w}{r} \right)_{,r} J \quad (17)$$

$$2(r\phi)_{,ur} - \left(\frac{v}{r} (r\phi)_{,r} \right)_{,r} = \delta \bar{\delta} \phi \quad (18)$$

donde la coma representa derivada respecto de la coordenada indicada. Los campos gravitacionales β , Q , W , U , J y ϕ son las variables a determinar. Las derivadas angulares respecto a θ y ϕ se han sustituido por los operadores usando las coordenadas estereográficas y el formalismo eth. Mientras que las derivadas respecto de r , se sustituyen por las correspondientes derivadas respecto de x .

RESULTADOS

El sistema de ecuaciones a resolver está representado por las ecuaciones (12)-(18). Para el problema del valor inicial característico se necesita especificar el dato inicial sobre la primera hiper superficie y las condiciones

de frontera sobre el tubo de mundo. Se usó un dato inicial de soporte compacto en la forma

(19)

Figura 3. El problema físico: Dado un dato inicial (tipo gaussiano) en la primera hipersuperficie, el esquema numérico permite encontrar la radiación escalar y gravitacional en el infinito.

La frontera se coloca en $x = 2/3$ y se usan los parámetros para las simulaciones mostradas en las figuras 3 y 4: número de puntos de la malla angular $N_q = N_p = N_\xi = 45$, y para la malla radial $N_x = 100$, $A = 10^{-3}$, $R_a = 4$, $R_b = 7$. Las condiciones de frontera sobre el tubo de mundo Γ son $U = J = \beta = \phi = 0$ y $W = 0$.

La figura 4 muestra el escalamiento del modo real de polarización de la onda gravitacional con el momentum angular $l=1,2,3$ y 4. Se muestra la asimetría en la forma de la onda. La figura 5 muestra el modo real para $u=1$ y $u=2$ para un dato inicial axial simétrico (depende de r y θ en $u=0$). Se muestra la suavidad y simetría de la onda.

Figura 4. Una prueba de la validez de los resultados es hacer el escalamiento del modo de polarización real. Para momentos angulares del dato inicial $l=2, 4, 6$ y 8 se muestra el escalamiento de N_+ .

Figura 5. Modo de polarización real N_+ para un dato inicial 3D. Se muestra la amplitud de la onda en función del tiempo de Bondi $u=1$ y $u=3$.

Figura 6. Modo de polarización real para un dato inicial axial simétrico. Se muestra la amplitud de la onda en función del tiempo de Bondi $u=1$ y $u=2$.

Convergencia y estabilidad

Como se mencionó antes las ondas gravitacionales tienen dos modos de polarización: el modo real N_+ y el modo complejo N_x .

Otra prueba realizada fue el escalamiento de la amplitud de la onda gravitacional con el momentum angular. Esto se muestra en la figura 4, se muestra el comportamiento esperado para $l=2,4,6,8$.

La figura 7 muestra el modo cuasinormal simulado y el obtenido con esquemas perturbativos. Se muestra la coincidencia a medida que transcurre el tiempo.

Figura 7. La línea punteada muestra el modo cuasinormal resultado de la simulación (campo escalar en función del tiempo en el infinito). Los parámetros son: masa del agujero negro $M=1$, $R_a=5$, $R_b=7$ y amplitud $\lambda=10^{-6}$. La línea sólida muestra el modo cuasinormal obtenido usando teoría de perturbaciones.

DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra la evolución del campo escalar para diferentes tiempos. Puede observarse la suavidad de las curvas. La Figura 2 muestra el patrón de radiación gravitacional, en particular el modo real de polarización de la onda. Es clara la muy baja amplitud de la onda. Cabe destacar que las simulaciones fueron realizadas con un código programado

en FORTRAN 90 y corren bajo plataforma de software libre LINUX. Las figuras fueron generadas con el graficador Dx bajo ambiente LINUX.

En la figura 4 la parte angular del dato inicial lo constituye un armónico esférico Y_{lm} . Para $l=2$ la curva se mantiene estable. A medida que l aumenta se muestra el efecto en la amplitud. La figura 4 muestra el modo de polarización real para dos tiempos $u=1$ y $u=3$ para un dato inicial 3D (depende de r, θ y ϕ en $u=0$).

La convergencia del código para calcular la radiación gravitacional se llevó a cabo con el modo de polarización complejo. Esto es, si el dato inicial es axial simétrico el modo complejo debería ser cero. Efectivamente, este es un ruido de magnitud 10-22 aproximadamente, el cual se monitorea construyendo una tabla con 13 datos. $N_x=30 \dots 160$. Definiendo error (N_x-0), al graficar $\log(\text{error})$ con respecto de $\log(dx)$, se tiene una recta de pendiente 1,8 en acuerdo con el orden esperado de 2.

CONCLUSIONES

Se esperaba que en la primera o segunda década de este siglo los detectores registraran señales representativas de las ondas gravitacionales, tal como ocurrió. En el futuro inmediato la detección de OG será muy común de ahora en adelante. Hay esfuerzos en marcha para mejorar la red global de detectores de ondas gravitacionales. Estos incluyen la construcción de nuevos detectores, mejorar la sensibilidad, lo que permitirá la detección de nuevos eventos colectando información sobre fuentes tres veces más distantes, y aumentando la probabilidad de detección. Además de Virgo, KAGRA, y un tercer LIGO en la India extenderán la red y mejorarán significativamente la ubicación de posición y estimación de parámetros de las fuentes. La masa y momento angular del agujero negro posterior a la fusión son compatibles con las propiedades de los dos agujeros negros antes de la fusión según predice la relatividad general. Esto constituye una prueba de la relatividad general en el régimen de campos fuertes, un régimen casi imposible verificar hasta ahora.

En cuanto a las simulaciones, el método característico representa una forma ventajosa de estudiar la radiación gravitacional, debido a que el dato inicial es arbitrario. Su desventaja hasta el presente ha sido la dificultad de simular la colisión de sistemas binarios. Lo contrario sucede con el formalismo de Cauchy, donde el dato inicial es el resultado de resolver ecuaciones diferenciales adicionales y permite simular sistemas binarios. Sin embargo, se obtienen resultados que aportan al estudio teórico experimental de las OG.

Con la detección de OG se abre una nueva ventana al universo. Aparte de confirmar la teoría de la Relatividad General como la teoría correcta para describir los fenómenos gravitacionales y la existencia de agujeros negros pudieran dar explicaciones muchos otros fenómenos gravitacionales hasta ahora desconocidos, tal como la materia oscura del universo. También, que aplicaciones tecnológicas pudieran lograrse con la detección y completa descripción de estas ondas.

Referencias bibliográficas

- Abbott, B. P.; Abbott, R.; Abbott, T. D.; Abernathy, M. R.; Acernese, F.; Ackley, K.; Adams, C.; Adams, T. et al. (1 de enero de 2016). "Astrophysical Implications of the Binary Black Hole Merger GW150914". *The Astrophysical Journal Letters* 818 (2)
- Abbott, B.P. et al. (2016). "Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger". *Phys. Rev. Lett.* 116. 061102. doi:10.1103/PhysRevLett.116.061102.
- Astone P. (2002). "Search for gravitational wave bursts by the network of resonant detectors", *Classical Quantum Gravity*, 19, 1367-1375
- Barish, Barry C.; Weiss, Rainer (1999). "LIGO and the Detection of Gravitational Waves". *Physics Today* 52 (10): 44. Bibcode:1999PhT....52j..44B. doi:10.1063/1.882861.
- Barreto W., Da Silva A., Gómez R., Lehner L., Rosales L., Winicour J. (2005). "The 3-dimensional Einstein-Klein-Gordon system in characteristic numerical relativity" *Physical Review D*. 71(1). 064028-064045
- Bishop N., Gómez R., Lehner L. y Winicour J. (1996). "Cauchy characteristic matching", *Phys. Rev. D*, 54(10) 6153-1671
- Bishop N., Gómez R., Lehner L., Maharaj M. y Winicour J. (1999). "Incorporation of matter into characteristic numerical relativity", *Physical Review D*. 60(2). 24005-24015
- Bishop N., Gómez R., Lehner L., Maharaj M. y Winicour J. (1997). "High-powered gravitational news", *Physical Review D*, 56(10) 6298-6309
- Bondi H., van der Burg M. y Metzner A. (1962). "Gravitational waves in general relativity", *Proc. R. Soc. London Ser. A*, 269, 21-52
- Bunch, Bryan H; Hellemans, Alexander (2004). *The History of Science and Technology*. Estados Unidos: Houghton Mifflin Harcourt. p. 695. ISBN 978-0-618-22123-3.
- Castelvecchi, D. (s.f.). "Einstein's gravitational waves found at last". *Nature News*.doi:10.1038/nature.2016.19361.
- Castelvecchi, D.; Witze, W. (11 de febrero de 2016). "Einstein's gravitational waves found at last". *Nature News*. doi:10.1038/nature.2016.19361.
- Clark, S. (s.f.). "Gravitational waves: scientists announce 'we did it!'". *The Guardian*
- Davies P. (1980). "The search for gravity waves". Estados Unidos: Cambridge University Press
- Gómez R., Lehner L., Papadopoulos P. y Winicour J. (1997). "The eth formalism in numerical relativity", *Classical Quantum Gravity*, 14, 977-991
- Hariharan, P. (2007). *Basics of Interferometry*. Estados Unidos: Elsevier Inc. ISBN 0-12-373589-0.
- Herrera L., Hernandez Pastora J. L. (2000) "On the influence of gravitational radiation on a gyroscope", *Classical Quantum Gravity*, 17, 3617-3626
- Rosales, L., Jarrouj, Y. y Serrano, O. (2007). "Simulación de ondas gravitacionales en coordenadas de Bondi-Sachs" *Universidad Ciencia Y Tecnología*. 11, 44,
- Lazkoz R., Valiente Kroon J. A. (2003). "Ondas Gravitatorias", *Revista Mexicana de Física* 49 (4) 384-390

- Lehner L. (1999). "A dissipative algorithm for wave-like equations in the characteristic formulation", *Journal of computational Physics*, 149, 59-74
- López M. A., Gaspar J. y Manzanares J. (2006). "Aplicación del método de diferencias finitas en el dominio del tiempo a la simulación del campo electromagnético usando Matlab", *Revista Mexicana de Física E* 52 (1) 58-64
- Misner C. W., Thorne K., Wheeler J. A. (1973). "Gravitation". *Freeman*
- Naeye, R. (s.f.). "Gravitational Wave Detection Heralds New Era of Science". *Sky and Telescope*.
- Newman E. T. y Penrose R., J. (1966). "Note on the Bondi-Metzner-Sachs Group" *Math. Phys.* 7, 863-872
- Newman E. T. y Penrose R. (1965). *Phys. Rev. Lett.* 15, 231
- Overbye, D. (23 de Febrero de 2016). "Physicists Detect Gravitational Waves, Proving Einstein Right". *New York Times*.
- Penrose R. (1963). "Asymptotic properties of fields and space-times", *Phys. Rev. Letter* 10, 66-71
- (23 de Febrero de 2016). *Properties of the binary black hole merger GW150914*
- Rowan S. y Hough J. (2000). "Gravitational wave detection by interferometry (ground and space)", Living Reviews, www.livingreviews.org
- Weber J. (s.f.). "Evidence for discovery of gravitational radiation", *Physical Review Letters* 22, 1320-1324