

JUEVES NUCLEARES

16 de octubre de 2003

Miguel Embid

LA FÍSICA EN LAS PELÍCULAS DE CIENCIA FICCIÓN

INTRODUCCIÓN

Fecha estelar: 16102503.1830

Lugar: Sistema Solar. Planeta Tierra. Centro de mensajes holográficos.

Misión: *Proteger de una inminente invasión venusiana a la colonia humana que habita en Europa, la helada luna de Júpiter, situada a unos 630 millones de kilómetros de la Tierra.*

Nuestro protagonista se sube a una nave de propulsión iónica y en unos minutos se haya en su lugar de destino deshaciendo entuertos con su arma láser sin despeinarse en el proceso.

Nueva misión: *Ir al planeta Tarc de la Galaxia NGC4013 (miles de años luz) a recoger a los colonos que allí se encuentran.*

Aplicando a la nave velocidades hiperlumínicas, nuestro héroe llega allí en pocos días. Sin tener que aterrizar en el planeta Tarc, la población tarcuiana es teletransportada hasta el interior de su nave. Cumplida la misión, la nave regresa felizmente a la Tierra.

Uno de los principales atractivos de las películas y series de ciencia ficción es que la mayoría de los elementos tecnológicos y científicos que aparecen en ellas tienen algún tipo de justificación basado en las leyes actuales de la física teórica. Según se va complicando la trama de las películas, como en el caso de nuestro protagonista, se buscan explicaciones de mayor rigor científico.

La charla se centra principalmente en cuatro temas de física más comunes existentes en los relatos de ciencia ficción. En cada una de estos temas se explicarán: las leyes físicas en las que están fundamentadas, así como sus pros y contras y los experimentos actuales que los corroboran.

VIAJAR MÁS RÁPIDO QUE LA LUZ

En muchos de los relatos de ciencia ficción que transcurren en el espacio es necesario viajar entre estrellas y galaxias separadas entre sí años luz de distancia. Ante el desafío de viajar más lejos, nuestra reacción ha sido hasta ahora la de viajar más deprisa si queremos llegar en un tiempo razonablemente corto. Reacción lógica, en parte, pues si actualmente queremos

viajar a la estrella más cercana, moriríamos de vejez en el viaje de ida, cosa que haría resentir notablemente la trama del relato. Viajar a velocidades cercanas y superiores a las de la luz, significa conocer a fondo los convenientes (como la curvatura del espacio) e inconvenientes de la teoría de la relatividad planteada por Albert Einstein y sus efectos derivados en caso de poder alcanzar dichas velocidades [FOTO 1]. Los tres principales efectos, entre otros, a las que nos enfrentamos viajando a velocidades cercanas a la luz son por ejemplo que:

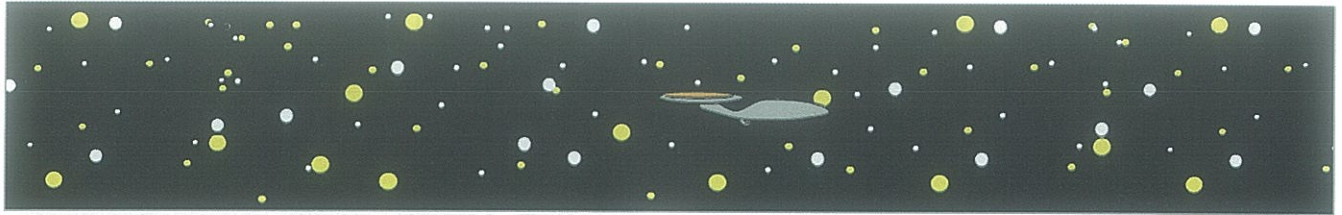
- las comunicaciones mediante ondas electromagnéticas o luz se vuelven imposibles debido al corrimiento doppler de las mismas.

- Una aceleración fuerte nos aplastaría contra nuestro asiento (efecto salsa de tomate). Por ejemplo, si queremos acelerar hasta la mitad de la velocidad de la luz soportando, mientras dure la aceleración, 3 veces nuestra gravedad, necesitaríamos 2.5 meses de tiempo de aceleración.

- Y lo que es más importante, los relojes de la nave comienzan a marchar más despacio que en el mundo exterior. Esto significa que por ejemplo, en el relato de la introducción, cuando nuestro protagonista ha llegado a la ga-

laxia NGC4013 (una de las galaxias más lejanas conocidas) el problema de la colonia que lo habita habría desaparecido, pues no habría ni colonia, ni seguramente planeta Tarc y lo que es peor, al regresar a la Tierra seguramente ésta tampoco existiría. Esto se puede comprobar hoy en día viendo las diferencias entre un reloj situado en la tierra y otro, previamente sincronizados, en los viajes de la nave Soyuz o Space Shuttle. Volando a una velocidad de 8 Km/s alrededor de la Tierra, se comprueba un retraso horario de 1E-7 %.

Pero no todo está perdido, aunque la velocidad de la luz constituye una barrera de por sí infranqueable, a nivel teórico nada impide, según las leyes de física teórica actual, que algo se mueva al otro lado de la misma a mayor velocidad de la luz. En 1962, los físicos Bilaniuk, Deshpande y Sudershan señalaron que las ecuaciones de Einstein permitirían la existencia de objetos con masa (llamada ésta por los matemáticos como "masa imaginaria") más allá de la velocidad de la luz. El físico norteamericano Gerald Feinberg nombró a esos objetos taquiones, de la palabra griega que significa veloz. Un objeto con masa imaginaria tendría propiedades muy



MÁS RÁPIDO QUE LA LUZ

Explicación física actual

Newton: T^0 y Espacio invariables. $v1 = v+V$

Einstein: Velocidad luz invariable. T^0 variable.

Coordenadas Espaciotemporales mezcladas entre sí. Existencia 4D

$$v1 = (v+V)/(1+vV/c^2)$$

Velocidad = Espacio / Tiempo

Espacio = 70% Energía + 30 Materia (27% desconocida + 3% visible)

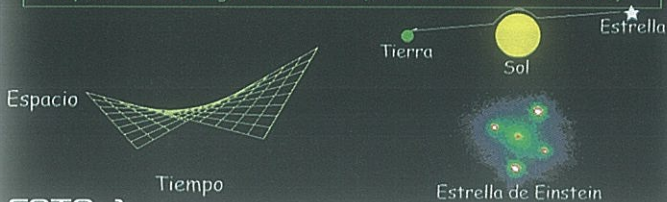


FOTO 1

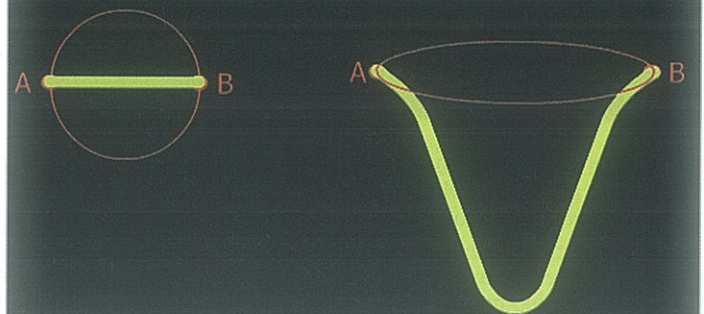


FOTO 2

diferentes de las de la masa ordinaria. Por ejemplo, los taquiones tienen más energía mientras más lentos son. Si se empuja un taquión, y así se le añade energía, se mueve más y más lentamente, hasta que con un empuje infinitamente fuerte se puede lograr que vaya tan despacio como la velocidad de la luz, pero nunca más lentamente. Algunos científicos sostienen que los taquiones, si existen, permitirían que se violara la ley de la causalidad (que la causa debe preceder al efecto, en el tiempo), y que esto hace inevitable su inexistencia. Indudablemente, nadie ha descubierto hasta ahora taquiones, y hasta que sean localizados será difícil defender su existencia, ya que ningún aspecto de sus propiedades parece afectar a nuestro Universo y, por tanto, obligarnos a creer en ellos, aunque no hayan sido descubiertos materialmente. Otra solución y siempre dentro de las leyes físicas actuales, sería la deformación del espacio, de modo que la distancia que nos separa al punto de destino se haga más corta, y la distancia que hay hasta el origen se alargue, según el estudio de Miguel Alcubierre manejando la teoría de relatividad de Einstein. Para conseguir este efecto túnel es necesario el empleo de energía negativa, cuánticamente teórica y susceptible de ser extraída del vacío según demuestra el efecto Casimir. [FOTO 2]

PROPULSIÓN ESPACIAL

En la gran mayoría de los relatos de ciencia ficción, cualquier sistema de

propulsión descrito en ellos está basado en el principio de acción-reacción. Los sistemas favoritos elegidos por los escritores son el uso de propulsores químicos parecidos a los actuales y el de la propulsión iónica, producida principalmente por reacciones de fusión por materia-antimateria.

Actualmente existen dos tipos de propulsión: la química para despegues y maniobras espaciales y la eléctrica que sólo puede ser utilizada en maniobras espaciales. La propulsión actual química se clasifica:

- Según su estado: propulsión sólida, líquida, gaseosa, plásmica, híbrida.
- Según número de componentes: mono, bi o tri-propelente
- Según temperatura de almacenamiento en tierra: almacenable, criogénica.

La propulsión eléctrica puede ser electrotérmica, electrostática o electromagnética.

Todos estos sistemas no alcanzan ni siquiera una centésima parte de la velocidad de la luz. Aún así se han hecho estudios teóricos de nuevas formas de propulsión con los que se podrían alcanzar teóricamente como máximo y admitiendo impulsos específicos perfectos, una velocidad máxima de 120.000 km/s (2/5 de la velocidad de la luz), velocidad muy lejana a las que se presumen en las películas de ciencia ficción. Los problemas principales de cualquier sistema de acción-reacción (expulsión de un flujo másico a altas

velocidades), por muy perfectos, eficientes y modernos que sean son muy diversos [FOTO 3]. Por ejemplo, en las actuales reacciones de fusión, el 1% de la masa es convertida en energía, aún así y aunque tuviera un rendimiento del 100%, el He producido saldría a sólo $1/8$ de la velocidad de la luz. Otro problema es la gran cantidad de combustible necesario para mover la nave a grandes distancias. Por ejemplo, para poder ir a $1/2$ de la velocidad de la luz, la nave Enterprise de la serie Star Trek "The next generation" tendría que usar 81 veces su masa en deuterio-antideuterio (combustible usado en la serie). Es decir, si la nave pesa 4E6 tons, se necesitarían unas 300E6 tons de deuterio en cada aceleración, que a su vez originarían 1E22 Watts, que es un billón de veces más de la energía que produce actualmente la humanidad. Y con todo ello, sólo podríamos acelerar hasta $1/2$ de la velocidad de la luz una sola vez.

De los estudios teóricos, hechos por la NASA, los sistemas más veloces y eficientes son los de propulsión materia-antimateria (1 gramo de antimateria equivale a 23 tanques externos usados por la Space shuttle actual). Estos se pueden clasificar en 4 tipos, según el tipo de reacción inducida a posteriori de la reacción materia-antimateria:

1. Reacciones de micro fisión y fusión. Proyecto ICAN-II. Objetivo: viajar a Marte en 120 días. Vuelo tripulado. [FOTO 4]

2. Reacciones de micro fusión. Proyecto AIM-STAR. Objetivo: viajar a

MOTORES ESPACIALES

Explicación física actual

Proyecto ORIÓN



1950-60. Uso de bombas nucleares para propulsión.

5 mini bombas por segundo.

Un panel absorbe la onda expansiva.

Pensado para viajes a Marte. Duración = pocos meses.

FOTO 3

la nube de Oort en 50 años (28 de propulsión actual y 22 de materia-antimateria). Vuelo no tripulado. [FOTO 5]

3. Creación de un núcleo de plasma. Objetivo: viajar a la nube de Oort en 40 años. Vuelo no tripulado.

4. Creación de un haz de partículas. Objetivo: viajes interestelares. Velocidad máxima 2/5 de la velocidad de la luz.

TELETRANSPORTE

Como solución a los problemas planteados en los dos temas anteriores, el teletransporte supondría la forma de viajar más rápida entre dos puntos. Como se ha dicho anteriormente la materia no puede viajar a la velocidad de la luz, pero la información sí puede. Por tanto, para trasladar un objeto desde un punto inicial a otro final sería necesario realizar los siguientes pasos:

1. Descomponer el objeto a trasladar en los átomos individuales que lo integran.

2. Guardar la información completa de cómo estaban esos átomos antes de ser separados del objeto. Dicha información consiste principalmente en saber que tipo de átomo es, su posición, su cantidad de movimiento y energía de ligadura con los átomos que le rodean.

3. Enviar esa información por métodos tradicionales (ondas de radio, haces de luz, etc) al puerto de destino.

4. Una vez llegada esa información de cada átomo y siempre en las mismas condiciones de temperatura, humedad, presión, etc, que hay en el puerto inicial, se procede a reconstruir el objeto como si de un mecano se tratase, usando como piezas o nuevos átomos los que hubiera almacenados previamente en el puerto de destino.

Como se puede deducir de los cuatro pasos a seguir, la teletransportación está llena de dificultades. Siguiendo una correspondencia con los puntos anteriores, éstas son:

1. La energía necesaria para desmaterializar los $1E28$ átomos que tiene un cuerpo humano de media es equivalente a la energía de una bomba atómica.

2. El principio de incertidumbre de Heisenberg nos dice que es imposible saber la posición y cantidad de movimiento de una partícula a la vez. O se conoce uno u el otro, pero no ambos a la vez.

3. La información mínima a transmitir es de $1E28$ bits. Si la velocidad máxima a día de hoy de transmisión de datos es de $5.4Gbits/s$, significa que actualmente necesitaríamos del orden de $1E18$ segundos ($5.8E9$ años) de transmisión de todos los datos. Otro dato es que hasta que no se descubran partículas hiperlumínicas como los taquiones, sólo se podría ir como máximo a la velocidad de la luz. Eso significaría que para viajar a la estrella más cercana de nuestro planeta necesitaríamos unos 10 años luz en el que estaríamos en el desmaterializados.

4. Las condiciones ambientales de desmaterialización-reconstrucción han de ser idénticas en ambos puertos, si no, se produciría un fenómeno de decoherencia que daría lugar a errores en la reconstrucción.

Actualmente se ha podido teletransportar un rayo láser (fotones) de una habitación a otra e incluso átomos de

MOTORES ESPACIALES

Explicación física actual

Materia - Antimateria: micro fisión/fusión



ICAN-II. NASA

Viaje a Marte en 120 días

140 nanogr de antimateria + 362 Tons D-T-U8
(9 partes DT - 1 parte de U238)

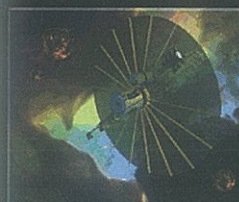
Masa Total = 625 tons, + 82 tons de carga adicional

FOTO 4

MOTORES ESPACIALES

Explicación física actual

Materia - Antimateria: micro fusión



AIM STAR. NASA

No tripulado

Pensado para ir a la nube de Oort (10000 u.a.)

Para ello se requieren 28.5 gramos antiprotones

Duración = 50 años

(28 propulsión actual + 22 AIM)

FOTO 5

hidrógeno basándose en el fenómeno de entrelazamiento cuántico [FOTO 6], descubierto en 1935 por Einstein, Ren y Podolski. Sólo determinadas partículas exhiben a nivel cuántico entrelazamiento y se las conoce como pares ERP, en virtud del cual, lo que sucede a una de ellas le sucede automáticamente a la otra, siendo además instantánea la transferencia de información entre ambas. Con esta estrategia no estamos midiendo en realidad las propiedades del fotón, con lo que no estamos vulnerando el principio de incertidumbre de Heisenberg. La información que se transmite es la de la medida del estado relativo de ambas partículas. El fotón inicial es destruido y esa información es trasladada a su par ERP. A nivel cuántico no hay diferencia entre el fotón inicial y el que llega al puerto final con la información del inicial. El principal problema planteado en este tipo de experimentos, sobre todo desde el punto de vista filosófico y teológico, es que la teletransportación implica la muerte del objeto u persona a trasladar en el puerto inicial y su posterior nacimiento (reconstrucción) en el puerto de destino. [FOTO 7]

TELETRANSPORTE

Explicación física actual



FOTO 6

TELETRANSPORTE

Explicación física actual

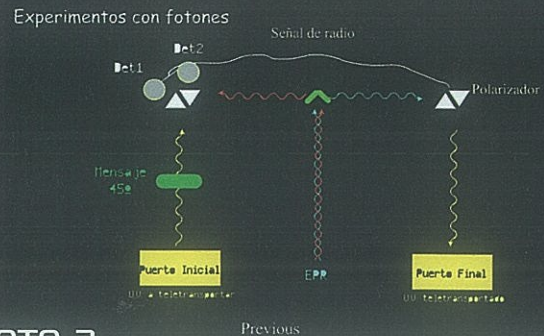


FOTO 7

HOLOGRAFÍAS

Últimamente es muy común ver en las películas de ciencia ficción, holografías tridimensionales proyectadas en el mismo aire que nos rodea. Incluso, como en el caso de Star Trek, en una habitación especial llamada Holodeck dentro de la nave Enterprise, las holografías se materializan.

Las holografías existentes hoy en día sólo pueden ser proyectadas sobre un soporte físico, como en un papel fotográfico, pantalla proyectora adaptada para tal fin o incluso sobre vapor de agua. Una holografía se basa en la interferencia de distintas longitudes de ondas de las que se compone la luz. El método tradicional de elaboración de una holografía es dividiendo un haz láser en dos. Una de esta divisiones se la hace pasar por una lente de tal forma que el objeto a fotografiar sea iluminado en su totalidad por este haz. El otro haz láser es también difuminado por otra lente de modo que la luz láser reflejada por el objeto se interfiere con el segundo haz láser difuminado sobre una placa fotográfica, dando fin a la holografía del objeto en cuestión. [FO-TO 8]

Hoy en día, es posible también hacer películas holográficas. El método es similar al tradicional salvo que de esta forma, el objeto a *holografar* es una película proyectada sobre una pantalla de cristal líquido, de manera que uno de los rayos láser atraviesa dicha pantalla en su totalidad. La interferencia de ondas, provenientes de la pantalla de cristal líquido y de la división inicial del láser, es proyectada sobre una pantalla especial elaborada a base de un "gel holográfico" que no necesita tratamiento químico alguno, dando lugar a una película holográfica en color. [FO-TO 9]

Como se ha visto, es del todo necesario en ambos casos, que la interferencia de ondas para dar lugar a una holografía sea proyectada sobre un so-

porte físico. Hoy en día se estudia el hecho de usar micro láminas de vapor muy fino de agua también como soporte físico.

LICENCIAS CINEMATOGRAFICAS

Para acabar este artículo trataré además dos temas muy usados en el cine y literatura de ficción, como son: la propagación de ruido en el espacio y la invisibilidad.

Propagación de ruido en el espacio.

Es un hecho frecuente el ver, o mejor dicho, oír las explosiones de naves en el espacio así como el ruido de disparos láser en las batallas espaciales. Esto es lo que llamaríamos una licencia cinematográfica, que no error, pues de películas de ficción se trata y no de documentales. La razón de por qué no podemos oír ruido en el espacio es por que en él existe un vacío casi perfecto que impide que las ondas de sonido se propaguen con la misma facilidad que lo hacen dentro de nuestra atmósfera. Eso sí, hay que reconocer que ver una explosión sin oír el ruido es mucho menos espectacular que otra con un ruido atronador.

Invisibilidad. El poder estar en un sitio sin ser vistos es un argumento usado en infinidad de relatos de ciencia ficción. La luz blanca que nos rodea, se compone de todas las longitudes de onda que podemos ver en un arco iris. Los materiales absorben parte de este conjunto de ondas y precisamente el color (longitud de onda característica) que vemos es la que es rechazada por el material. El aire que respiramos no lo vemos dado que las moléculas que lo componen están muy separadas entre sí. Cuando éstas están más próximas podemos verlas en forma de nubes. Con todo lo dicho es imposible la invisibilidad tal cual se plantea en los

relatos de ficción, pues un objeto que refleja luz, la reflejará en todo momento a no ser que el objeto sea desmaterializado, en ese caso el objeto pierde sus cualidades y hablaríamos de átomos y moléculas enormemente dispersadas entre sí. La forma actual de conseguir la invisibilidad de un objeto es por mimetismo, es decir, adaptándose al medio de una forma u otra. Otra forma teórica es por medio de la creación de un enorme campo gravitatorio entre el objeto que quiere ser invisible y un observador. De esta forma la luz sería desviada como de una lente óptica se tratase, aunque en este caso hablaríamos de lente gravitatoria. El problema es que el campo gravitatorio atraería hacia él, al observador y el objeto en cuestión.

En cualquier caso es muy interesante ver como este tipo de género literario recoge las leyes de la física actual y las adapta o teoriza al máximo para hacernos pasar un rato agradable y entretenido.

BIBLIOGRAFÍA

- "Einstein and the frontiers of physics". Bernstein, J. Oxford England: Oxford University Press, 1997
- "A gain assisted superluminal light propagation". Wang, L.J., Kuzmich, A., Dogario, A. Nature 406, 277-279, 2000
- "Field theory of tachyon matter". Ashoke Sen. Modern Physics letters A, Vol 17, No 27 (2002) 1797-1804.
- "Tachyons and the instability of physical systems". A. Yu Andreev, D.A. Kirzhnits. Physics-Uspekhi. 39 (10) 1071-1076. Russian Academy of Sciences.
- "The warp drive: hyper-fast travel within general relativity". Miguel Alcubierre. Class. Quantum Grav. 11 (1994), L73-77
- "Emerging possibilities for space propulsion breakthroughs". Marc G. Millis.

HOLOGRAFÍAS

Explicación física actual

Holografía tradicional

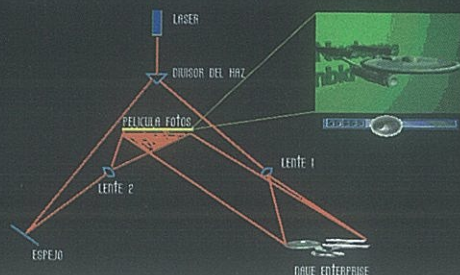


FOTO 8

HOLOGRAFÍAS

Explicación física actual

Holografía moderna

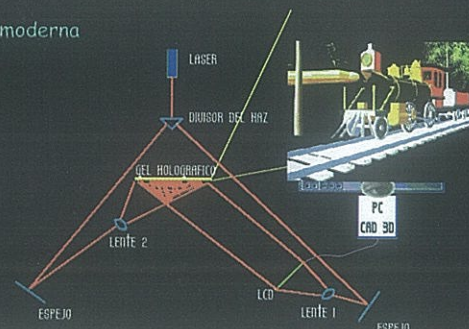


FOTO 9

Interstellar Propulsion Society Newsletter, Vol. 1, No.1, July 1, 1995.

- <http://www.spacetransportation.com>
- "Exotic concepts for future propulsion and space travel". Mead, F.B.Jr. Chemical propulsion Information Agency, CPIA Publication 528, p. 93-99, (May 24, 1989).
- "Spacetime hypersurfing". Szpir. M. In American Scientist, Vol. 82, p. 422-423, (September-October 1994)
- "Teleportation of entangled states". V.N. Gorbachev, A.I. Zhiliba and A.I. Trubilko. Journal of Optics B: quantum and semiclassical optics. (2001) S25-S29
- "Teleporting and unknown quantum state via dual classical and EPR channels". C.H. Bennett et al. Phys. Rev. Letters Vol 70, pp 1895-1899 (1993)
- "Instant teleportation". Tony Sudbury. Nature vol.362, pp 586-587 (1993)
- "Select papers on holographic interferometry: principles and techniques". R.S. Sirohi (Ed). Hardcover. 1998.
- <http://www.zebraimaging.com>

PELÍCULAS Y LITERATURA DE FICCIÓN

Viajar más rápido que la luz

- *Tau Cero*. Poul Anderson
- *La Guerra de las Galaxias IV*. ©Lucas-film & LTD
- *Star Trek "The next Generation"*. ©Paramount Pictures
- *Tropas del Espacio*. Heinlein.
- *La guerra Interminable*. Joe Haldeman
- *Sudario de Estrellas*. Gregory Benford
- *El palacio de la eternidad*. Bob Shaw
- *Esfera*. Michael Crichton
- *Contact*. Carl Sagan

Motores espaciales

- *Star Trek "The next Generation"*. ©Paramount Pictures

- *El Quinto Elemento*. Luc Besson
- *2001: una odisea del espacio*. Stanley Kubrik
- *La Guerra de las Galaxias I*. ©Lucasfilm & LTD
- *Misión a Marte*. Stanley Kubrik
- *El palacio de la eternidad*. Bob Shaw

Teletransporte

- *Star Trek "The next Generation"*. ©Paramount Pictures
- *La Mosca*. ©20th Century Fox
- *El mundo al final del tiempo*. Frederick Pohl

- *Mundo anillo*. Larry Niven
- *Hyperion*. Dan Simmons
- *La caza del Nimrod*. Charles Sheffield
- *Estación de Transito*. Clifford D. Simak
- *Las estrellas mi destino*. Alfred Bester
- *El experimento Filadelfia*. Stewart Raffill

Holografías

- *Star Trek "The next Generation"*. ©Paramount Pictures
- *Minority reports*. ©20th Century Fox
- *La Guerra de las Galaxias IV*. ©Lucas-film & LTD.

Miguel Embid Segura. Doctor en Ciencias Físicas. Máster en Energía Nuclear (CIEMAT-UAM) Desde 1995 hasta diciembre de 1997 trabajó en el Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN), en el proyecto del Amplificador de Energía dentro del grupo de Tecnologías Energéticas Emergentes. Desde 1998 pertenece al grupo de Fisión Asistida por Acelerador y Transmutación de Isótopos (FACET) del CIEMAT.