

¡CHECA ESTO!

Número 090, 04/febrero/2015

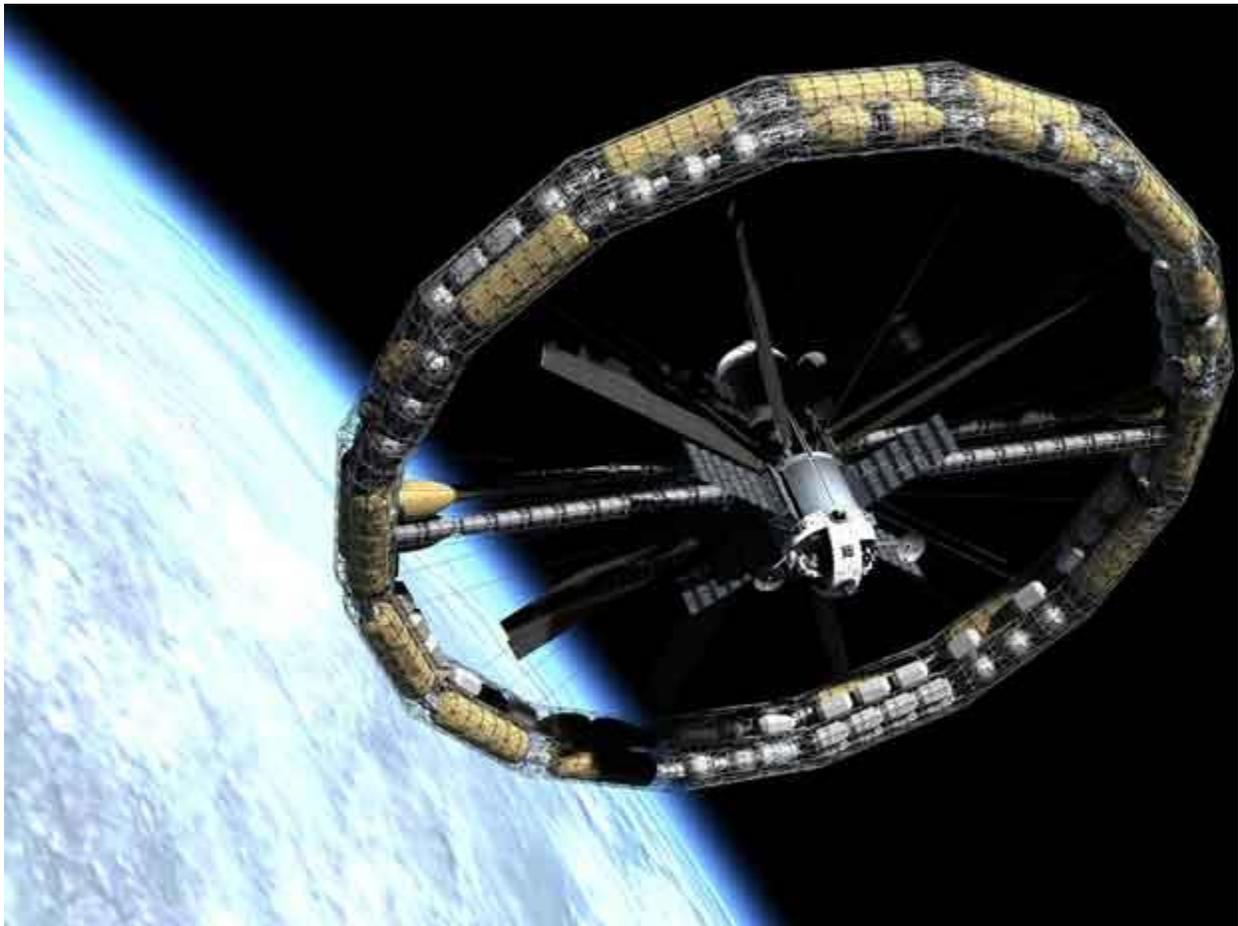
Jerry N. Reider Burstin (jnreider@anahuac.mx)
Coordinador Académico, Área Electricidad y Telecomunicaciones
Facultad de Ingeniería – Universidad Anáhuac.

Viajes tripulados interplanetarios e interestelares.

Parte 09



Si quieres llegar lejos necesitarás dar muchas vueltas



De la variedad de información presentada en las ediciones anteriores de esta serie, referente a los viajes interplanetarios e interestelares, no queda duda alguna que en el espacio existen condiciones extremadamente nocivas en contra de la salud. A su vez, estas condiciones adversas plantean importantes cuestionamientos en cuanto a la viabilidad de emprender semejantes misiones y la prudencia para simplemente intentarlo. A nadie le conviene que todos los viajeros lleguen a su destino ya sea muertos o incapacitados a un grado irreparable.

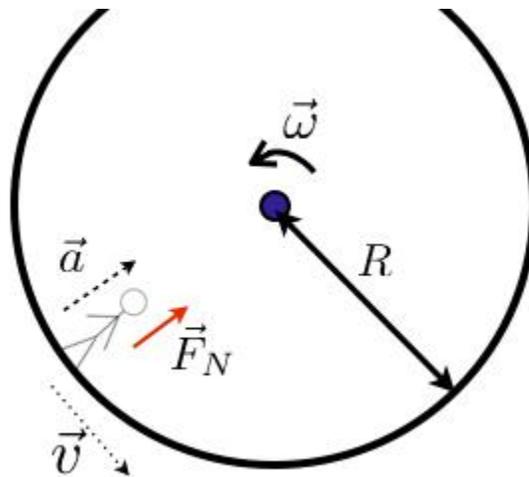
Por fortuna, en su búsqueda de soluciones la Ciencia ha identificado diversas posibilidades interesantes las cuales, necesariamente, habrán de ser objeto de estudios más detallados. Entre ellas, y atendiendo a su relativa sencillez, destaca el tema de la gravedad artificial y, con base en la cual resultaría factible neutralizar prácticamente todas las afectaciones fisiológicas derivadas de una exposición prolongada a un ambiente microgravedad.

No obstante existir diversos métodos para establecer un campo gravitatorio artificial en una nave espacial – a saber:

- Rotación
- Aceleración lineal
- Magnetismo

Lo cierto es que, guardando las debidas proporciones, el primero de éstos – y si acaso el segundo – podrían ser aquellos que rindan los mejores resultados a la larga, aunque a cambio de un cierto costo, mismo que requiere de un cuidadoso análisis.

Para visualizar lo anterior es menester recurrir al Principio de Equivalencia, formulado por Albert Einstein en su tratado referente a la Relatividad General. Conforme a este Principio, los efectos derivados de una masa gravitacional son indistinguibles de aquellos debido a una masa inercial. Dicho en otra forma, la “fuerza” gravitatoria percibida por un observador quien se encuentra parado sobre un cuerpo masivo es similar a la “pseudo-fuerza” experimentada por dicho observador si se ubica dentro de un marco de referencia acelerado.



Tal como se ilustra en la figura previa, una versión práctica para la implantación de este concepto consistiría en diseñar las naves en forma de anillos rotatorios de modo tal que sobre la cara interna de su pared exterior actúe una fuerza centrípeta capaz de mantener a todos los objetos “pesando” contra ella.

Las siguientes ecuaciones permiten cuantificar la magnitud de este campo gravitatorio artificial en términos tanto del radio de esta pared externa como de su velocidad rotacional:

$$g = \frac{R \omega^2}{9.81} = \frac{R \left(\frac{2 \pi N}{60} \right)^2}{9.81}$$

O, bien:

$$R = \frac{9.81 g}{\omega^2} = \frac{9.81 g}{\left(\frac{2 \pi N}{60} \right)^2}$$

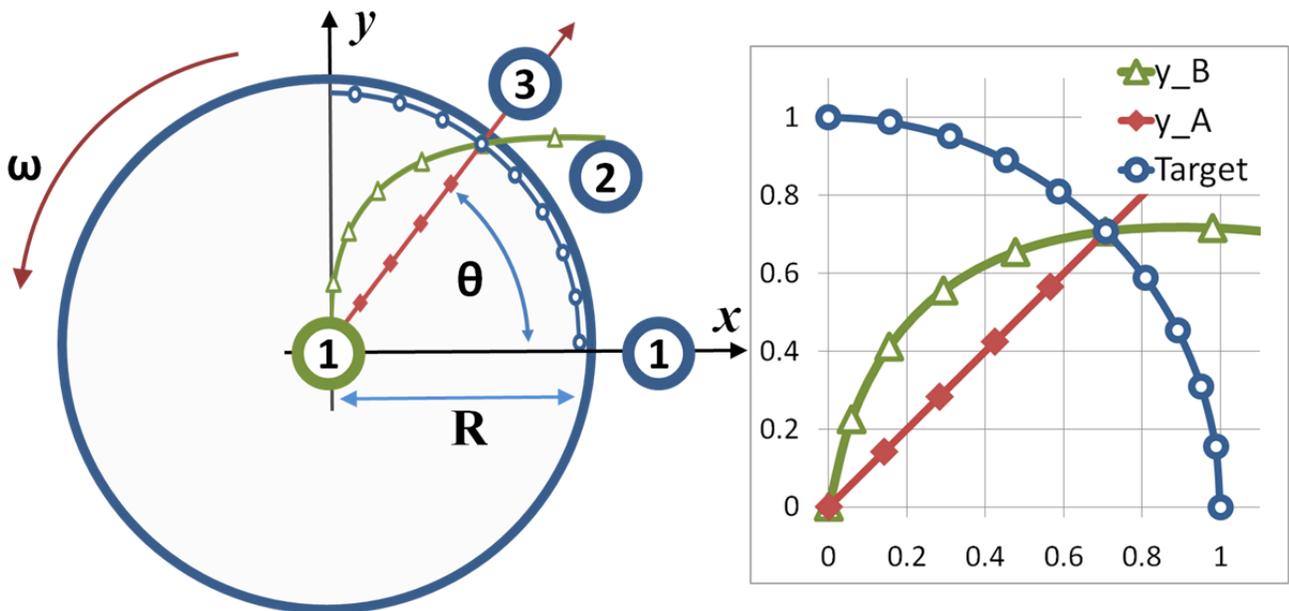
El significado de las variables y coeficientes que intervienen en estas ecuaciones es:

- g:** Fuerza gravitatoria, dada en términos de la fuerza estándar sobre la superficie terrestre. Por ejemplo, si $g = 0.50$ entonces la fuerza gravitatoria resultante es igual al 50 por ciento de la atracción gravitatoria estándar.
- R:** Radio, en metros.
- ω :** Velocidad angular, en radianes por segundo
- N:** Velocidad de rotación equivalente, en revoluciones por minuto.
- 9.81:** Constante normalizadora para convertir de metros por segundo cuadrado a “gravidades terrestres”.

Pero, no obstante que en el caso rotacional los retos ingenieriles para alcanzar esta solución son relativamente modestos, vale tomar debida nota en cuanto a los factores de escala resultantes, así como en lo referente a otras consideraciones:

Fuerza centrífuga: En contraste con la gravedad real, misma que atrae hacia un punto central, esta “pseudo-fuerza” produce un efecto consistente en empujar alejando de un centro común. Si el radio es relativamente pequeño – con su correspondiente velocidad rotacional más rápida, la magnitud de la fuerza varía en forma inversamente proporcional a la distancia con respecto al centro de rotación. Eso haría que, por ejemplo, la cabeza de una persona experimentara menos fuerza gravitacional que las piernas llevando a posturas incómodas y dificultad para moverse.

Efecto Coriolis: Explicado originalmente en 1835 por el científico francés Gaspard-Gustave Coriolis, se trata de una fuerza aparente que actúa sobre los objetos que se mueven con respecto a un marco de referencia rotatorio. Esta fuerza tiene una línea de acción ortogonal al movimiento “vertical” de “caída” a manera de producir una trayectoria curva, tal como se ilustra en la figura a continuación. En realidad la explicación es sencilla pues basta notar que cuando un objeto cae hacia la pared externa en el interior de un cilindro en rotación, desde el punto de vista de dicho objeto pareciera ser que “el piso se traslada lateralmente moviéndose debajo de él”.



Así, en adición a la “pseudo-fuerza” gravitatoria, los tripulantes alojados en el interior de una nave espacial que gira sentirán un empuje en un sentido contrario a la rotación lo cual puede resultar inconveniente y hasta molesto debido a la influencia que dicha “fuerza” ejerce sobre el sistema vestibular ubicado en el oído interno. Para velocidades de giro por encima de las siete revoluciones por minuto son pocas las personas que podrán evitar los mareos y las náuseas. La única solución viable para mitigar este efecto consiste en reducir la velocidad de rotación a magnitudes por debajo de las dos revoluciones por minuto.

Energía cinética almacenada: En el caso de un conjunto constructivo grande – mayor a decenas de metros; superior a varios centenares de toneladas – se requiere de un motor cohete y suficiente combustible para poner en marcha el movimiento de rotación y para controlarlo. A este efecto se cita el caso de la Estación Espacial Internacional (pequeña en comparación con una nave interestelar y que no se encuentra en rotación) cuyas dimensiones lineales son $108.5 \times 72.8 \times 20$ metros y acumula una masa de aproximadamente 450 toneladas.

Consideraciones estructurales: Se requiere dotar a la estructura de la rigidez adecuada para soportar los esfuerzos resultantes de este movimiento rotacional, así como de la presión hidrostática, igual a diez toneladas por metro cuadrado, propia de contener una atmósfera estándar en su interior.

Problemas constructivos: De existir partes sin rotación – por ejemplo, puertos para el acoplamiento de otras naves menores – se necesita diseñar una interfaz libre de fricción, pero que al mismo tiempo garantice un sello confiable a prueba del vacío espacial.



Imagen tomada de la cinta cinematográfica “2001, Odisea del Espacio” – Metro-Goldwyn Mayer.



Otro posible aspecto de una ciudad completa en el espacio.

Para concluir, así como para brindar una idea palpable en cuanto a los tamaños involucrados, se menciona que para producir una fuerza equivalente igual a la gravedad terrestre – $1.0 g$ –, a una velocidad rotacional inferior a dos revoluciones por minuto tal que no resulte objetable para la mayoría de las personas, el radio mínimo necesario es de 224 metros. O sea, un diámetro de alrededor de cinco manzanas de una ciudad.

Claro está, podrían usarse magnitudes más pequeñas de fuerza gravitacional lo cual redundaría en una disminución del tamaño. Pero como el valor mínimo aceptable de gravedad artificial que se requiere para asegurar una misión de larga duración libre de problemas aún es tema de debate, seguramente los científicos e ingenieros responsables de manejar esta cuestión seguirán dando muchas vueltas hasta que encuentren una solución que constituya un compromiso aceptable y susceptible de ser llevado a la práctica.