

MEDIO AMBIENTE ESPACIAL

Por Roberto Conte



Los distintos satélites, sondas espaciales, aparatos científicos y otros equipos que están en órbita alrededor de la Tierra, la Luna, Marte, o más allá, están dentro de un medio ambiente muy difícil, inhóspito, lejano y peligroso, tanto para seres vivos como para el equipo que está trabajando allí. Para los profesionistas que trabajan dentro de las áreas de las ciencias y tecnologías espaciales es muy importante conocer las características de este medio ambiente en el espacio exterior, donde se encuentran y trabajan los satélites artificiales en sus distintas órbitas, las sondas espaciales autónomas, y las naves tripuladas así como la Estación Espacial Internacional (EEI), en lo que se conoce como el Medio Ambiente Espacial.

La Atmósfera y el Medio Ambiente Terrestre

La Tierra es el único planeta del Sistema Solar que contiene una atmósfera sobre su superficie, la cual cuenta con una combinación de gases (aire), líquidos (agua), presión atmosférica, humedad relativa y temperatura tales, que permiten la existencia de los seres vivos que conforman el reino animal y el reino vegetal en este mundo. Sin embargo, y dado que la cantidad, riqueza y variedad de las especies vivas en el mundo es tan grande, es importante conocer porqué los demás planetas del Sistema Solar (y sus lunas) carecen de vida, mientras que la vida abunda en la Tierra y está en continua explosión desde hace 3 mil millones de años, lo cual sucede particularmente debido a que tenemos atmósfera.

La atmósfera que permite la vida en la Tierra está constituida principalmente por gases (70% Nitrógeno, 25% Oxígeno, 5% otros) y líquidos (Agua, Oxígeno, Bióxido de Carbono).

Aire.- El aire es una mezcla de diversos gases, como se menciona arriba, que permite que los seres vivos existan. El vapor de agua (H_2O) es uno de los gases que conforman el aire, y es importante porque contiene moléculas de Oxígeno que, al entrar a nuestros pulmones durante la respiración, introducen oxígeno a nuestra sangre, músculos, cerebro y a otros órganos que necesitamos para nuestra vida diaria. Esto mismo hacen todas las especies animales, en tierra y aire (pulmones) así como agua (branquias), que sacan el oxígeno del fluido en el cual viven (aire o agua). Por otro lado, todas las plantas lo hacen a través de sus hojas y ramas. Los buzos pueden respirar bajo el agua mediante el uso de tanques de aire entubados a una boquilla, al igual que los astronautas fuera de su nave, mientras que las mujeres embarazadas aportan aire a sus fetos mediante el cordón umbilical.

Humedad Atmosférica.- Como se vio arriba, dentro de los gases que conforman el aire de nuestra atmósfera se tiene un porcentaje importante de vapor de agua suspendido en el aire, que proporciona diversos grados de humedad al ambiente, conocido como Humedad Atmosférica.

Presión Atmosférica.- Todo el aire alrededor de la Tierra, aunque sea ligero, tiene una masa que le implica el peso de dicha molécula. Las moléculas de los gases que forman parte de nuestra atmósfera son atraídas hacia el centro de la Tierra por efecto de la gravedad, y tienen un peso determinado. Las moléculas de la parte inferior de la atmósfera (a nivel del mar) cargan con las moléculas de la columna de aire que sostienen más arriba, lo que ejerce una fuerza que hace presión sobre las moléculas que están más abajo. Esta presión, que depende de la altura de la columna de moléculas sobre ella, se conoce como presión atmosférica. Todo ser vivo está adaptado para vivir en las condiciones de presión atmosférica en que vive y se desarrolla (tierra, mar o aire), pudiendo hacer breves adaptaciones a su presión interna en algunos casos, aunque dentro de ciertos límites.

La presión atmosférica es el peso de la columna de aire por unidad de área (medido en cm^2) que rodea al objeto bajo observación. Dado que la longitud de la columna varía desde el límite superior de la atmósfera, la presión atmosférica en la cima de una montaña alta es menor a la presión en el nivel del mar, donde la columna es más grande y la presión es mayor. En el espacio, al no haber columna de aire por no existir atmósfera, se tiene una presión casi nula, que haría explotar a cualquier ser vivo fuera de la atmósfera. Los seres vivos necesitamos un intervalo de presión media para vivir ni muy alta ni muy baja, para que nuestro cuerpo pueda funcionar correctamente. Por eso las naves espaciales deben estar presurizadas, igual que los aviones de gran altura (sobre-presurizados) y los submarinos bajo el agua (sub-presurizados), siempre dentro de los márgenes permitidos de seguridad para el cuerpo.

Temperatura Ambiente.- Es la temperatura que tiene el fluido (agua o aire) que conforma la atmósfera alrededor de la persona, animal, pez, planta o cualquier otro objeto, que le permita funcionar correctamente. Todas las especies vivas tienen una serie de temperaturas en las que pueden vivir cómodamente: en el caso de los humanos. Nuestra temperatura corporal es de 36.5 grados centígrados, mientras que otras especies tienen otras temperaturas que caen dentro de la temperatura atmosférica, también conocida como Temperatura Ambiente. Sin embargo, la temperatura ambiente se mantiene estable gracias a su interacción térmica con los gases y fluidos atmosféricos que nos rodean. En el espacio exterior no hay atmósfera ni gases ni fluidos que ayuden a mantener una temperatura estable por lo que el espacio exterior es extremadamente frío, con una temperatura fijada por la radiación posterior del Big Bang a 2.7 Kelvin (270° centígrados bajo cero). Por esta razón es que los seres humanos necesitan un traje espacial con temperatura controlada para sobrevivir fuera de la atmósfera de la Tierra. Los componentes eléctricos y electrónicos tampoco pueden operar a temperaturas tan bajas, por lo que deben ser calentados de alguna manera para operar en el espacio, ya sea en cohetes, satélites, sondas, la estación espacial, y naves o robots espaciales.

Magnetósfera.- La Magnetósfera es la capa externa de la atmósfera, más allá de la ionósfera, hasta donde llega el campo magnético de la Tierra y la cubre completamente, creando una especie de escudo magnético a su alrededor, y que nos protege de radiaciones de partículas de alta energía provenientes del Sol y de otros cuerpos espaciales. Este mismo campo magnético esférico alrededor de la Tierra es el causante de alinear las agujas de las brújulas para orientarnos sobre la superficie de la Tierra, aunque también es el causante de energizar las capas exteriores de la atmósfera, que por un lado nos protegen de radiaciones cósmicas y por otro interactúan con la radiación solar y crean las Auroras Boreales sobre los polos norte y sur de la Tierra, proporcionando hermosos espectáculos naturales en esas latitudes.

Cinturones de radiación de Van Allen.- Las partes más lejanas de la Magnetósfera tienen un par de regiones circulares alrededor del ecuador de la Tierra conocidas como Cinturones de Van Allen, que contienen partículas con fuertes cargas energéticas, que son creadas por la interacción entre la Magnetósfera de la Tierra, la energía proveniente del Sol y de otras fuentes de radiación cósmica que inciden sobre ella. El primer cinturón de Van Allen está entre los 1,000 y 6,000 km de altura sobre la superficie de la Tierra, y consta principalmente de protones de alta energía, mientras que la segundo cinturón de Van Allen se encuentra entre los 13,000 a 60,000 km de altura sobre la superficie de la Tierra, y consta principalmente de electrones. Se evita la presencia de circuitos y dispositivos electrónicos dentro de los cinturones de radiación de Van Allen por grandes períodos de



tiempo, ya que la interacción de estas partículas energéticas con fenómenos aleatorios como la radiación cósmica y solar, genera la creación y descarga de corrientes y voltajes electrostáticos aleatorios dentro de sistemas electrónicos, pudiendo dañar su operación manera permanente. Se evita el uso de órbitas para satélites a estas alturas, y siempre se proporciona blindaje contra esta radiación a todo material, equipo y astronautas que pasen por estas regiones.

El Espacio Exterior

La atmósfera y el campo magnético de la Tierra nos protegen del pase de partículas energéticas subatómicas de la radiación cósmica, pero esto sólo sucede dentro de la protección de la atmósfera geomagnética de la Tierra. Se denomina como Espacio Exterior a todo el espacio vacío que se encuentra rodeando a la Tierra más allá de los límites superiores de la Atmósfera Terrestre, y que oficialmente se ubica más allá de los 100 km de altura sobre el nivel del mar. Básicamente, el espacio exterior incluye a todo el Universo, excepto la parte ocupada por materia y gases que corresponde al planeta Tierra y su atmósfera correspondiente.

Aunque las galaxias, estrellas, planetas, satélites, asteroides y cometas pueden tener grandes dimensiones, se considera que la vasta mayoría del universo se encuentra vacía, esto es, sin material alguno que se encuentre disperso entre todo lo anterior. Aunque el espacio no está completamente vacío, se considera que no hay más de un átomo de Hidrógeno por metro cúbico en el espacio intergaláctico, con inmensas concentraciones de materia condensada en las estrellas y galaxias y, en muchísima menor escala, en planetas, lunas, asteroides y nubes de gases.

El Vacío Absoluto.- Dado que en el espacio exterior no hay atmósfera y, por lo tanto, tampoco presión atmosférica, y que en el espacio entre planeta, estrellas tampoco hay ningún otro tipo de materia, se dice que el espacio exterior tiene un vacío.

Radiación Solar y Partículas de Alta Energía.- La radiación espacial proviene generalmente viene de tres causas: Los Cinturones de radiación de Van Allen, Protones y Partículas energéticas solares, y Rayos cósmicos...

Impactos de Basura Espacial.- Aunque se considera que el espacio exterior es infinitamente vasto, y que en su mayor parte está vacío, la realidad es que es un medio sumamente hostil para cualquier objeto que se encuentre en la periferia de partículas de alta energía o en el camino de objetos materiales con altas velocidades.



Resistencia o Roce Atmosférico.- Es la fuerza que se opone al movimiento de objetos en órbita alrededor de la Tierra, debido al roce o fricción con las capas superiores de aire en la atmósfera. Su efecto principal es la reducción de la velocidad orbital del objeto, por lo que éste disminuye su altura orbital y decae lentamente hacia la superficie del planeta.

Efectos en seres humanos

El cuerpo humano está diseñado y acostumbrado por millones de años de evolución para vivir y sobrevivir dentro de un medio ambiente controlado por la atmósfera terrestre, con las condiciones de temperatura, humedad, presión y radiación existentes.

La exposición de radiaciones ionizantes en el espacio trae efectos dañinos similares a las fuentes radiantes que se utilizan para la toma de radiografías mediante Rayos X, o la de una planta de energía nuclear. El grado de afectación depende directamente del tiempo de exposición y de la densidad de energía radiada. Los cinturones de radiación omnipresentes se extienden hasta la altitud de la nave especial tripulada del transbordador especial como el caso de la Estación Espacial Internacional (ISS) y el Space Shuttle, pero la exposición acumulada es aceptable dentro de las condiciones normales. Durante un evento de larga duración en el espacio, se debe considerar la ráfaga de partículas solares que pueden aumentar el flujo por uno o varios ordenes de magnitud. Existen áreas dentro de ISS donde el espesor de la superficie de la nave espacial y el equipo puede proporcionar protección adicional y puede mantener la dosis total absorbida dentro de límites seguros de vida. Para la nave, cuando los límites son superados, tal acontecimiento habrá requerido una terminación inmediata de la misión para mantener la seguridad de la vida de los ocupantes de la nave.

El Espacio en Órbitas Bajas.- Los mayores problemas que se presentan en el medio ambiente espacial que se encuentran en las órbitas bajas (entre 400 y 2,000 km de altura) suele estar en dos áreas principales: 1) el roce de los satélites con las capas superiores de la atmósfera, causando la pérdida de velocidad centrífuga y, por consiguiente, de la altura orbital del satélite, causando variaciones en el paso orbital de los satélites; y 2) posibles colisiones con otros satélites a órbitas similares, que cada vez más aglomerados cerca de la Tierra, y donde mayormente crece la cantidad de objetos que conforman lo que se denomina Basura espacial. Éstos pueden ser desde más de 15,000 objetos entre 1 y 20 cm que son partes de cohetes y satélites, hasta cientos de objetos de más de 100 kg, que orbitan la Tierra a muy alta velocidad. Las órbitas LEO son muy populares para múltiples aplicaciones, incluyendo a países, empresas e instituciones nuevas participantes en las ciencias y tecnología espacial, lo que está saturando las LEO rápidamente, aumentando el riesgo de colisiones.

El Espacio en Órbitas Medias.- El mayor problema para equipo eléctrico y electrónico espacial presente en las órbitas medias (entre 15,000 y 25,000 km de altura) es el daño electrostático a sus componentes, causado principalmente por efectos de ionización y descargas de partículas de alta energía, dado que las MEO están fuera de la protección atmosférica y más allá del segundo cinturón de Van Allen. En realidad, las órbitas MEO se usan casi exclusivamente para servicios de navegación y posicionamiento global por satélite, y próximamente se tendrán cuatro sistemas diferentes con múltiples constelaciones, sumando más de 120 satélites simultáneos en total en órbita media al llegar a 2020.

El Espacio en Órbitas Geoestacionarias.- El Medio Ambiente Espacial en la Órbita GEO está principalmente dominado por problemas en equipos y sistemas electrónicos derivados de la radiación por partículas energéticas existentes en el espacio exterior, a distancias de 36,000 km de la Tierra, fuera de toda influencia magnética y atmosférica terrestre. También existe un problema cada vez mayor en esa órbita debido a que, al ser la preferida por los operadores de sistemas satelitales por las ventajas que presenta la posibilidad de contar con un satélite en una posición fija relativa sobre el ecuador de la Tierra, han habido una gran cantidad de satélites en esa órbita desde los inicios de la carrera espacial, por lo que existen muchos restos de satélites fuera de servicio que pueden causar colisiones con los que están todavía operando normalmente. Aunque las probabilidades de un choque son muy bajas, la órbita GEO es muy precisa y concentra mucha de la basura espacial generada a la fecha.

El Espacio en Órbitas Extraterrestres.- Finalmente, es importante indicar que existe una cantidad inmensa de partículas y objetos de origen natural, tanto planetario como estelar en el universo, con trayectorias desconocidas y que viajan a velocidades tales que las convierten en peligrosos proyectiles para equipos, naves, tripulación y todo tipo de aparatos hechos por el hombre, que fueron enviados al espacio para que nos proporcionen información de lo que existe fuera de nuestro mundo. En el espacio interplanetario, interestelar e intergaláctico también se corren grandes riesgos para equipo y personas, por la existencia de explosiones estelares, supernovas, agujeros negros, quasares y pulsares, que conllevan a la continua renovación y expansión del universo.

Estudio del Medio Ambiente Espacial en México

Es importante que México forme parte de las naciones que realizan actividades en el estudio, desarrollo e innovación de Tecnología Robótica y Mecatrónica orientada al espacio.



Para lograr esto, es necesario formar grupos de trabajo en el área de robótica y mecatrónica, de los cuales hay varios en el país, pero con conocimientos de tecnología, aplicaciones y medio ambiente espacial, de los cuales hay muy pocos en el mundo. En la actualidad existen numerosas instituciones académicas y de educación superior en México que ofrecen programas de estudios, capacitación y posgrado en robótica y mecatrónica, principalmente en la UNAM, el IPN, el CINVESTAV, la UAM o el CICESE. Además, la gran mayoría de las universidades autónomas estatales y los institutos tecnológicos regionales, tienen grupos de trabajo, de investigación y posgrado en estas áreas, aunque sólo en la UNAM (Institutos de Ingeniería y de Geofísica-CU, Instituto de Ingeniería-Querétaro) y en el CICESE-Ensenada, se está trabajando en los inicios de lo que será la robótica y mecatrónica espacial mexicana. Sin embargo, es necesario crear más grupos de trabajo y de investigación en estas áreas, que es también del interés de la Agencia Espacial Mexicana. Es importante que dentro de las futuras generaciones de científicos y tecnólogos mexicanos, se cuente con cada vez más personas trabajando en el área de robots espaciales, colaborando con profesionistas, grupos y agencias espaciales de México y de otros países.