

José Luis Giordano

Julio 3, 2007 (Última revisión: Mayo 03, 2010)

1-QUÉ ES

Un **cohete de varias etapas** es un **cohete** cuya estructura está fragmentada en partes o "etapas", cada una con **motores de propulsión a chorro**, combustible y oxidante, con propulsión independiente del resto.

El extraordinario **cohete de tres etapas Saturno V** fue desarrollado por la *National Aeronautics and Space Administration* (**NASA**) para el **Programa Espacial Apollo** de U.S.A. Este gigante de 363 pies (110.64 m) de altura que se desarrolló para lanzarlo con un peso 6.4 millones de libras (2903.04 toneladas), fue el resultado de estudios que comenzaron a finales de los años 50, con el ingeniero alemán **Wernher von Braun** (1912-1977) y su asociados en la *Ballistic Missile Agency*.

2-PARA QUÉ SIRVE

Tener varias etapas sirve para alcanzar velocidades mayores y por lo tanto llegar más lejos.

Este es el caso del **Saturno V**, cuya réplica auténtica se observa en la siguiente fotografía. Las tres marcas negras superiores, indican la zona superior (o final) de cada etapa.



La **NASA** lanzó 13 cohetes Saturno V, todos con éxito. El **primer Saturno V** lanzado en Nov. 9, 1967, puso en órbita la **Apollo 4**, para probar la reentrada del módulo de comando.

Los dos primeros Saturno V fueron *no* tripulados.

El **tercer Saturno V** lanzado en Dic. 21, 1968, puso a los primeros seres humanos en órbita de La Luna (10 órbitas, misión **Apollo 8**).

El primer vuelo del módulo lunar se hizo en la misión **Apollo 9**.

El **Apollo 10** descendió hasta 9 millas sobre la superficie lunar.

En Julio 16, 1969, la misión **Apollo 11** con el **sexto cohete Saturno V**, puso a **los primeros (dos) seres humanos sobre la superficie de La Luna** (aunque hay sitios web donde se dice que esto nunca sucedió; ver al final: "5-VERDAD o TIMO").

Finalmente, después de 6 vuelos más, el **último Saturno V de tres etapas**, se lanzó en Dic. 7, 1972 con la última misión de ese Programa, la **Apollo 17**.

En Mayo 14, 1973, para poner en órbita la **estación espacial Skylab**, se lanzó una **versión de 2 etapas del Saturno V** con una tercera etapa de propulsión dada por el mismo Skylab.

3-DE QUÉ ESTÁ HECHO

Además de los sistemas de control, cada etapa está formada por motores de propulsión a chorro, combustible y oxidante, con las correspondientes carcazas y tanques de almacenamiento.

En el caso del **Saturno V**, en cada misión, cada etapa tuvo características especiales, como la secuencia de encendido, duración de cada motor, forma de separación, etc. Además, el empuje producido por cada motor no es constante, el vuelo no es vertical, el cohete gira y la aceleración de la gravedad cambia durante el vuelo. Es decir, el análisis detallado es bastante complicado y excede el nivel de esta sección. Pero se pueden dar algunas características generales, para tener una idea del tipo de vehículo que fue el Saturno V:

La primera etapa, de 33 pies (10.06 m) de diámetro, tuvo 5 motores F-1 con kerosene y oxígeno líquido, obteniendo un total de 7.6 millones de libras (unas 3447 toneladas) de empuje.

El empuje de esta etapa dura 2.5 min, alcanzando una altura de 61 km, una velocidad de 8600 km/h y una aceleración de 4 g (39 m/s²), con 2 millones de kg de propulsor.

La separación se produce a los 62 km de altura, y sigue subiendo hasta los 110 km, cuando empieza su caída al Océano Atlántico a unos 560 km de la plataforma de lanzamiento.

La segunda etapa tuvo 5 motores J-2 con hidrógeno líquido y oxígeno líquido, con 1.155 millones de libras (523.9 tn) de empuje total.

La duración del empuje de esta etapa es 6 min, alcanzando 185 km de altura y una velocidad de 24600 km/h, casi la velocidad orbital.

Finalmente cae a unos 4200 km de la plataforma.

La tercera etapa, con 21.7 pies (6.614 m) de diámetro, tuvo 1 motor J-2 con hidrógeno líquido y oxígeno líquido, alcanzando 0.208242 millones de libras (94.46 tn) de empuje, cuya duración total es de unos 2.5 min.

En esta última tercera etapa iba la unidad de instrumentos (con el equipo de "navegación" o guiado). El correspondiente módulo Apollo iba colocado sobre esta unidad.

4-CÓMO FUNCIONA

Construir un cohete con más de una etapa, complica su diseño. Para entender el fundamento de esta elección, primero hay que analizar la expresión de la aceleración y velocidad del cohete de una sola pieza. Luego comparar con un cohete similar pero de varias etapas.

En el artículo "**El cohete (Sistema de masa variable)**" se demuestra que la aceleración es inversamente proporcional a la masa del cohete en cada instante:

$$\mathbf{a} = -(\dot{r}/M) \mathbf{v}_{\text{Rel}} + \mathbf{F}_{\text{Ext}}/M$$

Esto sugiere la conveniencia de ir "arrojando por la borda" todo lo que no sea útil. En este artículo se muestra más explícitamente calculando la magnitud V_f de la velocidad final del cohete, justo cuando se "quema" todo el combustible ("burnout").

Por último, para demostrar y cuantificar la conveniencia de usar varias etapas, se calcula la magnitud V_{F2} de la velocidad final de un cohete similar (en masa, combustible y empuje) pero con dos etapas, y se compara con la velocidad final V_f del cohete anterior.

MOVIMIENTO VERTICAL DESDE LA TIERRA DEL COHETE DE 1 ETAPA

Aquí se considera el movimiento más simple, de un cohete despegando **desde la superficie terrestre**, en una trayectoria completamente vertical. En los grandes cohetes, dentro de la fuerza exterior total, las fuerzas aerodinámicas (que varían inversamente con la longitud característica del cohete), son despreciables respecto al empuje. Otra simplificación al problema que se hace aquí, es que la aceleración de la gravedad se supone constante durante el movimiento. Entonces, **la ecuación de movimiento (Tercera Ley de Newton) para el cohete** (sin fuerzas aerodinámicas y bajo aceleración gravitatoria constante) resulta:

$$M(t) \mathbf{a} = (\Delta M / \Delta t) \mathbf{v}_{\text{Rel}} + M(t) \mathbf{g}$$

Por lo tanto, **en una dimensión**, la aceleración $a = \Delta V / \Delta t$ puede escribirse (con $\Delta t \rightarrow 0$):

$$\Delta V / \Delta t = - (\Delta M / \Delta t) (v_{\text{Rel}} / M) - g$$

o bien

$$\Delta V = - v_{\text{Rel}} \Delta M / M - g \Delta t$$

La solución de esta ecuación es la **variación de velocidad** por sobre la velocidad inicial V_0 (que en el despegue es $V_0 = 0$ m/s):

$$V(t) - V_0 = v_{\text{Rel}} \ln[M_0 / M(t)] - g t$$

O sea que la velocidad aumenta **logarítmicamente y desde cero m/s** a partir del momento en que empieza a cumplirse la **condición de despegue**. Esta es una de las razones por la que cuando vemos un lanzamiento, se observa a los grandes cohetes despegar muy lentamente.

La expresión de la velocidad muestra también que cuando se calcule la velocidad máxima y final que alcanza el cohete cuando termina de quemar su combustible, se verá que depende del logaritmo del término:

$$M_0 / M_F = M_0 / (M_0 - m_P) = (1 - m_P / M_0)^{-1}$$

Esta es la razón por la que los grandes cohetes ("lanzadores") que utilizan propulsores químicos deben tener del orden de un 95% de su peso inicial en combustible (o sea, ese cociente es 20 y el logaritmo introduce un factor casi igual a 3). Esto encarece notablemente la puesta en órbita de cualquier satélite, y el lanzamiento de cualquier sonda espacial.

La cantidad de combustible podría ser relativamente pequeña si se consiguiese aumentar *muchísimo* la velocidad relativa de expulsión v_{Rel} que está multiplicando al logaritmo. Por eso se estudian los motores de propulsión iónica, en los que se piensa acelerar y expulsar átomos eléctricamente cargados a velocidades cercanas a la velocidad c de la luz.

De esa ecuación para $V(t)$ se obtiene directamente la velocidad final V_F , y además, utilizando cálculo integral, se puede obtener la altura final H_F alcanzada en el movimiento vertical, en el instante final t_F , cuando se quema todo el combustible. A continuación se demuestra que V_F para un cohete de una etapa depende solamente de tres parámetros de diseño.

VELOCIDAD FINAL EN MOVIMIENTO VERTICAL DEL COHETE DE 1 ETAPA

Se supone que la masa $M(t)$ del cohete en cualquier instante t después del lanzamiento es:

$$M(t) = M_0 - r t$$

donde r es la "razón de consumo de combustible" (supuesta constante):

$$r = - \Delta M / \Delta t = \Delta m / \Delta t$$

y donde la masa inicial M_0 está formada por la masa m_P de los productos consumibles (combustible y oxidante), y la masa final M_F (de la carga y la estructura):

$$M_0 = m_p + M_F$$

Teniendo en cuenta que cuando se quema todo el combustible en el instante $t_f = m_p/r$ es $-\Delta M = m_p = M_0 - M_F$ y $\Delta t = t_f$, el empuje T del cohete puede expresarse en la forma:

$$T = -(\Delta M / \Delta t) v_{\text{Rel}} = v_{\text{Rel}} (M_0 - M_F) / t_f$$

es decir que el tiempo en el que se consume el combustible viene dado por:

$$t_f = v_{\text{Rel}} (M_0 - M_F) / T$$

Entonces la velocidad final V_F alcanzada cuando se agota el combustible

$$V_F = V_0 + v_{\text{Rel}} \ln[M_0/M_F] - g t_f$$

puede escribirse en la forma

$$V_F = V_0 + v_{\text{Rel}} [\ln m - (1 - m^{-1}) / R]$$

donde m es la "razón de masas" inicial a final:

$$m = M_0/M_F = M_0/(M_0 - m_p)$$

y donde R es la "razón del empuje", que se define como el cociente entre la fuerza de empuje del cohete y su peso inicial, es decir:

$$R = T / (M_0 g) = |r v_{\text{Rel}}| / (M_0 g) = 1 + a_0/g$$

Para propulsores químicos, la velocidad v_{Rel} de eyección relativa a la tobera del cohete depende de su energía calórica por unidad de masa (que debe ser alta) y de su peso molecular (que debe ser bajo). Teniendo en cuenta que el empuje es la variación de impulso lineal que produce un propulsor, la calidad del propulsor para un cohete está dada por el **impulso específico** I_{SP} (en segundo, s), que se define como la razón del empuje al peso de propulsor, multiplicado por el tiempo necesario para quemarlo:

$$I_{\text{SP}} = T t_f / (m_p g) = -v_{\text{Rel}} (\Delta M / \Delta t) t_f / (m_p g) = v_{\text{Rel}} / g$$

es decir,

$$v_{\text{Rel}} = g I_{\text{SP}}$$

Entonces, si $V_0 = 0$ m/s, la velocidad final cuando se termina el combustible del cohete de una sola etapa puede escribirse explícitamente en función de solo 3 parámetros:

$$V_F = g I_{\text{SP}} [\ln m - (1 - m^{-1}) / R]$$

También puede mostrarse que la altura final H_F depende de los mismos tres parámetros, es decir, que la calidad del cohete de una etapa depende solamente del impulso específico I_{SP} , la razón de empuje R y la razón de masas m . Para optimizar el diseño, hay que resolver el sistema de 2 ecuaciones:

$$V_F = V_F(I_{\text{SP}}, R, m)$$

$$H_F = H_F(I_{\text{SP}}, R, m)$$

VELOCIDADES DE EYECCIÓN VERSUS VELOCIDAD DE ESCAPE

Puede demostrarse que la velocidad v_{esc} necesaria para escapar totalmente de la atracción gravitatoria terrestre (la "**velocidad de escape**"), es altísima, aproximadamente

$$v_{\text{esc}} = 11100 \text{ m/s} = 39960 \text{ km/h}$$

Considerando que $v_{\text{Rel}} = g I_{\text{SP}}$, se tiene

$$v_{\text{Rel}} = 32.2 \text{ ft/s}^2 I_{\text{SP}} = 9.8 \text{ m/s}^2 I_{\text{SP}}$$

Con combustibles sólidos de nitrato de amonio o los de perclorito de potasio, se puede alcanzar $I_{\text{SP}} = 210 \text{ s}$, y entonces:

$$v_{\text{Rel}} = 6762 \text{ ft/s} = 2058 \text{ m/s} = 7409 \text{ km/h} = \text{casi } 19\% \text{ de } v_{\text{esc}}$$

Con compuestos de oxígeno líquido y flúor como el JP4, se puede alcanzar $I_{\text{SP}} = 330 \text{ s}$, y entonces:

$$v_{\text{Rel}} = 10626 \text{ ft/s} = 3234 \text{ m/s} = 11642 \text{ km/h} = 29\% \text{ de } v_{\text{esc}}$$

y con un compuesto de hidrógeno con flúor, $I_{\text{SP}} = 385 \text{ s}$, y

$$v_{\text{Rel}} = 12397 \text{ ft/s} = 3773 \text{ m/s} = 13583 \text{ km/h} = 34\% \text{ de } v_{\text{esc}}$$

Como se ve, las velocidades de expulsión que proveen los combustibles químicos, que son relativamente altas, son demasiado bajas para lograr que un cohete lanzador sea pequeño. Estos valores de v_{Rel} indican que la masa de los cohetes que utilicen propulsores químicos, tendrá que ser en su mayor parte masa quemable. Por eso cuando miramos un cohete, lo que estamos viendo es casi toda carcaza para los tanques de combustible, toberas y sistemas de combustión. Pero aún así, no es suficiente. Un análisis más cuidadoso del problema de alcanzar la velocidad de escape, muestra la inconveniencia de los cohetes de una sola etapa.

COMPARACIÓN CON EL COHETE DE 2 ETAPAS

Consideremos la expresión

$$V_F = V_0 + v_{\text{Rel}} \ln[M_0/M_F] - g t_F$$

de la velocidad final V_F del cohete de **1 etapa** que parte del reposo ($V_0 = 0 \text{ m/s}$), con masa inicial M_0 , masa de combustible m_P , con una tasa de consumo de masa r , y una velocidad relativa de eyección de masa v_{Rel} , escrita en la forma:

$$V_F = v_{\text{Rel}} \ln[M_0/(M_0 - m_P)] - g m_P / r$$

Ahora consideremos un cohete de **2 etapas** que también parte del reposo, con masas de combustible m_{P1} y m_{P2} en cada etapa, y con masas iniciales M_{01} y M_{02} en las etapas 1 y 2 respectivamente, similar al cohete anterior, con igual tasa de consumo de masa r , igual velocidad relativa de eyección de masa v_{Rel} en cada etapa, igual masa total de combustible, igual masa total inicial e igual relación de masas:

$$m_{P1} + m_{P2} = m_P$$

$$M_{01} + M_{02} = M_0$$

$$m_{P1}/M_{01} = m_{P2}/M_{02} = m_P/M_0$$

o equivalentemente

$$M_{01}/(M_{01} - m_{P1}) = M_{02}/(M_{02} - m_{P2}) = M_0/(M_0 - m_P)$$

Entonces, escribiendo en forma análoga con la masa que comenzó y terminó cada etapa, las velocidades finales al quemar el combustible de la primera y la segunda etapa resultan

$$V_{F1} = v_{\text{Rel}} \ln[M_{01}/(M_{01} - m_{P1})] - g m_{P1} / r$$

$$V_{F2} = V_{F1} + v_{\text{Rel}} \ln[M_{02}/(M_{02} - m_{P2})] - g m_{P2} / r$$

es decir

$$V_{F2} = v_{Rel} \ln[M_0/(M_0-m_{P1})] + v_{Rel} \ln[M_{02}/(M_{02}-m_{P2})] - g (m_{P1}+m_{P2}) / r$$

Hay que destacar que si al encender la etapa 2, ésta tuviese la misma masa que cuando se quemó la primera, sería $M_{02} = M_0 - m_{P1}$, y entonces $V_{F2} = V_F$, es decir, no se habría ganado velocidad. Sin embargo, como al quemar todo m_{P1} se arrojan los tanques de la etapa 1 antes de encender la segunda, resulta $M_{02} < M_0 - m_{P1}$, y entonces, usando las expresiones

$$m_{P1} + m_{P2} = m_P$$

$$M_{02}/(M_{02}-m_{P2}) = M_0/(M_0-m_P)$$

se tiene

$$V_{F2}(2 \text{ etapas}) = v_{Rel} \ln[M_0/(M_0-m_{P1})] + v_{Rel} \ln[M_0/(M_0-m_P)] - g m_P / r$$

$$= v_{Rel} \ln[M_{01}/(M_{01}-m_{P1})] + V_F(1 \text{ etapa})$$

o sea que la ganancia de velocidad solo debida a haber arrojado la "chatarra" de la primera etapa es:

$$V_{F2}(2 \text{ etapas}) - V_F(1 \text{ etapa}) = v_{Rel} \ln[M_0/(M_0-m_{P1})]$$

Ésta es la razón por la que invariablemente se unen varios cohetes para formar las etapas de un solo vehículo. De este modo, cada etapa no tiene que acelerar la masa inerte del sistema de almacenamiento y combustión de la etapa anterior. Esa es la razón física de la ganancia de velocidad. El Saturno V arrojaba la chatarra de dos etapas, y viajaba de vuelta con la tercera, hasta la reentrada a La Tierra.

Otra cosa que muestra la expresión de la ganancia de velocidad, es que como la masa inicial contiene la masa de las etapas posteriores junto con la carga útil del cohete, entonces para aumentar este factor de velocidad, conviene que la primera etapa sea mucho mayor que las siguientes. Esto también se nota cuando miramos un gran cohete, donde más de la mitad del volumen que vemos, corresponde a la primera etapa.

5-VERDAD o TIMO ... ?

En la red global World Wide Web se puede difundir casi todo, en una forma que jamás había existido en nuestra cultura, tanto de verdades, como de errores y mentiras malintencionadas. Pero la duda de si

¿es verdad o no, que el Hombre llegó a La Luna?,

es algo que ya existía.

Según algunas personas, los estadounidenses nos han mentado. Fue todo un montaje para la televisión, un montaje tremendamente caro y elaborado, muy tecnológico. Pero como son tan tontos, se les han pasado detalles increíbles. La bandera en La Luna se ve moverse, no hay indicios de chorro de gas sobre el polvo lunar, y otras cosas.

Lamentablemente la mayoría de las personas están lejos de los temas tecnológicos y más aún de los asuntos científicos. La Ciencia avanza a pasos agigantados con tanta rapidez, que hasta a los profesores nos resulta difícil mantenernos al día, en particular, en Física, Astronomía y Biología. Y lo mismo sucede con la Tecnología, principalmente en Electrónica, Computación, Materiales, Comunicaciones, Micro y Nano dispositivos, etc.

Pero la cantidad monstruosa de *información* y la falta de *formación* que tenemos todos en la mayoría de los campos, no es suficiente para que proliferen los *timos*. Dentro de cada uno de nosotros hay un deseo, un miedo, un desconcierto, un estado psicológico, un **predisposición y necesidad de creer**, que puede generar creencias, nacionalismos, envidias, fobias, paranoias y permitir la existencia de (peligrosos) grupos de fanáticos y sectas.

El resultado de esto, gracias -por ejemplo- al silencio de los Colegios de Médicos y al de las Universidades, gracias a la Televisión engañosa de todos los países y a la *permisividad por omisión* de los Ministerios de Salud y Educación en todo el mundo, es que proliferan toda clase de engaños, como por ejemplo,

nuevos especialistas o "magnetólogos" -que nadie sabe dónde estudiaron- y que supuestamente **curan ciertos dolores y enfermedades con el imán de un parlante !!!**,

"iluminados" como los de la empresa que se llama (nada más y nada menos que) "Resonancia Magnética Nuclear", que dicen tener una técnica para hacer una "**miel magnética**", **con propiedades curativas**, a pesar que - casualmente- no hay médico ni investigador que lo avale,

"magisters" en instituciones españolas donde a los arquitectos se les enseñan los supuestos beneficios de **orientar las viviendas en relación a ciertas líneas magnéticas** (por supuesto, otra vez: sin el apoyo de ninguna investigación realizada bajo los standards de la Ciencia),

economizadores de comubustible con imanes que se venden "legalmente" en U.S.A., Canadá, Europa, Chile, Argentina, etc., (aunque nadie sabe quién, cuándo y dónde se hizo la prueba de esto, ni por qué clase de complot transnacional las grandes compañías automotrices no los incorporan aún en los vehículos),

la novedosa y ridícula invención del "**Arturito**", **un especie de robot vergonzosamente difundido por la Televisión Nacional de Chile**, que puede encontrar y distinguir oro, huesos y otras cosas enterradas, usando misteriosos rayos y sensores que, casualmente, de nuevo: sólo el inventor y sus abogados conocen, pero ningún científico o ingeniero del mundo entiende,

el poder de la mente de estafadores (y/o personas muy enfermas) que aseguran tener dones como **telepatía, telequinesis y desdoblamiento**,

las "demostraciones" de que **el Hombre nunca llegó a La Luna**,

y que los estadounidenses tienen un **plato volador escondido**, que nunca pudieron abrir, en el que se ven por una ventana 2 hombrecitos verdes.

Obviamente, para creer semejantes cosas, sobre todo del tipo de estas dos últimas, también se necesita suponer que TODOS los científicos, técnicos, políticos, secretarías, etc. que han estado cerca de esto, TODOS ellos y otros más, forman parte de un COMLOT MUNDIAL, cuya *obvia existencia* nunca se puede descubrir, porque claro ... siempre asesinan al que los va a delatar.

Para validar sus descubrimientos y avances, los investigadores y tecnólogos (de verdad) tienen que estudiar y formarse durante años en carreras difíciles, trabajar largo tiempo en un tema y un problema para luego someter sus conclusiones a la comunidad internacional, la que puede repetir en diferentes lugares y países el experimento y analizar sus métodos, resultados y conclusiones, para ver si está bien o no lo publicado. Estas publicaciones aparecen con su nombre y el de la institución y laboratorio donde se llevó a cabo. Pero estos trabajos, no son fáciles de leer por todo el mundo. Resulta más creíble y cómodo suponer complots, *que pensar* e investigar. Siempre es más fácil caer en el misticismo, que comprender y estudiar nuevas técnicas, e incluso que escuchar la palabra de los especialistas.

Tal vez, no debería escribir todo esto. Tal vez debería referirme solamente a qué avances y experimentos se han realizado debido a la llegada del Hombre a La Luna, o al revés, tal vez solamente debería explicar por ejemplo que los cohetes no dejaron huellas sobre el polvo lunar debido a que la falta de presión atmosférica hace que los chorros no sean "chorros", se abren en vez de salir como los que vemos bajo la presión de la atmósfera de nuestro Planeta. O quizás debería hablar de los experimentos que se hicieron con la instrumentación que se dejó en La Luna en las últimas misiones Apollo. Pero no, ... pienso que eso sería "seguirles el juego" a los que difunden y usan timos. Sería como aceptar que su palabra se ha puesto de forma honesta en la discusión. Y no ha sido así.

Por otra parte, cada uno es libre de seguir pensando lo que *necesita* pensar, ya que como dije, la creencia ciega en los timos se debe a un estado psicológico de predisposición al misticismo en (la formación de) cada uno de nosotros. Por lo tanto, solo voy a agregar lo siguiente.

Pienso que tal vez, el único avance notable, puro, incuestionable y legítimo de la Humanidad, es "**EL Método Científico**". Mediante él, nuestra actual Civilización salió de la Edad Media, conoce La Evolución de las Especies y el Genoma Humano, La Física Cuántica y La Relatividad. Tiene una concepción de la Evolución y del Universo, del Espacio y del Tiempo que **realmente nos distingue en el Universo por primera vez como "Civilización Avanzada"**.

En particular, acuñamos el concepto de que LA MATERIA EN TODO EL UNIVERSO está formada por átomos, y por muy pocas clases de átomos, casi vacíos, con casi toda su masa concentrada en el centro, y con partículas cargadas moviéndose a su alrededor, que determinan enlaces y comportamientos mecánicos y electromagnéticos. Que

permanentemente se está generando una clase de materia alternativa (la "antimateria"), con carga opuesta, que se aniquila en contacto con la materia y se transforman en radiación. QUÉ CONCEPTO TAN NOTABLE EL DEL ÁTOMO ! ... **y se puede probar todo lo que se afirma, se puede experimentar ... está escrito cómo hacerlo.**

Para eso también son las publicaciones científicas. Y cuando se contradicen los hechos, los científicos *deben* aceptarlo y corregir o desechar su teoría. Y si no quiere hacerlo él, a la larga lo hace otro, porque en La Ciencia no pueden existir afirmaciones válidas en la obscuridad ni mantenerse por ninguna autoridad. Es la belleza y fuerza del Método Científico ...

En el campo de la Ciencia y la Tecnología, hubo avances notables, como por ejemplo la Manipulación Genética, la Miniaturización de la Electrónica y la Digitalización de la Información, que son realmente impresionantes ... Pero sin embargo son claramente -en mi opinión- solamente tres los más grandes "saltos" científico-tecnológicos que cambian radicalmente la Historia en nuestra *Civilización Avanzada*:

1-La Teoría y la Comunicación con Ondas Electromagnéticas,

2-El concepto de Átomo, la Física Cuántica y el control de la Energía Nuclear,

y por supuesto,

3-La llegada del Hombre a La Luna y el reconocimiento del Sistema Solar con las sondas espaciales *Voyager I y II*.

Estos son "logros" sin igual, desde el punto de vista del *conocimiento y su materialización* (la mala calidad y desinformación de la televisión, las bombas atómicas y accidentes nucleares, el afán de ganarle a "los otros" en llegar primero a La Luna, y la posibilidad de "la guerra de las galaxias", son temas aparte, que no desmerecen los logros mencionados. De hecho, los protagonistas de una y otra cosa, no suelen ser las mismas personas ...).

Por eso dije lo anterior, porque me parece paradójico que **la llegada del Hombre a un mundo fuera de La Tierra, ... ALGO TAN IMPRESIONANTE y TRASCENDENTE**, sea aún desconocido por algunos humanos. Todos los engaños "infantiles" en los que caemos diariamente, nos muestran sin duda que parte de la Humanidad necesita más tiempo para dejar el pensamiento medieval ... y por eso es que los charlatanes estafadores como los magnetólogos, ufólogos, etc. tienen su espacio.

Pero lo cierto es que gracias al desarrollo de los (terribles) cohetes V-2 de los nazis, y a la (lamentable motivación de la) "carrera espacial" entre el gobierno de la (ex) URSS y de U.S.A., sabemos que la posibilidad de dejar La Tierra cuando ésta no sea habitable, y que la Especie Humana sobreviva y colonice otros mundos, es algo viable. Increíblemente difícil aún, con muy serias limitaciones. Pero es *posible*, ya no es ficción. Es Ciencia y Tecnología, es sobrevivir a la autodestrucción y es Voluntad de hacerlo. Y de hecho, mientras leemos esto, hay personas trabajando en órbita, que van y vienen, con cohetes lanzadores como el Saturno V que se describe en este artículo y el Transbordador Espacial que se describirá más adelante.

EQUIVALENCIAS

1 ft = (1/3.281) m (es decir, **1 pie** equivale a unos 30.48 cm)

1 ft/s = 0.3048 m/s (es decir, una velocidad de **1 pie por segundo** equivale a 0.3048 m/s)

1 m/s = 3.6 km/h (es decir, una velocidad de **1 metro por segundo** equivale exactamente a 3.6 kilómetros por hora)

1 lb (pound-mass) = 0.4536 kg (es decir, una **masa** de **1 libra** equivale a unos 453.6 g)

$g = 9.8 \text{ m/s}^2$ (es decir, la **aceleración de la gravedad** en la superficie de La Tierra equivale a unos 32.2 pies por segundo cuadrado)

1 lbf (pound-force) = 4.44528 N (es decir, un peso o una **fuerza** de **1 libra** equivale a 4.44528 newton y a 0.4535 kilogramo-fuerza)

1 kilogramo-fuerza = 9.8 N (es decir, un peso o una **fuerza** de **1 newton** equivale a unos 0.102 kilogramo-fuerza)

1 tn = 10^3 kg-fuerza (es decir, un **peso** de una **tonelada** equivale a mil kilogramo-fuerza)

REFERENCIAS

- (1) [Kennedy Space Center](#) (Florida, U.S.A.) Réplica auténtica del Saturno V
- (2) Roederer J G 1981 *Mecánica Elemental*; Séptima Edición (Buenos Aires: EUDEBA)
- (3) Ruiz de Gopegui L 1996 *Hombres en el Espacio* (Madrid: McGraw Hill)
- (4) Thomson W T 1986 *Introduction to Space Dynamics* (New York: Dover)
- (5) M.S.F.C. History Office (Consultado en Julio 2, 2007) *Dr. Wernher von Braun First Center Director, July 1, 1960 - Jan. 27, 1970*
- (6) [Wikipedia](#) (Consultado en Julio 2, 2007) *Wernher von Braun*
- (7) [Encyclopædia Britannica](#) (Consultado en Julio 2, 2007) *Wernher von Braun* (5 páginas)
- (8) [Space Flight Systems at GRC](#) (Consultado en Julio 2, 2006) *Saturn Rocket Gallery*
- (9) [Wikipedia](#) (Consultado en Julio 2, 2007) *Saturn V*
- (10) [Encyclopædia Britannica](#) (Consultado en Julio 2, 2007) *Saturn* (1 página)

CÓMO HACER REFERENCIA A ESTE ARTÍCULO

Giordano J L 2007 *Cómo funcionan las cosas: El cohete de varias etapas (El Saturno V)* (Santiago: <http://www.profísica.cl>)<http://www.profísica.cl/comofuncionan/como.php?id=37> (Consulta: Mes Día, Año)