

MEX-LUNARHAB (MLH): HABITAT LUNAR ANALOGO EN EL ESTADO DE JALISCO

Jesús Raygoza B.

Introducción

El proyecto **Hábitat Lunar Análogo de México**, (**Mex-LunarHab, MLH**), tiene como fin eminente buscar la cooperación internacional para realizar el tan imperioso regreso a la Luna, y por tanto el establecimiento de una Base Lunar Mexicana de manera permanente.

La ubicación futura del primer sitio internacional permanente en la Luna, se encuentra aproximadamente en la longitud 0° y latitud 85° S, donde podría estar la "Base Newton" en la montaña Malapert en la región del Polo Sur lunar, tal como lo propusieron los autores de uno de los mejores libros publicados hasta el día de hoy sobre desarrollo industrial en la Luna: *The Moon: Resources, Future Development, and Colonization*.¹ El Mex-LunarHab estará ubicada en ésta zona aledaña, tratando con otros aspectos de programas lunares que irán en incremento, en consideraciones geopolíticas y económicas, tales como el programa de la **Lunar Economic Development Authority's (LEDA)² y el **Imperativo Extraterrestre de Krafft Ehricke**.³**

Debido al apoyo últimamente confirmado por el **Dip. Jorge López Portillo Basave** y al gran interés en general que demuestran las autoridades del estado de Jalisco por éste tipo de proyectos científicos, se planea instalar el Simulador de Hábitat Lunar Análogo de México cerca de la zona metropolitana de Guadalajara, donde en la zona aledaña se piensa establecer un **Parque Temático Espacial**.

Se tiene pensado llevar a cabo este bi-proyecto, Parque/MLH, en coordinación con las siguientes dependencias:

Secretaría de Educación Pública (SEP)-Jalisco
Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (Conaculta)
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)-Jalisco.

Asimismo, se considera invitar a un grupo especialista en diseño, planeación y construcción de parques temáticos espaciales como lo es el U. S. Space Camp de Huntsville, Alabama. Es prematuro aún definir la ubicación exacta de éste complejo mas se propone en la zona norte del municipio de Zapopan, Jalisco, cerca del Museo del Niño. (Aun habrá que analizar cercanía y lejanía de la ciudad, y subsecuentes motivos).

Muchas de las especificaciones técnicas sobre el diseño que se realizarán tanto del Hábitat Análogo como del modelo MLH real dadas en esta presentación solamente son aproximaciones estimadas; algunos aspectos y detalles no se especifican debido a la secrecía que se debe mantener en la actualidad con respecto a un avance técnico o científico relacionado exclusivamente con este proyecto, ya sea en cualesquiera de sus aspectos o su totalidad.

Quiero hacer énfasis en lo que sigue:

- 1) Mi intención es que surjan varias preguntas muy serias, para despertar el interés en cada uno por la vida fuera de nuestro planeta, y por tanto los hábitats espaciales.
- 2) Cada uno de los que estemos involucrados dentro de este proyecto, tiene que trabajar—este no es el trabajo del *show* de un solo hombre (sino que debe ser sin protagonismos).

Esta presentación trata con *método* científico y de organización, la manera del diseño, construcción, desarrollo y despliegue del proyecto, Hábitat Lunar Análogo de México, así como su contraparte en la Luna, el hábitat real Mex-LunarHab, y uno de los pasos principales para desarrollar éste y cualquier proyecto, es identificar a nuestros clientes comerciales inmediatos y subsecuentes, así la eficiente operación en el departamento de Controlaría del proyecto.

Sabemos que no hay un solo lugar en la Tierra que sea completamente igual a como es la Luna, no obstante a fin de lograr nuestras metas debemos dar algunos pasos en esta dirección⁴. El proyecto Hábitat Lunar Análogo de México es parte de un grupo de otros proyectos relacionados al espacio exterior en México.

Nuestra intención es generar en nuestra población mexicana el interés por las actividades espaciales dentro de nuestro país, con el fin de hacer operativa la estación lunar análoga.

Cuando se compruebe en nuestro Nación, que éste tipo de proyectos genera beneficios económicos y educacionales para las regiones en que se desarrollan, no solamente será, en el Estado de Jalisco, o Durango, con los experimentos correlacionados en el Cerro del Pinacate, como también lo hacen el Estado de Chihuahua (**Apéndice A**), sino se extenderá en cualquier parte del territorio de México que lo amerite—**todo ello con el fin último, de mejorar la norma de vida de la población.**

Así, la propuesta de esta Estación Análoga MLH intenta:

- 1) Desarrollar programas conjuntos para realizar el tan necesario regreso a la Luna.
- 2) Acrecentar las investigaciones científicas y tecnológicas en diferentes áreas.
- 3) Impulsar la exploración robótica lunar, así como la exploración humana.
- 4) Apoyar la futura presencia humana en Marte,
- 5) Originar a corto plazo el establecimiento de una agencia espacial iberoamericana; y a largo plazo una agencia espacial internacional⁴.

TODAVIA TENEMOS QUE APRENDER COMO REFINAR HABITATS ESPACIALES

La Necesidad de Hacer Diseños Bajo el Método Científico Correcto

Todavía no sabemos cómo construir de manera apropiada un hábitat lunar ni aún para media docena de personas. La Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) ha estado conduciendo estudios de sistemas para la definición de hábitats que alberguen muchas personas, y hay literatura de estudios para bases lunares más pequeñas. Por cierto, si el programa espacial de Estados Unidos hubiera continuado al paso de mediados de la década de

1960 (el paso de John F. Kennedy), por ahora *podríamos muy bien haber estado* en el camino de construir de manera *apropiada* tales hábitats.

Ahora, antes que nos adentremos en detalles sobre como diseñar y construir hábitats espaciales, quiero utilizar la ingeniería aeronáutica como un buen ejemplo de lo que vamos a discutir a través de esta presentación. Ha habido estudios para grandes aviones así como para los más veloces. La historia aclara este punto, así como los estudios que se hicieron para el *Aardvark* F-111 o para el *Galaxy* C-5 y los que sin duda mostraron que podrían llegar a ser aviones maravillosos. Aún con todo ello, los eventos que ocurrieron probaron lo contrario. ¿Qué había sucedido? Que aún cuando el diseño original de ingeniería ciertamente fuera el correcto, estaba errada la metodología para llevar a cabo el diseño final. En el caso del F-111, solo el F-111F realmente cumplió con el programa Caza Táctico Experimental (TFX) original. Esto no fue tanto la culpa de General Dynamics sino que lo fue de los civiles en el Pentágono que lo planearon cuyas tendencias del "coste eficiente" irónicamente provocaron el mayor fiasco aeronáutico de la década de 1960, y uno muy costoso^{5,6}.

El bombardero *Lancer* B-1B, de ala de barrido variable como el F-111, por mas de dos décadas nunca ha estado listo en operaciones a pesar de recibir financiamiento adicional y de atrevidos intentos por utilizarlo. Este bombardero ineficiente pero moderno está siendo relegado lentamente al "deshuesadero". Se le puede utilizar solamente donde otro avión compense su falta de disponibilidad. Otro avión de ala de barrido variable que fue un intento desafortunado de hacer un caza es el del *Jaguar* F-10 de la Grumman. Todos los cazas rusos de ala de barrido variable, como el Sukhoi Su-9, Su-20 y el MiG-23, son mediocres. En su desempeño, el bombardero ruso de ala variable *Blackjack* Tu-160 de la Tupolev realmente es peor que el B-1B. A estos modelos de aviones no se les consideró usualmente bajo el enfoque del coste de "más maniobrable, de mayor alcance, y más veloz" (tal vez más veloz, pero con la falta de los otros dos), ni se les consideró bajo la efectividad en misiones de "más maniobrable, de mayor alcance, y más veloz", lo que realmente hace sentido. Solamente el *Tomcat* F-14 de la Grumman reunió en apariencia algo de los éxitos para ser operativo. Tomó aproximadamente dos décadas para encontrar un buen uso para el F-111.

Con respecto a lo anterior, **Bill Gunston** presenta un estudio conciso e interesante del desarrollo del avión F-111; su explicación es que "Si el TAC (Comando Aéreo Táctico) no hubiera insistido sobre un bajo nivel del número Mach de 1.2, y en vez de eso hubiera escogido M 0.95 (lo cual de ninguna manera hubiera dañado la habilidad del avión para su penetración), se habrían ahorrado millones de dólares y se hubieran reunido los requerimientos con tranquilidad⁷.

Para el Orbitador (avión) del **Transbordador Espacial**, una consideración importante de diseño fue la de utilizar ya fuera el ala recta (ala "en T") o la configuración de ala delta. La Fuerza Aérea quiso un diseño de ala delta por razones de reconocimiento estratégico. Las alas en forma de delta dan un gran alcance transversal (la habilidad para hacer vueltas largas hacia la derecha o hacia la izquierda, o cuando se entra a la atmósfera durante el aterrizaje). El problema obvio es que las alas deltas son mucho más pesadas y más difíciles de darles mantenimiento; pero ofrecen otros beneficios tales como un tren de aterrizaje mas estable, y mas estabilidad entre las transiciones de velocidades supersónicas a subsónicas.

Uno de los mayores problemas que han estado encarando los diseñadores aeroespaciales es que después que Kennedy se fue, se redujeron los fondos bajo la administración del Presidente Richard M. Nixon, y entonces la NASA en vez de tratar de ganar apoyo por medio de un enfoque científico y tecnológico, lo hizo por medio de un enfoque de "coste efectivo". Tal como plenamente se ha demostrado, esta estrategia fue un error cometido por "los burócratas del

gobierno que jugaron el juego político y vendieron al Transbordador como un programa barato, y en el proceso sembraron la semilla del desastre"⁸. **A pesar de todo, el Transbordador Espacial es uno de los desafíos más grandes en manejo de ingeniería que se hayan encarado jamás—aún con los cortes al presupuesto, es sorprendente que finalmente se haya hecho después de todo. No obstante, bajo los requerimientos del "coste efectivo" la metodología de lanzamiento llegó a ser equivocada y se sacrificó la *seguridad humana*.**

Para Tener Hábitat Espaciales Disponibles para Nosotros: ¿Qué Tenemos desde Ahora?

Tal como lo he expresado en mis presentaciones anteriores, como en "Designing the Mex-LunarHab (MLH)"⁹, **construir hábitats autosostenibles en la Luna es todavía, a un grado muy elevado, una empresa mucho más nueva y más incierta que la de diseñar un avión nuevo.** Esto no significa que para hacer hábitat tengamos que aprender mucho por el "método de tanteo". En vez de ello, para construirlos tenemos ciertamente que aprender como aplicar tanto los verdaderos métodos científicos como los de ingeniería, y permanecer alejados del enfoque del "coste efectivo"—que tanto ha fallado en el pasado.

Un estudio no es propiamente un hábitat. Pero podemos hacer un estudio apropiado de un hábitat aplicando el método científico correcto. Después de las misiones lunares Apolo, se consideró establecer pequeños puestos avanzados lunares al estilo del **Proyecto Horizonte de 1959**, los que capacitarían gradualmente a incrementar el tiempo de permanencia en la Luna y la cantidad de personas. Los puestos avanzados pequeños son algo riesgosos tal como nos muestra la historia en la Tierra.

El diseño del Mex-LunarHab exhibirá algunas innovaciones técnicas. Una de esas innovaciones es que podría permanecer descubierto en la superficie lunar (es una innovación que debe permanecer ahora sin publicarse). Definir el *hardware* es fácil de hacer y el ingeniero dentro de nosotros quiere sentarse y construir el *hardware* inmediatamente. Pero, **estoy interesado en enfocar tal talento y entusiasmo hacia una sucesión de pasos más pequeños que finalmente hagan realidad la instalación de puestos de avanzada de la humanidad en la Luna, como los propuestos para la Montaña Malapert**¹⁰.

Por medio de nuestro proyecto lunar análogo Mex-LunarHab, México podrá desarrollar un experimento de **Generación y Utilización de Recursos In Situ (GURIS)** que servirá para reducir la masa inicial que se tiene que lanzar desde la Tierra, y tener, por ejemplo, una producción *in situ* de combustible (Producción de Combustible In Situ – ISPP, por sus siglas en inglés) o gas respirable, agua, y otros bienes que se necesiten para una tripulación humana. Esto es lo que significa tener un sistema de potencia para la producción de energía solar, o Helio-3.

Asimismo, también deseo utilizar una aplicación eficiente del método correcto de organización para la utilización de recursos lunares—todos los que puedan levantar una economía lunar fuerte. Para comprender lo último, recomiendo revisar las siguientes lecturas: "Mining and Processing Sistema" (B. Blair, J. Díaz, M. Duke, et al, "Space Resource Economic Analysis's Toolkit: The Case for Commercial Lunar Ice Mining", pp. 21-22) y SRD Appendix 2, Case 1, Architecture 2, "Development and Cost Model" (ibid., pp. 50-56)¹¹. Por el otro lado tenemos el libro del **Dr. Peter Eckart, *The Lunar Base Handbook***, que es una de las publicaciones más completas que cubre ingeniería, desarrollo, transportación, costos, economía, y otros aspectos¹². Todos estos casos están fuera del alcance de esta presentación.

El **Dr. Robert M. Zubrin** y **The Mars Society** actualmente trabajan en el diseño y desarrollo de hábitats para llegar finalmente a vivir y trabajar en el Planeta Rojo¹³. Cualquier experiencia que se obtenga de esta clase de investigaciones y desarrollos será de mucha utilidad para nuestro camino a las estrellas.

Una explicación típica sobre como tratar con la construcción y desarrollo de hábitat lunares se encuentra en **Workshop on Analog Sites and Facilities for the Human Exploración of the Moon and Mars** conducido por el **Dr. Michael B. Duke**¹⁴. Por ejemplo, **Pascal Lee** del **Mars Institute**, **SETI Institute**, y del **NASA Ames Research Center** ha escrito que "como no hay lugar en la Tierra que sea completamente como Marte, es importante notar que no hay tal cosa como un análogo *perfecto* de Marte"¹⁵, tal como que no hay del todo tal cosa como un análogo lunar perfecto en la Tierra. Con respecto a un hábitat espacial, Lee también ha descrito algunos ejemplos de lecciones para el estudio de una tripulación, y sus "resultados y otras cosas quedarán más adelante firmes y refinadas a través de investigación continua en programas análogos tales como el NASAHMP" ("The NASA Haughton-Mars Project", pp. 44-47).

Kurt Micheels, que estuvo involucrado en el diseño del NASAHMP, en su "Lecciones Aprendidas: Diseño, Fabricación y Desarrollo del Primer Hábitat Análogo de Marte"¹⁶ nos muestra una lista de lecciones para construir, desplegar, administrar, y otras materias, incluyendo lecciones logísticas—es un documento muy interesante que debería ser tomado en cuenta muy seriamente.

EL DISEÑO DE LOS MODULOS: CONFIGURACION

El Hábitat Real: Tanque como Hábitat/Tanque de Combustible: La Base para Diseñar el Simulador Terrestre

Cuando me senté por primera vez a dibujar unos esbozos, muchas ideas me vinieron a la mente. Quizás fue como dijo una vez el **Dr. Wernher von Braun**: "**Hago investigación básica cuando no sé lo que hago**". Unas de las primeras ideas que tuve para tratar con esto fueron: 1) Encontrar la mejor manera práctica de poner al hábitat/nave-espacial Mex-LunarHab sano y salvo en la Luna¹⁷; 2) la optimización de espacios en cualesquiera de los compartimentos. Esto sólo fue el comienzo. Las primeras imágenes me condujeron a pensar de manera conclusiva en dibujar cilindros y esferas. Es más sencillo de fabricar un cilindro que una esfera. Y probablemente es mucho más fácil instalar una esfera. Un breve ejemplo pueda servir para demostrar las respectivas obras de utilidad.

A fin de que el hábitat MLH real quepa en un cohete actual para llegar a la Luna hoy, un cohete como el **Titan V/Centaur** como se expone en esta presentación, debe ser un cilindro de 4 m de diámetro y 9 m de largo. A fin de obtener el espacio de piso útil y el volumen del cilindro, computamos el área de la sección transversal del cilindro:

$$A = \pi r^2$$

$$A = 3.141 \cdot 2^2$$

$$A = 3.141 \cdot 4$$

$$A = 12.5 \text{ m}^2$$

Para obtener el volumen cúbico multiplicamos este Area por la longitud del cilindro:

$$V = A \cdot L$$

$$V = 12.5 \text{ m}^2 \cdot 9 \text{ m}$$

$$V = 112 \text{ m}^3$$

A. Un Tanque de Combustible es una Estructura Rígida

Escogimos la opción vertical, la instalación del "silo" vertical, porque esta configuración es consistente y no ofrece desperdicio de subespacios. El acceso a cualquiera de los niveles debe quedar lejos del centro, fuera del camino (el único acceso que queda en el centro es la compuerta que es la entrada al hábitat en la parte superior). Cualquier accesorio fijo que sea alto se puede colocar donde sea en cualquier cuarto. Para aislar cuartos contra la violación de presión, es más fácil implementar mamparas como pisos.

Esta configuración permite también la segregación de los espacios de ingeniería (compuertas hacia el exterior, procesamiento de aire y agua, potencia, almacenaje, etc.), desde el espacio técnico (talleres, comunicaciones, laboratorios, computadoras, biblioteca, etc.), y desde espacios para vivir (dormitorios, enfermería, sala de ocio y de recreo, etc.). La compatibilidad psicológica para esta configuración de vivienda parece muy favorable, ya que el despliegue horizontal tipo "submarino" es estresante para tripulaciones que se queden activas a largo plazo.

El equipo pesado estará en el piso superior (almacén, herramientas, partes de repuesto, *rovers*, trajes espaciales, etc.). Laboratorios, comunicaciones, y etc., estarán en el piso del medio (el segundo piso). Por causa de un mejor escudo contra la radiación, los dormitorios, biblioteca, sala de descanso y recreación estarán en lo más profundo en el tercer piso.

El hábitat MLH real será instalado verticalmente, ya sea que la compuerta conduzca hacia el exterior, a la superficie lunar, o conectado a un túnel principal que estará conectado con otro hábitat. Por lo tanto, un cilindro ofrece tanto una forma de lanzamiento óptima como también sirve para proteger bien la retención de presión en módulos rígidos. Los cilindros podrían ser posiblemente fabricados de losas de titanio, tal como **Lockheed Martin** construye los fuselajes de sus cohetes *Titan* y *Atlas V*. Como sabemos, el titanio es muy difícil de soldar, pero si las superficies con que se trabaje se soldan al vacío, pueda llegar a ser posible de hacerse en procesos al vacío en la Luna. Una vez que los tanques hábitat/combustible hayan llegado a la superficie lunar será necesario limpiarlos e integrar los sistemas de equipo internos para las operaciones. También se considera que el MLH utilice estructuras inflables que sean transportadas en estado encogido.

He designado al ingeniero arquitecto **Alfonso Pérez Alvarado^A** como Director Nacional (México) del Proyecto Hábitat Lunar Análogo de México (MLH). También tratará con todos estos mismos asuntos.

CONCEPTOS DE DISEÑO

Intención: Aplicación de Metodología Correcta

Los conceptos se manejarán dependiendo de los siguientes aspectos:

1. Optimización de espacios en cada compartimiento
2. Reducción de tamaño
3. Reducción de riesgos para la vida del astronauta y de la integridad del hábitat

No es razonable que las primeras tripulaciones lunares sean despachadas a un lugar inhóspito como la Luna a menos que todas las piezas esenciales de los equipos de sobrevivencia sean puestas en condición de operar en la superficie lunar.

Lo básico para las instalaciones lunares serán las unidades preliminares prefabricadas que se integrarán en la superficie lunar las cuales evolucionarán convirtiéndose en un complejo, una Base de Fusión Nuclear, para satisfacer las necesidades de las primeras tripulaciones. Debemos tener en cuenta que será muy difícil transportar a los sitios seleccionados las unidades individuales para su integración, sin que se incurra en dañarlas durante una operación de alunizaje.

Al utilizar la forma de cilindro, todo el hábitat puede contener un compartimiento dormitorio, uno de descanso y áreas de gimnasia, un escusado y un baño. En otros compartimentos se establecerán los cuartos de enfermería y telemedicina; laboratorios de minería, geología, astronomía, astrofísica, y biología; una cámara de actividades extravehiculares (EVAs), que contengan dos compuertas, una para descontaminación y limpieza de polvo, y otra para descompresión de aire.

Para las actividades humanas fuera del hábitat, se deberá incluir instalaciones que típicamente duran varias horas, alimentos, bebidas y manejo de desperdicios. La metodología correcta del **Modulo de Excursión Lunar (LEM)** del Proyecto Apolo puede ser muy útil como modelo.¹⁸ Es aceptable el uso de oxígeno puro en trajes espaciales durante actividades extravehiculares. Los requerimientos para diseñar trajes espaciales surgen de las consideraciones de factores humanos, de operaciones, seguridad, condiciones ambientales, y de interfaces con la instalación presurizada y el objeto al que se le de servicio. Es necesario tomar en cuenta más consideraciones cuando se diseñe un traje espacial para uso lunar.

B. Estructura Inflable

Los módulos inflables, como los llamados "Transhab" que es un concepto desarrollado en el **Centro Espacial Johnson de la NASA**, que son muy buenos para hábitat, probablemente serán los que se requerirán de trabajo intensivo para sistemas de equipo interno en el sitio. En caso que decidiéramos construir una configuración modular de multinivel, a causa de los montones puestos de manera vertical y en multinivel será muy dificultoso de transportar sobre terreno lunar áspero o para tener que cubrirlo con regolito para protegerlo contra la radiación. Aun tenemos que descubrir, desarrollar y producir nuevos tipos de materiales resistentes y ligeros que protejan a los humanos de los impactos de radiación y micrometeoritos.

Tendremos que tomar cuidado de la degradación de materiales en ambiente lunar, en particular los adhesivos y los plásticos, y de otros tipos de materiales. En el **Laboratorio Nacional Lawrence-Livermore (LLNL)** de Estados Unidos se diseñó un hábitat lunar desplegable; quedó compuesto de subensambles separados que incluyan la ampolla, con freno, y el escudo térmico y micrometeorítico—se escogió una cubierta tejida de ampollas, hecha de silicio y cubierta de Vectran. Se escogió por su simplicidad, propiedades de despliegue en temperatura fría, y de naturaleza robusta. Fue un diseño muy interesante. Pero un problema que se tenía que resolver fue el de mantener la geometría estructural una vez que el hábitat fuera despresurizado para su ingreso y egreso. Una opción que se desarrolló para dirigir esto fue la de hacer rígida la porción estructural de freno del hábitat, una técnica que se utiliza frecuentemente en lugares separados. La posición rígida queda completa y la estructura actúa como un compuesto de estructura rígida.

Tenemos que encarar cambios de temperatura y otros aspectos de lo desconocido tecnológicamente. Con respecto a estructuras inflables se han hecho varios estudios de simulación en computadora tales como el del finado **Dr. Willy Sadeh**¹⁹ y el de **Paul Blase**²⁰ de **TransOrbital**—con todo y esto, todavía tenemos algunos datos desconocidos con los que hay que tratar.

C. Compartimentos de la Tripulación y otras Instalaciones

Nota Importante: Las medidas y dimensiones explicadas aquí, son sólo las mínimas para un hábitat real. Esperemos que en un futuro próximo se cuente, aparte del cohete Orión del Proyecto Constelación de la NASA, con otro vehículo de capacidad mayor que los actuales para poner este hábitat y su equipo en la Luna (como explico más adelante en el subtítulo "El Lanzamiento del Hábitat MLH Real", página 49). La recomendación en esta presentación es diseñar y hacer operativo, lo más cercanamente posible a un diseño real, al hábitat simulador que se propone instalar en las cercanías de Cancún.

Los módulos de 4.27 m de diámetro de la **Estación Espacial Internacional (EEI)** presentan las secciones transversales prácticas más pequeños que acomodarán de manera efectiva un mínimo de los requerimientos para la altura de la gente. Algunos estudios indican que módulos mayores sólo empiezan a ofrecer ventajas funcionales significativas cuando el diámetro alcanza aproximadamente 6.7 m. En este punto los cilindros se pueden dividir en dos niveles de pisos. Lo que se intenta evitar aquí es un sentimiento de claustrofobia; tener ventanas para ver al exterior, ver el panorama. Mi sugerencia es que el hábitat tenga dos ventanas, una al lado opuesto de la otra, en la parte superior; si se cubre con regolito, el hábitat tendrá que instalarse con la parte superior, hasta el nivel de las ventanas, descubierto.

El taller del *Skylab* estadounidense es un ejemplo histórico muy válido acerca de la tecnología de que se disponía hace aproximadamente 40 años. El módulo del taller orbital que se derivó de la tercera etapa del vehículo de lanzamiento Saturno V tuvo un diámetro de 6.7 m, una longitud de 14.6 m y una masa de 35,380 kg. Todo el sistema se componía de una compuerta, un dique adaptador, la unidad del aparato modificado del vehículo de lanzamiento, y un telescopio.

Los cuartos de las habitaciones se diseñan como estructuras rígidas. Para el hábitat MLH, si se utilizaran tanques de combustible tal como es la propuesta original, todavía tendríamos que lidiar con la constructora del tanque para llegar a un acuerdo en cómo tendríamos que solucionar las necesidades que se requieran. Para las habitaciones, como una estructura compuesta de aproximadamente 25 m de grosor, podríamos tener paredes de módulos rígidos. De manera que todavía habría que discutir con la compañía aeroespacial (Lockheed Martín, Boeing, et al.) sobre cómo construir el interior del tanque-de-combustible/módulo.

Los cuartos para la tripulación deben facilitar provisiones para el confort humano: Para dormir de manera confortable, cama escondida de manera personal, sistema de comunicaciones, sala de computación, sala de recreo, y por si acaso, un cuarto más. Para higiene personal: Provisiones para ducharse, para arreglo y aseo del cuerpo; un escusado; manejo de sistemas de recolección y tratamiento de desperdicios; equipo de lavandería para lavar ropa/toallas. Otros cuartos: cocina, comedor-cafetería (asientos adecuados para toda la tripulación ya sea para horas de comida y para otras reuniones del grupo), biblioteca, enfermería (equipo y provisiones para monitoreo de salud, diagnósticos, rutina, y tratamiento de emergencia), almacén (para la preservación/almacenaje de alimentos y nutrientes, y etc.).

El MLH tendrá una central de información. Pero, los miembros de la tripulación llevarán computadoras personalizadas. En **Biosfera 2**, la **Space Biosphere Ventures (SBV)** empezó a juntar los elementos computarizados de Biosfera 2 en 1985. Los programadores bajo la dirección del ingeniero en cibernética **Norberto Alvarez-Romo^B**, Director de Sistemas Cibernéticos de la SBV, "decidió que una red distribuida computadoras personales, o una sin cerebro central, funcionaría mejor ya que el diseño fue menos propenso a los paralizantes 'crashes' que plagan a veces a las computadoras centrales. También es más barato."²¹ Ambos, Norberto Alvarez-Romo y el ingeniero en cibernética **Fernando de la Peña Llaca^C** podrían diseñar unas computadoras

especiales personales para el Proyecto MLH. El ingeniero en *software*, **Krishnamurthy Manjunatha**^D es el encargado de los diseños de los controles empotrados.

Protección Física y Psicológica para la Tripulación dentro del Hábitat

Nota Importante: Especificaciones para el Hábitat Simulador.

1. El MLH (Hábitat Lunar Análogo) suministrará los medios para proteger la tripulación contra el calor y el frío y contra otros riesgos de salud/seguridad dentro del hábitat. Tenemos que diseñar sistemas que suministren acceso rápido tanto en mantenimiento de rutina como de emergencia.

2. La atmósfera dentro del hábitat quedará cerrada a la atmósfera terrestre. A fin de reducir pérdidas por fugas, reducir el estrés de la estructura, y hacer que los cambios de trajes espaciales sean más fáciles para trabajar en el exterior, el nivel de presión será menor al del nivel del mar (aproximadamente 60%).

3. **Gail Leatherwood** en su artículo acerca del Hábitat Lunar Análogo de México (Mex-LunarHab) en *Ad Astra*, con respecto al comportamiento humano en espacios limitados, escribió: "Entonces está el asunto de los humanos viviendo juntos por largos períodos aun en una templanza de armonía. Empezando con las primeras experiencias en hábitats en el espacio una y otra vez han demostrado que es tan compatible como lo sea la gente, el espacio privado es crítico para la salud mental. Pueda ser tan sencillo, si es necesario, como poner una cortina que divida un cubículo dormitorio"²². A causa de la dificultad psicológica para que la gente pueda convivir junta por largos períodos de tiempo en un lugar tan reducido, en la Estación de simulación MLH en México tenemos que diseñar, desarrollar, y llevar a cabo experimentos psicológicos reales para aprender finalmente como convivir de la manera más exitosa posible, como trabajar juntos, y hasta como divertirse todos. En la Luna, para extender los ciclos laborales de la tripulación hasta los límites prácticos, minimizar los requerimientos de rotación del personal y sus costos, el programa MLH *real* suministrará medidas de apoyo y de seguridad para la tripulación; pero sin que estos lleguen a ser tan bajos como el punto de vista del "coste efectivo" que pudiera poner en riesgo la vida de los astronautas. Los estudios de la aclimatación humana en el ambiente lunar deberán involucrarse tanto en pruebas fisiológicas²³ como psicológicas²⁴.

- El estudio del comportamiento sexual. No podemos evitarlo. Tenemos que encararlo. Tenemos que encarar lo mismo que han encarado Biosfera 2 u otro tipo de hábitat simulador, incluyendo la *Mir* y la Estación Espacial Internacional. Como tripulación combinada del MLH, hombres y mujeres, las vidas privadas de la tripulación son *privadas*. Como explicó **John Allen** en el libro *Biosfera 2: La Experiencia Humana*, "Aún, los tópicos más calientes de interés para el medio noticioso, y un tema de conjeturas divertidas para los observadores de Biosfera 2, son las vidas amorosas de la tripulación una vez que las puertas se han cerrado. Cuatro hombres, cuatro mujeres. Ninguno casado con otro. La pregunta científica pueda ser su objetivo primario aquí, pero es difícil de imaginar que ocho adultos saludables pondrán romance y sexo en asimiento por dos años completos. **Curt Supplee** del *Washington Post* lo pone así: '¿Habrá sexo en Biosfera 2? Claro, pero a quien le importa... los que esperan en la Biosfera 2 están en ello por el amor de la idea, no del colega abajo del pasillo.'" (John Allen, *Biosphere 2: The Human Experience*, p. 130).

- En materias psicológicas, el libro de **Marsha Freeman** (Miembro de la Mesa del Consejo Científico y Técnico de la SEM), *Challenges of Human Space Exploration*²⁵, brinda varias notas muy admirables enseguida de las notas sobre las misiones Transbordador/Mir (también como trabaja un equipo de trabajo)—cronológicamente, la Sra. Freeman cubre los resultados científicos desde el *Skylab* de E.U., seguido por las estaciones soviéticas *Salyut* y *Mir*, la cooperación del Programa Transbordador de E.U. con la *Mir*, y la que por entonces sería lanzada, la Estación Espacial Internacional, laboratorio con 3 veces más de volumen habitacional y 5 veces mayor de potencia que la de la *Mir* (idem., *Challenges of Human Space Exploration*). En particular, se sugiere mayor atención en el Apéndice 3, "Psychological Support of American

Astronauts on Mir". Otra excelente lectura es la de **Nick Kanas**, et al., "Psychological Issues in Space: Results from Shuttle/Mir"²⁶. Por lo tanto, para una excelente cooperación internacional en el espacio debemos tomar muy seriamente estos temas. El programa espacial de China se desarrolla de manera dinámica que al haber puesto a su primer *taikonauta*, **Yang Liwei**, está promoviendo su ingeniería, a saltos agigantados, en la exploración del espacio. Debemos considerar la cooperación en el espacio tal como lo han estado promoviendo desde hace ya mucho tiempo **Steve Durst (Space Age Publishing Co.)**, **Declan O'Donnell (USIS)**, el **Dr. Eligar Sadeh**²⁷, y otras personas más.

- La cooperación en el espacio también llega a ser más y más importante, y fundamentalmente necesaria. Un muy buen ejemplo de ello es la existencia de la Estación Espacial Internacional (ISS). En la actualidad, China también busca un potencial para la cooperación espacial y lunar²⁸. El caminante lunar de Apolo 17, el **Dr. Harrison Schmitt** en su libro *Return to the Moon: Exploration, Enterprise, and Energy in the Human Settlement of Space* ve viable el regreso a la Luna sólo si la Iniciativa Privada se llega a integrar y que justifique que los Estados Unidos y sus socios se queden allá²⁹.

5. Al aspecto sanitario se le debe considerar junto a todas las medidas diseñadas para mantener un ambiente descontaminado. A la higiene personal se le debe considerar en la lista de aseo del propio cuerpo y ropa. Cuando se construya el hábitat, a estas dos necesidades se les debe tomar en consideración con mayor extensión.

6. Cada miembro de la tripulación tendrá su propia computadora, su propio canal de comunicaciones con la familia y con sus amigos, así como para asuntos personales, y para mantener sus archivos personales. Se deberán tener provisiones tanto para el uso creativo como para el de pasatiempos del astronauta lunar. La gente que viva y trabaje en el hábitat real se deberá quedar en la Luna de 6 a 12 meses. El tiempo de diversión y de descanso no es solamente para perder el tiempo, o para estar entretenido, sino que también es una oportunidad para aprender cosas nuevas. Con todo ello, no debemos esperar que un individuo enfoque todo su tiempo de ocio solo para su autodesarrollo, en particular cuando hay actividades muy limitadas fuera del hábitat—parece que el principal interés será ver películas, ver televisión, escuchar música, así como la lectura, la destreza manual, el arte, los juegos de naipes y de ajedrez, y cosas por el estilo.

7. Será muy importante igualar los talentos de la tripulación con las obligaciones que se requieran para las operaciones de mantenimiento del propio hábitat. Para una tripulación pequeña forzosamente se necesita distribuir y delegar demasiadas habilidades a los individuos dentro del hábitat así como a los que anden fuera de este. En el comienzo del establecimiento de hábitat y una base en la Luna, los ciclos labor-descanso serán aproximados a 60 horas por semana—una semana de 40 horas será improbable para una tripulación lunar. Según se vaya incrementando el número de las tripulaciones y del equipo automatizado los ciclos irán decreciendo gradualmente. Los itinerarios de humanos y robots que trabajen como geólogos, mineros, astrónomos, astrofísicos, etc., deberán ser programados cuidadosamente³⁰.

8. El Sistema de Control de Temperatura para el MLH (tanto como el del hábitat real como para el de simulación) será diseñado para mantener la temperatura dentro del módulo entre 18° – 22° C y para mantener la humedad de la temperatura entre 4° – 16° C. Las atmósferas de los compartimentos se tendrán que modificar debido al inevitable incremento en contaminantes, los desechos de los miembros de la tripulación, impurezas en los materiales de soporte vital, interacciones químicas, flora bacteriana, y oxidación de los materiales del compartimiento. En la Luna, para la exposición a la baja gravedad allá, que sea por largo periodo de tiempo, y otras

condiciones ambientales, se podría hacer énfasis en técnicas no invasivo para analizar reacciones metabólicas, inmunológicas, hormonales, y anatómicas.

9. En instalaciones espaciales no es tan fácil de evitar la contaminación microbiana, en particular la contaminación del aire. Los contaminantes ya sean químicos o microbianos tienen el potencial de acumularse en un hábitat de volumen limitado³¹. Debemos considerar cuidadosamente el impacto a corto y largo plazo en la salud y evitar los factores que afecten el desempeño y la productividad de los astronautas. Debemos desarrollar estándares para especificar los niveles de contaminación que sean permisibles.

10. El equipo médico típico incluirá electrocardiograma (EKG) y monitores para vigilar las pulsaciones del corazón y aparatos para diagnosticar el ejercicio de la tripulación. **Linda Plush**, miembro de la Mesa de Consejo Científico y Técnico de la SEM, está a cargo de este desarrollo.

Trajes Espaciales

El trabajo humano en la Luna será muy caro, especialmente si tiene que ser realizado en trajes espaciales, y es por esta razón que se tiene que minimizar el trabajo de ensamblaje en nuestro satélite natural. En nuestra situación actual, ensamblar cualquier cosa para trabajar en la superficie de otro cuerpo celeste es una obra muy dificultosa. Típicamente, la actividad fuera del hábitat durara varias horas, de tal manera que se deberá incluir instalaciones para el manejo de alimentos, bebidas y desperdicios.

El ingeniero espacial argentino **Pablo de León^E** y su equipo han estado experimentando con un traje espacial mas pequeño que los que usa la NASA y la Agencia Espacial Federal de Rusia (RKA) en órbita terrestre, y que es más flexible que los trajes espaciales lunares del Apolo. Uno de los rasgos mas notables de los prototipos de los trajes para Marte es un cubierta azul brillante, diseñada para protección térmica y contra el polvo, el cual se puede quitar y poner. Estos trajes espaciales van a ser de mucho uso prácticos para los futuros exploradores en Marte, que probablemente harán muchas actividades extravehiculares y que tendrán que reutilizar y reparar sus propios trajes³².

Como sabemos, los requerimientos para el diseño de trajes espaciales nacieron de la consideración de factores *humanos*, para la seguridad de estos, para las operaciones, condiciones ambientales, e interfaces con la instalación presurizada y con el artefacto al que se le de servicio. Para el diseño de un traje espacial hecho para operaciones lunares, tenemos que tomar en cuenta varias consideraciones importantes tales como: comunicaciones, protección térmica y contra la radiación, movilidad, visibilidad, destreza con guantes, protección contra meteoritos, flujo satisfactorio de circulación, calidad del ambiente presurizado, y más detalles.

Vehículos Lunares y Seguridad Humana

Para minimizar los requerimientos laborales de la tripulación y los riesgos del trabajo, hasta donde sea posible debemos incorporar sistemas automatizados, teleoperador y robóticas. Acerca de este tema, todavía tenemos que discutir muchos detalles, por ejemplo, con los doctores **David Schrunk**, **Madhu Thangavelu³³**, miembros de la Mesa del Consejo Científico Técnico de la SEM, así como Brad Blair, **William Good**, y con otras personas más.

En México tenemos los recursos humanos para conseguir los sistemas robóticos teleoperador. La Sociedad de ingeniería **Aeronáutica y Espacial (SIAE)** de la **Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)** diseñó un robot explorador llamado *Quetzalcóatl* capaz de hacer decisiones por si mismo. Este robot en forma de araña es aproximadamente de 30 cm³ (el cual es parte de un proyecto de investigación en el sitio arqueológico Teotihuacan). **Antonio Andrade**,

vicepresidente de la SIAE, diseñados del *Quetzalcóatl*, ha dicho que para diseñarlo se inspiró en el robot explorador de Marte, *Spirit*. Daríamos la bienvenida a cualquier apoyo de la UNAM, del **Instituto Politécnico Nacional (IPN)**, del **Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)**, **Universidad LaSalle (ULSA)**, **Universidad de Guadalajara (UDG)**, **Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP)**, **Universidad Nacional Aeronáutica de Querétaro (UNAQ)**, **Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ)**, y muchos otros instituciones educativas mexicanas.

Dentro del Proyecto MLH en general tendremos la colaboración de gente de sociedades de alumnos de ingeniería en mecatrónica, de estudiantes en diversas instituciones educativas, así como de profesionales.

Durante las actividades lunares los miembros de la tripulación quedarán expuestos a la ionización de radiación la cual es perjudicial para la salud y para el desempeño de sus labores. La radiación de partículas solares incluye rayos-X y rayos gama, neutrones, protones, y electrones, así como partículas alfa.

Durante la década de 1970, la dosis anual para astronautas mayores de 30 años de edad era de 38 rem y el límite para toda la vida era de 200 rem. La dosis de radiación anual dentro de los primeros metros debajo de la superficie lunar es aproximadamente de 30 rem durante un mínimo de actividad solar; pero puede llegar a ser mayor de los 1,000 rem durante un período de actividad solar que ocurre cada 11 años. Dependiendo en el concepto de diseño, la manera actual de protegerse contra la radiación estima minimizar estos efectos en el orden de aproximadamente 500 g de regolito lunar. Los materiales de estructura y de equipo usados también para este propósito podrían llegar a reducir este requerimiento. Por ejemplo, hasta este punto, según se vaya diseñando al MLH, este podría permanecer descubierto en la superficie lunar—es una innovación aplicada que permanece en secreto por ahora. En la actualidad se estima que los astronautas en la Luna trabajen en algún hábitat aproximadamente 10 horas en un periodo de 24 hrs durante el día lunar. Para la mayoría, las horas de Actividad Extravehicular (EVA) podrían ser del 20% pero no para todos. Para cuando finalmente se establezcan hábitat y una base en la Luna, basándose en la experiencia disponible, la dosis de radiación permitida tendrá que ser establecida por las agencias responsables.

El Equipo Pesado del MLH

El equipo del MLH en la Luna deberá incluir: un *rover* lunar tipo *Apolo* (este será también un requerimiento para el Hábitat Lunar Análogo); una planta de energía nuclear que se lleve con el resto del equipo; un robot excavador; y cualesquiera otro aparato que sea necesario. Una planta de oxígeno líquido lunar, un *rover* con laboratorio móvil, y alguna otra infraestructura significativa que se requiera sea puesta en la Luna para formar parte de la base en su totalidad. Para desarrollar la Luna se requiere una gran cantidad de transporte para los miembros de la tripulación, para transportar *hardware*, así como transportar materiales, equipos médicos de emergencia, combustibles, y todo lo que sea necesario. Esta es una razón poderosa para que la mayoría de los vehículos tengan ambiente presurizado.

Una vía de ferrocarril lunar será el medio primario para el transporte de materia prima a largas distancias en la Luna, que cruzará nuestro satélite natural de polo a polo. "El reto de construir un sistema de vía a través de la circunferencia lunar es virtualmente el mismo que construir la rejilla eléctrica, y se puede embarcar en ambos proyectos simultáneamente..."³⁴ (David Schrank, et al, *The Moon*, pp, 93-99).

Equipo de Soporte Vital de Emergencia

Se supone también aquí que la cantidad mínima de los módulos de todo el MLH en la Luna sólo podrán llevar suministros limitados de agua y alimentos (<~200 Kg.). Considerando que un puesto de avanzada lunar ya este funcionando, entonces este podrá reciclar toda el agua, el aire, y los productos de desperdicios, y que cultive la mayoría de la comida dentro de un sistema de soporte vital cerrado, lo que no sería ya tan problemático para la gente que viva en el hábitat MLH. No obstante, en casos donde se interrumpa el servicio de reciclaje, deberá hacerse cargo un sistema de soporte vital de emergencia. Tendrá que haber disponible un suministro de agua y oxígeno para cinco días, así como un cuarto para almacenar toda la basura y desperdicios.

Los parámetros ambientales del flujo de radiación elevada con relación al espacio exterior, el bajo peso, y la confiabilidad ven estos, limita a que los materiales aeroespaciales típicos queden reducidos a una lista corta con respecto a las aleaciones de alto rendimiento, reduce daño compuestos y a láminas de metal muy delgadas (Al-Ag, Al-Cu); pero conforme se avance descubriendo y desarrollando materiales más resistentes y ligeros a la vez, se resolverá esta dificultad.

El Equipo Científico Experimental

Tal como se necesita que la hechura del MLH *real* se discuta y se estudie más profundamente, también se necesita que se clarifique cuál será el equipo científico experimental. La nanotecnología será también una de las actividades científico-tecnológicas más relevantes que se realizará. Estamos aprendiendo. Con respecto al desempeño de las tripulaciones de estaciones espaciales, Marsha Freeman, en su libro *Challenges of Human Space Exploration*, describe casi cada experimento. Ella enlista los nombres de los experimentos realizados, incluso los hechos por estudiantes de escuelas preparatorias. Y da una descripción muy buena del planteamiento de las misiones, de la ejecución de las tripulaciones, y varios aspectos mas; esta es la clase de temas que se espera discutir mas ampliamente.

Todo junto, el hábitat lunar, el equipo científico, y demás, se debe tomar como un todo. Los fracasos del pasado nos pueden ayudar hoy a desarrollar máquinas mayormente mejoradas. En 1995, un programa conducido por la **Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de la Defensa (DARPA)** para desarrollar un avión avanzado de despegue corto y de aterrizaje vertical (ASTOVL) que en la actualidad se llama *Joint Strike Fighter (JSF)*, como respuesta al Congreso de Estados Unidos, el día de hoy sería un error concluir que el JSF pueda ser un fracaso ya que el TFX fracasó también. Otro caso es el de que, por ejemplo, la tecnología *stealth* (furtiva) ha sido sometida ya por cinco generaciones³⁵, y que todavía tenemos mucho más que aprender acerca de ello—este mismo enfoque se debe aplicar para el hábitat espacial.

LAS PREGUNTAS ACERCA DEL FINANCIAMIENTO PRIVADO Y DE PARTE DEL GOBIERNO

¿Financiamiento por Medio de la Fórmula Sociedad Gobierno/Empresa Privada?

El costo es la mayor objeción para un programa lunar humano a gran escala. Sabemos que las expediciones humanas a Marte serán varias veces más costosas y que se involucrarán en riesgos serios e inaceptables para una tripulación. Como estamos retrasados en los planes para explorar, vivir y trabajar tanto en la Luna como en Marte, si se planea sabiamente, el invertir en desarrollo tecnológico y de investigación en un programa lunar puede remplazar mucho de la inversión que se haga para un programa en el Planeta Rojo. Pero como ya sabemos, irónicamente en Estados Unidos una objeción para regresar a la Luna, que surgió de los proponentes de la doctrina "coste efectivo", es que un programa de exploración lunar podría ser un obstáculo para la exploración de

Marte. Acerca del asunto "coste efectivo", el genio detrás de las maravillosas máquinas que exploran Marte tales como el *Sojourner*, **Rodney Brooks** tiene algo que decir al respecto en "Fast, Cheap, and Out of Control"³⁶.

Por lo tanto, bajo el punto de vista del "coste efectivo", los intereses ya formados dentro de la NASA y de sus clientes contratistas aeroespaciales podrían proseguir proyectos aún mas complejos relacionados con infraestructura lunar, sin intención de embarcarse en nuevas exploraciones; y es verdad que históricamente la NASA enfoca su atención con mayor empuje sólo cuando se va a finalizar el programa que se esté llevando a cabo en ese momento, lo cual significa que los planes futuros se hacen de manera táctica en vez de estratégica.

Hasta el día de hoy, las verdaderas expectativas de futuras expediciones humanas en el espacio sólo viven en los niños y en novelas, películas, y series de televisión de ciencia-ficción. Y, no sólo en Estados Unidos sino que también en las naciones que se han involucrado en la conquista del espacio exterior, la objeción se basa en la suposición que explorar la Luna "también debilitará nuestras naciones", que "ninguna tendrá la energía para continuar más allá de la Luna y Marte". Lo contrario a esto último es que la verdadera historia humana nos muestra que embarcarse en ir hacia nuevas tierras genera creatividad y derrumba viejas maneras de pensamiento en la generación que surge luego de esto. En efecto, en historia reciente, el Programa Apolo abrió un camino muy ancho que aún produce nuevas tecnologías y conduce a nuevos descubrimientos científicos.

La exploración de la Luna hecha por humanos empujara la exploración humana de Marte, lo que se relaciona con el único elemento de exploración de todo el Sistema Solar, el establecimiento de presencia humana permanente en nuestro "Séptimo Continente", tal como Krafft Ehrlicke acostumbra a llamar a la Luna, lo cual no es un pasatiempo o un impedimento, sino que es parte de nuestro proceso histórico.

Con todo y esto, aún cuando recibimos una iniciativa presidencial nacional en Estados Unidos para ir a la Luna y establecer asentamientos allá, uno de nuestros primeros pasos importantes es identificar a nuestros clientes comerciales. Una pregunta es: ¿Quién requiere ya sea la presencia de humanos en la Luna o un producto que sólo se pueda producir allá? Si recibimos un cliente y no sabemos sus necesidades: Ciertamente, si no se han ya establecido las obras específicas que hay que hacer en la Luna, no podemos empezar a resolver un problema. Además, es cierto que hay que establecer una instalación prototipo que sea a prueba de conceptos. Debemos encontrar patrocinadores que tengan cualquier cosa que ganar, después que nos hallan dado su dinero el cual nos capacitará para construir el *hardware* que se necesite para permanecer en la Luna. Estos clientes deberán tener una ventaja financiera de los productos y servicios de la Luna antes que alguien vaya a poner sus cabañas allá.

El sector privado por sí solo no puede llevar a cabo el desarrollo en la Luna. Como hecho comprobado, no podría lograrlo en 30 años. Después que se canceló el Programa Apolo, el propio sector privado se convirtió en otro sector involutivo, y dejaron de existir muchas de las ramas de la industria que fueron esenciales para el propio programa lunar.

Claro que indudablemente es difícil juzgar costos de operaciones ya que dependen enormemente sobre el éxito que los ingenieros tengan en desarrollar sistemas que necesiten relativamente poca supervisión y que esta sea continua. La experiencia ganada con el Transbordador Espacial³⁷ y con la primera versión diseñada de la Estación Espacial *Freedom*³⁷ ha sugerido que los costos de operaciones crecieron en parte a causa del incremento en los costos estimados y las disminuciones en los fondos que se necesitaban. Todo eso provocó que quienes planearon los

proyectos tuvieron que hacer cortes en los gastos para poder gastar en subsistemas e instalaciones que pudieran haber controlado costos de operaciones a largo plazo al simplificar y automatizar las propias obras de operaciones.

Hemos recibido otra lección. En 1931, el pionero estadounidense en cohetes **Robert H. Goddard** una vez recordó a sus consejeros de la **Institución Carnegie** y de la **Fundación David Geggenheim** que la investigación en territorio científico desconocido, y la comprobación de teorías por medio de procesos experimentales, seguido es un proceso dificultoso, a veces frustrante, y que toma mucho tiempo. La mayoría de las veces, los resultados no se muestran muy rápido. Los problemas surgen a causa de la incertidumbre asociada con los nuevos desarrollos. Al tratar de explicar por qué el avance de los cohetes fue una obra lenta, Goddard dijo entonces que "la propulsión química era una investigación nueva con muchas dificultades, y que era completamente difícil de diseñar y de construir un motor especial nuevo que fuera de uso común"³⁹. Ciertamente esto se aplica a cualesquiera tecnología que sea completamente nueva.

Para Financiar el Proyecto Hábitat Lunar Análogo de México: ¿Qué Camino Seguir?

Como proyecto financiado por la Iniciativa Privada, todavía no sabemos exactamente como se pueda financiar. Pero, según avancemos, tanto la ejecución del manejo del proyecto, como la obtención de fondos, y resolver otras legalidades, llegara a ser instructivo para la organización Hábitat Lunar Análogo de México (HALAM), Lunar Economic Development Authority (LEDA), para The Moon Society, la United Societies in Space (USIS), y la Space Orbital Development Authority (SODA), Space Frontier Foundation (SFF); National Space Society (NSS); y para otras organizaciones que se unan al proyecto.

Para obtener fondos para el proyecto Hábitat Lunar Análogo de México hay varias ideas, unas de ellas son, por ejemplo, que avanzaremos por medio de patrocinio de corporaciones (sector privado aeroespacial extranjero, fábricas, maquiladoras, y etc.), donaciones tanto del gobierno estatal como municipal así como del federal, atracción turística, postales y otros bienes que se puedan publicar tanto en el Estado de Jalisco, en toda la República Mexicana y en el extranjero. Las universidades podrían aportar al proyecto algo de sus investigaciones y/o algún dinero de su propia investigación.

Con respecto a la recaudación de fondos para la construcción y funcionamiento del hábitat Mex-LunarHab (MLH) *real*, tendremos que pasar a través de un proceso similar al del Proyecto Análogo (la Estación de Simulación en Jalisco). Excepto que este esfuerzo se hará por medio de la obtención de fondos muchos mayores. Tal como lo es para cualesquiera gran proyecto que se involucre en negocios en la Luna, el MLH se debe realizar por medio de un esfuerzo internacional conjunto—**¡Todos estamos juntos en esto!** Si efectivamente queremos lograr resultados importantes en el espacio, tendremos que comprender la exploración y colonización de este como un esfuerzo de cooperación internacional como un todo.

De cualquier manera, con respecto a la introducción del MLH *real* en las operaciones lunares, suceda lo que suceda dentro del contexto global para la conquista de la Luna, todo el siguiente esfuerzo que se realice para llegar y habitar la Luna será ligeramente más fácil que la primera vez cuando lo hizo Estados Unidos. Ya que ahora tenemos la Estación Espacial Internacional podemos ingeniar los medios para hacerlo sin utilizar Saturnos V para lanzar todo el paquete. Aunque necesitaremos enviar a la Luna, a la velocidad de escape, un orbitador y un alunizados. Ya que esto se ha hecho antes, el esfuerzo será solo de aproximadamente entre un 50% a 60% de

lo que fue el previo Programa Apolo (US\$25 mil millones), ajustados por la inflación (US\$150 mil millones).

El esfuerzo de la iniciativa privada ha sido realizado de manera grandiosa por el vuelo del avión aeroespacial SpaceShipOne (SS1). El 21 de Junio de 2004 el piloto de pruebas Mike Melvill llegó a ser el primer civil en pilotar al espacio un vehículo operacional de propiedad privada. El diseñador del SS1, **Burt Rutan**, dijo: "El vuelo de hoy marca una encrucijada crítica en la historia aeroespacial... Nuestro éxito prueba fuera de todo cuestionamiento que el vuelo espacial tripulado no requiere de gastos mamuts del gobierno"⁴⁰.

Para ilustrar mi punto de vista aquí, aún cuando el MLH real es un aparato mucho más complicado de construir que la sonda lunar *Clementine 1*, podemos usar este último como ejemplo. La *Clementine 1* primero fue un proyecto del Departamento de Defensa (DoD), y la NASA sólo tuvo poco que hacer. **La *Clementine 1* se diseñó, construyó, y se lanzó en casi dos años por un pequeño equipo de 25 técnicos, y su presupuesto resultó en menos de US\$55 millones.** La **Organización de Defensa de Misiles Balísticos (BMDO)** de la **Iniciativa de Defensa Estratégica (SDI)** estuvo a cargo de todo el proyecto. El propio gerente del proyecto, el **Teniente Coronel Pedro Rustan**, una vez dijo: "La sonda espacial ha sido diseñada, construida, probada, y controlada en el espacio por un equipo de 55 personas. No necesitamos un montón de científicos extravagantes con doctorados para construir una sonda espacial"⁴¹. También dio otra declaración que es muy cierta respecto a la *Clementine 1*: "La lección más importante", dijo Rustan, "es que el gobierno está mejor equipado que la industria privada para construir una sonda espacial de demostración"⁴².

La misión lunar *Clementine* es una indicación impresionante de como se puede comparar las sondas espaciales tradicionales con los sistemas modernos robóticos avanzados que son eficientes. A pesar de ser mucho más pequeña y más barata, la *Clementine* envió mas fotos de la Luna que todas las previas sondas lunares combinadas—ciertamente fuera del enfoque "coste efectivo". Aunque la *Clementine* se desarrolló originalmente para propósitos militares, como parte de la **Iniciativa de Defensa Estratégica (SDI)** de la **Fuerza Aérea de Estados Unidos (USAF)**, demostró llanamente lo que se puede hacer si solamente se nos diera la oportunidad para hacerlo.

Un muy buen ejemplo de una compañía privada pequeña que trabaja con el gobierno es SpaceDev que ha ayudado a crear al Primer Sector Privado de Astronautas del mundo—**Jim Benson** hizo muy buen trabajo!⁴³

Todavía necesitamos que la fórmula iniciativa privada/gobierno trabaje junta para formar la sociedad tan necesaria que debemos poseer. Hasta el momento, como esa verdadera sociedad todavía no parece la encontremos al otro lado de la esquina, tenemos que perseverar del modo privado.

LOS SITIOS DE PERMANENCIA PARA AMBOS HABITATS: EL SIMULADOR Y EL REAL

El Sitio para el Hábitat Lunar Análogo de México:

Aproximadamente 20° 20' 10" Latitud Norte and 100° 10' 10" Longitud Oeste en la Tierra

Cerca de Guadalajara

Se planea ahora que el Proyecto Hábitat Lunar Análogo de México (Estación de Simulación) esté localizado relativamente cerca de Guadalajara, Jalisco. Será establecido en una planicie, la cual se le escogerá muy cuidadosamente, lo cual nos permitirá hacer toda clase de pruebas con *rovers* (vehículos de exploración presurizados) o simulaciones de expediciones humanas (que incluirán una "caja de tierra" para atracción turística, para que la gente maniobre robots a control remoto).

Los Beneficios para el Pueblo

Los beneficios inmediatos para la gente que viva en la región aledaña donde se establezca la Estación de Simulación quedarán relacionados intrínsecamente, aunque paulatino al principio, con un mejoramiento de su situación económica, educacional y del ambiente natural.

Los beneficios para la región (y otros más también para la nación) serían los siguientes: En ambientes cerrados en la Luna, necesitaremos crear algunos ecosistemas parecidos a los de la Tierra. Por lo tanto, dichos beneficios aquí serían,

- Una optimización incrementada en el desarrollo agrícola para generar beneficios inmediatos a la agricultura local; utilizando tecnología de invernaderos abiertos, se investigará una adaptación programada para el cultivo de varias verduras.
- Reforestación de áreas erosionadas cercanas al sitio de la estación MLH utilizando tecnologías para detener el crecimiento de los desiertos.
- Desarrollar nuevas tecnologías o mejorar las ya existentes.
- Mejorar y aumentar el nivel de educación para la población más joven. El Proyecto MLH podría llegar a ser un símbolo nacional para que los jóvenes se motiven a estudiar ciencias, física, biología, matemáticas, química, mecánica y etc. Muchos niños llegan a las escuelas in preparados, desmotivados, y con falta de confianza en sí mismos—los programas educacionales surgidos del MLH les darán una idea más precisa para desarrollar sus habilidades para estudiar carreras de ingeniería o de ciencia. Respecto a los niños y adolescentes involucrados en drogas y pandillas, podrían llegar a ser capaces de encontrar un propósito real y definido para su educación y profesión en beneficio de la sociedad. De manera impresionante debemos optimizar nuestro sistema educativo, basándolo sobre el punto de vista enfocado en la verdadera-ciencia.
- Incremento de actividad turística.

Para los asentamientos humanos en la Luna se requerirá que halla verdaderos avances importantes en mecanismos de control y en monitores para que permanezcan funcionando bajo control por un largo período de tiempo y que mantengan el reciclaje de aire, de agua, así como el agrícola, y en sistemas que puedan reciclar los desperdicios—unos sistemas de soporte vital (ALS) muy avanzados. En su sitio en que quede establecido en la Tierra, en el Hábitat Análogo se intenta conducir pruebas de hábitat cerrado por largos períodos de tiempo. A fin de obtener sistemas de apoyo vital que sean confiables, evidentemente se requerirá llegar a tener que operar indefinidamente una ingeniería sólida⁴⁴. Por medio de experimentos hechos en la estación *Mir* (Marsha Freeman, *Challenges of Human Space Exploration*, "The Lessons Learned from Mir") ya hemos aprendido algunos avances importantes tanto en biología y medicina espacial que podemos utilizar para nuestra siguiente etapa de exploración lunar en el futuro. Este libro presenta desde los resultados científicos hechos en psicología en la *Skylab* que fueron tanto en humanos como en animales y plantas, así como también en física espacial y astronomía, en materiales, y precisamente analiza con mucha precisión algunos aspectos que se involucran en diseños de hábitats, de las cargas, así como en los efectos del aislamiento y de relaciones entre las tripulaciones y el personal en tierra.

Uno de los grandes desafíos para diseñar sistemas de soporte vital avanzados será el establecimiento de instalaciones agrícolas en la Luna. Hasta el día de hoy, el crecimiento de

plantas hecho desde la siembra de semillas y sus experimentos agrícolas sólo se han realizado en ambientes de microgravedad en estaciones espaciales, pero nunca se ha completado el ciclo de cultivos de varios alimentos en el espacio. Uno de los principales proyectos que se conducirán en el MLH simulado será el desarrollo de un programa extenso de experimentos agrícolas y forestales (lo que conduciría al crecimiento de cultivos de alimentos en el regolito lunar, un manojito de regolito transformado en tierra de cultivo, será una de las actividades en biología que se hagan en el hábitat mexicano).

En casos de estancia prolongada en el espacio, a fin de no sufrir daño físico irreversible, los humanos necesitamos tener las mismas condiciones, lo más cercanas posibles, como las tenemos en la Tierra. Para el funcionamiento apropiado del cuerpo humano, a fin de llevar a cabo tales funciones con regularidad como la peristalsis intestinal y suplir la máxima energía vital posible a las células, se requiere ingerir los alimentos tradicionales (que no estén congelados y deshidratados, o en forma de píldoras) así como verdaderos nutrientes. Ya que no hay tierra fértil en la Luna y hay que hacer los cambios necesarios en el polvo lunar para que se asemeje al de nuestro planeta (no será necesario hacer tanto cambio en la superficie de Marte), la alimentación y nutrición de los humanos solo se podrá obtener de manera práctica cultivando verduras frescas, y esto sólo es posible por medio de la utilización de la tecnología aeropónica. Por lo tanto, si queremos colonizar el espacio, lo que significa para los humanos quedarse allá por largo tiempo, la única solución es la aeroponía, y sus técnicas son un producto derivado del programa espacial. La NASA empezó a estudiar las técnicas de la aeroponía para resolver los problemas de alimentar a sus empleados en la exploración y colonización del espacio.

Aunque a la hidroponía se le ha desarrollado ya por largo tiempo para su uso en áreas con poco espacio cultivable o en temporadas cortas de cultivo, por varias razones la aeroponía es potencialmente un método superior de cultivo (y más barato). La hidroponía requiere de un sustrato que seguido es caro, y su función es más difícil que la de la aeroponía. En esta última, las plantas se insertan en estructuras de soporte con sus raíces suspendidas en el aire. A fin de minimizar el gasto de agua y la dispersión química, a través de un sistema hidráulico de circuito cerrado a las raíces se les esparce regularmente una solución de nutrientes que se recicla. En el hábitat simulador MLH, no sólo se podrían cultivar patatas, cebollas, zanahorias, lechugas, etc., en una situación de crecimiento altamente controlado, sino que también se podrían llevar a cabo experimentos avanzados que a la postre serán utilizados en la Base Lunar. Los productos resultantes de la aeroponía tienden a ser más ricos en nutrientes, homogéneos en tamaño, y que maduren más rápidamente.

El Proyecto MLH planea implementar el concepto de la **Corporación Nacional Lunar de Experimentos Agrícolas (LUNAX)** de **David A. Dunlop^F**. LUNAX se mostró al público en Agosto de 1990. Es muy buen proyecto que puede desarrollar experimentos científicos *in situ* para solucionar algunos de los problemas interdisciplinarios que se involucran en agricultura espacial tales como el suministro de energía y su consumo, el uso de fuentes "locales" en ambientes de suelos en la Luna y Marte. Así como también la respuesta de adaptabilidad de varias plantas en diferentes condiciones ambientales. (Apéndice B)

Se intenta que los desarrollos mencionados anteriormente (y otros más) logren alcanzar algunas metas como las que propuso Krafft Ehrlicke en su Imperativo Extraterrestre tal como lo ha escrito su biógrafa Marsha Freeman: "El (Ehrlicke) desarrolló sus conceptos del Imperativo Extraterrestre basándose en las tres leyes de la astronáutica que él había promulgado para guiar al programa espacial en la década de 1950: El Imperativo Extraterrestre se basa en la distinción que hizo Ehrlicke entre multiplicación y crecimiento. La multiplicación es un fenómeno que abunda en la

naturaleza; el propuso que el crecimiento es sin igual para el hombre" (Marsha Freeman, "Krafft Ehrlicke's Extraterrestrial Imperative", p. 21).

Un Posible Sitio Futuro para el Hábitat *Real* MLH Longitud 0°, Latitud 86° S en la Luna

Un puesto de avanzada lunar que sea ocupado permanente por humanos será un elemento muy importante de una infraestructura de transporte y operaciones espaciales para empezar el apoyo de la exploración del Sistema Solar. Tal obra humana puede hacer que avance enormemente el conocimiento científico y el progreso tanto hacia la realización autosuficiente de nuestra civilización sobre nuestro planeta así como la industrialización del espacio cercano a la Tierra. Un sitio lógico para el establecimiento de una de las primeras bases tendrá que estar ubicado en la mayor latitud posible de la Luna. Tendrá que ser un lugar que pueda ofrecer un puesto continuo para telecomunicaciones conectado con la Tierra, tal como el Polo Sur lunar. Podemos tener disponible mas o menos una continua luz solar en las regiones polares del norte y del sur, con la posibilidad de encontrar concentraciones de agua, hielo e hidrógeno que son necesarias para procesos industriales y para sistemas de soporte vital, y que también son localizaciones apropiadas para la construcción de las primeras redes de servicio público. Se puede incluir productos útiles tales como cultivos de plantas, oxígeno para respirar y como combustible, incluyendo ^3He , mejor conocido como helio-3 (He-3), para obtener energía de fusión nuclear, y una variedad de materiales para construcción.

Obviamente, para generar energía en la Luna, ya que la mayoría de los lugares alrededor de las dos zonas de luz y oscuridad reciben 14 días de luz solar seguidos de 14 días de oscuridad, previamente se ha considerado a los reactores nucleares en comparación con celdas fotovoltaicas solares. Pero la región polar sur tiene puntos geográficos de alta elevación que ofrecen lugares para recibir energía solar provisional y para equipo de comunicaciones para la primera base lunar⁴⁵. También se aplica para la región polar norte.

Como ubicación para la primera base lunar permanente, el punto preferido en principio está en el lado que encara hacia la Tierra, en la longitud 0°, latitud 86° S (85° S or N también es la latitud mayor que permite una continua línea de visión desde la Tierra para la teleoperación de robots) en la Luna. Como lo han descrito los Drs. Madhu Thangavelu, Dr. David Schrunk, **Bonnie Cooper** and **Burton Sharpe** (*The Moon*, pp. 26, 91, 101), ese sitio es la "Base Newton", en el monte Malapert en la región sur polar. La "Base Newton" está cerca del cráter Newton, de ahí le viene el nombre. Es un sitio probable para que el Mex-LunarHab llegue a ser parte un día de esa futura base lunar. Podemos tomar una gran ventaja del trabajo hecho por la sonda lunar SMART-1 de la Agencia Espacial Europea (ESA) dirigida por el **Dr. Bernard Foing**. Esta sonda tomó muy buenas fotografías de sitios lunares. ¡SMART-1 hizo un buen trabajo!⁴⁶

El experimento de imágenes de la sonda *Clementine* mostró que en el fondo de los cráteres profundos cercanos al polo sur lunar existen de manera permanente tales áreas sombreadas. Los resultados del *rover*, el *Lunar Prospector* (completamente financiado por la NASA), mostraron áreas mucho más extensas en el polo norte que contienen agua. De cualquier manera, la mayor parte del área alrededor del polo sur está dentro del Lecho Aitken, un cráter de 2,500 Km. de diámetro y el punto más bajo es de 12 Km. de profundidad. Existen muchos cráteres más pequeños en el suelo de este lecho que nunca han estado expuestos a la luz solar, y la temperatura dentro de ellos nunca podría llegar a ser mayor de -173°C (100K). Así, en esa temperatura estable, debajo de la superficie del regolito, aproximadamente entre 1 y 3 mts de profundidad, en algún lugar del monte Malapert, algún día se podría instalar al MLH.

Se vincularán investigaciones geológicas y de geociencia, las cuales traerán consigo misiones de actividad extravehicular (EVA) en la superficie. El equipo típico incluye sismómetros portables, detectores de radiación, fluoroespectrofotómetros, y taladros que recojan muestras. Mucha de esta información la podrían analizar las tripulaciones y las computadoras del MLH. Se podrían enviar periódicamente a la Tierra muestras del suelo y de las rocas.

Una segunda localización, no tripulada, está sobre un suelo aún más elevado, aproximadamente a la longitud 30° W, latitud 83° S (como a 100 Km. al norte y al oeste de la Base Newton). Para generar energía solar, por la posición geográfica del área de la Base Newton se podrá recibir ahí más de 340 días de luz solar al año. Por el otro lado, porque ya se comprende bastante bien sobre las condiciones geográficas y de composición del suelo de los sitios de alunizaje de los *Apolos*, se podría tomar ventaja de estas investigaciones sobre recursos lunares, tal como ha aclarado el ingeniero en minas **Brad R. Blair** que "en el presente, sólo seis sitios en la superficie lunar califican como candidatos para el diseño de un sistema de minería y extracción: Los sitios de alunizaje de las misiones Apolo"⁴⁷. En esos lugares, por medio de actividad hecha por humanos en la Luna se realizaron investigaciones científicas detalladas.

A finales de la década de 1950 se creía que la Luna no poseía agua, por lo cual, para establecer los primeros puestos de avanzada se consideraron lugares mas cercanos al ecuador que a los polos, tales como los sitios de alunizaje de las misiones *Apolo*. En el Reporte del Proyecto Horizonte, que ha sido la primera base lunar que se diseñó en la historia, se declaró que "... por un numero de razones técnicas, tales como la temperatura y los requerimientos de energía para cohetes, (los puestos de avanzada) deben quedar a mas o menos en la latitud/longitud 20° del centro óptico de la Luna que se ve favorable... se han escogido tres sitios en particular los cuales parecen tener los requerimientos más detallados para alunizar..."⁴⁸ (Project Horizon Report, Vol. I, Chapter II, p. 8).

Por lo tanto, las inspecciones humanas de los *Apolos* indican que en algunos lugares el regolito lunar contiene como 40% de oxígeno. A los sitios Maria (La palabra en singular es *mare*, que define lo que son las manchas oscuras en la Luna. *Maria* significa "mares" en latin; la maria lunar recibe su nombre debido a sus apariencias con los océanos de nuestro planeta, en contraste con las manchas más iluminadas en la Luna) también se les conoce por poseer grandes cantidades de silicio, titanio, magnesio, aluminio, y otros materiales. También se podrá extraer hidrógeno. Desde la Tierra se enviarán robots teleoperadores a la Luna que se necesitarán para la extracción minera inicial de toda clase de materias primas; procesamiento, fabricación (de celdas solares, materiales para construcción, chips de computadoras, cables eléctricos, cerámicas, etc.); y obras para la construcción del proyecto de la red de transporte de servicio público circunferencial como la vía de ferrocarril lunar que será uno de los primeros medios de larga distancia para transportar materia prima que cruce la Luna desde el polo sur al polo norte, como han propuesto los autores de *The Moon*: "El reto de construir un sistema de vía lunar circunferencial es prácticamente el mismo desafío que construir la red de servicio público eléctrico, y se puede realizar simultáneamente ambos proyectos de construcción..."⁴⁹ (también en David Schunk, et al., *The Moon*, pp. 93-99).

Obviamente, debido a la erosión, defectos, y fallas al azar, durante su operación, una Base Lunar quedará confrontada frecuentemente con el problema de equipo defectuoso. Por lo tanto, para hacer reemplazos rápidos, en la base se deberá tener partes de repuesto disponibles. Según vaya creciendo la capacidad de las tripulaciones y de las instalaciones, en un taller central se podrá reparar las partes defectuosas, e incluso después de podrán producir estas mismas utilizando los propios recursos lunares. Por consecuencia, desde la Tierra se deberá importar una cantidad

suficiente de partes de repuesto. Claro que todo esto influenciará grandemente el costo de operaciones anuales, pero según crezca la base, de manera considerable también ira decreciendo el costo. Para una base lunar se deben considerar cinco categorías diferentes de equipo que lleguen a necesitar partes:

- Partes de estructura (bajo cargas dinámicas).
- Partes mecánicas (bajo cargas dinámicas y expuestas a fricción).
- Partes eléctricas (alambres, cables, baterías, instrumentos, equipo eléctrico, etc.).
- Partes electrónicas (controles de computadoras, telemetría, televisión, fotoceldas, etc.).
- Partes de equipo médico (equipo médico típico, monitores para llevar control del pulso del corazón, electrocardiograma (EKG), aparatos para diagnosticar el ejercicio físico, etc.).

Antes de desarrollar un concepto administrativo, la demanda de partes de repuesto se debe determinar sobre las bases de promediar fracasos esperados. No obstante, ciertamente tanto dentro del hábitat como durante las actividades en el exterior, el mantenimiento y las reparaciones serán unas de las actividades más importantes. En la Estación de Simulación MLH debemos desarrollar modelos que estimulen esta operación, la cual para resolver este problema debe hacerse de manera apropiada. Tenemos que hacer todavía un estudio detallado con respecto a este tema. Por seguro, las operaciones hechas en la Estación Espacial Internacional (EEI) durante esta década conducirán a mejorar las suposiciones actuales que tenemos para la optimización de la primera base lunar⁵⁰. Algunas de las lecturas recomendadas para el incremento de nuestro conocimiento acerca de la construcción de una base en la Luna se encuentran en el libro de **Paul Spudis, *The Once and Future Moon***⁵¹, y el del **Dr. Peter Eckart** y el **Dr. Buzz Aldrin, *The Lunar Base Handbook***¹². Con respecto al último, el Dr. Peter Eckart recolectó escritos de varios ingenieros y científicos prominentes que han diseñado conceptos avanzados para regresar a la Luna y establecer una base lunar permanente. Es un libro técnico muy bueno que contiene buenos conceptos de ingeniería, expone entrevistas en general y sobre los equipos mas apropiados con los que hay que contar; los astronautas del Programa Apolo, los doctores Buzz Aldrin y Harrison Schmitt describen aspectos muy detallados de la exploración lunar.

También, de mucho interés, en el libro del Dr. Schmitt, *Return to the Moon*, en el Capítulo 11, "Inversionistas: El Mejor Enfoque", hay un plan de negocios para atraer inversionistas por medio de las recompensas económicas de no sólo la venta de He-3, sino también de los incontables productos derivados de las tecnologías y servicios como resultado de los asentamientos lunares. Con relación a los inversionistas, respecto a las actividades operativas del MLH, he hecho énfasis en evitar dejar de dirigirse a las exigencias de un cliente que paga. Que "uno de los meros primeros pasos será identificar a otros clientes comerciales. ¿Quién es el que requiere presencia de la gente en la Luna o un producto que sólo se puede producir allá? Estos clientes tienen que tener una ventaja financiera de los productos y servicios de la Luna antes que alguien vaya a poner sus cabañas allá." Y, que ahora tenemos que estar conscientes que a lo largo del camino particularmente resolveremos problemas técnicos y logísticos y aún dejar de satisfacer las necesidades de un cliente⁵².

Parte del futuro grupo del **Cuerpo de Astronautas Mexicanos (CAM) podrá entrenar en las instalaciones del Simulador (Hábitat Lunar Análogo) MLH basados en las especificaciones de los expertos espaciales internacionales, como algunas están brevemente descritas aquí**⁵³. Las actividades de entrenamiento fundamentales se irán delineando más específicamente conforme hagamos el plan de trabajo para el CAM. Tendremos un centro de instrucción teórica

para astronautas en México, en el **AQS Centro de Entrenamiento en Aeronáutica, S. C.**⁵⁴ en Toluca, Estado de México, que se tiene planeado colaborará muy estrechamente con el **Colegio Mexicano de Ciencias Espaciales y BioAstronáutica (COMEXCEBA)**, así como con el **National AeroSpace Training and Research (NASTAR)**⁵⁵ center, con el **Centro Ruso de Entrenamiento de Cosmonautas e Investigación Científica del Estado Yuri Gagarin**⁵⁶, y otros.

El Cuerpo de Astronautas deberá ser conducido y asistido por médicos aeroespaciales de Medicina de Aviación⁵⁷ **y de la Fuerza Aérea Mexicana (FAM)**⁵⁸, así como asesorado por médicos aeroespaciales de la **Asociación Iberoamericana de Medicina Aeroespacial (AIMA)**⁵⁹. Medicina de Aviación, bajo adiestramiento más especializado para mantener astronautas en forma para ir al espacio exterior, no sólo poseerá una de las más altas calificaciones en el mundo para este respecto, sino que ya posee una Cámara de Altitud o Hipobárica que se puede utilizar para revisiones médicas de los astronautas. Nuestra nación ya cuenta con expertos en medicina aeroespacial en la FAM.

Una de las principales funciones de los Astronautas Mexicanos será como embajadores de la ciencia y la tecnología para la Secretaría que los patrocine, y será la de explicar y presentar las misiones y sus propósitos y la tecnología educacional al público en general. Serán un medio importante para crear conciencia de estas iniciativas progresistas de la Nación y sobre como estas inversiones orientadas hacia el futuro traerán beneficios al pueblo y su progreso económico. Quizá el mayor significado de un Cuerpo de Astronautas Mexicanos sea el impacto dentro del propio país en el sistema de educación nacional y en suministrar un enfoque de atención para la atención pública en sobre como la tecnología espacial se puede utilizar para beneficio de la economía de la nación, para proteger los recursos naturales de la nación, y dar forma a la tecnología de las naciones.

Por una Ganancia Científica y Económica

Durante la misión **Apolo 12**, los astronautas tuvieron éxito en instalar sismómetros en la Luna, luego el 20 de noviembre de 1969 la tripulación desechó la parte superior, la etapa de ascenso, del Módulo de Excursión Lunar (LEM), e hicieron que se estrellara en la Luna. Esto provocó una fuerza equivalente a una tonelada de una explosión de TNT. El impacto de la etapa de ascenso del LEM fue aproximadamente de 64 kilómetros (40 millas) desde el sitio de alunizaje de Apolo 12 y provocó un terremoto artificial con características sorprendentes: la Luna resonó como campana durante casi una hora y las ondas expansivas llegaron hasta lo máximo en ocho minutos, lo que sorprendió a los científicos de la NASA. Este acontecimiento fue muy bien conocido por el público en general. Y sabemos que no sucede algo comparable cuando los objetos golpean de esa manera a la Tierra. Esto realmente trae a colación una situación forzada, que la Luna pudiera ser hueca. Fuera de toda especulación, a fin de conseguir finalmente verdaderos resultados científicos, los humanos deben regresar a la Luna y permanecer allá. Para demostrar esta teoría, que la Luna en efecto podría ser hueca, la NASA podría llegar a necesitar una explosión sísmica mayor para incitar una onda de energía apropiada para que viaje por todo el diámetro de nuestra vecina plateada y que regrese a los sismómetros, con una explosión equivalente de al menos 30 toneladas de TNT.

Hay algunas partículas que fueron traídas del sitio de alunizaje seleccionado para Apolo 17, el Valle de Tauro-Littrow en el borde oriental del *Mare Serenitatis* (Mar de la Serenidad). Son de las muestras traídas por Apolo 17 que son mayormente conocidas y que han sido muy dadas a conocer al público, que eran del "suelo anaranjado" que encontró Harrison Schmitt en el Cráter

Shorty durante la Actividad ExtraVehicular (EVA) 2⁶⁰. Las partículas de color naranja están mezcladas con granos negros de otro material, y son aproximadamente del mismo tamaño que las partículas que forman el lógamo en la Tierra. El análisis químico del material del suelo anaranjado reveló que es similar a muestras traídas del sitio del área de aterrizaje de Apolo 11, *Mare Tranquillitatis* (Mar de la Tranquilidad), que está a varios cientos de kilómetros al suroeste. Como las muestras de Apolo 11, las de Apolo 17 también son ricas en titanio, el 8%, y óxido de hierro, 22%. Pero, a diferencia de las muestras de Apolo 11, esta *tierra*, polvo del suelo anaranjado, es inexplicablemente rica en zinc. El material del suelo anaranjado es probablemente de origen volcánico y no del producto de impactos de meteoritos. Entonces, ¿pudo haber existido actividad volcánica en la Luna? Hasta este día, se continúa sin comprobarse si nuestro satélite natural alguna vez tuvo volcanes en su antiguo pasado.

Igualmente, los maria se forman principalmente de *ilmenite*, un mineral que contiene grandes cantidades de titanio, el mismo metal que se utilizó para fabricar la piel del *Blackbird* SR-71 y se usa para los cascos de submarinos nucleares que se zambullen en lo profundo. Se descubrieron en rocas lunares, los elementos uranio 236 y neptunio 237, que no se encuentran de manera natural en la Tierra, como si hubieran sido partículas de hierro inoxidables. Además, las rocas lunares estaban magnetizadas, lo que aparentemente es raro porque no hay ningún campo magnético en la propia Luna; ni pudo provenir a causa de una colisión con la Tierra, lo que pudo haber destrozado a la primera. Otra cosa extraña consiste en que algunos cráteres de la Luna se originaron de manera interna, y aún no hay indicación de que alguna vez esta hubiera estado lo bastante caliente para producir erupciones volcánicas.

Hay algunos estudios muy interesantes en cuanto a terremotos lunares (¿selenemotos? o, ¿lunamotos?, la lógica dice que debería decirse algo así) y "anomalías" magnéticas que explican cosas extrañas, que ocurren en nuestra vecina espacial. Uno de aquellos ha sido presentado por **Yosio Nakamura**, titulado "El Nuevo Descubrimiento en Distribución y Mecanismo de Terremotos Lunares Profundos con Acontecimientos Sísmicos Recientemente Identificados"⁶¹, y ciertamente es muy digno de ser tomado en serio. Se puede encontrar en Google⁶² un extracto de "Terremotos Lunares Profundos: Problemas que Permanecen" de Nakamura. Igualmente, aunque es novela de ciencia-ficción, *Moonquake* (Terremoto Lunar) del **Dr. Alan Binder** también es digno de ser tomado en serio, al que se le describe como "Ciencia-Factible"⁶³.

Hay otra cosa extraña, nuestro satélite natural es el único en el Sistema Solar con una órbita estacionaria y circular, que es casi absolutamente circular. El centro de gravedad lunar es aproximadamente de 1,800 metros (6,000 pies) más cerca a la Tierra que su centro geométrico, lo que debería causar el bamboleo, pero esto no sucede. El aumento consiguiente se localiza en el lado opuesto de la Luna, opuesto al lado que afronta nuestro planeta. Y, también se puede encontrar una "coincidencia": la Luna está a la distancia correcta, establecida justamente con el diámetro correcto, y en nuestra época casi cubre completamente al Sol durante un eclipse. Un eclipse anular es cuando la Luna está en su punto más lejano en la órbita. No cubre al Sol completamente y es cuando se puede ver un anillo delgado de la luz solar que surge del borde exterior de la Luna.

Robert Jastrow, que fuera una vez director del **Proyecto Vanguard** en el **Laboratorio de Investigación Naval**, que hizo del *Vanguard 1* el segundo satélite artificial con éxito colocado en órbita terrestre por Estados Unidos el 17 de marzo de 1958 (el *Vanguard 1* es el satélite artificial más viejo todavía en el espacio, cuando sus precursores *Sputnik 1*, *Sputnik 2*, y *Explorer 1*, ya han caído a la Tierra; fue el primer aparato que utilizó energía solar en el espacio), precisamente dijo que: "la Luna, como escribí en un artículo de revista, fue la Piedra Roseta del sistema solar... Así que la Luna era únicamente valiosa; sabíamos esto."⁶⁴

Todavía tenemos que tomar muy seriamente la última declaración. En 1997, el presidente de la organización **Moon Miners' Manifesto** (Manifiesto de los Mineros Lunares), Peter Kokh, con mucha precisión dio entonces otra declaración muy interesante. Él declaró que, "... si hablamos de una expedición **inicial** sólo a Marte, haríamos que primero la Luna fuera un desvío. PERO, si **abriéramos Marte como un lugar** para establecernos, debemos ya desarrollar la luna... Dejen al gobierno(s) decidir ir a Marte. Dejemos a los activistas espaciales que ven su papel sólo como tábanos del gobierno concentrados en Marte también. Pero primero, definamos bien las reglas, de modo que la empresa privada internacional pueda abrir la Luna. Si no tenemos a ambos, en este modo, en este orden, sólo ganaremos otras 'banderas y huellas' tragicómicas en un callejón sin salida."⁶⁵ (las negritas son de Kokh)

EL LANZAMIENTO DEL HABITAT MLH REAL

Lanzamiento Utilizando Tecnología Actual

Con la actual tecnología en cohetería, la configuración de cohetes portadores que se podría escoger si en este año (2010) fuéramos a enviar al MLH a la Luna, esta podría ser escogiendo el **Protón** de Rusia con una etapa superior **Centaur G** de Estados Unidos. Los cohetes hechos originalmente en la actualidad les falta suficiente potencia en la última etapa. Por otro lado, el **Titan IV/Centaur G** de la Fuerza Aérea de Estados Unidos (USAF) podría ser utilizado casi perfectamente, pero probablemente es demasiado caro, entre \$250 y \$300 millones de dólares por lanzamiento.

Tenemos cohetes poderosos y otros no tan poderosos tales como el Protón de Rusia, el **K-1** de la **Kistler Aerospace** de Estados Unidos; el vehículo de lanzamiento **H-IIA** de Japón; y, el cohete sonda **VLS** de Brasil—aún tenemos que desarrollar un vehículo espacial verdaderamente potente, común para todos.

Durante la conferencia de Propulsión para el Transporte Espacial del Siglo XXI que se llevó a cabo en Versalles, surgieron algunas discusiones y recomendaciones hechas por la **Société Nationale d'Etude de Construcción de Moteurs d'Aviation (SNECMA)**, la **FiatAvio** y **Astrium**. Algunas de las recomendaciones fueron que durante los próximos 10 años estarán diseñando sistemas y partes de motores que sean reutilizables y confiables. La meta principal de la SNECMA para el **Ariane 5** es disminuir los costos de este lanzador desechable hasta el 30% (el enfoque del diseño del motor del **Vulcain 3** se ha concebido para alcanzar esta meta)⁶⁶. Como implementar la transición a un motor reutilizable es la pregunta principal que responder⁶⁷. **Pratt & Whitney** y **General Electric** tienen todavía que resolver la fabricación de motores aeroespaciales para acceso fácil al espacio. Compañías aeroespaciales estadounidenses y europeas tales como **Northrop-Grumman**, **Messerschmitt-Bolkow-Blohm (GMBH)**, y otras, son algunas de las que nos pueden proveer de vehículos aeroespaciales que sean útiles y confiables.

La capacidad de la industria espacial de India para la primera etapa tanto del **Vehículo de Lanzamiento del Satélite Geoestacionario (GSLV)** y del **Vehículo de Lanzamiento de Satélite Polar (PSLV)** son el cuarto motor más poderoso que hay de combustible sólido, después de los lanzadores del Trasbordador Espacial de E. U., del Titan IV y el Ariane 5.

Durante los últimos años, los ingenieros espaciales chinos han estado avanzando en cohetería, en sistemas de control de alunizaje como los que se necesitan para rastrear perfiles de elevaciones y velocidades respectivamente que sean las deseadas para descensos en la gravedad de nuestro

satélite natural⁶⁸, así como para calcular el tiempo de la ventana para el lanzamiento de una sonda lunar. Una de sus presentaciones acerca de una órbita típica de una sonda lunar incluye el segmento Tierra-Órbita, el segmento de la órbita del satélite lunar, y el segmento de órbita para alunizaje, que han sido presentados por **Xia Xiao-Ning, Zeng Guo-Qiang, y Zhu Wen-Yao**⁶⁹. Hay una presentación china muy interesante que revela un montón de detalles técnicos sobre sus planes para la exploración lunar. Ahí describen muy bien sus orbitadores, alunizadores, y los aparatos que pueden regresar con muestras de la Luna (pero a través de toda la presentación no se explica el significado de los acrónimos), que incluye algunos detalles (y un dibujo tentativo) de una sonda para regresar con muestras que se podría lanzar alrededor de éste 2010 por el miembro menor del grupo de cohetes **CZ-5**. Esa presentación incluye un concepto técnico preliminar y una idea tentativa acerca de la exploración lunar basado en el análisis de la base tecnológica actual de China⁷⁰. Hasta aquí, suponiendo la existencia de una base lunar en su primera etapa, el sistema logístico de apoyo para tal base, a lo grande, es de una combinación de un **Vehículo de Lanzamiento Pesado (HLLV)**, un vehículo de lanzamiento-y-alunizaje, y una estación de operaciones en órbita lunar, por lo menos. El promedio del costo del ciclo de vida específico de transporte de este sistema de carga entre la Tierra y la Luna se había estimado en \$2,026/kg., el promedio del costo del ciclo de vida del viaje redondo de personal lunar se ha estimado en \$3.60 millones.

Como referencia para el MLH, las especificaciones básicas del Centaur G de Lockheed Martin son: diámetro: 4.3 m. Masa: 23,880 kg.de empuje (vac.): 14,970 kgf. Isp: 444 seconds. Combustible: LOX/LH₂. Motores: 2 RL-10A-3A.

A fin de caber en el cobertor del Titan IV/Centaur G, los cilindros rígidos del MLH podrían ser de 4 m de diámetro, y 9 m de largo (las dimensiones mínimas propuestas para el Hábitat de Simulación, el Hábitat Lunar Análogo, que se instale cerca de Guadalajara). El máximo diámetro del cobertor cilíndrico es de 4.57 m, y su sección cilíndrica es de 12.2 m de largo.

Quizás, un MLH/Tanque-de-Combustible podría ser impulsado por un sólo motor **Pratt & Whitney RL-10**, ya utilizado en la etapa superior del *Centaur*. Si el motor de Estados Unidos, el RL-10, altamente confiable, fuera utilizado en el MLH/Tanque-de-Combustible, entonces la masa en órbita lunar baja podría decrecer al 50%.

Quizás, en un no tan lejano futuro, un día, un vehículo más poderoso que el cancelado **Orión del Programa Constelación**^{71,72} pueda portar al Hábitat Lunar MLH a la Luna. O, quizás cuando se desarrolle un vehículo espacial internacional, común para todos, para llevar carga entre la Tierra y la Luna, entonces cada nación será capaz de utilizar el portador común para adherir sus propios componentes específicos a la futura base lunar—México podría así instalar mucho más fácil un hábitat y su equipo en la Luna. Mientras tanto, como tengo que proponerlo hache, cualquier cilindro que encuentre su camino a la Luna pasará probablemente su primera etapa de vida como tanque de combustible o como tanque de oxidante. Así es como paga su viaje a la Luna. Para mayor capacidad de un puesto lunar mexicano, si fuera posible, en vez de poseer *un solo* hábitat, habría que ensamblar 4, 5 ó 6 tanques de diámetro y longitud comparables que formarían un cuadrado o un polígono con una compuerta de enganche en cada coyuntura. Si pudiéramos llagar a construir esta configuración, durante su etapa inicial, por ejemplo, el MLH podría estar formado por 2 cilindros metálicos (rígidos, los tanques de combustible) y 1 inflable. Una vez que se coloquen y junten los tanques, entonces se podría instalar una esfera en el centro del anillo de cilindros (de 4 o más cilindros), y una vez echado el cerrojo a los tanques, inflarlo. Una vez que la esfera este completamente desplegada se le inyectara epoxy en las cavidades que estén en la fibra donde se endurecerá. Entonces todo se cubre parcialmente con el regolito escarbado. Así, el planteamiento hecho presentado para la utilización de 2 cohetes (de ahí los 2 cilindros metálicos;

y portar la esfera y el resto del equipo básico y la tripulación), sería empezar con 2 cilindros rígidos, 1 cilindro inflable, y 1 esfera; esta es la cantidad mínima de módulos para que este hábitat sea operativo de manera totalmente eficiente (o, para lograr obtener esta finalidad optima, finalmente quedar conectado con hábitats de otras naciones). Se deberá mantener estrechamente esta misma configuración del simulador MLH que se instale cerca de Guadalajara.

Los tanques de combustible se pueden fabricar ya sea con las compuertas hechas en la parte superior de un tanque y con un recibidor en otro tanque, o se puede transportar cada compuerta de manera separada y ser ensamblado cuando estén en la superficie lunar. De cualquier manera, esta asimetría tiene tanto ventajas como desventajas. Hay una elegancia funcional que se puede apreciar por quien sea que halla construido un modelo utilizando "bloques" en un juego como el de *Legos*.

Recobremos el también espíritu mexicano de la aventura espacial. Como la época en que se lanzó por vez primera en México un cohete (28 de diciembre de 1957), el *Filoctetes II*, en Cabo Tuna; y el lanzamiento de un cohete de combustible líquido por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en 1959 desde la Hacienda La Begoña, Guanajuato⁷³. Podemos hacerlo así otra vez.

Recordando viejos tiempos, refiriéndose al viaje de Apolo 8 en diciembre de 1968, tenemos una declaración apropiada por el **Dr. Konrad Dannenberg^G**, que fuera miembro prominente del llamado **Equipo Alemán de Cohetes del Dr. Wernher von Braun**, que fuera ingeniero de propulsión del Saturno V: **"Para mí personalmente, fue más importante que Apolo 11 y el alunizaje. Fue la primera vez que usamos el Saturno V para llevar una tripulación viva real. Hay que recordar, también, que si Frank Borman hubiera tenido el alunizador, también pudo haber hecho el alunizaje"**⁷⁴. Entonces por seguro, los cohetes tenían que funcionar; los sistemas de apoyo vital tenían que funcionar; las radios tenían que funcionar. Aquellos hombres, Frank Borman, Jim Lovell y Bill Anders, irían detrás del lado oscuro de la Luna por primera vez en la historia, y estarían fuera de contacto con la Tierra mientras lo hicieran. Pasaron tres días viajando a la Luna, luego entraron a la órbita lunar durante la Nochebuena, y Apolo 8 estuvo en órbita lunar 10 veces.

CONCLUSION

El desarrollo económico requiere la introducción de nuevas tecnologías revolucionarias para aumentar la productividad de trabajo y el nivel de vida de la población. El requisito previo más crítico es la *creación* de un estrato de mano de obra científica y técnica que puede convertir brechas en la ciencia en nuevas tecnologías para la aplicación en mayor escala. El proyecto Hábitat Lunar Análogo de México: Mex-LunarHab (MLH), es potencialmente capaz ahora de conducir a México en esa dirección.

El Proyecto MLH fue introducido al público durante los Procedimientos de la Conferencia de United Societies in Space and Affiliate Authorities, Trusts, and Associates, el 4 de Agosto de 2003 en Denver Colorado⁷⁵. La siguiente presentación pública internacional fue durante la Conferencia Lunar Internacional 2003 (ILC-2003), el 17 de Noviembre de 2003, en Waikoloa, Isla Hawai'i⁷⁶. Es prematuro tratar de hacer en estos días un diseño final del hábitat real, *incluyendo* el simulador. En la actualidad, aún el diseño del Simulador que permanecerá cerca de Guadalajara tiene que hacerse paso a paso; vamos a aprender mucho más acerca de como hacer un hábitat real eficiente. Ahora no podemos hacer un diseño del hábitat *real*, primero porque aún no tenemos definido un cliente y no sabemos sus requerimientos: Ciertamente no podemos empezar a resolver un problema cuando aun no ha sido expuesto o cuando en el presente todavía

no hay obras específicas que se hagan en la Luna. El mismo pensamiento es aplicable aun para la instalación de un prototipo "a prueba de conceptos". Tenemos que encontrar patrocinadores que tengan algo que ganar por dar su dinero el cual nos hará avanzar más aprisa para construir el *hardware* necesario para establecernos en la Luna. Para el *hardware* del MLH tenemos que poner a trabajar las ideas generales, enseguida hacer una presentación y luego atraer clientela.

Siempre soñé que una de las primeras cosas que iban a suceder era el establecimiento de una Base Lunar. Y, ¡esto todavía no ha sucedido! Pero, sólo tiene que suceder, porque por otra parte, el paso en el cual adquirimos el verdadero progreso científico y tecnológico sustancial y el verdadero conocimiento, ha estado yendo más lento. Esto todavía es un desafío para nosotros y deberíamos ser optimistas.

Podemos y diseñaremos varios habitats lunares. Casi todos serán inútiles porque de una manera u otra fracasan en adquirir los requerimientos de un cliente que pague. Debemos tomar cuidado de no destruir, fragmentar, o canibalizar, de manera excesiva, cualquiera de las estructuras de habitats experimentales. Son muy útiles para el negocio del turismo, ya sea que se mantengan en su sitio establecido originalmente en una región turística o se trasladen a atracciones turísticas. También son muy útiles para la educación acerca del espacio, para la educación científica; para educar a la juventud sobre cómo vivir en el espacio, en otros cuerpos celestes—si finalmente hacemos estas cosas, habremos dejado una gran herencia a las futuras generaciones. Pero, ahora tenemos que darnos cuenta que particularmente según avancemos iremos resolviendo los problemas técnicos y logísticos y aun así fracasar en encontrar las necesidades de los clientes.

En el futuro, muchos países serán capaces de participar en la exploración y formación de asentamientos en la Luna, Marte, y más allá. En este proceso, cada vez más las naciones se juntarán con las naciones que ya van al espacio en el gran proyecto de la exploración espacial. Por lo tanto, como creador, colaborador y coordinador involucrado ahora en el diseño preliminar de tal hábitat lunar, mi posición es encontrar el camino apropiado para que el proyecto MLH se haga realidad; para empezar a convertir en realidad el sueño de la "Base Newton" en el monte Malapert. Sin duda, el Proyecto Horizonte jugó un papel muy importante para la toma de decisión de ir a la Luna durante la década de 1960. Probablemente, sin ese estudio no hubiera habido Programa Apolo. En la actualidad, un proyecto que diseñe una base lunar en el monte Malapert ("Base Newton"), e incluido el hábitat MLH, podrá desempeñar un papel histórico, ejemplar, y significativo para la decisión de regresar a la Luna pronto. Esta vez para quedarse.

Notas

^A El ingeniero arquitecto Alfonso Pérez Alvarado vive en Chihuahua, capital. Labora para una compañía de construcción muy importante. Es socio prominente de la SEM.

^B El ingeniero en cibernética Noberto Álvarez-Romo es Director del Planetario Severo Díaz Galindo de Guadalajara; y asociado prominente de la SEM.

^C El ingeniero en cibernética Fernando de la Peña Llaca, www.tulancingo.com.mx/delapena/aexa/htm

^D El ingeniero en *software* Krishnamurthy Manjunatha labora en controladores para LSI Logic en Atlanta; Es experto en diseños de *software* para aplicaciones empotradas y dominantes. También es socio de The Mars Foundation – Project Teams, www.marsfoundation.org/about/bin.html

^E El ingeniero espacial Pablo de León es experto en diseño y desarrollo de trajes espaciales; trabaja para la Universidad de Dakota del Norte, www.human.space.edu

^F Para cualquier persona o iniciativa empresarial que desee conocer acerca de Corporación Nacional Lunar de Experimentos Agrícolas (LUNAX), por favor contactar a Dave A. Dunlop en dunlop712@yahoo.com El Sr. Dunlop es Director del Desarrollo para la Moon Society.

^G En memoria de Konrad Dannenberg, www.inmemoryofkonrad.com

Referencias

- ¹ David Schrank, Burton Sharpe, Bonnie Cooper and Madhu Thangavelu, *The Moon: Resources, Future Development, and Colonization*, Praxis Publishing/John Wiley & Sons, New York, 1999, pp. 26, 91, 121.
- ² Declan J. O'Donnell and Philip R. Harris, *A Lunar Economic Development Authority*, Gordon and Breach Science Publishers, Printed in India, 1998; Philip R. Harris & Declan O'Donnell, "Facilitating a New Space Market through a Lunar Economic Development Authority", *Space Governance*, Vol. 4, No. 2, July 1997, pp. 122-130.
- ³ Marsha Freeman, "Krafft Ehrlicke's Extraterrestrial Imperative", *Space Governance*, Vol. 2, No. 2, December 1995, pp. 20-23, 31.
- ⁴ Peter Kokh and David A. Dunlop, "What a Lunar Analog Research Station Should Attempt to Demonstrate", *Moon Miners' Manifesto & The Moon Society Journal*, No. 195, May 2006, pp. 5-8.
- ⁵ Jesus Raygoza B., "Mex-LunarHab", *Space Governance Journal*, Double Volume, No. 7, No. 8, 2000 & 2001/2002, pp. 94-99.
- ⁶ Robert J. Art, *The TFX Decision: McNamara and the Military*, Little Brown, Boston, 1968, pp. 15-24, 26.
- ⁷ Robert F. Coulam, *Illusions of Choice: The F-111 and the Problems of Weapons Acquisition Reform*, Princeton University Press, Princeton, 1977, pp. 3-4.
- ⁸ Bill Gunston, *Attack Aircraft of the West*, Ian Allen Ltd., London, 1974, pp. 173-175.
- ⁹ Roger D. Launius, "Toward an Understanding of the Space Shuttle: A Historiographical Essay", *Air Power History*, Winter 1992, pp. 6, 17.
- ¹⁰ Burton L. Sharpe and David Schrank, "Malapert Mountain Revisited", www.angelfire.com/space/usiss
- ¹¹ Brad Blair, Javier Diaz, Michael Duke, et al. "Space Resource Economic Analysis Toolkit: The Case for Commercial Lunar Ice Mining", Final Report to the NASA Exploration Team, Center for Commercial Applications of Combustion in Space (CCACS), Colorado School of Mines, Golden, CO, December 20, 2002.
- ¹² Peter Eckart, with contributions by Buzz Aldrin, Arthur C. Clarke, Harrison H. Schmitt, John Young, and many others, *The Lunar Base Handbook: An Introduction to Lunar Base Design, Development, and Operations*, McGraw-Hill Primis Custom Publishing, New York, 1999.
- ¹³ Robert M. Zubrin, with Richard Wagner, *The Case for Mars: The Plan to Settle the Red Planet and Why We Must*, Simon & Schuster, New York, 1996, chapters 8-10.
- ¹⁴ Michael B. Duke, "Workshop on Analog Sites and Facilities for Human Exploration of the Moon and Mars", Center for Commercial Applications of Combustion in Space (CCACS), Colorado School of Mines, Golden, CO, May 21-23, 2003.
- ¹⁵ Pascal Lee, "The NASA Haughton-Mars Project: Lessons for Moon and Mars Exploration from Devon Island, High Arctic", in Michael B. Duke, *Workshop on Analog Sites and Facilities for the Human Exploration of the Moon and Mars*, Center for Commercial Applications of Combustion in Space, Colorado School of Mines, Golden, CO, May 21-23, 2003, pp. 44-47.
- ¹⁶ Kurt Micheels "Lessons Learned: Design, Fabrication and Deployment of the First Mars Analog Habitat", Workshop on Analog Sites and Facilities for the Human Exploration of the Moon and Mars, Green Center, Colorado School of Mines, Golden, CO, May 21-23, 2003, pp. 44-47.
- ¹⁷ Alexei A. Leonov, "The Apollo-Soyuz Project: A Practical Step toward Implementation of a Soviet-American Approach to Space Rescue", in Margaret B. Edwards (ed.), Proceedings of the 1989 Conference on Space Rescue, held by the Association of Space Explorers, Fifth Planetary Congress, Riyadh, Saudi Arabia, November 13, 1989, p. 34.
- ¹⁸ Thomas J. Kelley, *Moon Lander: How We Developed the Apollo Lunar Module*, Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 2001.
- ¹⁹ Willy Z. Sadeh, et al., "Computer Simulation of an Inflatable Structure for Lunar/Martian Base", IAF-95-Q.1.09, 46th International Astronautical Congress, Oslo, October 2-6, 1995.
- ²⁰ Paul Blase, Inflatable Lunar Habitat, TransOrbital, Inc., 6430 The Parkway, Alexandria, VA, 22310

pblase@transorbital.net

- ²¹ John Allen, *Biosphere 2: The Human Experiment*, a Synergetic Press, Inc., Penguin Books, New York, 1991, p. 120.
- ²² Gail B. Leatherwood, "Chapter Projects", *Ad Astra*, Vol. 16, No. 4, Winter, 2005, p. 41.
- ²³ Tony S. Keller, et al., "Bone Loss and Human Adaptation to Lunar Gravity", in *The 2nd Conference on Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century*, NASA Conference Publication 3166, Vol. 1, April 1988, pp. 569-576.
- ²⁴ Nick Kanas, "Psychosocial Issues Affecting Crews During Long-Duration International Space Missions", *Acta Astronautica*, Vol. 42, No. 1-8, pp. 339-361, 1998.
- ²⁵ Marsha Freeman, *Challenges of Human Space Exploration*, Springer/Praxis Publications, Chichester, United Kingdom, 2000.
- ²⁶ Nick Kanas, Vyacheslav Salnitsky, Ellen M. Grund, et al., "Psychological Issues in Space: Results from Shuttle/Mir", *Gravitational and Space Biology Bulletin*, Vol. 14, No. 2, June 2001.
- ²⁷ Eligar Sadeh, James P. Lester, and Willi Sadeh, "Models of International Cooperation for Space Exploration: From Apollo-Soyuz to International Space Station", IAF-95-IAAA.3.1.03, presented at 46th International Astronautical Congress, Oslo, Norway, October 2-6, 1995.
- ²⁸ "China Cooperation Talks with America", *Space Enterprise Daily*, Year 6, No. 185, 20 September, 2006.
- ²⁹ Harrison H. Schmitt, foreword by Neil Armstrong, "Fusion: Helium-3 Power Economics" and "Investors: The Best Approach", *Return to the Moon: Exploration, Enterprise, and Energy in the Human Settlement of Space*, Copernicus Books, Springer Science/Business Media, New York, 2006.
- ³⁰ Paul D. Spudis, et al., "The Roles of Humans and Robots as Field Geologists on the Moon", in *The 2nd Conference on Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century*, NASA Conference Publications 3166, Vol. 1, April 1988, pp. 307-313.
- ³¹ George W. Morgenthaler, "Contaminant Risks Assessment in Space Habitation Environments", 46th International Astronautical Federation (IAF) Congress, paper IAF-95-IAA.3.1.04, Oslo, October 2-6, 1995, p. 26.
- ³² Pablo de Leon, [//spacesuitlab.blogspot.com/](http://spacesuitlab.blogspot.com/), www.space.edu/FacultyStaff/Pablo2.asp
- ³³ Madhu Thangavelu, "The Nomad Explorer Vehicle for Global Lunar Development", *Proceedings of the 1992 International Astronautical Federation (IAF) Meeting*, Washington, D. C., 1992.
- ³⁴ David Schrunk, Madhu Thangavelu, Bonnie Cooper, and Burton Sharpe, "Physical Transportation on the Moon: The Lunar Railroad", *Space Governance*, Vol. 5, No. 2, July 1998, pp. 162, 165, 187.
- ³⁵ Tsgt Phil Rhodes, "Stealth: What is it, Really?", *Airman*, Vol. 35, No. 9, September 1991, p. 23.
- ³⁶ Rodney A. Brooks and Anita M. Flynn, "Fast, Cheap and Out of Control", *Journal of the British Interplanetary Society*, 1989, Vol. 42, pp. 468-485.
- ³⁷ U.S. Congress, Office of Technology Assessment, *Reducing Launch Operations Costs: New Technologies and Practices*, OTA-TM-ISC-28, Government Printing Office, Washington, D.C., September 1988.
- ³⁸ William F. Fisher and Charles R. Price, *Space Station Freedom External Maintenance Task Team, Final Report*, NASA Johnson Space Center, Houston, July 1990.
- ³⁹ David H. DeVorkian, *Science with a Vengeance: How the Military Created the U.S. Space Sciences After World War II*, Springer-Verlag, Berlin, 1992, p. 10.
- ⁴⁰ John Kross, "X Prize Ends in Desert Drama", *Ad Astra*, Winter 2005, pp. 14-17.
- ⁴¹ Lt. Col. Pedro Rustan, *Aviation Week & Space Technology*, March 7, 1994, p. 21.
- ⁴² Lt. Col. Pedro Rustan, *Space News*, April 25 – May 1, 1994, p. 1.
- ⁴³ SpaceDev, Jim Benson, www.spacedev.com/newsite/templates/subpage3.php?pid=164
- ⁴⁴ Peter H. Diamandis, "Algae Dependent Closed Life-Support Systems for Long Duration Space Habitation", *Space Manufacturing 5*, American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), October 1985, pp. 107-115.
- ⁴⁵ Peter E. Glaser, "Energy for Lunar Resources Exploration", *Proceedings of Lunar Materials Technology Symposium*, NASA Space Engineering Research Center, Arthur D. Little, Inc., 1992.
- ⁴⁶ Bernard Foing, SMART-1, www.esa.int/SPECIALS/SMART-1/SEMT00Z7QOE_0.html
- ⁴⁷ Brad R. Blair, "The Commercial Development of Lunar Mineral Resources", *Earth Space Review*, Vol. 10, No. 1, 2000, p. 82.

- ⁴⁸ Project Horizon Report, "A U.S. Army Study for the Establishment of a Lunar Military Outpost", 4 Vols., U. S. Army Ordnance Missile Command, Redstone Arsenal, Alabama, June 8, 1959.
- ⁴⁹ David Schrunk, Madhu Thangavelu, Bonnie Cooper, and Burton Sharpe, "Physical Transportation on the Moon: The Lunar Railroad", *Space Governance*, Vol. 5, No. 2, July 1998, pp. 162, 165, 187.
- ⁵⁰ Marc M. Cohen, "Selected Precepts in Lunar Architecture", 53rd International Astronautical Congress – 2002, Houston, TX, 10-19 October, 2002.
- ⁵¹ Paul D. Spudis, *The Once and Future Moon*, Smithsonian Institution University Press, Washington, D.C., 1996.
- ⁵² Jesus Raygoza B., "Designing the Mex-LunarHab (MLH): Application of Correct Methodology", in Steve M. Durst, C. T. Bohannon, C. G. Thomason, M. R. Cerney, and L. Yuen, eds., *Science and Technology Series*, Vol. 108, AAS 03-704, American Astronautical Society, San Diego, CA, 2004, pp. 43-56.
- ⁵³ _____, "Razón Fundamental para un Programa de Desarrollo Espacial Mexicano", Recomendaciones para el nuevo Gobierno Presidencial del Presidente Felipe Calderón H. y la Legislatura LX del Congreso Mexicano, primera presentación: Secretaría de Gobernación (SEGOB), 3 de Mayo, 2007, México, D.F., pp. 2, 6, 8-10, 13, 61-63.
- ⁵⁴ AQS Centro de Entrenamiento en Aeronáutica, S. C., www.e-aqs.com
- ⁵⁵ NASTAR, www.nastar.center.com
- ⁵⁶ The Yuri Gagarin Russian State Science Research Cosmonauts Training Centre, www.gctc.ru/eng/index.html
- ⁵⁷ Centro Nacional de Medicina de Aviación, www.dgpmpt.sct.gob.mx/index.php?id=448
- ⁵⁸ Fuerza Aérea Mexicana (FAM), www.es.wikipedia.org/wiki/Fuerza_Aérea_Mexicana
- ⁵⁹ Asociación Iberoamericana de Medicina Aeroespacial (AIMA), www.ites.google.com/site/aima1976org/home/
- ⁶⁰ Apollo 17 – Orange Soil, Views of the Solar System, www.solarviews.com/cap/moon/moondust.htm
- ⁶¹ Yosio Nakamura, "New Discovery into Distribution and Mechanism of Deep Moonquakes with Recently Identified Seismic Events", Institute for Geophysics, University of Texas at Austin, Austin, TX, 1 April, 2004 to 31 March, 2005. www.ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi_ntrs.nasa.../20050169201_2005170525.pdf
- ⁶² _____, "Deep Moonquakes: Remaining Problems", www.adsabs.harvard.edu/abs/2004AGUFM.P23A0224N
- ⁶³ Alan Binder, *Moonquake*, Apogee Books, Burlington, Canada, 2006.
- ⁶⁴ Robert Jastrow, "A Conversation with Dr. Robert Jastrow", George C. Marshall Institute - Science for Better Public Policy, Arlington, VA, www.marshall.org/article.php?id=30
- ⁶⁵ Peter Kokh, "In Focus: Russia to Return to the Moon, with gusto!", *Moon Miners' Manifesto & The Moon Society Journal*, No. 196, June 2006, p. 1
- ⁶⁶ "Propulsion for Space Transportation of the XXI Century", Versailles, May 13-17, 2002.
- ⁶⁷ Hermann H. Koelle, "Role of Launch Vehicles on Moon-Mars Exploration Program", *Journal of Aerospace Engineering*, Vol. 11, No. 4, October 1998, pp. 119-123.
- ⁶⁸ Wang Dayi, Li Tiesshou, Yam Hui, Ma Xingrui, "Guidance Control for Lunar Gravity-Turn Descent", *Chinese Space Science and Technology*, Vol. 20, No. 5, 2000, pp. 17-23.
- ⁶⁹ Xi Xia-Ning, Zeng Guo-Qiang, Zhu Wen-Yao, "Window Selection for the Lunar Probe Launched from the Earth", *Acta Astronomica Sinica*, Vol. 41, No. 4, 2000, pp. 361-372.
- ⁷⁰ Li Dong, Chen Minkang, Guo Linli, Zhu Dongge, "A Tentative Idea about Lunar Exploration", *Missiles and Space Vehicles*, No. 5, 2002, pp. 20-28.
- ⁷¹ NASA Constellation Program, Orion, www.nasa.gov/mission_pages/constellation/main/index.html
- ⁷² Robert Z. Perlman, "Project Orion to Follow Apollo to the Moon", *Space.com*, July 20, 2006, www.space.com/news/060720_cev_orion.html
- ⁷³ "Aquí Cabo Tuna, el *Filoctetes II* ha despegado", *Quid*, Sociedad Potosina de Física (SPF) y Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), 31 de Diciembre, 2003, <http://galia.fc.uaslp.mx/>
- ⁷⁴ Konrad Dannenberg, in Shelby G. Spires, Times Aerospace Writer, "Apollo 8's success brings tears to project's team: December 1968 mission set many spaceflight firsts", *The*

- Huntsville Times, www.sgspires.com/apollo8success.htm
- ⁷⁵ Jesus Raygoza B., "Mex-LunarHab", submitted during the Proceedings of the 2003 Conference of the United Societies in Space (USIS) and Affiliate Authorities, Trusts, and Associates, Denver, August 4, 2003.
- ⁷⁶ _____, "Designing the Mex-LunarHab (MLH): Application of Correct Methodology", International Lunar Exploration Working Group 5 (ILEWG 5), International Lunar Conference 2003 (ILC-2003), Waikoloa Marriott Beach Hotel, Kohala Coast, Hawai'i Island, November 17, 2003.

APENDICE A

Lugares Geográficos

- ¹ Zapopan - Guadalajara, Jalisco, México,
www.guiarte.com/.../satelite_poblacion_zapopan.html
www.it.app.jalisco.gob.mx/organismo/territorial.html
www.mapserver.inegi.org.mx/.../hypertext.cfm?s...c...
- ² Cerro del Pinacate, Sonora, México,
www.explorandomexico.com.mx/about-mexico/6/164/
[www.mexicodesconocido.com.mx/.../4306-El-Pinacate-y-Gran-Desierto-de-Altar:-lugar-de-dunas-y-lava-\(Sonora\)](http://www.mexicodesconocido.com.mx/.../4306-El-Pinacate-y-Gran-Desierto-de-Altar:-lugar-de-dunas-y-lava-(Sonora))
www.ugm.org.mx/pdf/geos07-1/sesiones_regulares/VUL.pdf
- ³ Cd. Juárez, Chihuahua, México,
www.mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/.../HID_SUP.PDF?s...

APENDICE B

En memoria de mi padre **Carlos Raygoza Enciso** (1918-1992) quien fue agricultor de corazón; que produjo papa, trigo, y etc. (también fue comerciante de productos agrícolas, principalmente papa). Y mi madre **Elvira Berrelleza Peña** (1928-1972) quien fue su soporte en la familia.

Pioneros de Agricultura Espacial

Desde que recibimos la noticia que hay depósitos enormes de agua congelada en la Luna, ciertamente estamos seguros ahora que podemos construir futuras bases lunares, que podrían ser soportadas por un sistema artificial, cerrado, como la biosfera de la Tierra, como ya revisamos anteriormente, con todas las plantas y especies animales necesarios: con lo suficiente para reciclar comida, y para reciclaje de aire. Asentados en la Luna, los humanos se podrían encaminar hacia la colonización de Marte, más fácilmente y más barato. Para lograr realizar esta tarea, se necesitarán invernaderos espaciales. Las cosechas de verduras, y hasta el trigo, cuyos granos los astronautas usarán para moler la harina y cocinar pan fresco como en la Tierra, se cultivarán allá. Un ejemplo de agricultura en la Luna se puede encontrar en el texto de la novela **Lunar Pioneers** (Los Pioneros Lunares) del **Dr. Philip R. Harris**, con el **Dr. David G. Schrunk**, en el primer texto de esta novela¹.

Para investigar y desarrollar el crecimiento de plantas en microgravedad, a fin de incluir plantas en futuros sistemas de soporte de vida biológicos para misiones espaciales tripuladas a largo plazo, en Bulgaria se han desarrollado y producido los primeros invernaderos. Un proyecto búlgaro-ruso, el **Invernadero Espacial SVET**, automatizado para la instalación de crecimiento de plantas se desarrolló en la década de 1980, y fue lanzado hacia la **Estación Orbital Mir** el 10

de junio de 1990. Para supervisar parámetros ambientales y psicológicos adicionales, se añadió a este equipo un **Sistema de Medida de Cambio de Gas (GEMAS)** desarrollado por Estados Unidos. La **Dra. Tania Ivanova**, como directora del Departamento de Biotecnología Espacial en el Instituto de Investigación Espacial de la Academia de Ciencias Búlgara en Sofía, Bulgaria, fue responsable de muchos de los experimentos en plantas de larga duración en el espacio que se realizaron en el complejo SVET-GEMAS al final del siglo XX.

El invernadero espacial SVET llegó a ser de un área de cultivo de 1,000 cm² que almacena plantas maduras hasta de 40 cm, con lámparas fluorescentes y ventanas; la ventana del frente es transparente para la siembra de semilla, para observación, y toma de muestras por la tripulación. Una tecnología original de Bulgaria es un módulo especial, que es un módulo de raíz que se divide en dos secciones iguales y está lleno del substrato *balkanine* (un nutriente cargado de clinoptilolita zeolita) que es zeolita natural (son minerales microporosos de aluminosilicato que se utilizan comúnmente como absorbentes comerciales) enriquecido por sales minerales a fin de sostener varios ciclos de cosecha consecutivos. Este módulo es cambiable, montado en carriles como una gaveta. La humedad del substrato se controla por sensores a un nivel deseable, una bomba de agua, válvulas, y el oxígeno que se necesite se suministra al área de raíz.

Ya que Rusia no tenía bastantes fondos para usar toda la capacidad de su laboratorio orbital entonces, lamentablemente, en el Invernadero Espacial SVET llegó a haber una paralización durante casi cinco años, y varios programas importantes simplemente se dejaron. Incluso, entonces también, se llegó a una situación crítica: preguntándose si se abandonaría a la propia Estación Orbital *Mir*. Pero, el interés de la NASA en este objetivo a largo plazo de habitar el Espacio, salvó, en ese momento, a la *Mir*. Los Estados Unidos, después de ser forzados para abandonar al primer verdadero laboratorio orbital en la historia, el *Skylab 1*, en la década de 1970 (en exhibición, el *Skylab 2* permanece en el Museo Smithsonian en Washington, D. C.), no tenían su propia estación espacial, para conducir experimentos a largo plazo. Y después que a la NASA se le redujo el presupuesto para la investigación espacial y para la entonces **Estación Espacial Freedom**, los científicos estadounidenses dirigieron sus esfuerzos hacia las capacidades rusas. Así fue como se firmó un acuerdo ruso-búlgaro en Moscú en abril de 1994 para realizar experimentos a largo plazo dentro del marco del programa *Mir*-NASA en el Invernadero Espacial SVET durante 1995-1997. Con la participación de astronautas estadounidenses a bordo de la *Mir*, por medio de viajes repetidos y la capacidad del Transbordador Espacial y las misiones de carga rusas, el SVET condujo experimentos llamados "Invernadero 1", "Invernadero 2", y otros más². En el "Invernadero 2a" y el "Invernadero 2b", se realizaron experimentos de trigos "super enanos"³.

En el complejo SVET-2-GEMS se repitió el "Invernadero 2b" por los mismos investigadores^{4,5,6} que el "Invernadero 2a", lo que se hizo en dos etapas de 123 días y 43 días, y que mostró esterilidad masculina en las plantas de trigo. En el siguiente experimento de semilla a semilla se utilizó una especie de planta de mostaza *Brassica rapa* con un ciclo de vida muy corto, el "Invernadero 3", en 1997, donde su investigadora principal fue **Mary Musgrave**⁷ de la Universidad Estatal de Luisiana. Y, **la primera semilla-a-semilla que completó su ciclo de planta en el espacio en 1997, ¡lo logró a pesar de pasar por uno de los accidentes más graves que se han tenido en el espacio!** El 25 de junio de aquel mismo año, una colisión de la cápsula espacial de suministro Progreso contra la *Mir* causó una pérdida de energía con el Invernadero Espacial SVET-2, lo que posteriormente provocó una disminución de las temperaturas y el cambio de presión atmosférica y la composición en la *Mir*. Al suministrar a los experimentos con energía desde el módulo principal de la *Mir* al SVET-2 por medio de una cuerda, el astronauta estadounidense **Michael Foale** salvó los experimentos. Después de esa "aventura emocionante", el desafío de los científicos era cultivar semillas de trigo. El científico estadounidense **Bruce**

Bugbee de la Universidad Estatal de Utah propuso se usara otra variedad de trigo llamada Apogeo porque es resistente a elevadas concentraciones de etileno, la que se había probado en estudios en la Tierra de que era un problema grande, y se le había medido como de 1 a 2 ppm en la atmósfera de la cabina de la *Mir*.

Los experimentos "Invernadero 4 y 5" fueron realizados por cosmonautas rusos en el **Programa Científico Ruso**, sobre todo por **Sergei Avdeev**. En el experimento "Invernadero 4", 12 plantas de Apogeo produjeron un total de 508 semillas. En el experimento "Invernadero 5", se plantaron 10 de las semillas producidas en el espacio, y una de ellas dio semillas espaciales de segunda generación. Durante estos dos últimos experimentos, todas las semillas se desarrollaron de manera normal. Después fueron plantadas en la Tierra, germinaron, y produjeron plantas verdes sanas⁸.

Los exitosos experimentos de *Brassica rapa* y de trigo Apogeo demostraron que la carencia de gravedad no era un obstáculo para el desarrollo de plantas normales en el espacio. Por lo tanto, ya que estas clases de trigo la pueden hacer allá afuera, comienza a ser una realidad el suministro de granos para futuros establecimientos humanos en la Luna y Marte. La primera instalación de crecimiento de plantas para apoyar experimentos de plantas comerciales, ya lanzada a bordo la Estación Espacial Internacional (EEI) en 2001, fue hecha por **Advanced Astroculture (ADVASC)** y se desarrolló en el **Centro Wisconsin de Automatización Espacial y Robótica**⁹. El **Instituto Ruso de Problemas Biomédicos** y la **Universidad Estatal de Utah** desarrollaron la instalación de crecimiento de plantas **LADA** con la misma infraestructura, basada en los mismos principios funcionales que el SVET para el Módulo de Servicio Ruso a bordo de la EEI. La LADA tiene dos cámaras de crecimiento con un volumen más pequeño, un cuarto del tamaño del SVET^{10,11,12}. En Green Bay, Wisconsin, el concepto de la corporación Experimento Agrícola Nacional Lunar (LUNAX) de **Dave Dunlop** puede desarrollar experimentos científicos *in situ* para dirigir a algunos de los problemas interdisciplinarios implicados con la agricultura en el espacio, tal como el suministro y consumo de energía, la utilización de recursos "locales" en el suelo del ambiente lunar y en el de Marte. Es muy interesante notar que a los astronautas les gusta mucho hacer experimentos, y están muy preparados y contentos en cuidar plantas. Durante la serie de experimentos en la *Mir*, estuvo prescrito en las instrucciones que se debía vigilar las plantas uno de cada cinco días-- los astronautas visitaban el invernadero al menos cinco veces por día para cuidar las plantas. Cuando la escritora **Marsha Freeman** entrevistó al astronauta Michael Foale si él consideraría llevar plantas en las misiones sólo para cuidarlas, y no como objetos para experimentos, Foale contestó que, "Sí, muchísimo. Creo que justo como tenemos plantas en las casas sin motivo, sólo para que estén allí ... son bonitas, o que son un recordatorio de Tierra ... "¹³

Todavía es un problema central en la actualidad el proveer de alimento y nutrición para las tripulaciones y los pobladores en la Luna y Marte. La experiencia obtenida a consecuencia de la investigación internacional y los experimentos realizados en la instalación del Invernadero Espacial SVET en Bulgaria, el apoyo de experimentos de plantas comerciales en Advanced Agroculture, y de otros centros más recientes, hace posible para los humanos que el cocinar pan "espacial" llegue a ser una realidad. Pero hay todavía mucho por hacer antes de que sean operacionales las bases habitables en la Luna.

Con respecto a los experimentos agrícolas en el Mex-LunarHab que podamos hacer con trigo, papa, cebolla, maíz, y otros, México posee varias capacidades de muy alto nivel al respecto. Cd. Obregón, en el Estado de Sonora, es el hogar del famoso **Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste (CIANO)** y del **Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)**¹⁴ que ofrecen servicios muy profesionales de la investigación agrícola y forestal a

agricultores, industriales, instituciones educativas y Gobierno, que funciona en 81 campos experimentales, e incluso sus investigaciones llegan hasta la nutrición humana. Este complejo de manera natural es potencialmente como uno de nuestros centros de investigación más relevantes de la Agricultura Espacial en México, y colaborador potencial con el proyecto Hábitat Lunar Análogo de México también. En el CIANO trabajó el gran investigador en agronomía **Dr. Norman Ernest Borlaug**, conocido como "el padre de la Revolución Verde"^{15,16} (una revolución científicamente exitosa; fallida por políticas económicas ineptas), y ganador del Premio Nobel de Paz en 1970. Durante sus 20 años en México, el Dr. Borlaug y sus colegas perfeccionaron una variedad de trigo enana que pudo producir enormes cantidades de grano, resistir a enfermedades, y resistir el doblaje (la flexión y la rotura del tallo que seguido ocurre en granos flexibles). Bajo la dirección del Dr. Borlaug, este nuevo trigo se plantó con gran éxito, no sólo en México, sino también en India y Paquistán. En años subsecuentes, el trigo fue plantado en naciones de América Central y Sudamérica, en el Medio Oriente, y África.

Para experimentación e irrigación en la instalación de crecimiento de plantas de invernadero del MLH utilizaremos los llamados Silos de Agua que ya han recibido algunos premios. La compañía **Xnet-Solaris**¹⁷, establecida en México, D.F., que proveerá de energía al equipo eléctrico y experimentará en el MLH acerca de aplicaciones de nueva tecnología de punta en energía solar, aprovechando desarrollar celdas fotovoltaicas más eficientes que las actuales, ya que se planean para utilizarse en la superficie lunar, experimentará también con su "agua sólida" en los cultivos agrícolas del MLH. Después de consultar con universidades, oficinas de gobierno e instituciones especializadas en materia del agua, verificando que la "lluvia sólida" es un proyecto viable, la Fundación Miguel Alemán otorgó al autor del agua solida el "IX Premio Anual de Ecología y Medio Ambiente 2002". Para nuestros experimentos en materia de agricultura espacial, este producto nos será de mucha utilidad ya que, entre otras capacidades que posee, nos servirá porque: a) Es un polímero en polvo; b) No soluble en agua; c) Absorbe hasta 500 veces su peso en agua; d) Se puede almacenar hasta por 5 meses en costales lo que facilita su uso seguro en la Luna, y en la Tierra es un tiempo adecuado y suficiente para esperar la lluvia de temporal (ahorra hasta el 90% de agua para riego); e) Es de bajo costo de instalación; y, f) Es de fácil almacenamiento en cualquier recipiente o costales, garantizándose por 6 años. Además, tiene una vida útil de hasta 10 años. En nuestro planeta, es posible iniciar la siembra sin esperar la temporada de lluvias; las plantas no sufren estrés hídrico por falta de lluvia durante su crecimiento; y se incrementa la productividad de las áreas de cultivo. Antes se regaba cada tercer día, 150 veces por año, ahora se riega una o dos veces por mes, es decir, un promedio de 12 veces por año.

¹ Dr. Philip R. Harris, with Dr. David G. Schrunk, "Lunar Pioneers", Section: Moon Fiction, Moon Fiction - Out of the Cradle, Ken's Lunar Library, 2010, Chapter 8, pp. 231-234.

www.outofthecradle.net/categories/.../moon-fiction/

² Tania Ivanova, Yuri A. Bekovich, A. L. Machinkiy, and G. I. Meleshko, "The First 'Space' Vegetables Have Been Grown in the 'SVET' Greenhouse Using Controlled Environment Conditions", *Acta Astronautica*, 1993, Vol. 29, No. 8, pp. 639-644.

³ F. B. Salisbury, "Growing Super Dwarf Wheat in Space Station Mir", *Life Support and Biosphere Science*, 1997, Vol. 4, pp. 155-166.

⁴ Tania Ivanova, Svetlana Sapunova, Plamen Kostov, and Ivan Dandolov, "First Successful Space Seed-to-Seed Plant Growth Experiment in the SVET-2 Space Green House in 1997", Space Research Institute, Bulgarian Academy of Science, Sofia, Bulgaria, 1997, www.space.bas.bg/astro/Aerosp16/tania1.pdf

⁵ _____, Plamen Kostov, Svetlana Sapunova, Ivan Dandolov, F. B. Salisbury, G. E. Bingham, et al., "Six Month Space Greenhouse Experiments: A Step to Creation of Future Biological Life Support Systems", *Acta Astronautica*, 1998, Vol. 42, No. 1-8, pp. 11-23.

- www.docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article
- ⁶ _____, Snejana Docheva, Iliana Ilieva, Plamen Kostov, Svetlana Sapunova, Romyana Dikova, and Ivan Dandolov, "Experiment Investigating the Influence of Oxygen Deficiency on Plants Grown in Microgravity", Space, Ecology, Nanotechnology, Safety 2006 (SENS 2006), Varna, Bulgaria, 14-16 June 2006, www.linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0273117702007445
- ⁷ Mary E. Musgrave, Anxiu Kuang, et al., "Gravity Independence of Seed-to-seed Cycling in *Brassica rapa*", *Planta*, 2000, Vol. 210, pp. 400-406.
- ⁸ M. A. Levinskikh, V. N. Sychov, et al., "Growth and the Development of Plants in a Row of Generations under the Conditions of Space Flight (Experiment Greenhouse-5)", *Aviakosmich i. Ekolog Medical*, 2001, Vol. 35, No. 4, pp. 45-49.
- ⁹ W. Zhou and P. Falk, "State-of-the-Art Plant Growth Chamber for Conducting Commercial Plant Research in Microgravity", *Space Technology and Applications International Forum-2000*, 2000, CP504, pp. 374-375.
- ¹⁰ G. Bingham, I. G. Podolsky, M. A. Levinskikh, and V. N. Sychev, "LADA, a New Joint Russian-U.S. Plant Greenhouse: Continuing the 'SVET' Science and Technology Development Traditions on ISS", *Grav. and Space Bio. Bul.*, 2001, Vol. 15, No. 1.
- ¹¹ Shuttle-Mir History/Science/Fundamental Biology/, Greenhouse, Greenhouse: Integrated Plant Experiments on Mir, Shuttle-Mir Missions: Mir 19, Mir 20, NASA-2, NASA-3, Science – Fundamental Biology, www.spaceflight.nasa.gov/history/.../fb/sc-fb-svet.htm
- ¹² NASA, "Growth and Development of Higher Plants through Multiple Generations (Rastenia)", International Space Station, May 18, 2010, www.nasa.gov/mission_pages/.../Rastenia.html
- ¹³ Marsha Freeman, "Growing Food in Space", *Challenges of Human Space Exploration*, Springer/Praxis Publishing, Chichester, United Kingdom, 2000, pp. 57-79.
- ¹⁴ Obson, "Wheat Breeding at CIMMYT: Commemorating 50 Years", Cd. Obregon, Sonora: The Technology City of the Northwest, April 11, 2010, www.obson.wordpress.com/category/economia/
- ¹⁵ Obson, "Dr. Norman E. Borlaug y el Inicio de la Revolución Verde", Cd. Obregón, Sonora: The Technology City of the Northwest, www.obson.wordpress.com/.../dr-norman-e-borlaug-y-el-inicio-de-la-revolucion-verde-ciano/
- ¹⁶ "Remembering the Father of the Green Revolution", *Market to Market*, Iowa Public Television, January 1, 2010, www.iptv.org/.../mtom_20100101_3518_clip
- ¹⁷ Xnet-Solaris, Tel. 52 (55) 5905 - 4385, www.xnet-solaris.com

Jesús Raygoza B., es tecnólogo, particularmente involucrado en electromagnetismo y ciencias relacionadas. Posee un Associate Degree en Física. En Enero de 1968 (a la edad de 17), delineó una teoría para disminuir tentativamente la "explosión sónica", la transferencia de calor, resistencia al avance, y otros problemas asociados con el vuelo supersónico e hipersónico. En Diciembre de 1973, por primera vez, propuso este concepto a la Fuerza Aérea de Estados Unidos. Fue piloto privado activo durante el período 1975-1977. En 1983, su concepto "Cono Deslizador", una derivación de su teoría de 1968, es un instrumento que se puede adaptar a un avión hipersónico para disminuir la explosión sónica, reducir la resistencia al avance y la transferencia de calor. El 20 de Julio de 1990 fundó y fue primer Presidente de la Sociedad Espacial Mexicana (SEM). También estuvo comprometido y abogó varios años por el establecimiento permanente de una (hoy en proceso de existir) agencia espacial nacional en México. Promueve el establecimiento de dos sitios de lanzamiento (en el Estado de Jalisco y Quintana Roo). Es Vicepresidente de United Societies in Space, Inc. (USIS) y un Regente; Miembro de la Mesa Directiva de Lunar Economic Development Authority, Inc. (LEDA); Miembro, Buzz Aldrin Libraries Committee; miembro, National Space Society (NSS), y American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA). Creador y director general internacional del Proyecto Hábitat Lunar Análogo de México (simulador), y del Proyecto Mex-LunarHab (hábitat real). Es arqueólogo amateur que creció aprendiendo historia sobre ciencia y tecnología mundial antigua desde la década de 1970.