

Arquitectura Orbital

Una introducción teórico-práctica a los potenciales aportes del diseño arquitectónico en ambientes espaciales orbitales



Escuela de Arquitectura y Urbanismo

Alejandro Sandoval De la Vega



TEC

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Instituto Tecnológico de Costa Rica



ARQUITECTURA ORBITAL

Una introducción teórico-práctica a los potenciales aportes del diseño arquitectónico
en ambientes espaciales orbitales.

Tesis presentada para cumplir con los requisitos finales para la obtención
del título de Licenciado en Arquitectura y Urbanismo

Autor: Alejandro Sandoval De La Vega

Tutor: Prof. Gerardo Ramírez

Setiembre del 2012

Constancia de la defensa pública del proyecto final de graduación

El presente trabajo final de graduación titulado: Arquitectura Orbital realizado entre el segundo semestre del 2011 y el segundo semestre del 2012 ha sido defendido ante el tribunal examinador integrado por los profesionales: Ing. Gerardo Ramírez, Ing. Ronald Chang y Lic. Víctor Alba, como requisito para optar por el grado de licenciatura en arquitectura en la Escuela de Arquitectura y Urbanismo del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La orientación y supervisión del proyecto desarrollado por el estudiante Alejandro Sandoval De La Vega, carne número 200008398, estuvo a cargo del Arq. Gerardo Ramírez, paralelamente con la asesoría de los profesionales citados, por lo que el documento declarado de conocimiento público y su respectiva defensa ante el tribunal evaluador ha sido declarado:

Ing. Gerardo Ramírez

Ing. Ronald Chang

Lic. Víctor Alba

Calificación

Aprobado

Dedicatoria

A:

Dios, por tu amor, fortaleza y paciencia,
gracias por estar siempre a mi lado y ser el mejor compañero.

Mi Madre Gessie, por tu incansable dedicación a nuestra familia,
gracias por tu amor e impecable ejemplo de esfuerzo y entrega.

Mi Padre J.Arturo, por tu eterno ejemplo de responsabilidad,
gracias por tu amor e indeleble marca de felicidad en mi corazón.

Mi esposa Lourdes,
por tu amorosa devoción a nuestro matrimonio,
gracias por tu incondicional apoyo en esta labor.

Mis compañeros, Schifino, Fede, Julio, Yarisse
y todos los demás, por su invaluable amistad,
gracias por compartir esta aventura conmigo.

Mis hermanos, familiares y amigos,
por su constante acompañamiento,
gracias por sus oraciones y motivación.

Mis profesores Marcos, Marlene, William y Gerardo;
y mis lectores, Ronald y Víctor, por su valiosísima tutela,
gracias por trascender el deber hasta el amparo.

Mi hijo Joaquín, por tu admiración y sonrisa,
gracias por inspirarme a buscar lo mejor de mí.

Resumen

La industria espacial es uno de los campos de investigación relativamente más nuevos para la humanidad. Hasta hace 100 años, orbitar la tierra o llegar a la luna no era más que ciencia ficción en libros de Julio Verne o fantasiosas películas "hollywoodenses". Pero en menos de 50 años, desde el 12 de abril de 1961 cuando Yuri Gagarin completó la primera vuelta al mundo por fuera de la atmósfera, científicos de todo el globo han desarrollado grandes aportes para la denominada *conquista del espacio*; y los avances se han extendido más allá del campo tecnológico a todas las áreas del desarrollo humano.

Simultáneamente, la humanidad ha evolucionado a un mundo más globalizado en el que se ha demostrado una y otra vez que los aportes para esta gran conquista espacial no están destinados a surgir en dos o tres "superpotencias" económicas; por el contrario, a cada paso que se da en esta industria se van sumando naciones que desean participar de esta gran aventura. Las puertas se abren para profesionales de todo el mundo, pues actualmente la información está al alcance de quien la desee y ya ha sido bien aprovechada por físicos, ingenieros, biólogos, biotecnólogos, etc. Sin embargo, la participación de arquitectos en esta nueva industria ha sido bastante limitada. Por ahora se puede aceptar que para el desarrollo de las estaciones espaciales actuales hayan prevalecido criterios estructurales, mecánicos o tecnológicos, pero las necesidades arquitectónicas están empezando a surgir a medida que se incrementa la permanencia humana en estas estructuras espaciales y se amplía la gama de perfiles para los viajeros espaciales.

Con las primeras misiones de más corta duración se buscaba el máximo rendimiento de los vehículos espaciales y el mejor aprovechamiento del tiempo de los astronautas; bajo estos criterios no había cabida para ideas de confort o ergonómica en una misión espacial. Pero actualmente los astronautas permanecen hasta por seis o siete meses orbitando la tierra ininterrumpidamente en una estación espacial de aproximadamente 935m³ habitables, y a medida que se investiga la manera de contrarrestar los efectos negativos de la microgravedad en el cuerpo, se idean maneras de prolongar estos seis meses, principalmente con la intención de programar viajes a mayores distancias. Y aunque ya se estudian los

efectos de largos periodos en este ambiente, aún no hay respuesta para todos los problemas que deben afrontar estos residentes espaciales.

Por otro lado, es conocido que la arquitectura de un lugar puede influir positiva o negativamente en el estado de ánimo de sus habitantes; y también puede ayudar a desarrollar una u otra actividad. Aspectos como el color, la iluminación, proporción, o relación interior-exterior son solo algunas de las variables con las que “juega” el arquitecto para lograr una determinada sensación; sensación que a veces se traduce en eficiencia, salud mental y hasta física. Al comprender el funcionamiento de estas variables, algunas de las cuales han acompañado al arquitecto desde el principio de la historia, podremos abordar temas de diseño desde una nueva perspectiva. ¿Puede la arquitectura, una de las tecnologías más antiguas conocidas por el hombre, aplicar sus conceptos más esenciales a un ambiente completamente nuevo y contribuir a mitigar los efectos de los ambientes espaciales en la mente de los astronautas? De ser así, ¿cuáles son algunos de los conceptos arquitectónicos que pueden guiar un diseño espacial? Y ¿cuáles de los problemas psicosociales conocidos que presentan los astronautas pueden ser mitigados por ambientes arquitectónicamente diseñados?

Este trabajo utilizó el acercamiento cotidiano a un problema arquitectónico que propone la Escuela de Arquitectura del ITCR como punto de partida para analizar el problema de los espacios humanos orbitales. Al definir claramente esta relación análoga entre un espacio terrestre con uno orbital, se obtuvo una guía para afrontar cualquier problema arquitectónico en órbita. Como sujeto de prueba para este modelo se proponen estrategias arquitectónicas concretas que hagan frente a los problemas psicosociales registrados por algunos astronautas.

Objetivos

General

Desarrollar un documento que introduzca el diseño arquitectónico a la industria espacial como una herramienta útil y provechosa, al justificar teórica y prácticamente la intervención arquitectónica en ambientes humanos orbitales de caída libre con fines científicos, comerciales y turísticos.

Específicos

1. Aplicar conceptos de la arquitectura tradicional a la industria espacial, orientados específicamente a las vertientes de la investigación y de la explotación turística, para profundizar en los alcances de la arquitectura en estos campos específicos.
2. Determinar cuáles de los retos psicosociales que actualmente enfrentan los astronautas pueden ser prevenidos o minimizados mediante estrategias arquitectónicas específicas, para proponer soluciones arquitectónicas que contribuyan a solucionar problemas concretos que actualmente presenta la industria espacial.
3. Desarrollar una estrategia para aplicar el diseño arquitectónico al diseño de un ambiente espacial orbital que muestre de forma práctica algunos beneficios de incorporar conceptos arquitectónicos en la forma de vida de los astronautas.

Epígrafe

Ampliando la arquitectura

Hace 100 años, nadie habría puesto en duda qué es arquitectura lo que hacen los arquitectos. En ese momento, e incluso durante la dramática transición moderna de Burnham y Sullivan a Wright, Mies y Corbusier, a Venturi, Meier y Gehry, y más allá, estaba claro: los arquitectos diseñan edificios.

El noble legado del maestro constructor se remonta prácticamente hasta el comienzo de la civilización. Imhotep y Sinan, los diseñadores famosos de la pirámide escalonada Saqqara y la Mezquita de Solimán, respectivamente, son todavía conocidos por nosotros a través de los tiempos, junto con los nombres de legendarios gobernantes y guerreros.

Hoy, sin embargo, la arquitectura se ha convertido en una palabra popular en las principales industrias emergentes en los siglos 20 y 21 que nada tienen que ver con la construcción: hacer la guerra, la industria aeroespacial, informática y software. Conferencias enteras, libros de texto y manuales de normas son dedicados a la arquitectura, con poco pensamiento en la larga tradición de construir lugares para la actividad humana.

Esto ha sucedido porque ningún otro término capta adecuadamente el acto y producto de tomar y manipular un problema de diseño complejo caracterizado por miles de piezas, requisitos mutuamente contradictorios, especialidades diversas, y la creación deliberada de orden a partir del caos. Esta es la esencia que la arquitectura comparten todos los campos, ya sean los elementos son ladrillos, subsistemas, contratistas, puertas lógicas o instrucciones codificadas.

Brent Sherwood

Índice

Capitulo 1 Introducción_____	11
Capitulo 2 Construyendo definiciones_____	14
2.1 Arquitectura u Obra Arquitectónica_____	14
2.2 Necesidad arquitectónica_____	16
2.3 Definición de Obra Arquitectónica_____	18
2.4 Espacios Humanos Orbitales (EHO) _____	20
2.5 Características de los EHO_____	21
2.6 La arquitectura en los EHO _____	25
Capitulo 3 Paquetes de información_____	30
3.1 Introducción_____	30
3.2 Usuario_____	30
3.2.A Perfil del científico_____	31
3.2.B Perfil del turista_____	35
3.3 Sitio _____	37
3.3.A Variables Generales_____	38
3.3.A1 Gravedad/Microgravedad_____	38
3.3.A2 Atmósfera/Vacío_____	40
3.3.B Variables específicas _____	41
3.3.B1 Temperatura y Gradiente térmico_____	43
3.3B2 Asteroides, micro-meteoritos y escombros_____	44

3.3 B3 Ciclo orbital_____	44
3.3.B4 Radiación solar, rayos cósmicos y magnetismo_____	44
3.3.B5 Fugas visuales_____	45
3.3D Anomalías_____	50
3.3.D1 Cinturones de Van Allen_____	50
3.3.D2 Puntos de Lagrange_____	51
Capitulo 4 Problemas psicosociales_____	53
4.1 Factores internos_____	56
4.1 A Estrategias de prevención de riesgos psicosociales para el factor interno-Persona _____	70
4.1.A1 Selección_____	70
4.1.A2 Entrenamiento_____	70
4.2 Factores externos_____	71
4.2.A La familia_____	71
4.2B Espacio físico_____	73
4.2.B1.Estrategias de prevención de riesgos psicosociales para el factor externo-Espacio físico. _____	73
4.2.B1-1 Dormitorios privados_____	74
4.2.B1-2 Ejercicio físico_____	74
4.2.B1-3 Arte en el espacio _____	74
4.2.B1-4 Piso/cielo/paredes _____	75

4.3 Duración_____	76
4.3.A Viajes de corta duración_____	76
4.3.B Viajes de mediana duración_____	77
4.3.C Viajes de larga duración_____	77
Capítulo 5 Aplicación_____	78
5.1 Propuesta_____	86
5.2 Recomendaciones_____	92
5.3 Evaluación_____	94
Capítulo 6 Conclusiones_____	95
6.1 La arquitectura en la industria espacial _____	95
6.2 El factor psicosocial en el diseño arquitectónico de EHO_____	95
6.3 Una herramienta para el diseño de EHO_____	96
6.4 Un documento de introducción_____	97
Glosario_____	98
Índice de imágenes_____	101
Índice de tablas_____	102
Índice de gráficos_____	103
Fuentes_____	105
Anexo (encuesta completa) _____	107

Capítulo 1: Introducción

La utilidad de la arquitectura radica en su capacidad de solucionar una necesidad arquitectónica, y aunque estas necesidades han evolucionado a lo largo del tiempo, acompañando cada cultura y sociedad, la idea primitiva de proporcionar confort al ser humano, propiciador y beneficiario de la arquitectura, no ha cambiado ni cambiará, ya que en esta premisa se encuentra la esencia misma de la arquitectura.

Actualmente la arquitectura es mucho más que un conjunto de condiciones que le permiten a una persona subsistir en un espacio resguardado del clima, tal y como posiblemente se originó esta disciplina. También en la actualidad encontramos ejemplos de una arquitectura que ha evolucionado para un usuario distinto al hombre: animales, plantas, vehículos, etc. Por ejemplo “La compañía Gitta Gschwendtner´s ha diseñado un muro con-viviendas para aves en la ciudad de Cardiff Bay, en el Reino Unido. Este “complejo” tiene cincuenta metros y más de mil hogares para pájaros y también, ¿por qué no?, murciélagos. Además de solucionar el problema de la vivienda para muchos animalitos, los detalles arquitectónicos de esta obra son dignos de apreciarse. La edificación está ubicada entre una ribera y una zona residencial de la localidad.”¹ Sin embargo, la arquitectura siempre está, o debería estar, al servicio de la humanidad. Tal y como lo ha hecho desde el principio, la arquitectura inspira a quien la percibe, acompaña silenciosamente al usuario, y otorga confort casi de manera natural a aquel que tiene la dicha de habitar un espacio diseñado para él.

Un nuevo paso está dando la humanidad, un paso hacia el espacio. Y donde inicialmente solo iban computadoras ahora van personas. A este lugar, donde es imposible vivir sin un *entorno artificial*, y para llegar al cual se requiere preparación física y psicológica, están llegando más y más seres humanos. Ya no son unos pocos valientes aventureros, dispuestos a sacrificar hasta su vida por el bien de la humanidad; ahora son científicos, pensadores que con trabajo y dedicación han entrado en ese grupo selecto de hombres y mujeres que han dejado su planeta para explorar nuevas posibilidades.

¹ *Se alquilan departamentos para aves* (2009) consultado el 18 de Junio de 2012, en <http://www.ecologismo.com/2009/09/26/se-alquilan-departamentos-para-aves/>.

Los frutos de este nuevo paso del hombre son muchos y muy variados, desde avances médicos en la cura y tratamiento de enfermedades específicas, hasta la exploración del universo mismo. En este momento, a 360 km sobre la superficie de la Tierra se investiga la cura para enfermedades como la osteoporosis². Este gran desarrollo es exponencial, y aunque inicialmente solo dos países participaron en la conquista del espacio, ahora más de diez naciones comparten una sola Estación Espacial Internacional (EEI), en la cual inicialmente solo podían convivir tres astronautas y ahora la comparten ocho.

Con este aumento en la población espacial, se incrementan también las posibilidades de explotación de estos recursos. Actualmente, instituciones gubernamentales y privadas de diferentes lugares del mundo desarrollan tecnologías y diseñan ambientes para astronautas, ya sean científicos o turistas espaciales. La idea del turismo espacial ya tiene varios años; de hecho, se reportan seis visitantes a la EEI y ya están en proceso de diseño los primeros hoteles espaciales. Empresas privadas como Galactic Suite³ y Virgin Galactic⁴ trabajan hace años en el desarrollo de experiencias espaciales con fines comerciales y sus investigaciones las financian con tiquetes en preventa que incluyen diferentes atracciones. Este es solo un ejemplo del nuevo mercado que se desarrolla en la órbita terrestre y del potencial que tiene la arquitectura en este sector.



² Robertson, M (n.d.). *La Estación Espacial Internacional: un punto de apoyo en el espacio*. Consultada el 18 de junio de 2012 en <http://www.scienceinschool.org/print/697>

³ Galactic Suite. Consultada el 15 de marzo de 2012 en <http://galacticsuitespaceresort.com/index2.html>

⁴ Virgin Galactic. Consultada el 15 de marzo de 2012 en <http://www.virgingalactic.com/>

La empresa Bigelow Aerospace es otro ejemplo de una empresa con capital privado que desarrolla investigación y está demostrando grandes posibilidades de éxito a un corto plazo. Su tecnología está orientada a lograr viajes espaciales de “bajo costo” para investigadores y posteriormente a turistas. Su diseño se basa en sistemas de módulos inflables que reducen el costo de instalación en órbita y aumentan el volumen de los espacios habitables por el ser humano.⁵

Ya sea por turismo o trabajo, en una agencia del gobierno o empresa privada, pagando o siendo pagado, los astronautas son sometidos a una serie de pruebas para prepararlos y que demuestren que son física y mentalmente capaces de sobrellevar un viaje de este tipo. Aun con estas pruebas, la Agencia Espacial Estadounidense (NASA) ha reconocido que los viajeros espaciales sí se exponen a sufrir de algunos trastornos psicosociales producto del aislamiento y otros factores inherentes a los actuales ambientes espaciales.

Mi hipótesis es que mediante espacios arquitectónicamente diseñados se puede reducir el impacto psicosocial negativo que reciben los astronautas. Ya sea para elevar el nivel de confort de los navegantes actualmente capacitados, para cuidar la salud mental de turistas y científicos espaciales o para abrir las puertas a nuevos astronautas, la arquitectura podría contribuir a que la vida dentro de este ambiente artificial sea más confortable, saludable y humana.

Finalmente, vale aclarar que el potencial de investigar las diferentes vertientes que está generando la exploración espacial se incrementan día con día, por lo que es necesario una introducción al tema y buscar un acercamiento científico al problema, con el fin de generar un precedente en el cual puedan apoyarse nuevas investigaciones dentro del mismo Instituto Tecnológico de Costa Rica o en cualquier otro lugar del mundo.

⁵ Bigelow Aerospace. Consultada el 2 de febrero de 2012 en <http://www.bigelowaerospace.com/genesis-1.php>

Capítulo 2: Construyendo definiciones

2.1 Arquitectura u Obra Arquitectónica

En 1967, durante una conferencia en el Politécnico de Milán, Louis Kahn dijo “que la arquitectura no existe. Existe una obra arquitectónica”.⁶

Al estudiar la profesión del arquitecto se aprende que las raíces de la profesión están desde hace mucho acompañando el desarrollo de las sociedades humanas. La historia del arte nos demuestra la preocupación del hombre prehistórico por apropiarse de los espacios que habitaba. La pintura rupestre del paleolítico es solo un ejemplo de lo que algunos pueden considerar los inicios

del arte e incluso la arquitectura, especialmente aquellos que consideran la arquitectura como algo muy incorpóreo y subjetivo. Gilles Ivain dice en 1958 (*Formulario para un nuevo urbanismo*): “La arquitectura es la forma más sencilla de articular el tiempo y el espacio, de modular la realidad, de hacer soñar”. Esta definición más que científica parece un verso romántico, impregnado con un sentimiento tan humano como lo es soñar, sin el cual la arquitectura no hubiese logrado algunas de las más grandes obras construidas por la humanidad.



Pintura rupestre. Twyfelfontein, Namibia.

<http://www.retas.de/thomas/travel/photo.php?album=namibia2003&chapter=tbs&pic=7&lang=en&w=1>

⁶ Wikipedia. Consultada el 20 de junio de 2012 en <http://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura>

Otros opinan, por el contrario, que la arquitectura debe ser entendida de forma científica, y aunque no niegan la importancia del factor estético, sí lo condicionan a reglas estrictas del método científico. Por ejemplo, Álvaro Sánchez en su libro *Sistemas Urbanos* asegura que “La arquitectura se puede situar dentro de la teoría general de sistemas (...) sentando las bases de una metodología racional de los problemas de diseño arquitectónico”. Sánchez sugiere subdividir jerárquicamente los problemas y organizar sistemáticamente el proceso creativo para obtener así un control efectivo en el proceso de diseño. En otros términos, Adolf Loos (“Arquitectura”, 1910) busca delimitar de forma tajante lo que se considera o no se considera arquitectura diciendo que “Solo una parte, muy pequeña, de la arquitectura corresponde al dominio del arte: el monumento funerario y el conmemorativo. Todo lo demás, todo lo que tiene una finalidad hay que excluirlo del arte”.

En mayor o menor grado, como una degradación entre dos colores se distribuyen las definiciones actuales de arquitectura: oscilando entre el mundo del arte y el de la ciencia. Quizá por esta razón posturas tan fundamentales como la de Vitruvio se han mantenido vigentes por tanto tiempo, ya que rara vez alguien aventura una definición que niegue la triada fundamental *firmitas-utilitas-venustas* (firmeza-utilidad-belleza).

Casualmente, un estudioso de Vitruvio es quien plantea en 1452 una definición que reúne y desarrolla los 3 principios de una forma mucho más moderna. Leon Battista Alberti (*De Re Aedificatoria*) define la arquitectura como “método y procedimiento que a partir del desplazamiento de los pesos y la unión y el ensamble de los cuerpos lleva a cabo una obra que se adecue a las necesidades más propias de los seres humanos.” La primera parte del enunciado abarca sin problema la mayoría de obras construidas por el hombre, por no decir que todas, pero inmediatamente surge la cuestión de cuáles de las construcciones hechas por el hombre son realmente arquitectura, por eso en la segunda parte reduce el rango a solo aquellas que se adecuen a las necesidades más propias del ser humano.



Estatua de Leon Battista Alberti. Firenze, Galleria degli Uffizi.
Fotografía: Frieda (dillo a Ubi) il 18 settembre

2.2 Necesidad arquitectónica

Con respecto al tema de las necesidades arquitectónicas, a las que hace referencia Battista de forma general en la segunda parte de su enunciado, es igualmente incierta su definición. No ha existido nunca consenso sobre lo que define una necesidad arquitectónica propiamente dicha. Y en la actualidad, sobre este tema se dice que los objetivos de una obra arquitectónica han sido ampliados y ya no se habla únicamente de necesidad arquitectónica, sino que se incorporan conceptos como problema u oportunidad arquitectónica. Para llegar a entender una necesidad arquitectónica es necesario comprender su origen, y si la arquitectura la entendemos como una actividad meramente humana es necesario comprender cuales son y cómo se comportan las necesidades humanas.

Una necesidad humana es la sensación de carencia de algo unida al deseo de satisfacerla. Dentro de los diferentes sistemas de clasificación de las necesidades se destaca la pirámide de Maslow, la cual clasifica las necesidades del hombre en niveles jerárquicos, a modo de pirámide.⁷

En la base de la pirámide están las necesidades fisiológicas, aquellas que el ser humano necesita satisfacer para sobrevivir. Por ejemplo respirar y comer; y se ubican también las necesidades de abrigo, protección y descanso.



⁷ Webislam (2008). La Pirámide de Maslow. Consultado el 20 de junio de 2012 en http://www.webislam.com/articulos/34942-la_piramide_de_maslow.html

En el segundo escalón se ubican las necesidades denominadas de seguridad. Inmediatamente después de satisfacer las necesidades fisiológicas básicas el hombre busca asegurar en el tiempo la continua satisfacción de las mismas.

La tercera clasificación abarca las necesidades de socialización. Según Maslow, solo se buscan necesidades de niveles superiores al haber satisfecho las de niveles inferiores; de ser así, solo se desea obtener aceptación y afecto de los demás una vez que el individuo ha asegurado la satisfacción de sus necesidades fisiológicas básicas.

Como cuarto nivel, Maslow propone una agrupación de las necesidades de autoestima. Aquí el individuo busca ser reconocido, reafirmar su independencia y confianza en sí mismo.

En el último escalón están todas las metas individuales que generan realización. Aquí se ubican todas las metas personales que la persona pueda plantearse. Curiosamente, en su *Cuaderno de Economía* Juan Carlos Parra Romero da como ejemplo para esta categoría a los turistas espaciales.

Este modelo jerárquico no es infalible, y en ciertas ocasiones algunos individuos saltan escalones. Pero como herramienta de organización contribuye a entender también la prioridad que un arquitecto podría dar al diseñar un proyecto, ya que bajo estos parámetros podría clasificar al usuario en alguno de los escalones y ofrecer una propuesta que responda a sus necesidades inmediatas obteniendo al final de este análisis una necesidad arquitectónica y un punto de partida para el diseño del proyecto que satisfaga al usuario, contribuya a su realización y le permita pasar al siguiente escalón.

2.3 Definición de Obra Arquitectónica

Habiendo analizado algunas concepciones de lo que ha sido la arquitectura para algunos personajes de la historia, se empieza a vislumbrar que en medio de sus diferencias tienen algunos aspectos en común.

1. La arquitectura u obra arquitectónica es una actividad desarrollada por el ser humano para el ser humano.
2. La arquitectura u obra arquitectónica requiere un proceso de pensamiento intencional y canalizado hacia un objetivo.
3. La arquitectura u obra arquitectónica procura lograr un estado de mejoramiento con respecto al existente.
4. La arquitectura u obra arquitectónica se vale, entre otras cosas, de elementos físicos y su entorno para lograr su objetivo.
5. La arquitectura u obra arquitectónica, por su inherente carácter humano, está sujeta permanentemente a valoraciones subjetivas que pueden acrecentar o disminuir su valor para cada persona según su condición.

Este listado no define la arquitectura, ya que los problemas en la definición no están en las bases fundamentales de la arquitectura, sino en el desglose final que busca determinar dónde una obra que cumple con estos valores esenciales se denomina obra arquitectónica y no ingeniería, arte, construcción, producto masivo, industrial o cualquier otro tipo de obra producto del intelecto humano que busca mejorar su calidad de vida mediante el uso y manejo de elementos físicos.

Ante tal situación es razonable cuestionar la existencia misma de la arquitectura; pareciera que la única solución es el argumento de que arquitectura es lo que hace el arquitecto, cayendo en la paradoja del huevo y la gallina. Por esto, la respuesta parece más una cuestión filosófica que práctica. Una gran coincidencia que tienen muchas definiciones de arquitectura, son las dos etapas que posee el proceso arquitectónico: una teórica (diseño) y otra práctica (construcción), siendo la segunda la que finalmente se somete a rigurosa evaluación por el observador y el usuario, en muchos casos definiendo su “valor” como obra arquitectónica o cualquier otra cosa. Eugène Viollet-le-Duc (*Dictionnaire raisonné*, 1854-1868) escribió: “La arquitectura es el arte de construir. Se compone de dos partes, la teórica y la práctica. La teoría comprende: el arte propiamente dicho, las reglas sugeridas por el gusto, derivadas de la tradición, y la ciencia, que se funda sobre fórmulas constantes y absolutas. La práctica es la aplicación de la teoría a las necesidades; es la práctica la que pliega el arte y la ciencia a la naturaleza de los materiales, al clima, a las costumbres de una época, a las necesidades de un periodo.”

Al contemplar todas las cuestiones iniciales y sumarle las dos etapas del proceso, llegamos a una trama de variables que traslapan sus argumentos con disciplinas similares, convirtiendo la definición en casi un pacto limítrofe donde la formación de los profesionales emula el patriotismo en alguna guerra entre naciones vecinas, y por esto resulta más productivo volver a los inicios de la arquitectura, buscar elementos comunes (como las cinco similitudes antes mencionadas) y adoptar una sana perspectiva como la que plantea John Ruskin: “La arquitectura... cualquiera que sea su destino, de modo que su aspecto contribuya a la salud, a la fuerza y al placer del espíritu”⁸.

⁸ Ruskin (1849). The Seven Lamps of Architecture

2.4 Espacios Humanos Orbitales (EHO)

Una definición para “espacio” que brinda la Real Academia Española es: “Extensión que contiene toda la materia existente”; otra definición de la misma fuente dice: “capacidad de terreno, sitio o lugar”. De estas definiciones, además de lo que dicta el ejercicio cotidiano del arquitecto, se interpreta el espacio como el conjunto de vacíos y elementos delimitadores de un sitio definido por las tres coordenadas cartesianas (x, y, z). El espacio puede definirse según múltiples características, por ejemplo una pecera: puede definirse como un espacio delimitado por su base, los cuatro costados y el nivel del agua; es un espacio creado artificialmente; estructuralmente cumple su función de contener la presión del agua; según el análisis que se ejecute puede ser un espacio cerrado, al no permitir el paso de materia a través de sus “paredes”, o abierto al permitir el paso de la luz; las posibilidades de definir un espacio tan “simple” como una pecera son tantas como observaciones se puedan hacer sobre la misma. Por esta razón, al analizar cualquier espacio es necesario reducir el enfoque a unas pocas variables para lograr un análisis exhaustivo; en la arquitectura, principalmente se presta especial atención a las variables fundamentales de la función del espacio así como a su forma y estructura, tal como lo plantea Vitrubio en su famoso tratado de arquitectura.

La delimitación para este estudio es la de Espacios Humanos Orbitales (EHO). *Espacio* en cuanto son elementos y vacíos en un lugar definido; *humano* en cuanto el espacio está diseñado para uso predominante del ser humano; y *orbital* en cuanto dicho espacio desempeña su función principal una vez que por algún medio ha sido colocado en órbita alrededor de un cuerpo celeste a modo de satélite artificial. Aunque por definición un EHO puede existir en cualquier parte del universo, se da por entendido que actualmente solo se han colocado seres humanos en transportes orbitando la tierra y la luna, y que las variables que se van a estudiar se concentrarán en la experiencia. Es decir, el estudio no pretende ser de carácter predictivo, analizando condiciones orbitales de cuerpos aun no explorados por el hombre, sino más bien de carácter deductivo, aprendiendo de las experiencias vividas en 50 años de exploración espacial. Por todo lo anterior, el alcance de este trabajo tampoco incorpora el análisis de espacios humanos sobre otros planetas o lunas, donde las condiciones gravitacionales, atmosféricas y físicas en general son diferentes.

2.5 Características de los EHO

Los espacios humanos orbitales son principalmente espacios arquitectónicos, con todo lo que ello implica: diseño, intención, estudio de sitio y de usuario, llevar la huella de su diseñador y satisfacer las necesidades que le dieron origen. Por todo lo complejo que son estas variables la manera de describir sus características es volviendo a lo básico, a esos tres componentes básicos que todo espacio debe contemplar y que Vitrubio explico hace más de dos mil años: Firmitas, Venustas y Utilitas.

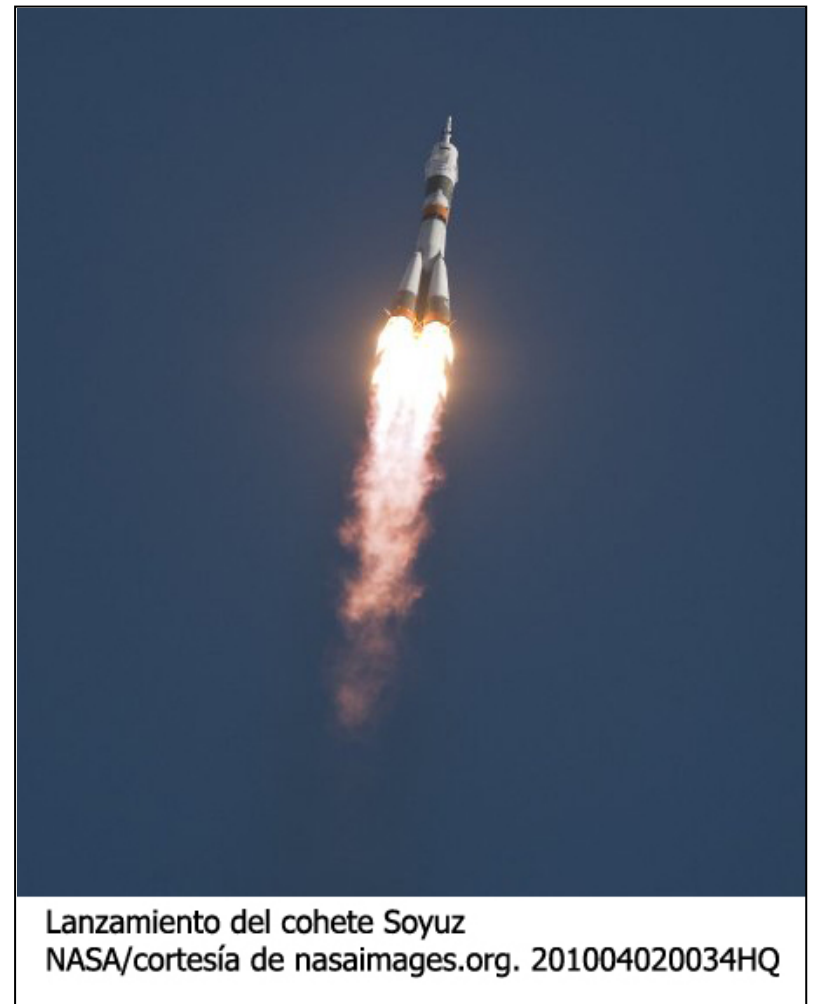
Firmitas o materiales: Aunque no existe una regla sobre cuáles materiales están permitidos, sí hay estándares básicos que debe cumplir un material para lograr su aplicación en los EHO, especialmente la importancia de que cada material ejecute de la mejor manera su función para los EHO. Algunos criterios básicos que deben analizarse a la hora de seleccionar el material, según una consulta personal con el ingeniero Juan Ignacio Del Valle⁹ son:

- Resistencia mecánica
- Conductividad térmica
- Conductividad eléctrica
- Compatibilidad electromagnética
- Emisividad infrarroja
- Ciclos térmicos

⁹ Juan Ignacio del Valle. Ingeniero en Ad Astra Rocket Company Costa Rica. Liberia, 2012.

Cada una de estas variables y otras más deben ser consideradas a la hora del diseño orbital y en función del efecto que se desea lograr. Igualmente, según el Ingeniero Ronald Chang actualmente existe el dato de que colocar en órbita 1kg de materia tiene un costo de \$30.000 dólares¹⁰, de modo que un material liviano siempre va a tener mayor uso que un material pesado que cumpla los mismos requerimientos; por ejemplo, en cuanto a sus propiedades estructurales se prefiere utilizar la fibra de carbono sobre cualquier otro tipo de metal.

En referencia a la selección de materiales, el ingeniero aeroespacial Marco Gómez en una visita a las instalaciones de Ad Astra Rocket, explica que el lanzamiento a la órbita es un proceso violento que los materiales deben sobrellevar satisfactoriamente a bordo del cohete o transporte encargado de su instalación, siendo así que la robustez del material para soportar el despegue es también un factor muy importante a considerar¹¹. Los materiales, equipos y sistemas de potencia y datos deben llevar estudios de vibración para minimizar fallas estructurales por resonancia y cambios térmicos, lo cual se conoce como "Shake and Bake"¹²



¹⁰ Entrevista personal. Ronald Chang. Director ejecutivo en Ad Astra Rocket Costa Rica. San José, 2012.

¹¹ Marco Gómez. Ingeniero Aeroespacial en Ad Astra Rocket Company Costa Rica, Liberia 2012.

¹² Entrevista personal. Ronald Chang. Director ejecutivo en Ad Astra Rocket Costa Rica. San José, 2012.

Venustas, formas o dimensiones: El diseño de EHO, significa economía en los espacios: no economía monetaria, sino espacial: economía en dimensiones. Es decir, se diseña lo más pequeño posible sin entorpecer la función primaria de cada espacio, cada metro cubico en órbita es sumamente valioso, aun cuando la carrera por abaratar costos haya comenzado a nivel público y privado y sea de esperar que el factor económico baje conforme aumente la oferta de viajes espaciales.

Aquí nuevamente es importante considerar la colocación en órbita de la nave, que implica limitaciones espaciales, ya que por las características del viaje no es práctico que la misma nave orbital posea la fuerza para abandonar la atmósfera terrestre. Se requiere una enorme fuerza para lograr la velocidad orbital de 7,8 km/s con la que se logra la fuerza centrífuga que iguala la fuerza de la gravedad, por eso se queman enormes cantidades de combustible para propulsar el despegue de satélites y naves hacia la órbita, pero al alcanzar la velocidad y distancia deseada, esta fuerza de empuje se agota, se vuelve innecesaria y da paso a sistemas más livianos de propulsión utilizados para maniobras y ajustes de órbita. Esto implica que las naves orbitales deben ser moduladas, de forma que quepan al interior de un transporte tierra-órbita; actualmente esta restricción es un diámetro máximo de 4,4m¹³; sin embargo, empresas privadas manejan sus propias especificaciones y la misma Agencia Espacial Estadounidense (NASA) tiene un proyecto que amplía el diámetro a 8,4 m., o hasta 10 m¹⁴.



Cena a bordo del Skylab. NASA.
De izq. a der. Joseph P. Kerwin,-Paul J. Weitz-Charles Conrad.1973.
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:S73-20236.jpg>

¹³ A. Scott Howe and Brent Sherwood. *Out of this World: the new field of space architecture*. Maryland, Library of Flight. Pag 37.

¹⁴ Ares V Reference Payload Capabilities. 2007. Consultado el 10 de agosto de 2012 en http://universe.nasa.gov/workshop/documents/Ares_V_Charts_for_Concept_Study_Brief_1.pdf

Utilitas o funciones: El ahorro de espacio supone también un uso inteligente de los recintos, de modo que no solo predominan espacios reducidos, sino que también los espacios tienen más de un uso, a veces incluso simultáneo. El ritmo de vida y deterioro físico de los astronautas en los EHO busca explotar al máximo el tiempo que permanecen los tripulantes en órbita; por esta razón es común el cruce de funciones dentro del vehículo por parte de los usuarios. Esta situación también está condicionada por la permanencia de los usuarios, a mayor duración del viaje menor traslape de funciones y mayor especialización de los espacios.

Al respecto de este tema dos astronautas del Skylab 3 comentan la actividad del desayuno:

“A veces desayunábamos juntos, a veces no, porque algunas veces el sol salía y debíamos poner a alguien en el telescopio solar en ese momento, justo al momento del desayuno. Así que era un poco fortuito desayunar.”¹⁵ (Lousma, 2001)

“El problema surgía si los usabas (imanes) en la pequeña mesa de comida, la cual no era muy grande. Tenías más cosas que las que el área te permitía...” (Alan Bean)¹⁶ (...) “Lo que se necesitaría en el futuro es una mesa que sea una mesa combinada para hacer cambios y una mesa de trabajo, y con buena iluminación.” (Nasa[Bull.12],1975 pp.38,39)¹⁷



¹⁵ Häuplik-Meusburger, Sandra. (2011) Architecture for Astronauts. Alemania, Springer. Pag. 209

¹⁶ Häuplik-Meusburger, Sandra. (2011) Architecture for Astronauts. Alemania, Springer. Pag. 209

¹⁷ Häuplik-Meusburger, Sandra. (2011) Architecture for Astronauts. Alemania, Springer. Pag. 209

2.6 La arquitectura en los EHO

La arquitectura posee apreciaciones que varían según la experiencia y contexto de quien la defina, creando así una cantidad de definiciones casi infinita; sin necesidad de un consenso, se puede decir que a grandes rasgos la mayoría acepta no excluyentemente los 5 puntos anteriormente planteados, y que a continuación se desarrollan como base para la descripción de los espacios humanos orbitales.

1. La arquitectura u obra arquitectónica es una actividad desarrollada por el ser humano para el ser humano.

Este primer punto se aplica de forma evidente, es el hombre quien se ha encargado de llegar hasta los confines de la tierra y ahora llega hasta fuera de su planeta; es un orgullo para la humanidad observar las imágenes del primer hombre que pisó la luna ya que representa más que el logro de una empresa o una nación, como dijo el ingeniero mecánico Juan del Valle en una entrevista personal, representa “un hito para la humanidad equivalente al de empezar a caminar sobre la tierra, es el primer paso para salir de nuestro charco y llegar a nuevos lugares... no es algo natural, se requiere un esfuerzo consciente para lograrlo¹⁸”. La exploración espacial es en sí misma un ejemplo de lo que el hombre es capaz de lograr para el beneficio de la humanidad, ya que como el astronauta costarricense Franklin Chang dice:



“Todos los seres humanos somos astronautas en cierto punto y vivimos en una nave espacial que es nuestro planeta. Hasta ahora ésta es la única que tenemos, y debemos cuidarla y protegerla. Eso debe ser así, pero aparte hay que buscar alternativas. Por eso es necesario ir al espacio.”¹⁹

¹⁸ Juan del Valle. Ingeniero Mecánico en Ad Astra Rocket Company Costa Rica. Liberia, 2012.

2. La arquitectura u obra arquitectónica requiere un proceso de pensamiento intencional y canalizado hacia un objetivo.

Cada centímetro de cable, cada centímetro cuadrado de acero y hasta cada centímetro cúbico de agua y oxígeno en una nave orbital ha sido diseñado, probado y revisado por decenas de expertos para que cumplan efectivamente el objetivo para el cual fueron enviados. En términos de cumplir objetivos, pocos espacios en el mundo son diseñados con el grado de eficiencia con que son construidos los EHO.

Es claro que el diseño de los EHO ha tenido siempre un objetivo definido; por eso se cumple que la arquitectura encaja en este rubro como posible solución para los problemas de diseño de los EHO. Sin embargo, aquí vale la pena considerar uno de los puntos de discusión en las diferentes concepciones de arquitectura, el cual consiste en el fin mismo de la arquitectura. No basta decir que la arquitectura busca

un objetivo concreto, porque casi cualquier proceso humano cumple esta característica de una u otra forma, por eso vale la pena decir que en este caso particular de los EHO se evidencia una necesidad u objetivo similar al que tradicionalmente buscan los espacios arquitectónicos terrestres, que en una palabra es confort.



¹⁹ Tapia, Carlos. Preparan viaje hacia Marte. Consultado el 24 de mayo en http://www.elpais.com.uy/suplemento/ds/Preparan-viaje-hacia-Marte/sds_506653_100808.html

Confort es sinónimo de bienestar y comodidades, y esto es propiamente uno de los principales objetivos de la arquitectura y uno de los principales retos de la vida en los EHO actuales. Al respecto del confort y de cómo ha evolucionado a veces mediante prueba y error, el astronauta Paul Weitz de la estación espacial Skylab comenta:

“Esa cosa (bicicleta ergonómica) fue el aparato mas impío, complicado y engorrosamente inútil, al instante lo desarmamos. Le quitamos el asiento, porque tú puedes mantener la posición con agarrar el manubrio y solo teniendo los pies fijados a los pedales.”²⁰

3. La arquitectura u obra arquitectónica procura lograr un estado de mejoramiento para el ser humano con respecto al existente.

Mejorar la calidad de vida del ser humano es un principio básico que mueve la mayoría de las disciplinas humanas. La arquitectura y la exploración espacial no son la excepción. En este sentido las exploraciones orbitales y la arquitectura tienen el mismo objetivo, y ya sea para investigación o recreación, los espacios orbitales se pueden interpretar como una extensión de los espacios terrestres; son disciplinas diferentes pero con enfoque en los mismos objetivos, cada uno con sus herramientas busca de alguna manera contribuir con el desarrollo de las diferentes facetas de la humanidad.

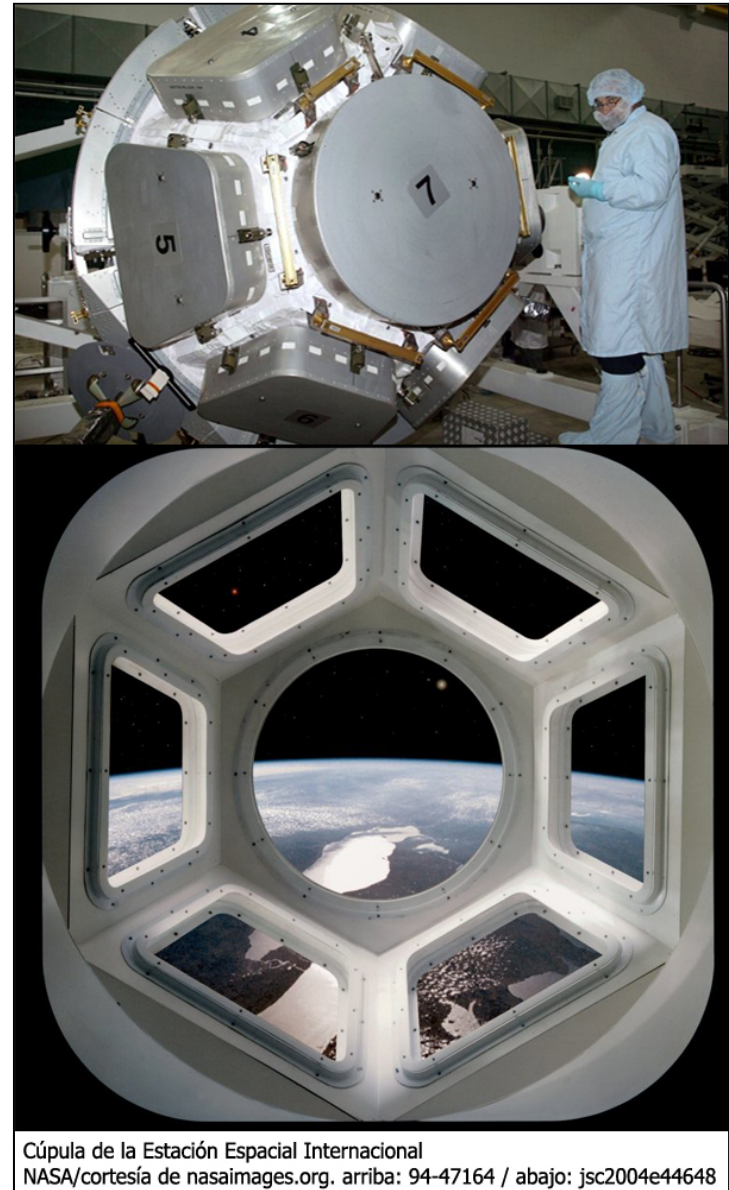


Actividad Extravehicular (EVA)
NASA/cortesía de nasaimages.org. sts110-304-008 .

²⁰ Häuplik-Meusburger, Sandra. (2011) Architecture for Astronauts. Alemania, Springer. Pag. 269

4. La arquitectura u obra arquitectónica se vale, entre otras cosas, de elementos físicos y su entorno para lograr su objetivo.

Desde los inicios, la arquitectura se ha definido con base en la técnica y manejo apropiado de los materiales para lograr una estructura que conforme la obra arquitectónica. Pero también los vacíos han jugado un papel igualmente importante, es decir, actualmente se reconoce que la arquitectura no solo son los muros de una casa, sino las habitaciones y las sensaciones que el usuario puede percibir. Pero estas habitaciones y sensaciones son gracias al adecuado manejo de los materiales, la luz, el color, etc. Tanto de la obra arquitectónica como de su entorno. Desde este punto de vista cualquier diseño de una estructura habitable que contemple su entorno de manera efectiva y potencie sus beneficios está cerca de considerarse como una obra de arquitectura. En este punto la industria espacial ha hecho grandes avances implementando algunas estrategias "arquitectónicas" en los EHO; un buen ejemplo es la cúpula de 7 ventanas que instalaron recientemente en la EEI con el principal fin de lograr una buena vista del exterior, es decir, explotando fugas visuales y logrando una buena relación interior exterior.



5. La arquitectura u obra arquitectónica, por su inherente carácter humano, está sujeta permanentemente a valoraciones subjetivas que pueden acrecentar o disminuir su valor para cada persona según su condición.

No solamente el diálogo filosófico sobre la definición de arquitectura está sometido a subjetividades. Cada edificio, plaza, espacio arquitectónico en general, se somete a valoraciones subjetivas cada vez que una persona utiliza el espacio. Esto da origen a apreciaciones positivas y negativas de un mismo ambiente; de este modo se cumple que la arquitectura debe estar orientada a su usuario para ser exitosa, es decir que no basta la estética y la estructura si no satisface la función para la cual fue creada de forma adecuada para el usuario que fue predefinido. Desde este punto de vista, las naves orbitales se han caracterizado por pasar a un segundo plano el confort del usuario: Esto se aprecia en los museos, que muestran con orgullo los artefactos y vehículos de las primeras misiones tripuladas²¹



que dejan entrever la incomodidad en que exploraron el espacio los primeros astronautas de la historia. Por eso no se puede decir que las primeras naves espaciales fueron obras de arquitectura; sin embargo, esta situación hoy en día está cambiando, y ya existen grandes proyectos orbitales que ofrecen comodidades a sus usuarios, aunque no por esto están libres de las mismas valoraciones subjetivas que los espacios arquitectónicos terrestres.

²¹ Kennedy Space Center. Consultado el 20 de junio de 2012 en <http://www.kennedyspacecenter.com/early-space-exploration.aspx>

Capítulo 3: Paquetes de información

3.1 Introducción

Cualquier proceso de creación arquitectónica inicia por una serie de análisis que arrojen los primeros paquetes de información. Esta es la base sobre la cual el arquitecto trabaja interpretando según su experiencia, conocimiento y creatividad cada uno de los elementos para generar finalmente un producto arquitectónico.

Existen dos grandes paquetes de información que contienen los datos básicos de un proyecto arquitectónico y sin los cuales es imposible dirigir un proceso de pensamiento intencional y canalizado hacia un objetivo, tal y como lo requiere un proceso arquitectónico. (Ver Capítulo 2)

Estas dos grandes fuentes de información son el usuario y el sitio, y aunque no son la única información requerida, sí conforman la base para fundamentar un proyecto y dan pie a otras investigaciones que terminan de dar forma a la obra final. Por esta razón, su estudio es el primer paso para entender el fenómeno que enfrenta y posteriormente brindar una solución a la necesidad dada.

3.2 Usuario

En cualquier planeta o parte del universo el hombre seguirá siendo el principal beneficiario y a la vez agente creador de la arquitectura. El ser humano en toda su complejidad sigue siendo el centro de este proceso científico-creativo que denominamos arquitectura. Así que antes de pretender una propuesta arquitectónica se debe analizar cuidadosamente el usuario final de nuestra obra.

Para el caso de la arquitectura orbital terrestre se consideran dos tipos de usuario según las circunstancias en que actualmente se desarrolla la industria espacial: el perfil del científico espacial y el perfil del turista espacial. A pesar de que en el nacimiento de la era espacial se consideraban pilotos militares para estos viajes, en la actualidad su participación proporcional en la industria ha decrecido. Por esta razón y por el interés del autor en estudiar y aportar a los sectores no militares de la industria, es que los pilotos militares no serán parte de este trabajo y los pilotos civiles que puedan tomar parte de algún vuelo orbital estarán contemplados dentro del perfil del científico, ya que su función primordial estaría vinculada a su área de estudio y especialización como la de cualquier otro profesional de carácter científico.

3.2.A Perfil del científico

Los científicos pusieron al hombre en órbita alrededor de la tierra, lo enviaron con éxito a su único satélite natural y lo mantienen dentro de un satélite artificial llamado Estación Espacial Internacional (EEI). Los científicos han tenido un lugar privilegiado en la historia de la conquista del espacio ya que sin ellos su evolución no hubiese sido posible. Es por eso que también se convirtieron en los primeros autorizados para acompañar a los capacitados pilotos militares en los vuelos espaciales. Se denominaron durante el programa de transbordadores de la NASA como especialistas de misión, científicos cuidadosamente seleccionados que cumplieran con los estándares físicos y psicológicos requeridos para sobrellevar un vuelo espacial en uno de los 6 transbordadores. El interés por los estudios en microgravedad por parte de las diferentes ramas de la ciencia hizo que especialistas de todo el mundo pusieran sus ojos en la órbita de nuestro planeta.

Con la interesante participación que los científicos han tenido en la industria espacial hasta hoy, es de esperar que su participación crezca de forma exponencial. Cada día hay mas oportunidades para nuevas investigaciones y cada vez parece más cercano el día en que la carrera de la industria privada por alcanzar la órbita llegue a abaratar los costos de estas investigaciones, abriendo así la puerta a miles de científicos astronautas.

El investigador astronauta puede venir de cualquier parte del mundo y de cualquier campo de la ciencia; sin embargo, el perfil que pueda presentar se describe con el fin de centralizar el enfoque en aquellas cualidades que puedan tener en común y significar un aporte importante al diseño arquitectónico del espacio humano orbital.

Edad: el astronauta más joven a la fecha ha sido la bioingeniera sudcoreana Yi So-yeon de 29 años, y el de mayor edad ha sido el astronauta veterano norteamericano John Glenn a la edad de 77 años. Esto da una idea de lo que ha sido hasta el día de hoy el grupo etario de los astronautas, y si hablamos de astronautas científicos es de suponer que este rango se mantendrá como la norma, que representa a grandes rasgos la etapa productiva de una persona promedio. Sin embargo, la edad máxima podría verse extendida, ya que ha sido limitada también por el riguroso proceso de selección de astronautas, donde el desempeño físico ha tenido una gran importancia y les ha dado mayor oportunidad a los viajeros más jóvenes sobre aquellos de mayor edad.



Yi So-yeon
<http://ralphewig.tumblr.com/post/28058273414/women-in-space-take-a-look-at-this-gallery-of>



John Glenn
NASA/cortesía de nasaimages.org. GPN-2000-001175

ya

Género: Aunque inicialmente la industria estuvo en manos de los hombres, desde que la primera mujer astronauta Valentina Vladímirovna Tereshkova viajó en 1963, la participación femenina se incrementó y actualmente es tan común un astronauta hombre como una astronauta mujer; es decir, que a nivel de diseño cualquier EHO debe ser óptimo indiferentemente del género del astronauta.

Intereses: El interés primordial de los científicos es la ciencia misma y obviamente los factores ajenos a la tierra están de primeros en la lista de intereses: experimentar en microgravedad es la atracción principal; pero hay otros intereses científicos en la ausencia de atmósfera, la ubicación de la órbita permite el estudio del universo y la tierra misma desde una perspectiva única, y otros fenómenos difíciles o imposibles de estudiar aquí en la tierra.

Estado físico: La salud de los astronautas ha sido siempre un tema delicado, primero debían ser fuertes y resistentes a los violentos despegues y aterrizajes, después debieron ser saludables mental y físicamente, una patología podía impedir la aprobación de un astronauta y aun actualmente ciertas patologías se consideran incompatibles con los objetivos de una misión espacial. Otros temas como enfermedades y resfríos podrían impedirle a quienes desean viajar a la órbita terrestre lograr su objetivo. Con este panorama es de suponer que el científico usuario de los EHO sea una persona bastante saludable; sin embargo, para el futuro esta situación podría cambiar conforme se mejore la calidad de vida de los astronautas en órbita, ya que se ampliaría el rango de personas "aptas" para los viajes espaciales.



Valentina Vladímirovna Tereshkova
<http://sergueikoroliov.blogspot.com/2010/12/valentina-vladimirovna-tereshkova.html>

Otro punto a considerar en lo concerniente al estado físico es el desgaste que sufren los sistemas del cuerpo humano tras largos periodos de tiempo en microgravedad. Este factor es relevante en forma directamente proporcional con el tiempo del viaje espacial, y para largos periodos de permanencia en órbita será necesario considerar un gradual deterioro de la salud de los usuarios, esto en cuanto la ciencia no logre contrarrestar estos efectos secundarios de la microgravedad y la exposición a rayos cósmicos en el cuerpo humano.

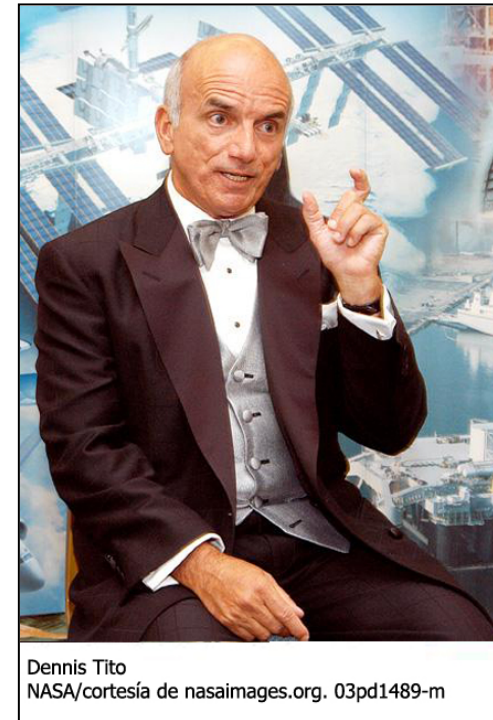
Estado psicológico: Al igual que la parte física, el estado psicológico de los astronautas es revisado y puesto a prueba antes de cualquier viaje espacial, así que se supone que son personas libres de graves trastornos psicológicos. Este aspecto es sumamente importante ya que se deben prevenir complicaciones producto de la vivencia y convivencia en un ambiente tan frágil y peligroso como el que representa el espacio exterior.

3.2.B Perfil del turista

Este nuevo viajero espacial parece ser el foco de atención de la mayoría de las empresas privadas que intentan conquistar la órbita terrestre en la actualidad. Con la clausura del programa de transbordadores de la NASA los empresarios espaciales tienen ahora un incentivo más para desarrollar sus ambiciosos proyectos, ya que tienen en el gobierno estadounidense a un potencial cliente muy rentable. Con este panorama afloran varias empresas ofertantes para colocar en órbita materiales y personas para diferentes fines.

Además del interés que podría presentar el gobierno de EEUU o cualquier otra nación, los empresarios ya están firmando con sus primeros clientes individuales a precios solo alcanzables por las personas más ricas del mundo, quienes ya tienen a disposición de preventa los primeros asientos dentro de un vehículo espacial orbital con fines turísticos. El primer turista oficialmente reconocido fue el millonario Dennis Tito, ex ingeniero de la NASA que pagó 20 millones de dólares para viajar con los rusos a la EEI por un periodo de 6 días. En medio de algunas controversias fue recibido con recelo en la estación espacial por los habitantes norteamericanos; sin embargo, a su regreso a la tierra el turista expresó su satisfacción:

"acabo de regresar del paraíso pese a estar agotado, sudoroso y tan débil que no pude salir de la cápsula Soyuz por mi propio pie como sí lo hicieron mis compañeros".



Después de Dennis algunos pocos turistas lo han seguido a través de las plataformas rusas. Sin embargo, el futuro del turista espacial parece estar en manos de las proliferantes empresas privadas que van detrás de esta millonaria demanda.

Actualmente hay opciones para el turista que quiere ver el planeta casi desde el espacio: pueden experimentar “ingravedad” por cortos periodos de tiempo, observar la curvatura de la tierra e incluso observar el oscuro espacio de una forma completamente diferente de como se puede apreciar desde la tierra. No obstante este tipo de aventura se logra sin abandonar la atmósfera terrestre y sin entrar propiamente en órbita de la tierra, así que esta oferta cumple con la demanda actual aun sabiendo que la experiencia espacial no está completa hasta entrar en órbita y permanecer en ella. Por esta razón el próximo paso será el de crear estaciones espaciales con fines turísticos, hoteles espaciales se podrían llamar. Estas instalaciones estarían dotadas de todos los servicios básicos que requieran sus habitantes para subsistir por largos periodos de tiempo, pero los atractivos especiales que pueda ofrecer cada empresa estará sujeto al ingenio y creatividad de los diseñadores de estas estaciones.

El turista, a corto plazo, es aquel con el dinero suficiente para pagar su viaje, por esta razón es imposible generar un perfil general en cuanto a género, edad, estado físico o psicológico, igualmente los intereses serán de los más variados; habrá quien quiera ver todo sin experimentar la microgravedad o viceversa, quien desee experimentar la microgravedad sin una sola ventana al exterior. Sin embargo, el panorama para el futuro cercano mantiene ciertas limitaciones técnicas con las cuales lidiar: el viaje espacial sigue siendo una actividad altamente riesgosa y demandante desde el punto de vista físico y psicológico. Los turistas deberán seguir cumpliendo con ciertos estándares en su persona para al menos optar por un puesto en un viaje orbital y soportar el desgaste que este representa para el ser humano. Con esto se define que el turista es cualquier persona capaz de soportar el viaje a la órbita, su permanencia y regreso a la tierra y con deseos de explorar los atractivos que ofrece la vida en la órbita terrestre, y aunque por ahora el turista deberá conformarse con las limitaciones de los diseños actuales, el diseño de los EHO para turistas será un gran reto para los arquitectos e ingenieros del mundo.

3.3 Sitio

Análisis de sitio (terreno): “Es el proceso de estudiar las fuerzas contextuales que influyen en la ubicación del edificio, su disposición y la orientación de su espacio, la forma y la articulación de su recinto y el establecimiento de su relación con el paisaje.”²²

En cuanto al análisis del sitio, el enfoque es un poco menos convencional que el análisis de usuario. Acostumbrado a observar curvas de nivel, índices de precipitación, vientos dominantes o temperatura, en proyectos orbitales el arquitecto debe dirigir su atención al recorrido de los astros, velocidad del vehículo, radiaciones solares y otros factores ajenos al quehacer tradicional del arquitecto y que más adelante se detallarán.

Algunas de estas variables que determinan el sitio de los EHO son generales y comunes para cualquier EHO. Así como en la tierra encontramos algunas variables que son comunes para cualquier espacio y que generalmente no se examinan durante un análisis de sitio porque son dadas por entendidas y además han sido contempladas en cada paso del proceso arquitectónico. Estas características, por mantenerse casi invariables en las zonas más comunes donde trabaja el arquitecto, pasan desapercibidas y se dan por sentadas; sin embargo, en los EHO estas variables son muy distintas y merecen un análisis general para posteriormente enumerar algunas de las variables que se deben considerar en un análisis de sitio de un EHO específico. A continuación una introducción al análisis de este segundo paquete de información llamado sitio.

²² Ching, Francis D.K. Citado en “Diseño Arquitectónico de un Museo Etnográfico”. Consultado el 1 de agosto de 2012 en <http://comunicarquitectura.blogspot.com/2009/04/fase-ii-analisis-de-sitio-y-programa.html>

3.3.A Variables Generales

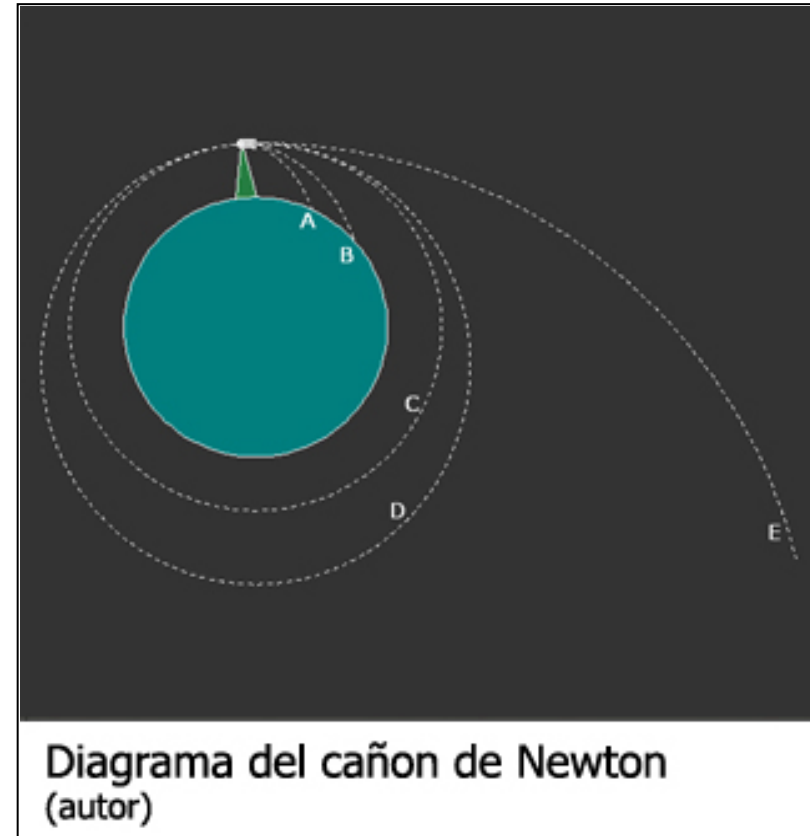
Hay dos circunstancias que son constantes en cualquier EHO y a la vez distintas de las encontradas en la tierra: la gravedad y la atmósfera. Aunque la presión atmosférica en una ciudad como La Paz, Bolivia, a más de 6000 m.s.n.m es muy diferente la encontrada en cualquier ciudad costera del planeta, estas diferencias no representan un contraste sustancial en comparación con la situación que encontramos en una órbita terrestre. Lo mismo sucede con la gravedad, la cual disminuye sus efectos conforme nos alejamos del centro de la tierra; es decir que el Everest, pico más alto del mundo, es matemáticamente el punto de la tierra con menor efecto de la gravedad, aun cuando esta diferencia no sea evidente para nuestro cuerpo, el cual por el contrario interpreta erróneamente una ausencia total de gravedad en un movimiento orbital, siendo en este caso una ilusión por el tipo de movimiento al cual está siendo sometido su cuerpo y la nave que habita.

3.3.A1 Gravedad/Microgravedad

Cualquier objeto en la tierra está sujeto a la acción de la gravedad, y aunque al pensar en espacios orbitales pareciera que nos desligamos de esta ley fundamental, en realidad solo nos estamos ubicando a un punto donde su alcance y derivaciones se vuelven aun más relevantes para entender el funcionamiento de la materia y por consiguiente los espacios y la arquitectura.

La norma en la tierra es una aceleración de $9,8\text{m/s}^2$ en dirección al centro de la tierra (trayectoria A y B en el grafico), mientras que en órbita los objetos experimentan una caída libre uniforme y constante alrededor de la tierra(trayectoria C en el grafico), y aunque su aceleración puede cambiar nunca se desligan completamente de la acción gravitatoria de la tierra, o sea, la gravedad de la tierra atrae a un cuerpo en órbita, pero como éste experimenta una velocidad tangencial, crea la fuerza centrífuga necesaria para no caer en tanto mantenga esa velocidad. A mayor velocidad, mayor fuerza centrífuga y mayor distancia del centro de la tierra (trayectoria D en el grafico). Cuando la fuerza centrífuga creada es suficientemente fuerte, puede generarse la energía necesaria para escapar a la fuerza gravitatoria de la tierra (trayectoria E en el grafico), en este caso se crea una trayectoria hiperbólica y por lo tanto el cuerpo deja de considerarse en órbita. Todo este fenómeno que explica el diagrama del Cañón Newtoniano es el que genera la sensación de ingravidez al interior del objeto en órbita.

La ley de gravitación universal desarrollada por Sir Isaac Newton es la forma más simple de explicar el movimiento de los astros en el sistema solar; y la "Ley de Kepler", una ecuación en la que se basó Newton para enunciar su ley de gravitación universal, explica algunos de los movimientos más básicos que se deben conocer acerca de los cuerpos en órbita. Por ejemplo, explica cómo un cuerpo en un recorrido orbital puede acelerar y desacelerar según el punto de la órbita que esté recorriendo.



3.3.A2 Atmósfera/Vacío

En la tierra contamos con una atmósfera compuesta por nitrógeno, oxígeno, argón, dióxido de carbono, criptón, xenón, neón y helio, la cual hace posible que respiremos y que nuestros pulmones envíen el oxígeno presente en el aire a todas las células del cuerpo; además de esta función la atmósfera terrestre tiene varias funciones indispensables para la vida como la conocemos, pero basta decir que sin ella el ser humano no podría existir. Esta situación es muy diferente en el espacio exterior, allí no hay atmósfera, básicamente no hay nada, de modo que el “vacío” del espacio es sin duda la condición contextual más extrema y determinante, aunque vale aclarar que en órbita, el término “nada” no es del todo correcto, ya que de hecho hay varios elementos y radiaciones que pueden percibirse con sensores, pero su densidad es muy baja para la vida humana y por lo tanto el concepto de vacío es relativamente correcto.



De forma análoga a los inicios de la arquitectura, cuando el hombre buscaba refugio del clima y los depredadores, ahora la arquitectura orbital debe cuidar la integridad física del cuerpo humano, el cual moriría en pocos minutos expuesto al vacío. Sin presión atmosférica la sangre y toda el agua del cuerpo hierven y se evaporan, los pulmones se atrofian y el corazón deja de funcionar. La envolvente del EHO es la membrana que junto al aire presurizado al interior de la nave mantienen al tripulante a salvo del hostil vacío exterior.

3.3.B Variables específicas

Además de las enormes diferencias que presentan las variables generales de los ambientes orbitales, existen otras grandes diferencias con respecto a los espacios terrestres pero que por su carácter más local se analizarán a través de un modelo que propone una similitud entre una condición contextual terrestre con una condición contextual orbital de similar comportamiento y por lo tanto en algún grado con similares implicaciones en el diseño.

Las variables de un análisis de sitio, tomando como referencia las que tradicionalmente utiliza la escuela de Arquitectura y Urbanismo del Instituto Tecnológico de Costa Rica, con sus respectivas formas de medición, se resumen en el siguiente cuadro, además se mencionan algunos ejemplos de las implicaciones que tienen para el diseño arquitectónico.

TABLA 1. Variables de un análisis de sitio básico.(autor)

Variable	Medición	Unidades	Implicaciones
Insolación	Radiación Iluminación	julios /centímetro cuadrado horas de sol / día	Potencial energético Iluminación natural
Temperatura	Máxima, mínima y promedios	Grados centígrados	Calor hacia o desde el exterior
Precipitación	Volumen	milímetros	Humedad , erosión, oxidación, peso
Viento	Velocidad Dirección	Metros / segundo Puntos cardinales	Erosión, y otras fuerzas Ventilación
Fugas visuales	Paisaje natural y artificial	Medición cualitativa	Vistas, relación interior/exterior

Estas variables específicas pueden ser reconocidas y analizadas de forma muy similar en cualquier punto de la tierra, pero no en el espacio exterior. Por esta razón se propone asignar cada una de las variables de sitio orbital a su análoga terrestre para simplificar su posterior análisis; esta asignación se basa principalmente en las implicaciones o aportes para el diseño más que en su medición, aunque también se encuentran similitudes en cuanto a comportamiento de la variable y por consiguiente de su medición.

Según el libro *Architecture for Astronauts* (Arquitectura para Astronautas) las variables del ambiente del espacio exterior que influyen en el diseño de naves espaciales son: temperaturas de más de 200°C (producto de energía radiada) y menores a -270°C (radiación cósmica de fondo/*cosmic background radiation*); considera la presencia de agua en los cometas y cantidades mínimas de polvo en el ambiente; exposición a los eventos de partículas solares y a los rayos cósmicos; brillo extremo y luminosidad; y la exposición a micro meteoritos.

Para este análisis también se propone incorporar las fugas visuales como un elemento a considerar, tanto como analogía directa de una importante variable terrestre como por la importancia que se le ha dado a las ventanas de los últimos diseños espaciales: el mejor ejemplo de esto es la cúpula instalada en el 2010 a la EEI, la cual cuenta con 7 ventanas y es uno de los puntos favoritos de los astronautas para pasar su tiempo libre.

“Nunca te puedes cansar de ver esa parte de la creación de Dios que llamamos Tierra.” (Williams, Jeff, 2007)

Para este modelo de cinco variables, se asignan las variables análogas de la siguiente manera:

TABLA 2. Relación análoga de variables terrestres con variables orbitales (autor)

Variable Terrestre	Variable Orbital
Insolación	Ciclo orbital
Temperatura atmosférica	Temperatura y gradiente térmico
Precipitación	Asteroides, micro-meteoritos y escombros
Viento	Viento solar, rayos cósmicos y electromagnetismo
Fugas visuales	Fugas visuales

3.3.B1 Temperatura y Gradiente térmico

Si bien no se puede definir una temperatura en ninguna parte del espacio exterior, sí existen dos grandes focos de calor en la órbita terrestre: uno es el sol y el otro la tierra, la cual absorbe el calor del sol para luego liberarlo al espacio, esto hace que las estructuras expuestas a estas fuentes de calor reciban sus ondas de energía y experimenten fuertes cambios de temperatura según estén compuestas.

Estas temperaturas extremas representan un reto para las envolventes de las naves orbitales, que deben ser capaces de resistir la temperatura y el gradiente térmico que para algunas órbitas puede ocurrir en 15 minutos

3.3.B2 Asteroides, micro-meteoritos y escombros

Ya sean naturales o artificiales, estos trozos de materia son una amenaza para la integridad de la nave y deben tomarse medidas estructurales para soportar sus eventuales impactos. Los diámetros de la basura espacial pueden variar entre algo menos de 1 centímetro hasta las dimensiones de cualquier satélite artificial obsoleto que esté girando en alguna órbita terrestre; el caso es que las velocidades son tan altas (entre 7 y 14 km/s de velocidad relativa)²³ que aun los más pequeños presentan una grave amenaza para cualquier nave orbital.

3.3 B3 Ciclo orbital

El ciclo orbital, representa el tiempo que permanece la nave expuesta a los rayos del sol y el tiempo que la tierra la protege y le da sombra a los astronautas. El ciclo solar define los cambios de temperatura y define los tiempos de exposición a la radiación solar, pero el ciclo en cuanto a tiempo define cada cuanto se dan estos cambios, y para los astronautas la manifestación más evidente es la luz del sol. Para el caso de la nave, no se utiliza para definir el día y la noche pues los cambios no son constantes para todas las órbitas; tampoco se utilizan para medir el tiempo pero sí tiene implicaciones para la iluminación de los EHO y para captación energética. Casi todos los sistemas a bordo de los EHO actuales son alimentados por energía solar.

3.3.B4 Radiación solar, rayos cósmicos y magnetismo

La radiación solar es energía y partículas que se manifiestan en los EHO según el ciclo solar y el comportamiento de la propia estrella. Los rayos cósmicos se diferencian de los rayos solares en su composición, la cual entre otros elementos puede acarrear partículas de antimateria, son mas impredecibles y su comportamiento aun no está bien estudiado, su origen es a veces desconocido, puede estar a millones de años luz y son difíciles de rastrear. Ambos son distintos entre sí

²³ Entrevista personal. Ronald Chang. Director ejecutivo en Ad Astra Rocket Costa Rica. San José, 2012.

pero ambos producen efectos negativos en el cuerpo humano y en la instrumentación de las naves orbitales; por eso deben ser bloqueados o desviados lejos de los EHO como si se tratara de fuertes vientos.

El magnetismo, producto también de la interacción de la tierra con el sol, tiene un comportamiento más predecible. Existen 2 regiones alrededor de la tierra que mantienen un altísimo riesgo electromagnético para la instrumentación y los tripulantes de los EHO. Estas regiones, conocidas como Anillos de Van Allen, son tan peligrosas que se descartan como posibilidad para misiones tripuladas y por lo tanto quedan fuera de posibilidad para EHO. Pero el magnetismo debe ser considerado por estar presente en otras regiones con menor intensidad; y para viajes más allá de los anillos de Van Allen se debe contemplar que los EHO resistan traspasar estas regiones aun cuando no se vaya a alojar allí.

3.3.B5 Fugas visuales

Sin duda una de las grandes retribuciones de los viajes espaciales es la vista. El inventario de beneficios visuales incluye una claridad del universo a través de una atmósfera mucho menos densa y una perspectiva única de la luna y la tierra para apreciar accidentes geológicos, huracanes, auroras boreales; y si la órbita es suficientemente baja se puede incluso apreciar a simple vista la gran muralla china. Estos solo son algunos ejemplos del potencial que tienen las fugas visuales en la órbita terrestre. Sin embargo, esto ha sido subutilizado por el alto riesgo que representan las ventanas en las naves orbitales: una ventana implica mayor vulnerabilidad a las radiaciones cósmicas y solares y por lo tanto son puntos débiles de los EHO, que deben mantener a salvo a sus tripulantes y los sistemas que los mantienen con vida.

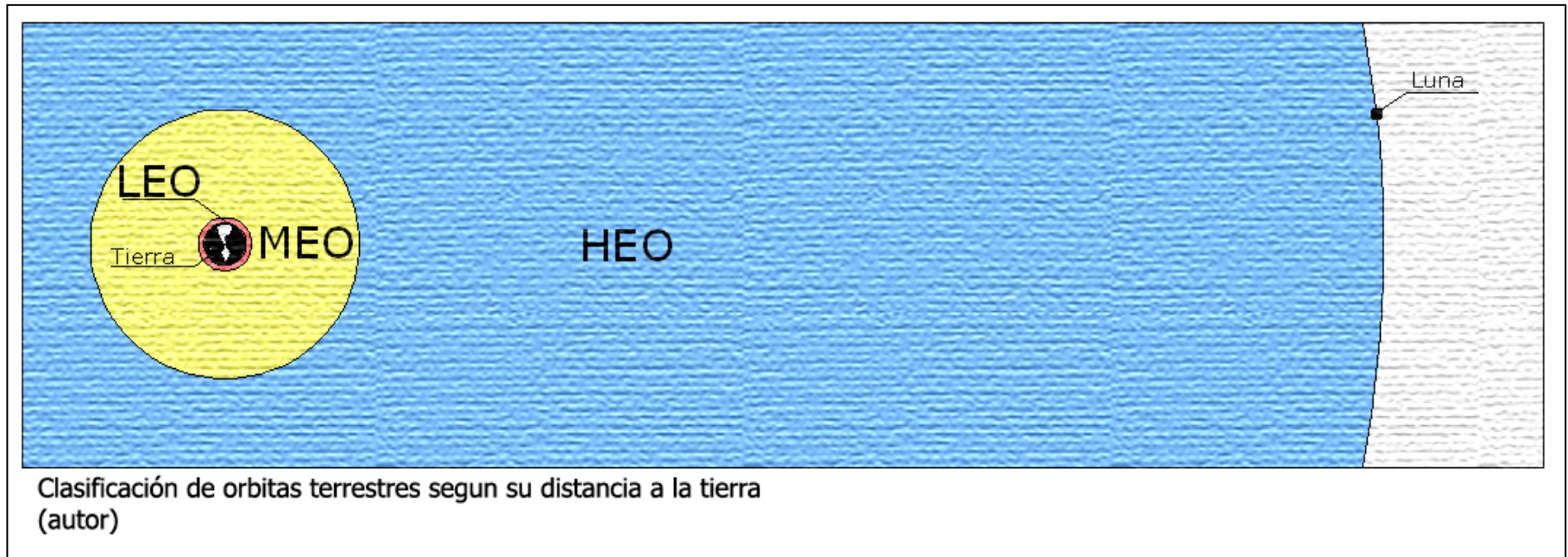
Luego de un breve análisis de estas cinco variables de diseño con las que deben lidiar los ingenieros aeroespaciales, se propone completar la analogía con el análisis de sitio terrestre para facilitar la comprensión del análisis de sitio de los EHO.

TABLA 3. Analogía de variables terrestres con variables orbitales (autor)

Variable Terrestre	Medición	Unidades	Aporte al diseño	Variable orbital	Medición	Unidades	Aportes al diseño orbital	
Insolación	Radiación	J /cm2	Potencial energético	Ciclo orbital	Radiación	J /cm2	Iluminación en gran contraste entre brillo excesivo y oscuridad casi absoluta.	
	Iluminación	H / día	Iluminación natural		Iluminación	H / día		
Temperatura	Máxima, mínima y promedios	°C	Calor hacia o desde el exterior	Temperatura	Máxima, mínima y promedios	°C	Calentamiento y enfriamiento de estructuras en cortos periodos de tiempo	
				Gradiente térmico	Tiempo			s.
Precipitación	Volumen	mm	Humedad , erosión, oxidación, peso	Asteroides, micro-meteoritos y escombros	Amenaza	Probabilidad	Deterioro de la estructura, desgaste de capas protectoras y hasta destrucción total	
					Diámetro			Cm
					Velocidad			Km / s
Viento	Velocidad	m / s.	Erosión, y otras fuerzas	Viento solar	Densidad	Partículas / min	Deterioro de la instrumentación y de los tripulantes	
	Dirección	Puntos cardinales	Ventilación	Rayos cósmicos	Dosis	Rad		
				Electromagnetismo	Dosis	Rad		
Fugas visuales	Paisaje natural y artificial	Medición cualitativa	Vistas, relación interior/externo	Fugas visuales	Tierra, luna y universo	Medición cualitativa	Posibilidad de ver la Tierra, luna y el resto de los astros de forma más clara que en la tierra.	

Ahora bien, a pesar de que cada punto de la tierra determinado por un sistema de coordenadas posee características únicas, también existen las zonas climáticas, que definen grandes extensiones de terreno que comparten ciertas características dentro de un rango de tolerancia. Igualmente los espacios orbitales pueden tener diferencias según su ubicación específica, la cual no la determina el mismo sistema de coordenadas, sino más bien, una distancia a la tierra y su velocidad en ese punto: con esas dos variables dentro de las ecuaciones propuestas por Kepler y Newton se determina la trayectoria de un objeto, o sea se define una órbita con características únicas. El equivalente a una zona climática terrestre sería una de estas esferas concéntricas a la tierra, que por sus condiciones físicas definen algunas propiedades similares para las órbitas que contienen. Vale la pena aclarar que estas esferas no fueron definidas como zonas climáticas, ni tampoco con la intención de guiar el diseño de naves orbitales, sino que el autor utiliza esta clasificación para proponer un acercamiento al análisis de sitio por sectores y a grandes rasgos, ya que la definición de una órbita específica es sumamente compleja y actúan fuerzas específicas que no son parte del presente estudio, que pretende ser una guía general para el diseñador.

Se definen tres esferas concéntricas a la tierra. La primera se denomina órbita terrestre baja (LEO por sus siglas en inglés); inicia a una distancia de 300km (orbitar a menor distancia es poco práctico debido a la fricción con la atmósfera) y termina a una distancia de 2000km, justo antes del cinturón de Van Allen interno. La segunda esfera se denomina órbita terrestre media (MEO), ubicada por encima de LEO, es decir a partir de los 2000km y llega hasta los 35786km, esta es la distancia que se utiliza actualmente para colocar los satélites geoestacionarios. Cualquier órbita geocéntrica a una distancia mayor a la distancia geoestacionaria se denomina órbita alta (HEO), la cual para efectos prácticos se considerará hasta los 357.000km de distancia, donde se ubica la órbita lunar, aun y cuando a esta distancia se genera lo que en física se denomina un problema de tres cuerpos ya que la gravedad de la luna empieza a ejercer fuerza gravitacional significativa sobre un objeto de masa específica y dificulta enormemente cualquier cálculo de desplazamiento de un eventual EHO.



A excepción del límite GEO entre las órbitas MEO y HEO, los demás límites de estos tres tipos de órbita son un poco difusos y se utilizan como referencia para definir las mayores diferencias entre un tipo de órbita y otro. Además, cada órbita posee características propias (inclinación, excentricidad, anomalías, etc.) según su recorrido y ubicación que deberán ser analizadas para el caso de un diseño particular, pero al definir estas regiones a modo de zonas climáticas se logra un acercamiento a las variables y un contacto más tangible a un análisis de sitio detallado.

El análisis de sitio para cada esfera orbital, considerando las cinco variables anteriormente descritas y según conversaciones con los ingenieros de AdAstra Rocket Costa Rica, sería el siguiente:

TABLA 4. Características físicas de las tres esferas orbitales (autor)

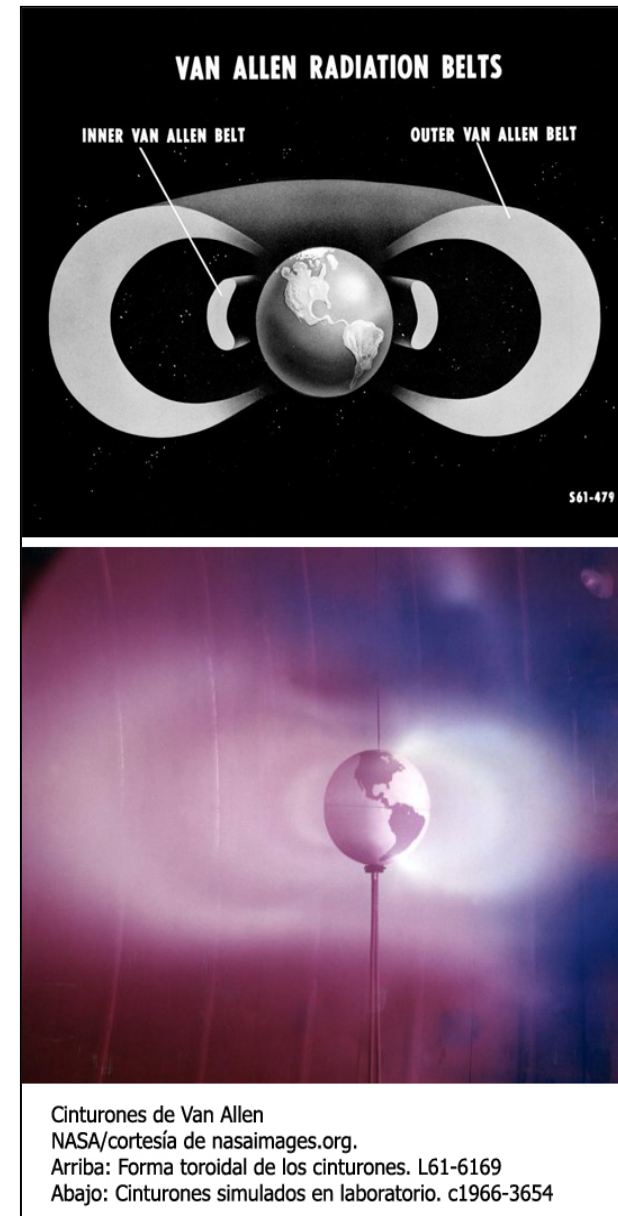
	LEO 330-2.000 km	MEO 2.000-35.786 km	HEO 35.786-357.000 km
Ciclo orbital	Ciclos cortos	Ciclos medios	Ciclos largos
Temperatura y gradiente térmico	Extremos de temperatura bajos en poco tiempo.	Extremos de temperatura medios en mediano tiempo.	Extremos de temperatura altos en largo tiempo.
Asteroides, micro-meteoritos y escombros	Alta probabilidad de impacto	Media probabilidad de impacto	Baja probabilidad de impacto
Viento solar, rayos cósmicos y magnetismo	Radiación solar baja, electromagnetismo medio y alta protección natural a la radiación cósmica	Radiación solar media, electromagnetismo alto y media protección natural a la radiación cósmica	Radiación solar alta, electromagnetismo bajo y ninguna protección natural a la radiación cósmica
Fugas visuales	Curvatura de la tierra y accidentes geográficos. Considerable disminución de la distorsión atmosférica para observar el universo.	Vista total de tierra. Distorsión atmosférica para observar el universo despreciable o nula.	Vista total de tierra y acercamiento a la luna. Desaparece la distorsión atmosférica para observar el universo.

3.3 D Anomalías

Esta caracterización a modo de zonas geográficas funciona como punto de partida para el análisis de sitio, pero al igual que en la tierra existen situaciones locales muy específicas, en diferentes órbitas terrestres se pueden encontrar particularidades que podrían influenciar la respuesta arquitectónica. Específicamente, existen 2 consideraciones que se mencionan como anomalías dentro de este enfoque de 3 zonas orbitales: los cinturones de Van Allen y los puntos de Lagrange entre la Tierra y la Luna.

3.3.D1 Cinturones de Van Allen

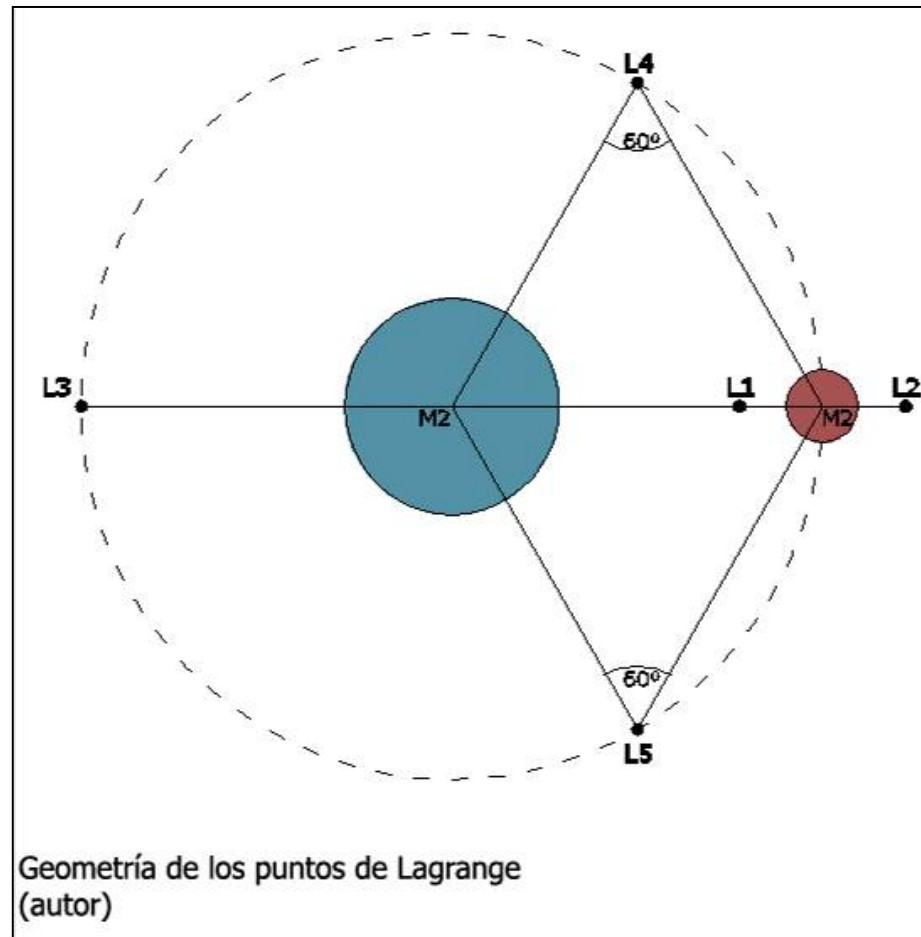
Este fenómeno denominado cinturones de Van Allen en honor a su descubridor consiste en 2 grandes regiones de forma toroidal ubicadas en la MEO y que concentran grandes flujos de partículas con fuertes cargas electromagnéticas y radiactivas. Formados a partir de la interacción del campo magnético de la tierra con los vientos solares y demás rayos cósmicos, los cinturones de Van Allen son regiones altamente peligrosas para el ser humano y los equipos electrónicos, haciendo a gran parte de la órbita media, un lugar muy hostil para los EHO. Esta anomalía tiene 2 grandes implicaciones: primero, que cualquier EHO que quiera colocarse en una órbita más lejana de los cinturones debe contemplar un transporte que soporte y proteja de las partículas y la radiación; y segundo, que cualquier EHO que se desee colocar en la MEO debe considerar como punto de partida este fenómeno ya sea para evadirlo o para contrarrestarlo.



3.3.D2 Puntos de Lagrange

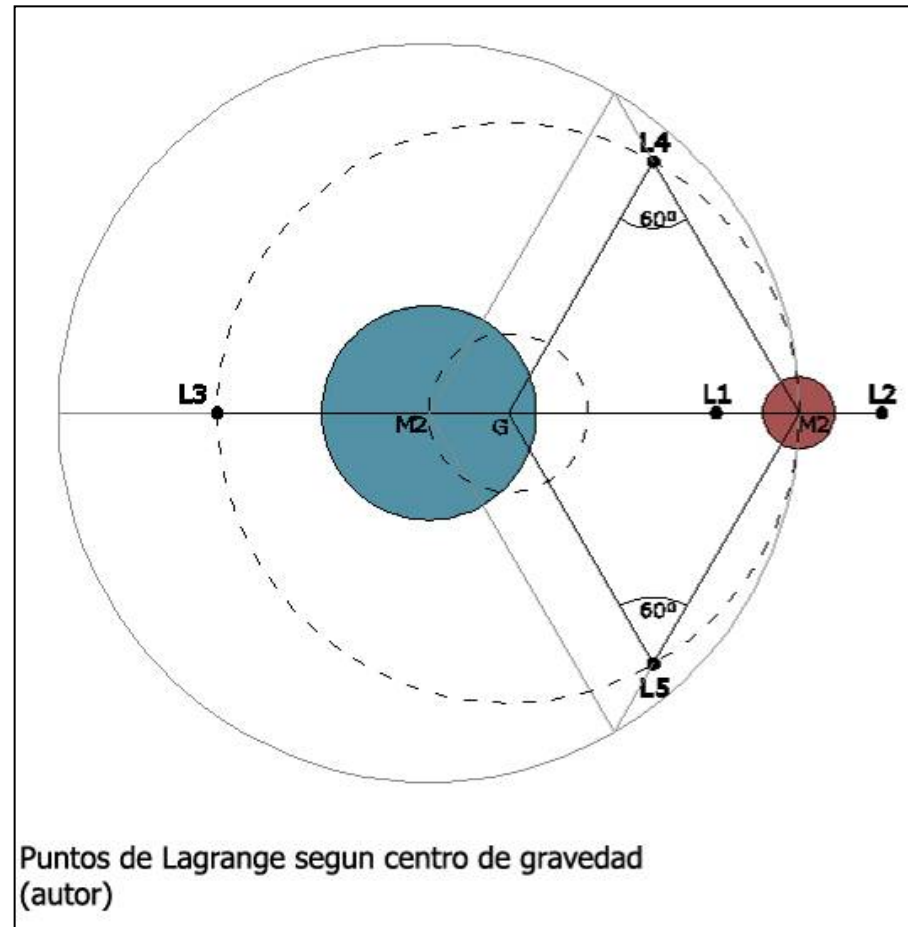
La anomalía denominada puntos de Lagrange en honor a su descubridor, también denominados puntos de Liberación (L), son puntos o regiones en el espacio en los cuales, producto de la interacción gravitatoria de 2 cuerpos con masa determinada, un tercer cuerpo de masa despreciable se mantiene estacionado con respecto a los otros 2 cuerpos.

Para cada sistema de 2 cuerpos de masa (M_1 y M_2) se generan 5 puntos (L) en los cuales el tercer cuerpo de masa despreciable se puede estacionar. L_1 , ubicado entre M_1 y M_2 donde las atracciones de los 2 cuerpos se compensan. L_2 , ubicado sobre la línea que definen M_1 y M_2 y mas allá de M_2 donde la suma de atracciones compensan la fuerza centrífuga, L_3 , ubicado sobre la línea que definen M_1 y M_2 y mas allá de M_1 donde la suma de atracciones compensan la fuerza centrífuga, L_4 y L_5 , ubicados en los vértices que forman un triángulo equilátero con M_1 y M_2 en el plano orbital.



Para conocer la ubicación real de estos 5 puntos en un sistema específico es necesario conocer las masas (M_1 y M_2) de los cuerpos, ya que ésta geometría se debe aplicar sobre el centro de gravedad (G) que definen ambos cuerpos y que, por ejemplo, para los sistemas sol-tierra y tierra-luna se encuentra dentro del cuerpo mayor.

La importancia que tienen estos puntos no radica tanto en las condiciones físicas que presentan, sino en la ubicación estratégica que pueden tener y mantener con cierto grado de estabilidad. Los 5 puntos de Lagrange del sistema Tierra-Luna se ubican en la HEO y de acuerdo a su ubicación pueden ser ideales para puntos de observación, comunicación, colonización espacial etc. Sin embargo, se ha descubierto que estas regiones, especialmente L_4 y L_5 debido a su alta estabilidad, tienden a acumular materia por lo que de utilizar los puntos de Lagrange como sitio de un EHO valdría la pena una consideración especial respecto a sus condiciones.



Capítulo 4: Problemas psicosociales

En el presente trabajo, un problema psicosocial es entendido como una alteración en la respuesta normal de un astronauta producto de un trastorno emocional. Estas alteraciones pueden desencadenar situaciones indeseadas a nivel de trabajo o personal y pueden afectar al individuo, a una parte o a toda la tripulación de una nave orbital. La gama de trastornos emocionales es muy amplia y sus desencadenantes aun más, por eso no se analiza la totalidad de los problemas psicosociales; en cambio, se utilizan conceptos de la psicología para explicar ciertas situaciones que han presentado algunos astronautas en ambientes orbitales y, desde esta perspectiva, utilizar la arquitectura como herramienta para minimizar la posibilidad de sufrir estos problemas psicosociales.

Desde el inicio de los programas espaciales hasta la actualidad la parte psicológica ha sido un punto clave en la elección de los tripulantes espaciales. Debido a que los problemas psicosociales en los EHO han sido siempre una amenaza latente, las medidas que se han utilizado para reducir esta amenaza han evolucionado conforme se ha desarrollado la industria. A mayor número de horas en el espacio mayor riesgo de problemas psicológicos producto de los mismos efectos de vivir en los EHO; a mayor número de tripulantes mayor riesgo de problemas sociales entre los tripulantes; y a mayor número de nacionalidades mayor riesgo de problemas interculturales. Para beneficio de la ciencia, cada una de estas variables se ha ido incrementando desde el primer vuelo orbital hasta la actualidad, tal como lo muestra la siguiente gráfica extraída del libro "*Architecture for Astronauts*" (*Arquitectura para Astronautas*):

TABLA 5. Tripulantes y longitud de misiones por hábitat extra-terrestre.²⁴

Hábitat extra-terrestre	Tripulantes máximos	Longitud de misiones (días)
Vostok	1	3
Mercury	1	15min-34h
Voskhod	3	1
Gemini	2	4h-4d
Soyuz	3	1-3
Apollo	3	5-12
Salyut	3 + visitantes	1-237
Skylab	3	28-84
Shuttle	7	2-17
Mir	6 + visitantes	x-438
ISS	6 + visitantes	1-aun en uso
Shenzhou	3	1-4

²⁴ Häuplik-Meusburger, Sandra. (2011) Architecture for Astronauts. Alemania, Springer. Pag. 5

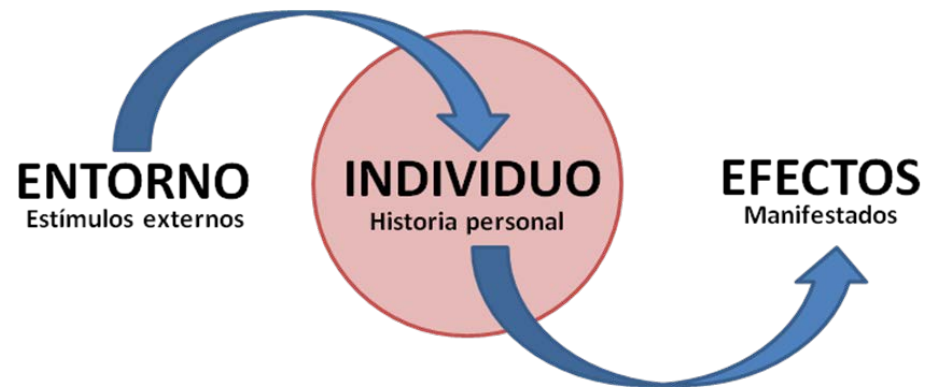
Según el *Manual de diagnóstico y estadístico de trastornos mentales* (DSM4) los problemas psicosociales pueden ser provocados por diversas situaciones externas a la persona; por ejemplo, factores económicos, legales, laborales y familiares pueden producir trastornos de ansiedad, estrés o depresión. Esta es la clase de factores externos que podrían estar presentes en un viaje orbital y que los astronautas deben aprender a manejar. Partiendo de los primeros viajeros en solitario hasta los actuales tripulantes de la EEI, las herramientas que los programas espaciales les han dado a sus astronautas para atacar la amenaza de los problemas psicosociales se han incrementado en cantidad y calidad, y dado que la necesidad de enfrentar esta amenaza se ha hecho evidente, para los viajes espaciales en el futuro ya se considera su estudio como parte de los programas espaciales de la NASA y la ESA.

“Son muchos los factores que hay que tener en cuenta, como los psicológicos en su término más amplio. Por ejemplo, una misión tripulada a Marte implica grandes retos a nivel de la composición de la tripulación, del perfil de los astronautas y del número de participantes. Una misión de estas características requiere, por necesidad, una mayor autonomía por parte de la tripulación en cuanto a su capacidad de decisión.” Gabriel González de la Torre (coordinador del equipo de investigación europea en aspectos psicosociales de las misiones espaciales ESA)

Según la psicóloga Marianela Muñoz Fonseca, “los efectos manifestados por una persona dependen tanto del estímulo externo como de su historia personal”²⁵; esto quiere decir que aun en control total de un entorno, es impredecible la forma en que un sujeto va a asumir una u otra situación, ya que lo hará desde su propia perspectiva e historia de vida, y a pesar de que el desencadenante de un trastorno emocional como la ansiedad o incluso las adicciones pueden venir de múltiples variables del entorno, algunas circunstancias de los EHO son evidentemente más riesgosas de generar efectos en sus habitantes.

²⁵ Muñoz, Marianela. Entrevista personal, mayo 2012.

Gráfico1. Evolución de un trastorno psicosocial



4.1 Factores internos

Dado que los factores internos dependen de la historia personal del individuo, es imposible analizarlos a nivel general; pero para ejemplificar algunos de los sentimientos asociados a este tipo de viajes orbitales el autor realizó una encuesta a 10 profesionales de distintas ramas, unas vinculadas a la industria espacial (ingenieros de Ad Astra Rocket) y otras orientadas al área del diseño (publicistas, arquitectos y diseñadores). La encuesta tenía 2 objetivos claramente definidos, uno de ellos era reconocer los principales sentimientos que despierta un viaje espacial. A continuación se resumen las respuestas suministradas por los 10 profesionales consultados en relación con este objetivo:

1. ¿Cuáles hábitos o costumbres de la tierra extrañaría durante su permanencia en el espacio?

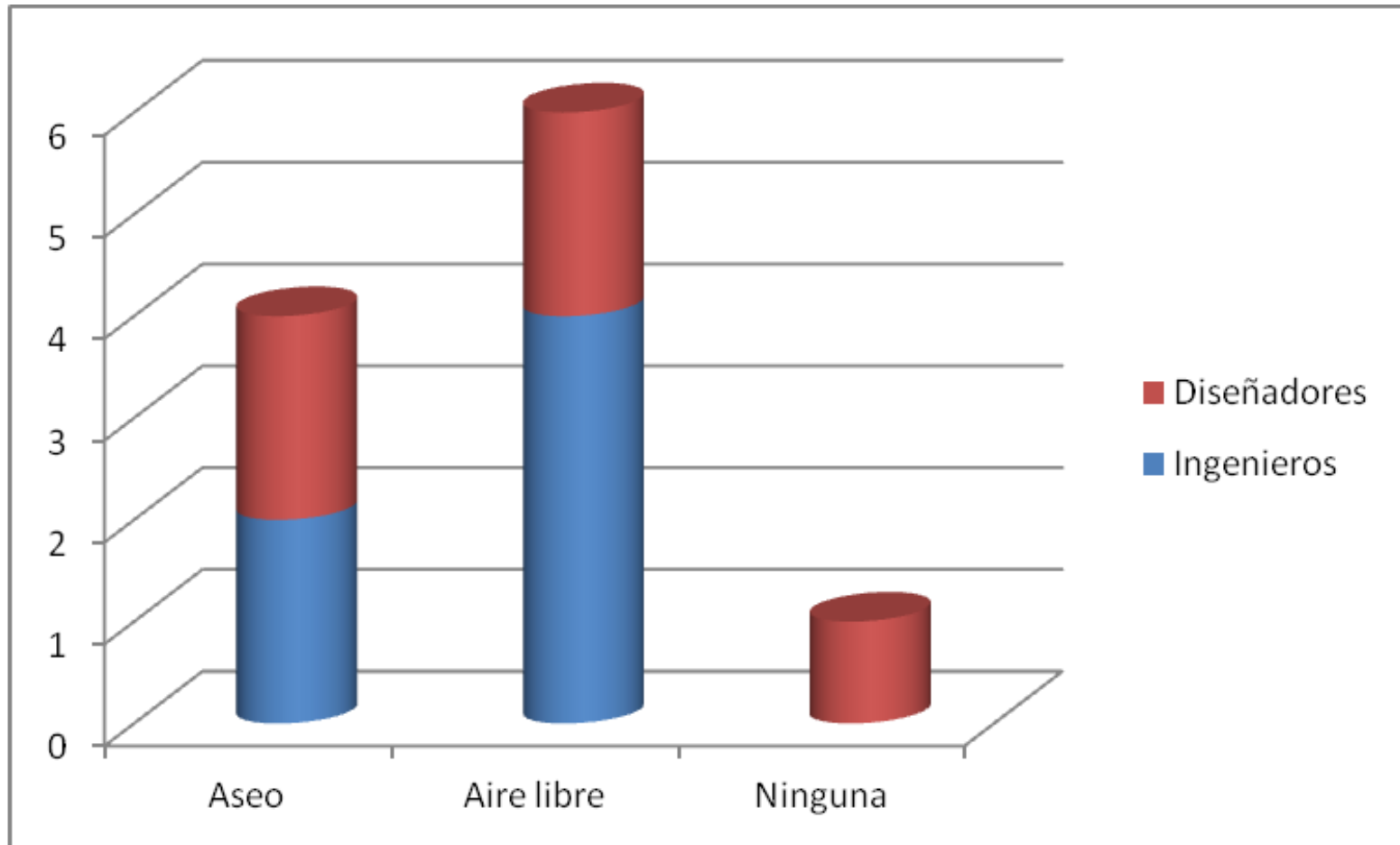


Gráfico 2. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 1

2. ¿Además de la gravedad, cuál es la diferencia más grande entre trabajar en el espacio y trabajar en la tierra?

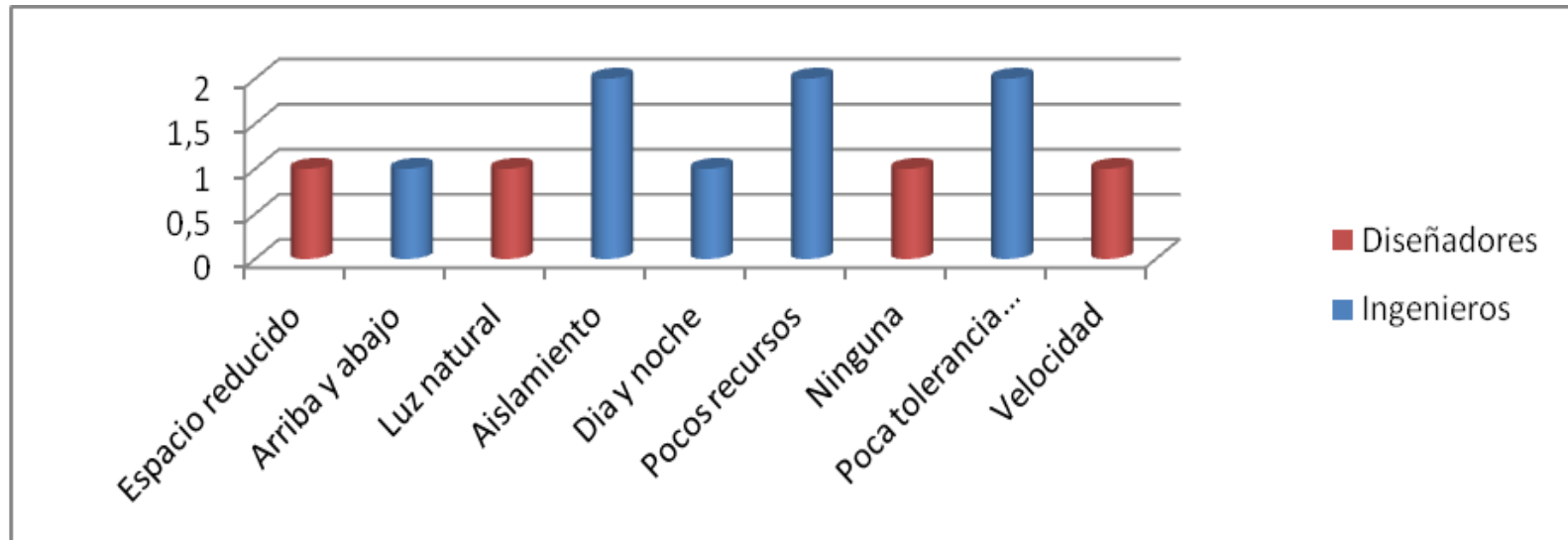


Gráfico 3. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 2

3. ¿Qué cambiaría de la forma de vida y trabajo en el espacio?

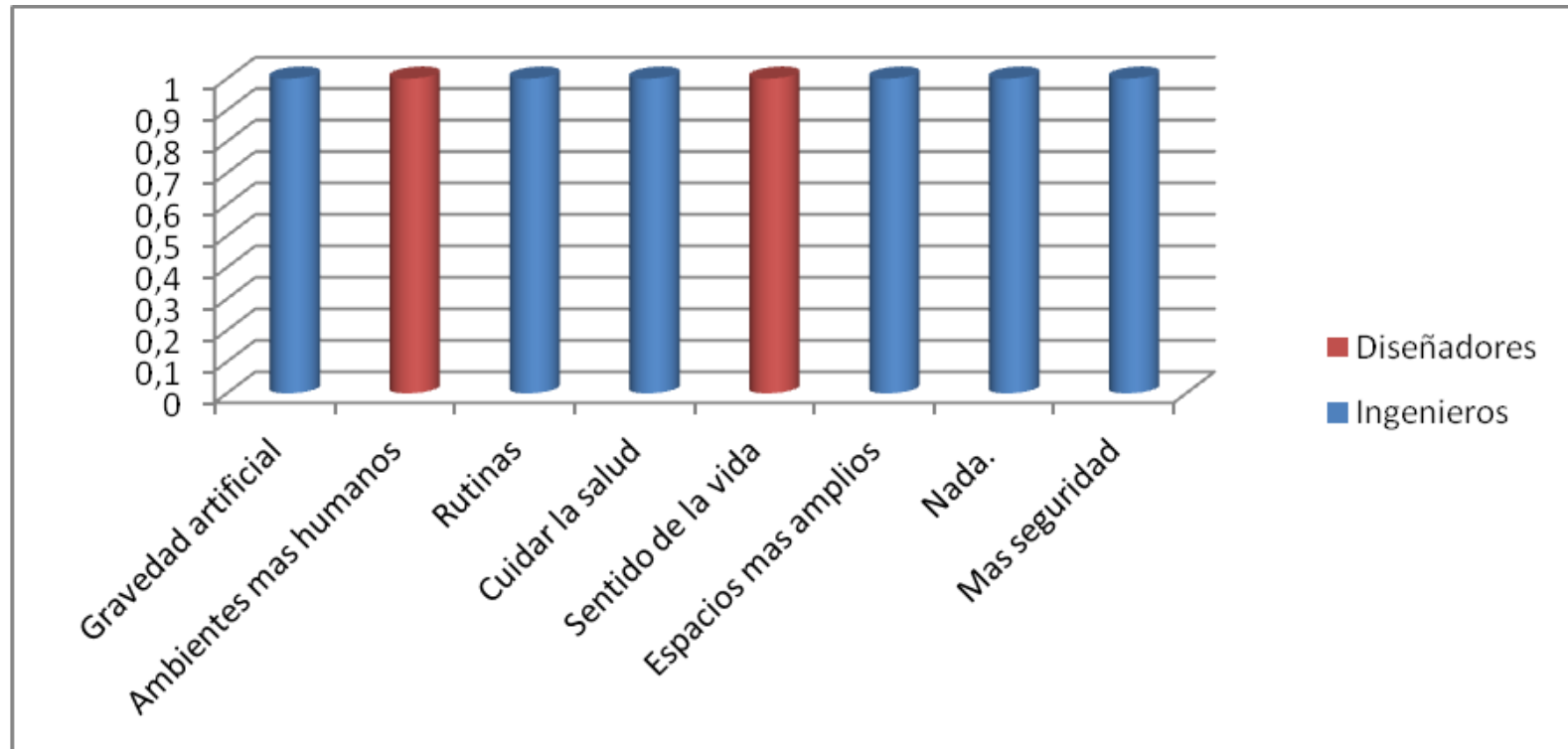


Gráfico 4. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 3

4. ¿Fuera del trabajo, cuáles ideas ocuparían su mente durante una misión en el espacio?

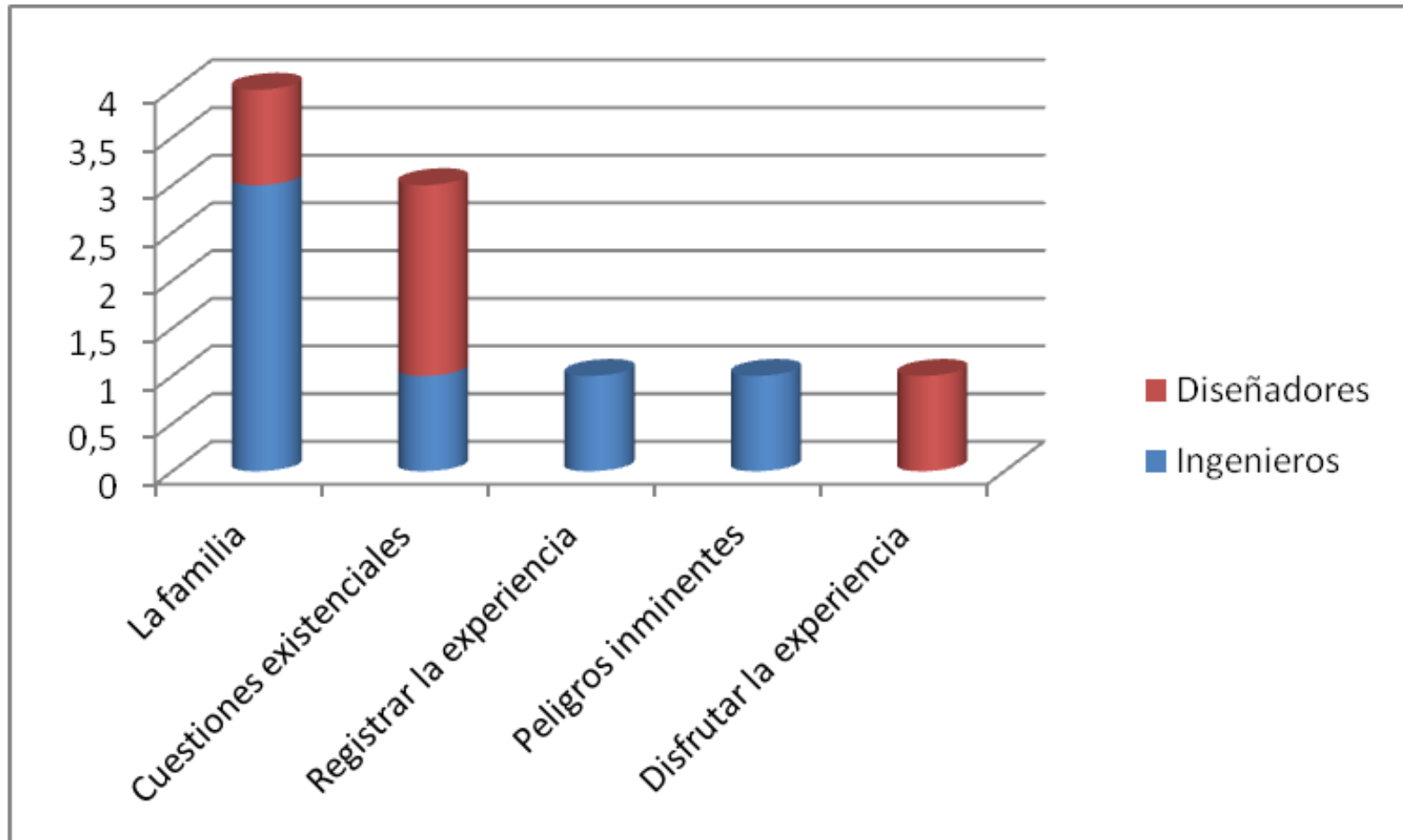


Gráfico 5. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 4

5. ¿Según su criterio qué es lo más difícil de vivir en el espacio?

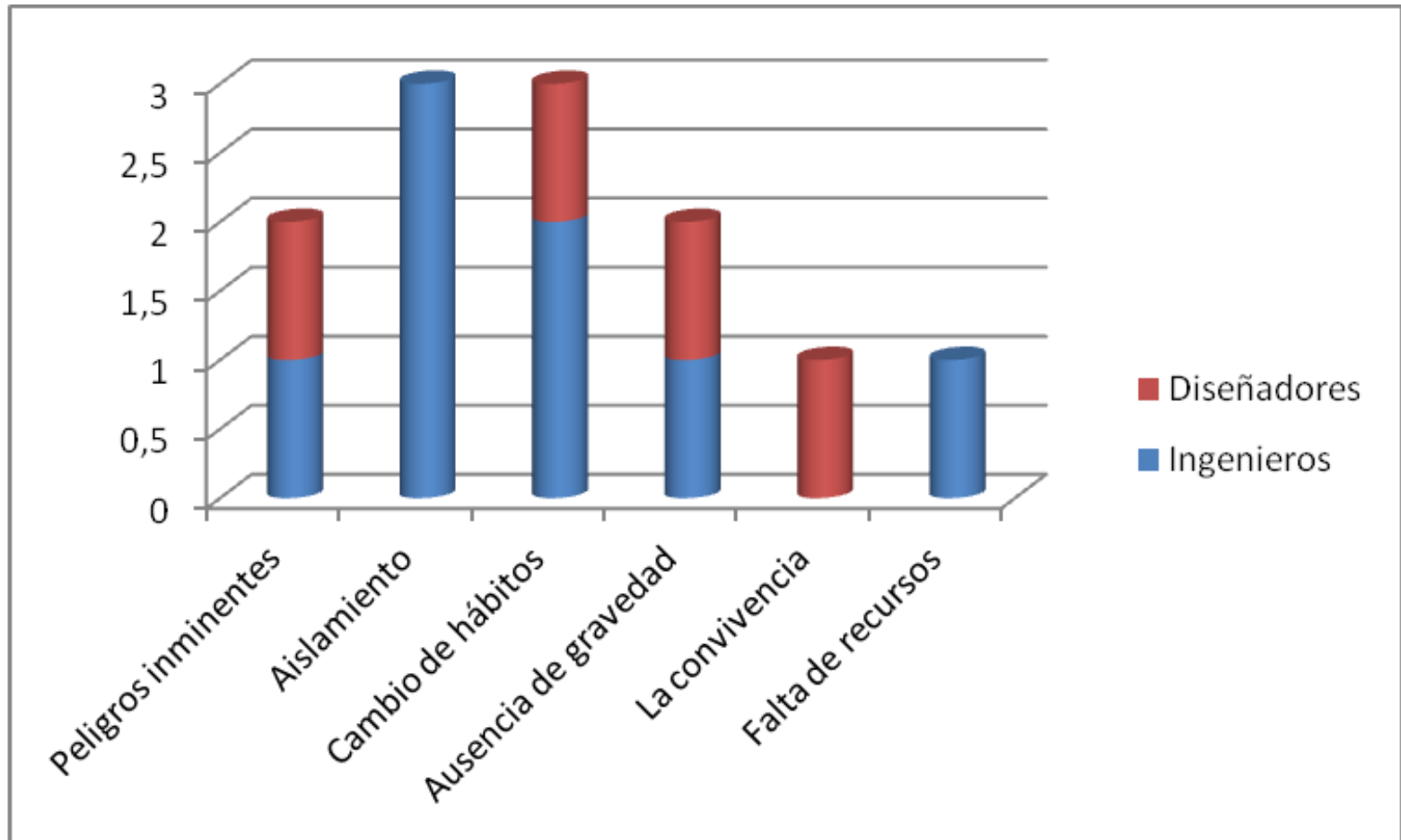


Gráfico 6. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 5

6. ¿Cuál sería el mayor reto psicológico de vivir dos años en el espacio?

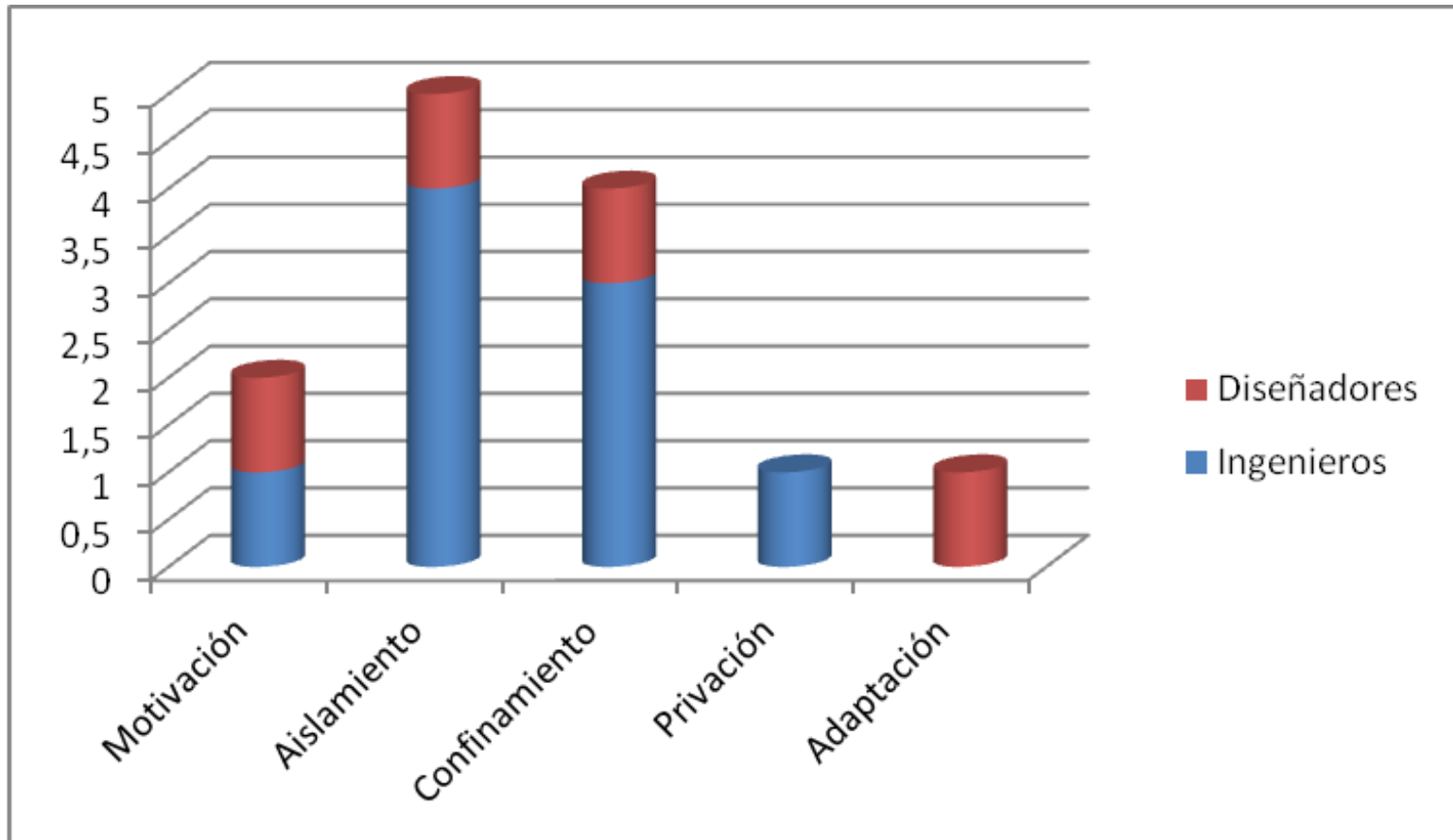


Gráfico 7. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 6

7. ¿Cuáles son las ventajas que presenta el vivir y trabajar en el espacio para el astronauta?

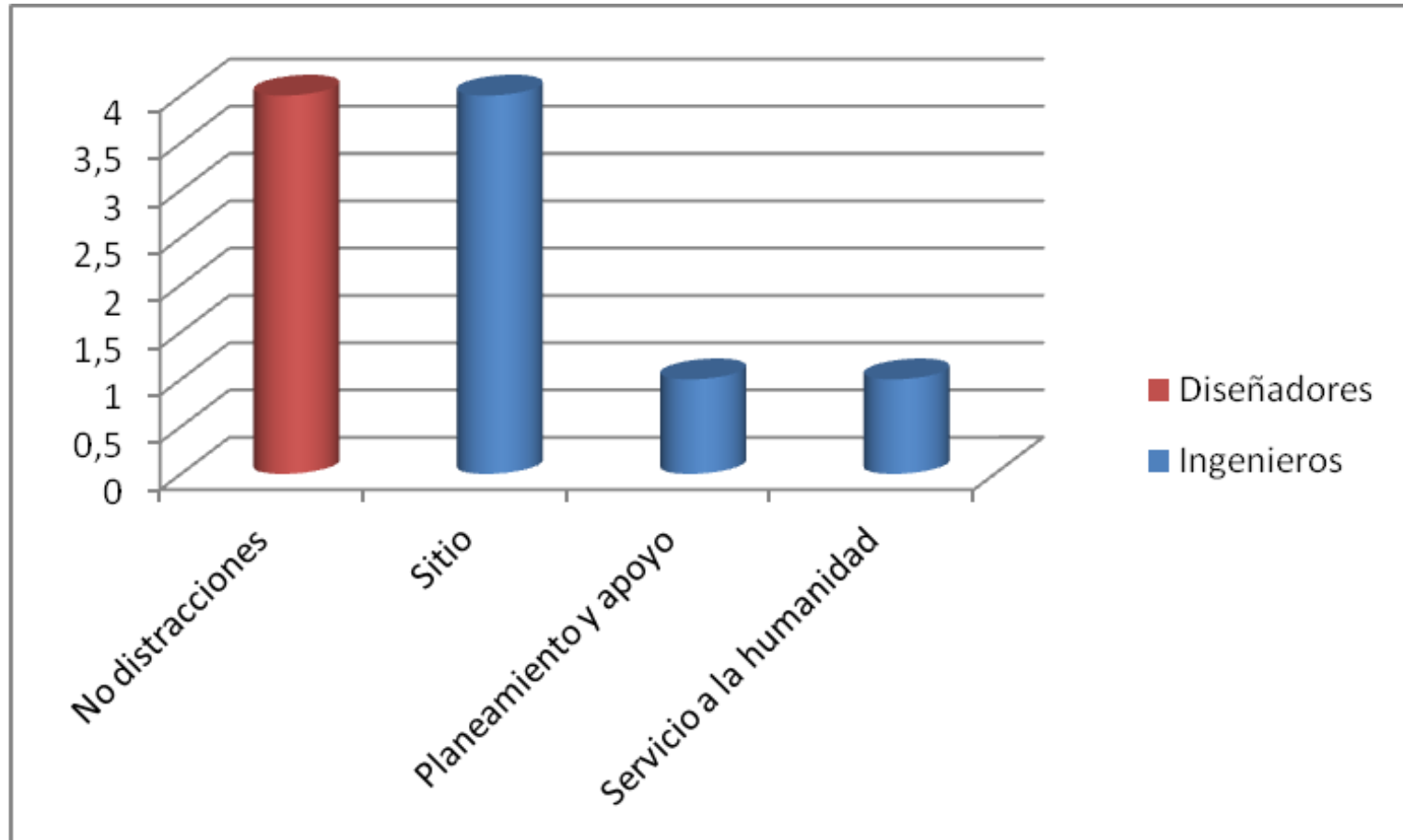


Gráfico 8. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 7

Con estas preguntas en solo 10 profesionales se distinguen algunas amenazas inmediatas que presentan los EHO para la salud mental de los astronautas. Se puede ver por ejemplo en las preguntas 1, 5 y 7 una tendencia a los 3 elementos que plantea el libro *Architecture for Astronauts* (Arquitectura para Astronautas) como factores mentales que atacan a los astronautas, los cuales son: aislamiento de su entorno de confort, confinamiento a espacios reducidos y privación de recursos. Además de ellos, el factor familiar es muy recurrente en las respuestas de la pregunta 4, esto hace evidente por qué se destina tanto esfuerzo para mejorar la comunicación entre los viajeros orbitales y sus familiares en la Tierra.

Observar la respuesta de los diversos individuos ante la misma situación (preguntas 2 y 3) comprueba que la percepción del usuario es tan importante como el estímulo externo para producir un trastorno o al menos un episodio de crisis emocional. Por este motivo se están desarrollando y probando sistemas virtuales de diagnóstico individual para atender estas situaciones. El “psicólogo de bolsillo” es el nombre que se le ha dado a una herramienta aun en estado de prueba que busca diagnosticar e incluso orientar el tratamiento de un eventual trastorno mental mediante un programa de cómputo, pero como la psicóloga Marianela Muñoz dice: “Los vínculos a través de la tecnología son cada vez mejores y nos llevan a sustituir el vínculo entre personas pero el componente humano es irremplazable... para observar mas allá de lo aparente...”²⁶ Sin duda la historia personal de cada astronauta juega un papel importantísimo a la hora de prevenir problemas psicosociales y por eso los programas espaciales dedican mucho esfuerzo a prevenirlos.

En la misma encuesta, con el objetivo de determinar si los problemas psicosociales presentan una amenaza real a la industria espacial, a los 10 profesionales se les hicieron las siguientes preguntas:

²⁶ Muñoz, Marianela. Entrevista personal, mayo 2012.

8. ¿Si fuera a vivir dos años en el espacio cual sería su principal demanda?

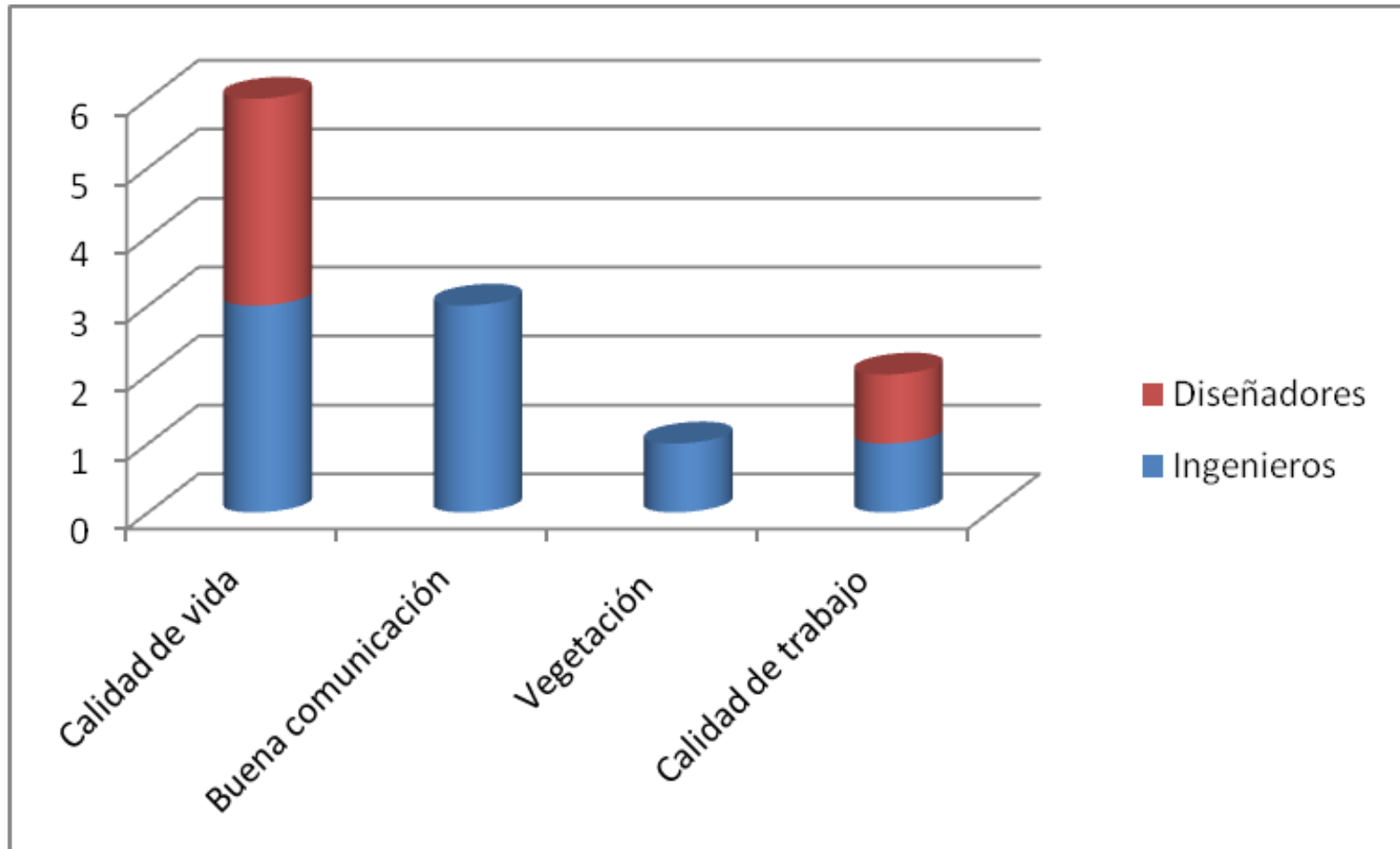


Gráfico 9. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 8

9. ¿Cómo describiría la calidad de comunicación que pueden tener los astronautas con sus seres queridos de la tierra?

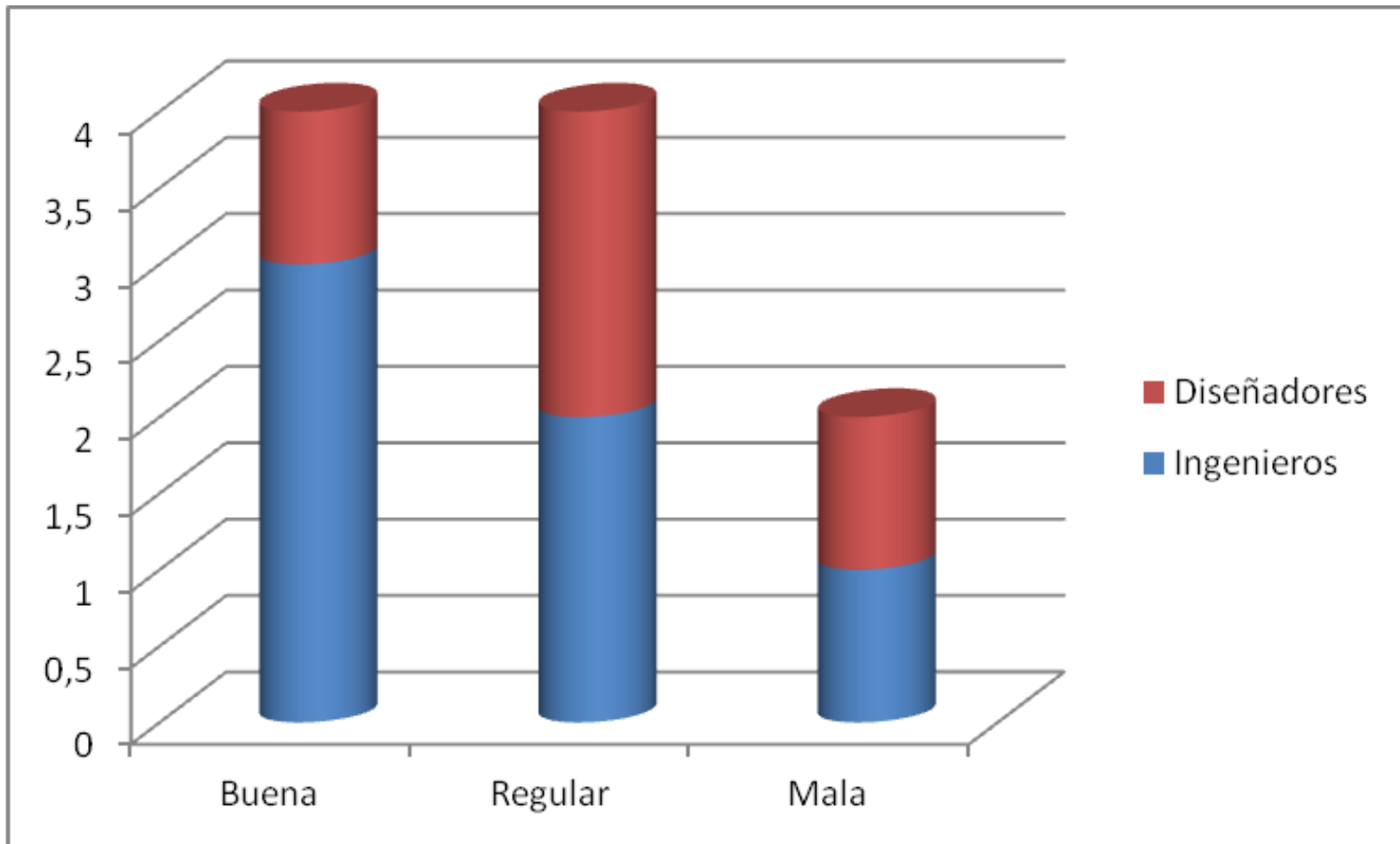


Gráfico 10. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 9

10. Califique de 0 a 5 la intensidad máxima en que usted cree que experimentaría los siguientes sentimientos en algún momento de un viaje espacial:

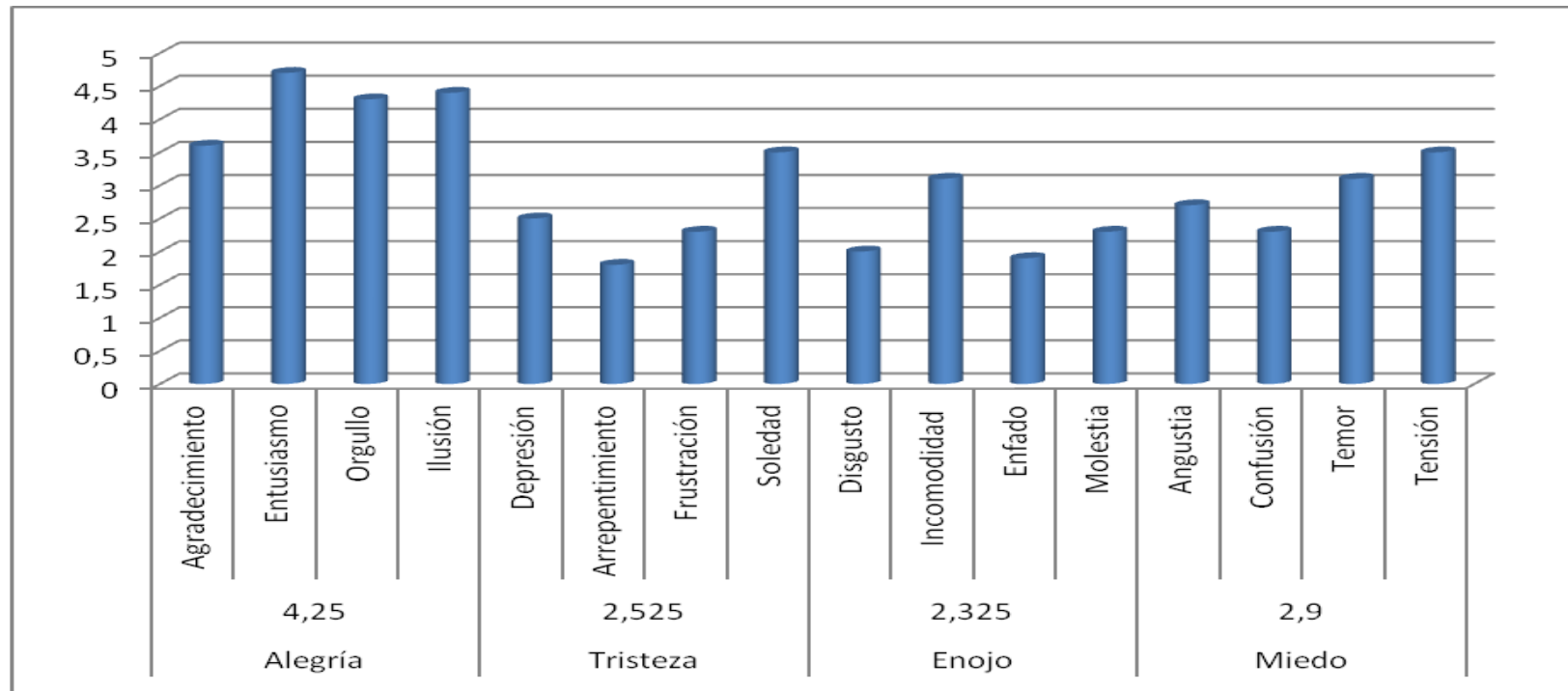


Gráfico 11. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 10

En este gráfico predominan los sentimientos asociados a estados de felicidad con un promedio de 4,25/5 (ilusión, orgullo, entusiasmo y agradecimiento), pero también tuvieron un alto puntaje (superior a 3 puntos) algunos sentimientos asociados a la tristeza (soledad), al enojo (incomodidad), y al miedo (tensión y temor). Si esta fuera la tripulación de una nave orbital real estos 4 sentimientos podrían desencadenar un eventual problema psicosocial y merecerían una especial atención.

11. ¿Usted cree que sería susceptible de sufrir alguna situación de carácter psicosocial que afectara el buen funcionamiento de una misión?

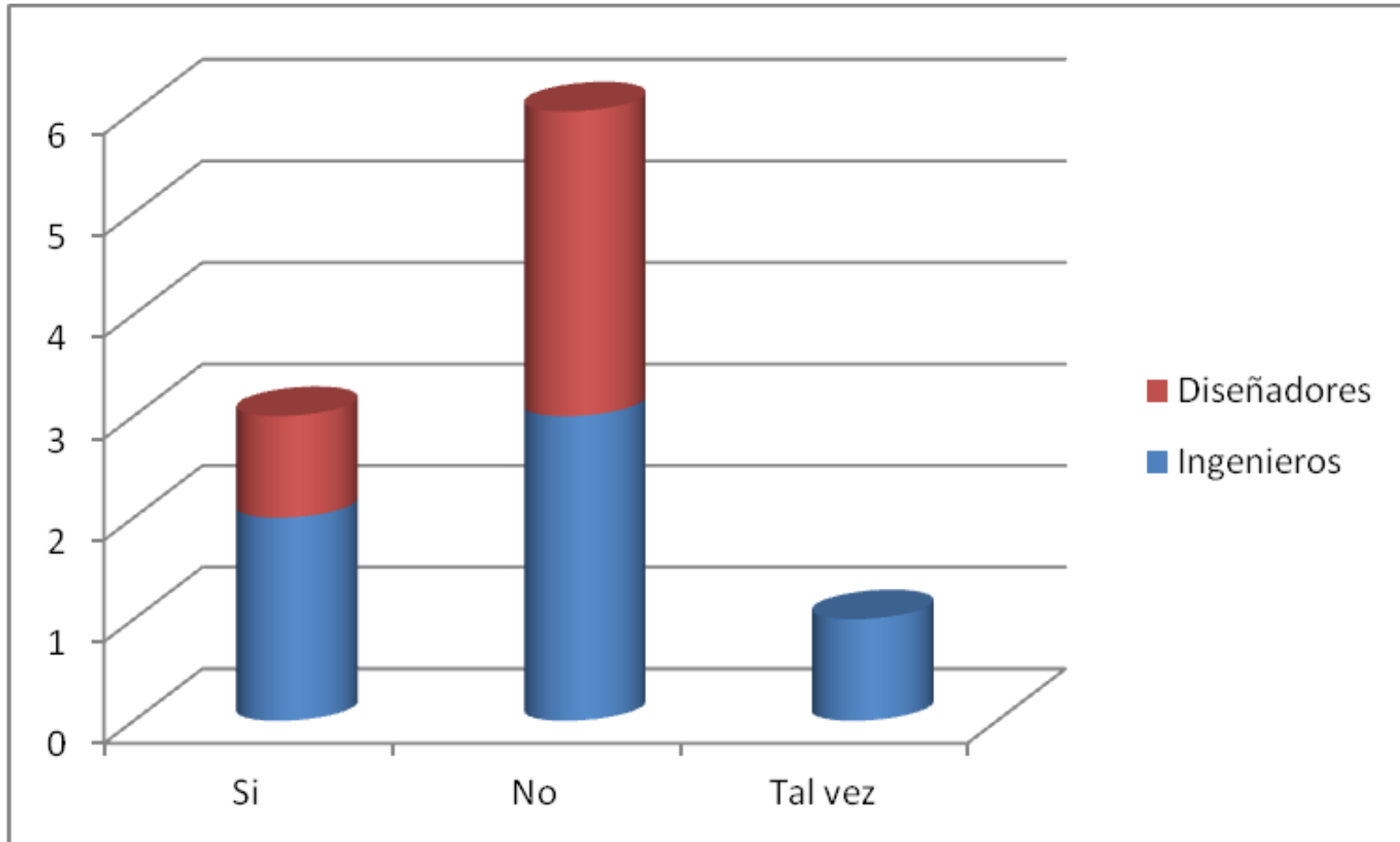


Gráfico 12. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 11

12. ¿Estaría dispuesto a utilizar un software que le diagnostique su estado mental? ¿Qué piensa de esta idea?

13. ¿Cree que un diseño más humano de las estaciones espaciales puede contribuir a la salud mental de los astronautas?

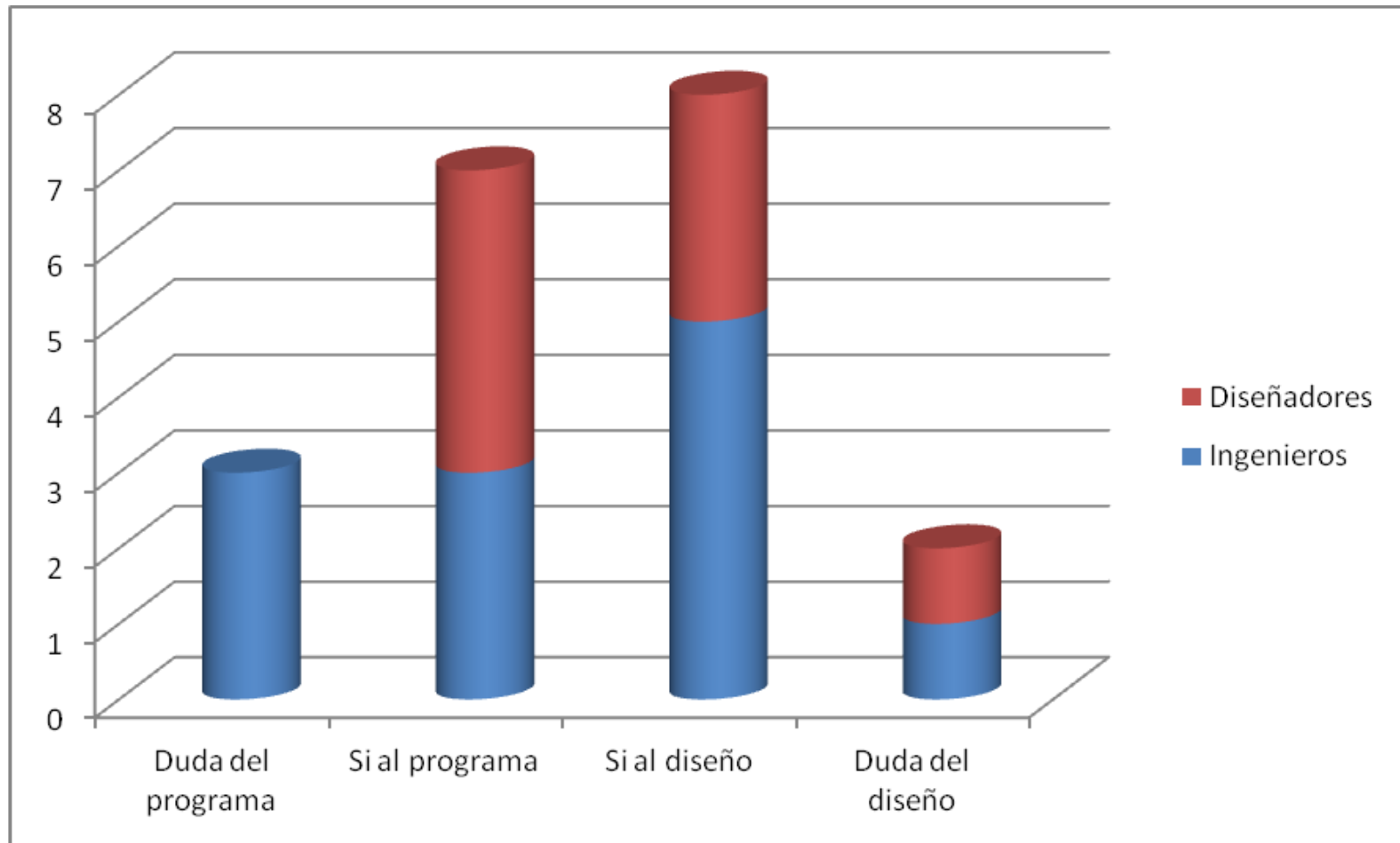


Gráfico 13. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 12 y 13

4.1 A Estrategias de prevención de riesgos psicosociales para el factor interno-Persona.

En consideración al aspecto psicológico en ambientes orbitales, los programas espaciales tienen dos estrategias muy claras para prevenir los problemas psicosociales: primero, la selección de astronautas mentalmente evaluados para prevenir trastornos psicológicos y que puedan interactuar adecuadamente con el resto de la tripulación; y la otra gran estrategia es el minucioso entrenamiento que se da a los viajeros orbitales antes de partir, para que estén preparados a afrontar los posibles desencadenantes de cualquier trastorno mental de la mejor manera, aun cuando la experiencia misma ha demostrado que en cualquier momento se pueden presentar este tipo de episodios o trastornos.

4.1.A1 Selección

La primera medida que se ha aplicado en torno al tema psicológico es la selección en tierra de los propios viajeros espaciales. Además de cumplir con los requisitos cognitivos para ser elegibles como astronautas, los aspirantes deberán mostrar estabilidad mental para afrontar adecuadamente cualquier problema psicosocial suyo o de alguno de sus compañeros.

4.1.A2 Entrenamiento

Mediante un riguroso proceso de pruebas y simulacros los candidatos son evaluados física y mentalmente para conocer su respuesta ante los diferentes eventos que tendrían que soportar en un viaje espacial. Este entrenamiento incluye situaciones de emergencia, donde los factores de riesgo psicosocial se incrementan y así reducir el riesgo ante una situación real.

4.2 Factores externos

Por otro lado, en la “categoría” de factores externos se encuentra la situación económica, social, legal y otros elementos que siguen siendo igualmente variables de una persona a otra; pero también están los relativos al espacio físico; aquellos que son comunes para varios individuos; también la familia, que vista como un sistema, es común para cada uno de los miembros durante un viaje espacial. Estos dos elementos, la familia y el espacio físico son los que según la experiencia cobran mayor importancia a la hora de analizar los problemas psicosociales en los EHO.

4.2.A La familia

Para cada astronauta, un compañero de viaje es más que eso, es casi su familia por al menos el tiempo que dure el viaje orbital. De los diez profesionales entrevistados, tres respondieron con referencia directa a la familia cuando se les preguntó sobre la relación entre un astronauta y sus compañeros de viaje y los otros siete entrevistados se refirieron a tolerancia, comunicación, apoyo, confianza y amistad, todos ellos valores que se pueden encontrar en una familia saludable. Con este panorama, es claro por qué la composición de la tripulación de un viaje espacial es tan importante: personalidades afines tienden a generar mejores canales de comunicación, un ambiente más relajado y más apto para la salud mental de los tripulantes. Como uno de los profesionales encuestados dice, “los compañeros de viaje son el sistema de apoyo inmediato” (anónimo), al igual que el núcleo familiar de cualquier persona aquí en la tierra. Este sistema de apoyo puede contribuir a afrontar un trastorno mental de la mejor manera y sus posibilidades de éxito aumentan cuando su funcionamiento es equivalente al de una familia saludable.

Cuando el miembro de una familia sufre una crisis, aporta desequilibrio al sistema familiar y dependiendo de la respuesta de la familia se pueden generar diferentes reacciones como codependencia, rechazo o indiferencia, pero también puede dar pie a actitudes de liderazgo, o sea que es una oportunidad para que afloren las fortalezas y debilidades de las personas. A continuación algunos ejemplos de citas extraídas del libro *Arquitectura para Astronautas* que denotan situaciones “cotidianas” en ambientes orbitales, que aunque no hayan desencadenado un trastorno mental en estos casos en particular, sí son posibles desencadenantes de problemas psicosociales durante un viaje orbital de mediana o larga duración:

“Diez p.m. y no he podido dormir nada. Pensamientos constantes. Pensamientos acerca de mi casa, mi vuelo, mi trabajo, y mis amigos. Necesito dormir al menos un par de horas, pero no puedo.”²⁷ (Valentin Labadav, Salyut 7)

Los problemas de sueño son uno de los efectos que podrían evolucionar en un trastorno mental y por consiguiente convertirse en un problema psicosocial, con impactos en el desempeño de la persona y de sus compañeros.

“Yo quería cumplir todos los objetivos de la misión – sin excepción – y de ir más allá de los objetivos dados cuando fuera posible. Gente dependía de mi, vastas sumas de dinero fueron invertidas en llevarme aquí arriba, y si debo ser algo como robot, que así sea.”²⁸ (Jerry Linenger a bordo de MIR, NASA 3)

La presión en el trabajo también genera mucho estrés y puede desencadenar graves trastornos mentales y por consiguiente problemas psicosociales.

Ante estas situaciones comunes en los EHO la comunicación con los compañeros y las buenas relaciones interpersonales son trascendentales para que no se conviertan en graves problemas psicosociales.

²⁷ Sandra Häuplik-Meusburger.(2011) *Architecture for Astronauts*. NewYork: Springer. Pag 101

²⁸ Sandra Häuplik-Meusburger.(2011) *Architecture for Astronauts*. NewYork: Springer. Pag 241

4.2B Espacio físico

Está comprobado que el espacio físico tiene un impacto sobre la mente de las personas; por ejemplo, en las catedrales de todo el mundo se utilizan elementos verticales y masivos para transmitir a la mente de los visitantes la grandeza de Dios, las guarderías utilizan colores y texturas estimulantes para los niños, y las oficinas utilizan diseños sobrios y eficientes para promover el orden en sus empleados. En el otro extremo tenemos edificios que impactan negativamente al usuario, aquellos edificios mal ventilados, oscuros, húmedos o con cualquier otra característica que atenta contra el confort del usuario, estos son los edificios que según la Organización Mundial de la Salud padecen el Síndrome del Edificio Enfermo.

La arquitectura de un espacio influencia el estado mental de los usuarios, y los astronautas demuestran estar muy conscientes de esta relación:

“Trabajar cercanamente con alguien es un gran salto de ser solo conocidos, vivir con alguien es un gran salto de solo trabajar con ellos. Y vivir y trabajar junto a solo dos personas por varios meses es aun otro gran salto.”²⁹(Astronauta Dan Bursch, EEI)

4.2.B1.Estrategias de prevención de riesgos psicosociales para el factor externo-Espacio físico.

Muchas estrategias de diseño se han implementado en los diferentes EHO hasta el día de hoy para elevar el nivel de confort de sus usuarios y reducir los factores de riesgo de problemas psicosociales, la mayoría de ellas motivadas por el deseo de mantener a los astronautas por más tiempo en órbita. A continuación se mencionan algunas estrategias de diseño que tienen un alto impacto en la salud mental de los astronautas actuales.

²⁹ Sandra Häuplik-Meusburger.(2011) *Architecture for Astronauts*. NewYork: Springer. Pag 243

4.2.B1-1 Dormitorios privados

Al inicio de la era espacial los dormitorios no existían y esto hacía la experiencia más difícil. Al incrementarse la permanencia en órbita, los EHO incrementaron el nivel de privacidad y comodidad de los dormitorios. Un dormitorio propio, aislado de las demás actividades de la nave brinda a los astronautas la posibilidad del sentido de pertenencia a un espacio, suelen estar decorados con fotografías de la familia o dibujos de sus hijos, evidenciando una apropiación del espacio, lo cual es una herramienta contra el aislamiento, el confinamiento y la privación propia de los EHO.

4.2.B1-2 Ejercicio físico

Aunque la motivación principal para crear mecanismos y programar el ejercicio físico de los astronautas es la misma salud física, está comprobado que el ejercicio físico libera endorfinas que ayudan a liberar estrés y a la buena salud mental en general. Este efecto positivo lo han sentido los astronautas y es una gran ayuda ante el agotamiento mental y la carga emocional que supone la vida en un ambiente tan frágil y peligroso.

4.2.B1-3 Arte en el espacio

Apelando al lado sentimental del astronauta y al beneficio que el arte extrae de la persona, se han incorporado algunas manifestaciones de arte en viajes orbitales. Dibujos de los hijos de los astronautas, Música en sus dispositivos de audio y hasta una escultura especialmente diseñada para la microgravedad han sido parte de los viajes orbitales con el fin de reforzar las fortalezas de cada individuo y contribuir a disminuir la amenaza de riesgos psicosociales.

“Muchos pequeños detalles, como fotografías en los paneles, dibujos de niños, flores, y plantas verdes en el jardín, convierten este complejo de alta tecnología en nuestro cálido y confortable, aunque un poco inusual, hogar.”³⁰ (Valentin Lebedev, Salyut 7)

³⁰ Sandra Häuplik-Meusburger.(2011) *Architecture for Astronauts*. NewYork: Springer. Pag 235

4.2.B1-4 Piso/cielo/paredes

Una de las demandas psicológicas más difíciles que deben superar los astronautas actuales es adaptarse a un ambiente de microgravedad, esto implica que no hay piso, cielo ni paredes. El hombre siempre ha estado ligado a la fuerza de la gravedad, de modo que esta forma de vida requiere de toda la capacidad del hombre para adaptarse a nuevos ambientes, lo cual puede ser muy desgastante a largo plazo; por eso en algunos EHO se ha optado por utilizar colores oscuros en uno de los cerramientos internos con el fin de emular un piso, y en el cerramiento opuesto se ha instalado la iluminación artificial con el fin de simular un cielo. Esta estrategia ayuda a los astronautas a ubicarse espacialmente en un ambiente que carece de arriba y abajo.

“...pero fue tal el éxito de la configuración cielo/pared/piso en la psicología de Sasha que él era incapaz de dormir “verticalmente” en la pared, entonces en su lugar ancló su saco de dormir en el lugar de Kristall, el cual no tenía esa orientación.”³¹ (Mike Foale, MIR)

³¹ Sandra Häuplik-Meusburger.(2011) *Architecture for Astronauts*. NewYork: Springer. Pag 107

4.3 Duración

En algunos casos aquí en la tierra, el tiempo es una variable a considerar para el diseño de la obra arquitectónica. El programa arquitectónico de un hotel debe considerar el tiempo que permanecen los huéspedes en las instalaciones, el diseño de un estadio debe considerar el tiempo de evacuación de los aficionados, las construcciones de hielo deben considerar la duración del invierno para conocer la vida útil de las estructuras; de igual manera, el tiempo es un factor a considerar en los diseños orbitales.

A grandes rasgos los viajes espaciales se clasifican en tres categorías según su duración: cortos, medianos y largos (*Out of this world*, pag12). Para efectos prácticos se puede decir que los de corta duración son aquellos en los que el astronauta permanece en órbita durante menos de 30 días, los de mediano plazo entre 30 días y un año, y aquellos viajes que duren más de 1 año son considerados de larga duración.

Cada viaje orbital es diferente, pero la duración de los mismos determina algunos requisitos básicos que deberían cumplirse en los programas arquitectónicos de estas naves orbitales.

4.3.A Viajes de corta duración

Poseen la ventaja de la alta adaptabilidad del ser humano a situaciones diferentes de su estado de confort por cortos periodo de tiempo; por esto son los menos susceptibles a sufrir inconvenientes de carácter psicosocial por parte de los astronautas. Debido a esta ventaja se pueden "sacrificar" algunas comodidades en busca de obtener la mayor eficiencia del espacio y del tiempo mismo. La multifuncionalidad de los espacios y los turnos de los astronautas dentro de los EHO son la clave de un diseño exitoso.

4.3.B Viajes de mediana duración

Este tipo de viaje es el que actualmente tiene la atención de la mayoría de los científicos. Los astronautas empiezan a sufrir los efectos físicos y psicológicos de la vida en el espacio exterior con la tecnología actual y se concentran esfuerzos para mitigar estos efectos negativos. Dentro de estos esfuerzos se incluyen actividades en la rutina de los astronautas que demandan mayor volumen habitable; actividades recreativas o de trabajo suman metros cúbicos y actividades al programa arquitectónico de la nave mientras la eficiencia de los espacios sigue siendo prioridad pero la multifuncionalidad de los espacios empieza a ser sustituida por la especialidad de los espacios en pro del confort de los astronautas.

4.3.C Viajes de larga duración

Aun no se ha desarrollado ningún viaje de este tipo, ya que por razones de salud la permanencia en la EEI se limita a 6 meses³², pero desde ahora se anticipan sus efectos en los seres humanos y la principal preocupación es propiamente el factor tiempo. Conociendo lo que le sucede al cuerpo en caída libre por menores periodos de tiempo, se buscan medidas para minimizar el impacto de esta experiencia que, de no afrontarlo adecuadamente, podrían acarrear graves problemas para los astronautas. Con estos viajes aun en planeamiento se prevén programas arquitectónicos que respondan a estas necesidades y por ahora mantienen la tendencia a emular ambientes terrestres, principalmente la gravedad. Y desde el punto de vista psicosocial los EHO tienden a promover mayor privacidad para los astronautas y mejores condiciones de trabajo, convivencia y comunicación con la tierra. En resumen, la duración de los viajes representa el riesgo de sufrir problemas psicosociales durante un viaje orbital, por lo cual debe ser considerada durante el proceso de diseño en cuanto representa parte integral de las necesidades en los EHO.

³² Quantum-Rd. (2012). Larga permanencia en el espacio afecta los ojos y el cerebro de los astronautas. Consultado el 1 de Agosto de 2012 en <http://es.paperblog.com/larga-permanencia-en-el-espacio-afecta-los-ojos-y-el-cerebro-de-los-astronautas-992022>

Capítulo 5: Aplicación

Para aplicar una herramienta como la que se ha desarrollado en este documento es necesario sintetizar la información, para lo cual se propone el siguiente gráfico de resumen.

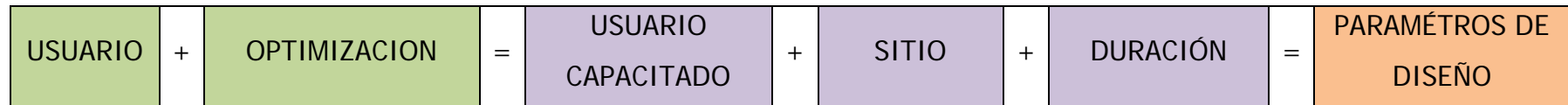


Gráfico 14. Resumen de variables involucradas en el proceso de diseño de un EHO

Este esquema expone de forma general cómo se relacionan y cuáles son los elementos que debe contemplar el arquitecto de un EHO antes de obtener los primeros parámetros de diseño. Además este resumen se convierte en una herramienta para abordar el diseño orbital cuando se consideran las diferentes variables presentes en cada elemento.

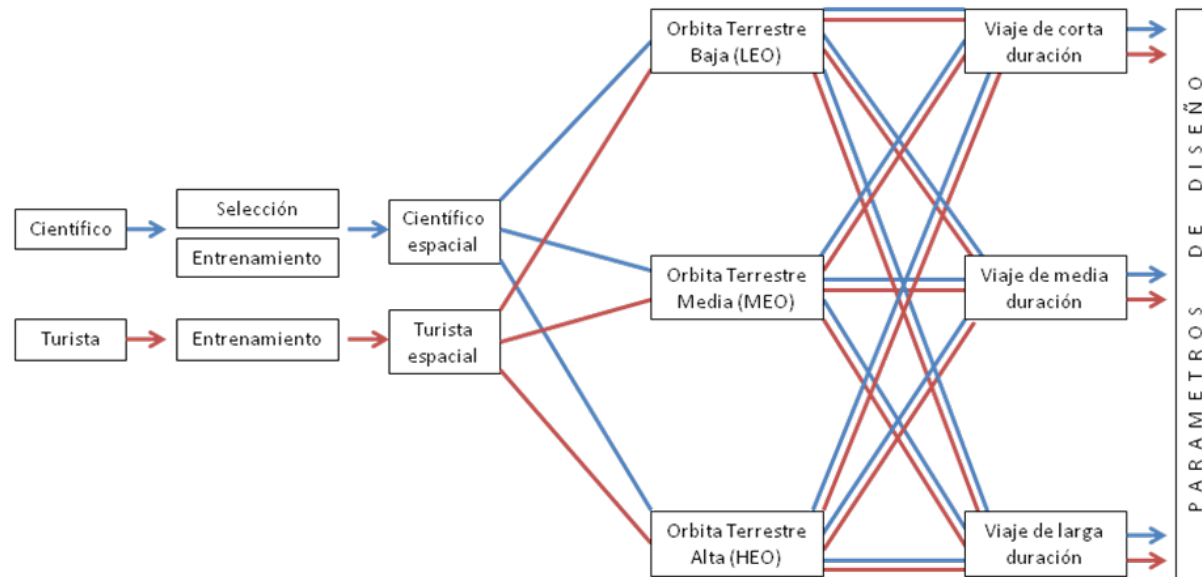


Gráfico 15. Síntesis de la herramienta propuesta

Al revisar esta herramienta desarrollada a partir de los análisis de sitio, usuario y las variables psicosociales involucradas, se puede observar cómo la historia de la industria espacial se ha desarrollado cronológicamente abarcando de arriba hacia abajo este esquema y de algún modo validando la estrategia como un modelo predictivo. Las primeras misiones espaciales fueron científicas en la órbita baja por una duración corta.

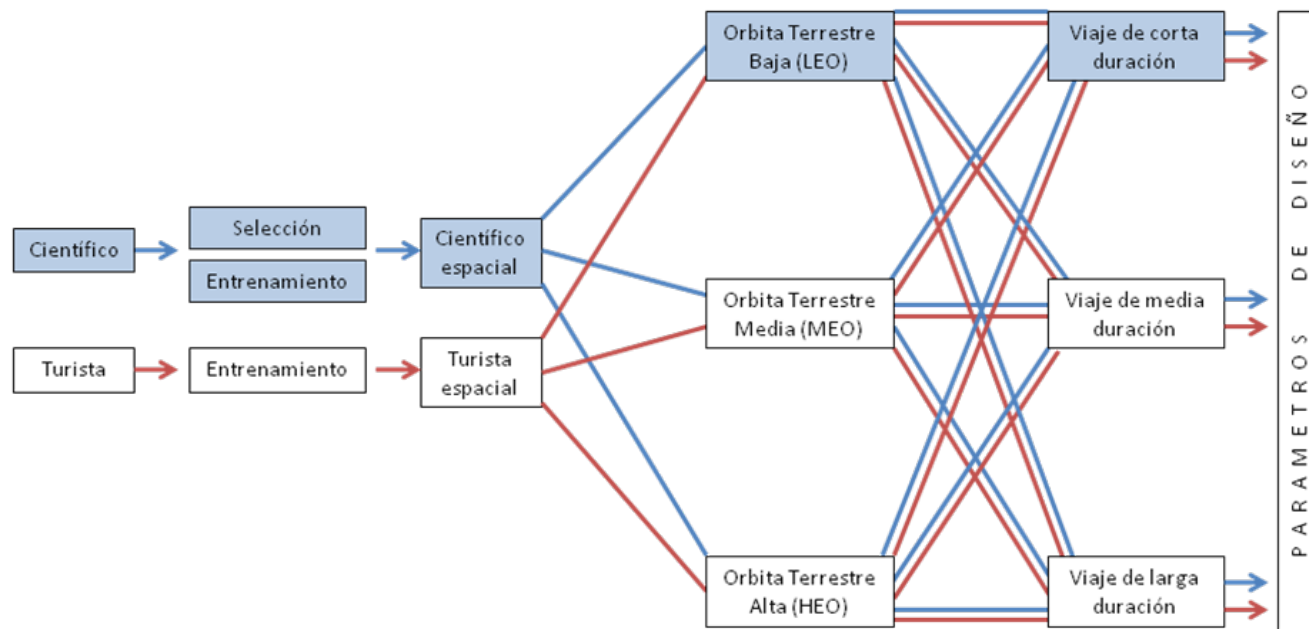


Gráfico 16. Herramienta aplicada a los primeros viajes orbitales

Cuando el hombre llegó a la luna con las misiones Apollo, se logró el siguiente paso en el diagrama: atravesar la órbita media e instalarse por un corto periodo en la órbita alta.

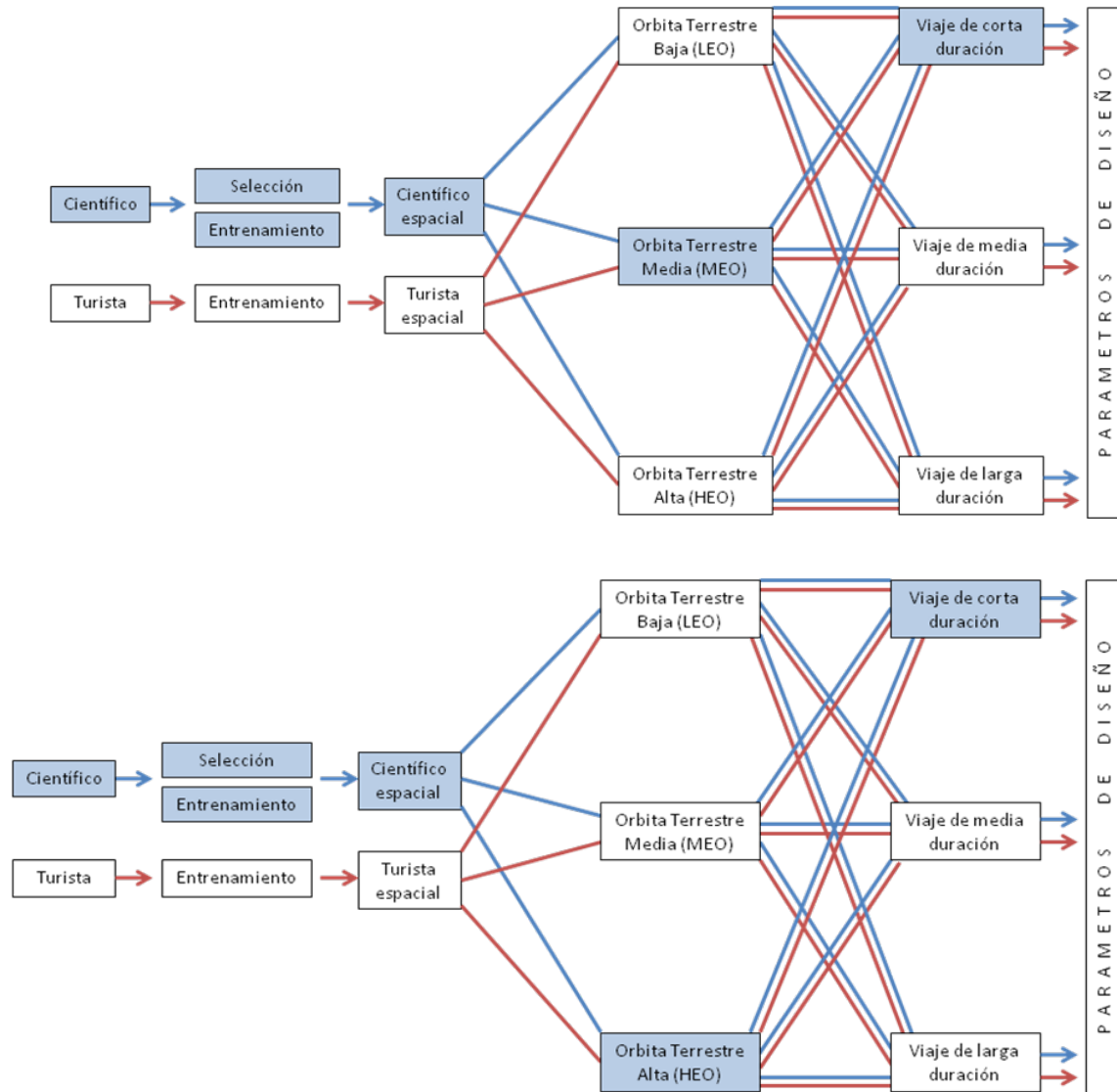


Gráfico17. Herramienta aplicada a las misiones Apollo.

Con el desarrollo de la Estación Espacial Internacional, el diagrama inicia un nuevo ciclo tanto para los viajes científicos de media duración como para los turistas que inician en el mismo punto donde iniciaron los científicos.

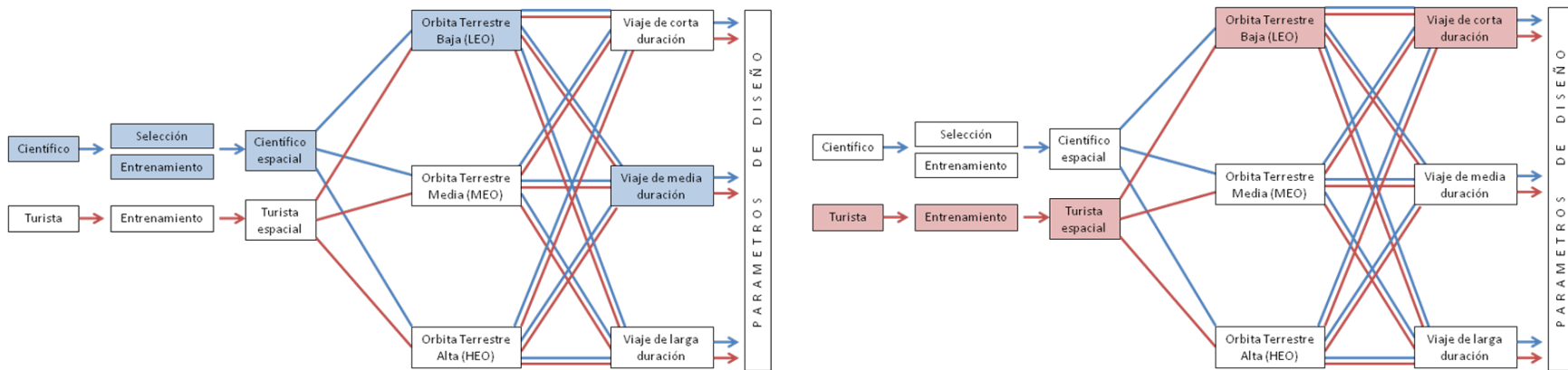


Gráfico 18. Herramienta aplicada a la EEI

Revisando este comportamiento de la industria dentro de la herramienta propuesta, se observa que el siguiente paso lógico que se busca para los turistas, son los viajes a la órbita media o alta por corto tiempo. Y para los científicos serían, los viajes a la órbita media o alta por periodos medios. Dado que el perfil del turista es aún muy abierto y no existe suficiente información al respecto, se elige hacer una propuesta de diseño para confrontar los datos encontrados y resumidos en esta herramienta con el perfil del científico en la siguiente etapa que propone la herramienta, es decir un viaje a la órbita media o incluso alta por una duración media. En la herramienta se vería así:

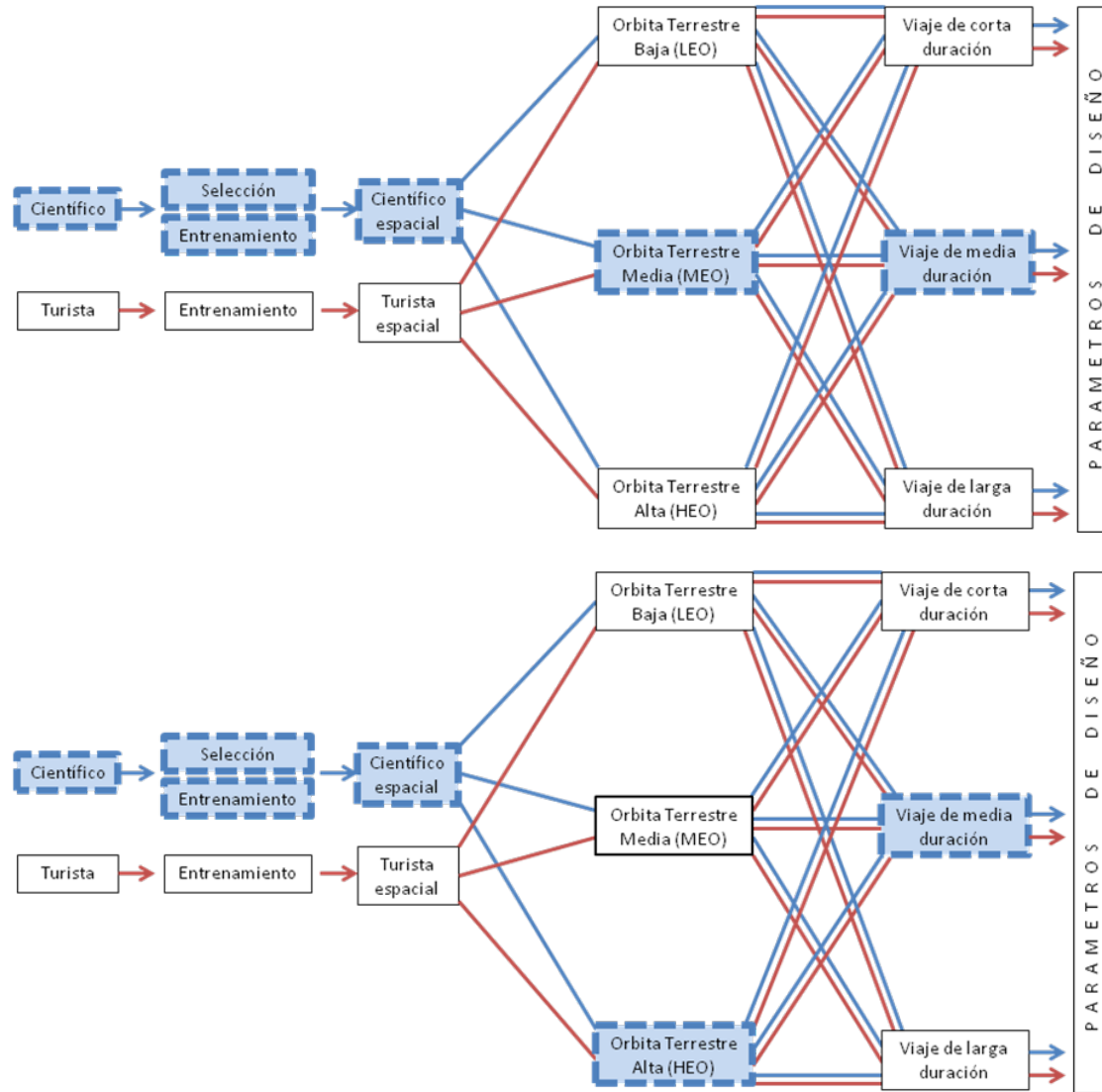


Gráfico 19. Herramienta aplicada a futuros viajes orbitales

Esto quiere decir que se conoce al usuario, el sitio y la duración; las tres variables más importantes para obtener los primeros parámetros de diseño de un eventual EHO con esas características.

Usuario: El científico determina un perfil como el que se describió anteriormente, y define una especial importancia al trabajo que éste desarrollaría en un EHO.

Sitio: En la órbita media, con el desarrollo tecnológico actual, sigue siendo una amenaza muy grande permanecer en ella debido a las anomalías de Van Allen. Por el contrario, la órbita alta presenta condiciones más estables, además tiene la ventaja de la cercanía a la luna, que en un futuro podría convertirse en una estación que provea suministros y mantenimiento a los EHO de la HEO. De modo que el diseño se desarrolla para una estación que supera la órbita media y se instala en la órbita alta.

Duración: La duración media, centro de muchas investigaciones actuales, los factores físicos y mentales empiezan a tener mayor peso en el desarrollo de los viajes orbitales. Se espera un alto impacto físico y psicológico en los tripulantes y la demanda de calidad de vida es evidente.

Una vez que se conocen los primeros parámetros de diseño se puede desarrollar, al igual que en la tierra, un programa arquitectónico sustentado en esas variables tan determinantes. Para el desarrollo de segundo paso en el diseño se utilizará el esquema de orden que plantea el libro "Architecture for Astronauts" (Arquitectura para Astronautas) el cual analiza los diferentes hábitat extra-terrestres dividiéndolos en 5 principales actividades humanas: dormir, higiene, comida, trabajo y ocio;³³ y además utiliza un sistema de graficación de las relaciones espaciales de estas 5 actividades.³⁴

³³ Sandra Häuplik-Meusburger.(2011) *Architecture for Astronauts*. NewYork: Springer. Pag 7

³⁴ Sandra Häuplik-Meusburger.(2011) *Architecture for Astronauts*. NewYork: Springer. Pag 92,93

En consideración de las variables de usuario, sitio y duración, se propone el siguiente esquema de relaciones.

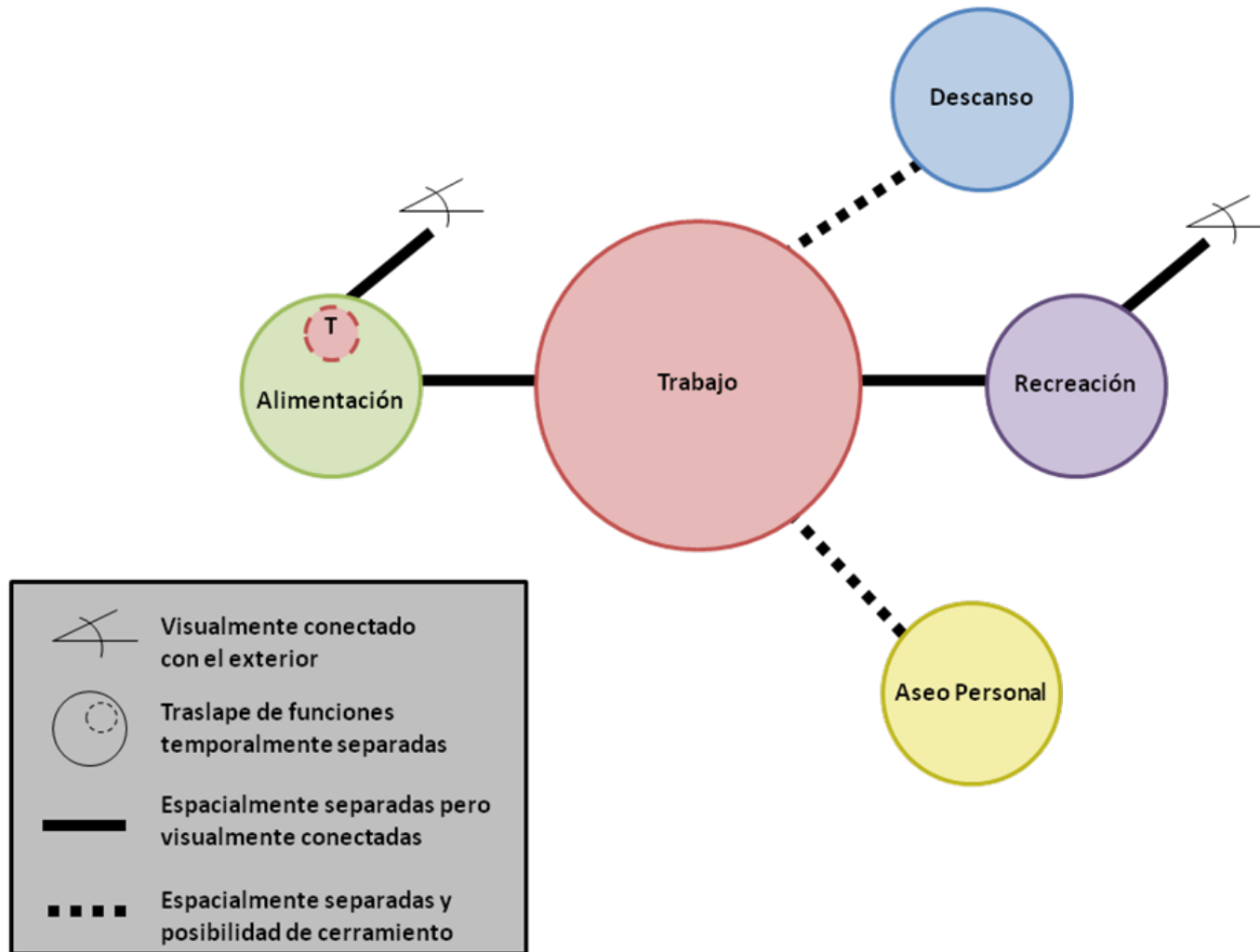


Gráfico 20. Relación de actividades humanas para la propuesta

Tal como se mencionó en este documento, un EHO debe ser colocado en órbita por transportes especialmente diseñados para vencer la fuerza de gravedad de la tierra y las propiedades de estos transportes deben ser consideradas para proponer un EHO factible de colocar en su sitio final. Para este diseño se consideran las especificaciones de los cohetes de la ESA³⁵ y de la NASA³⁶, y algo que todos tienen en común es la forma cilíndrica del área de carga de modo que el cilindro es el punto de partida para el diseño de este EHO que utiliza cerramientos rígidos.

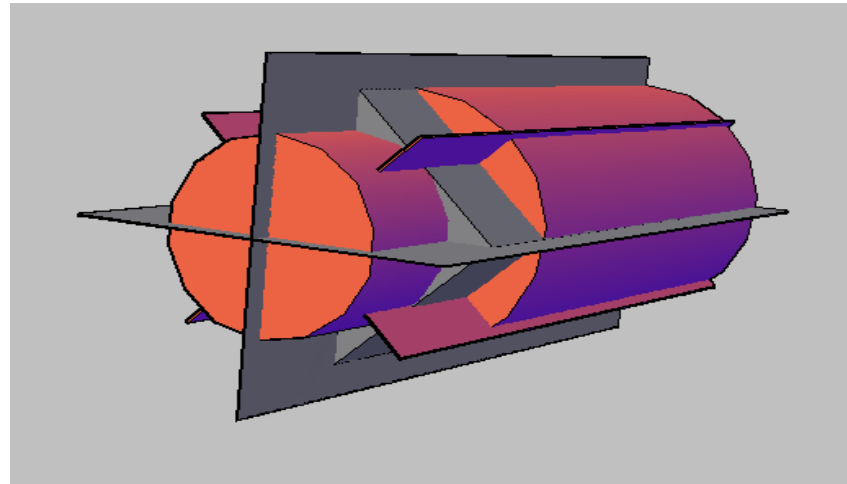
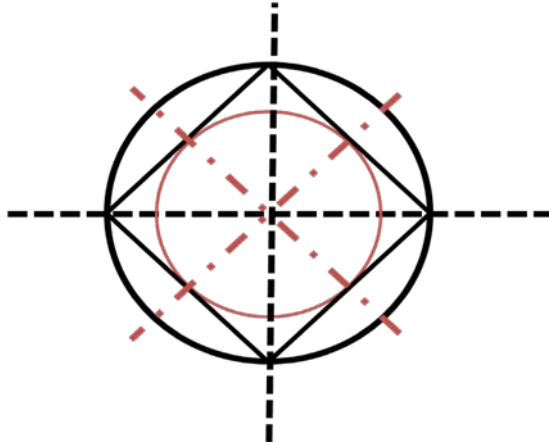


Gráfico 21. Exploración geométrica del círculo y cilindro

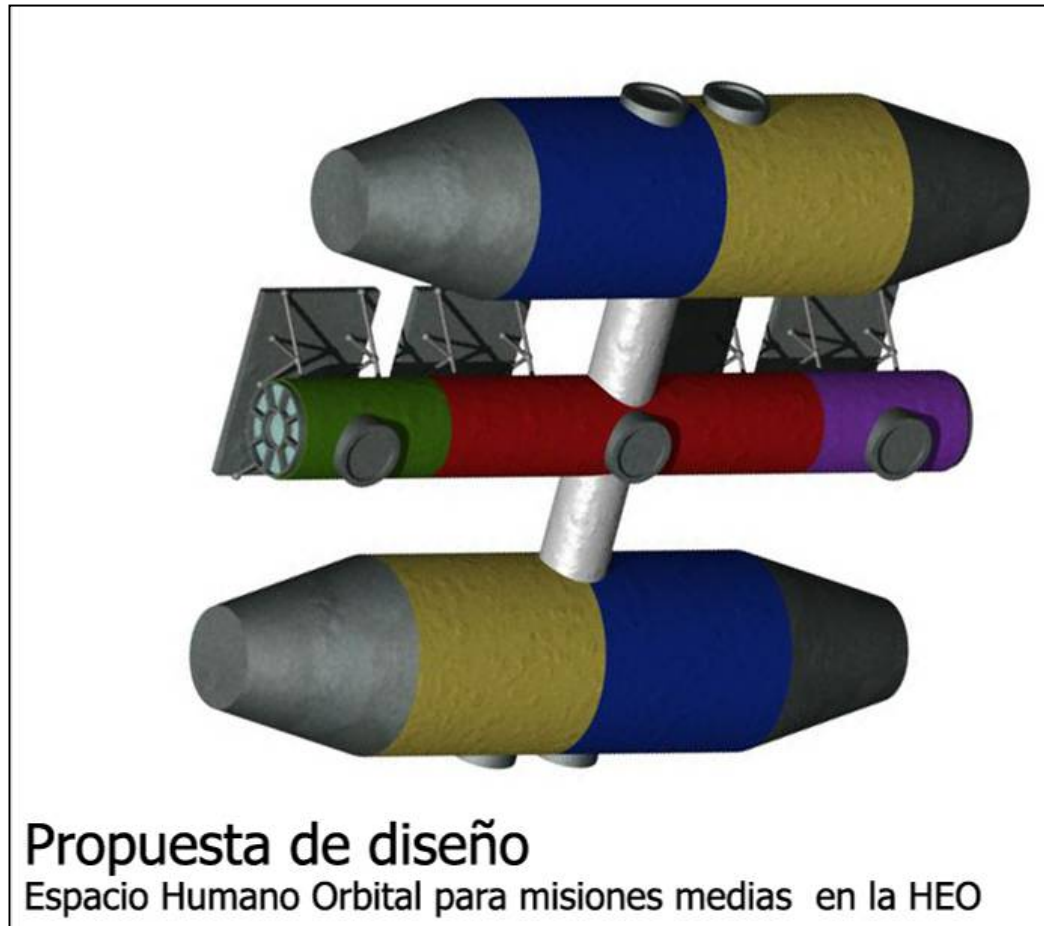
³⁵ Agencia Espacial Europea, consultada el 20 de agosto de 2012 en <http://esamultimedia.esa.int/multimedia/publications/europe-launchers/pageflip.html>

³⁶ Agencia estadounidense del Espacio y la Aeronáutica, consultada el 20 de agosto de 2012 en http://universe.nasa.gov/workshop/documents/Ares_V_Charts_for_Concept_Study_Brief_1.pdf

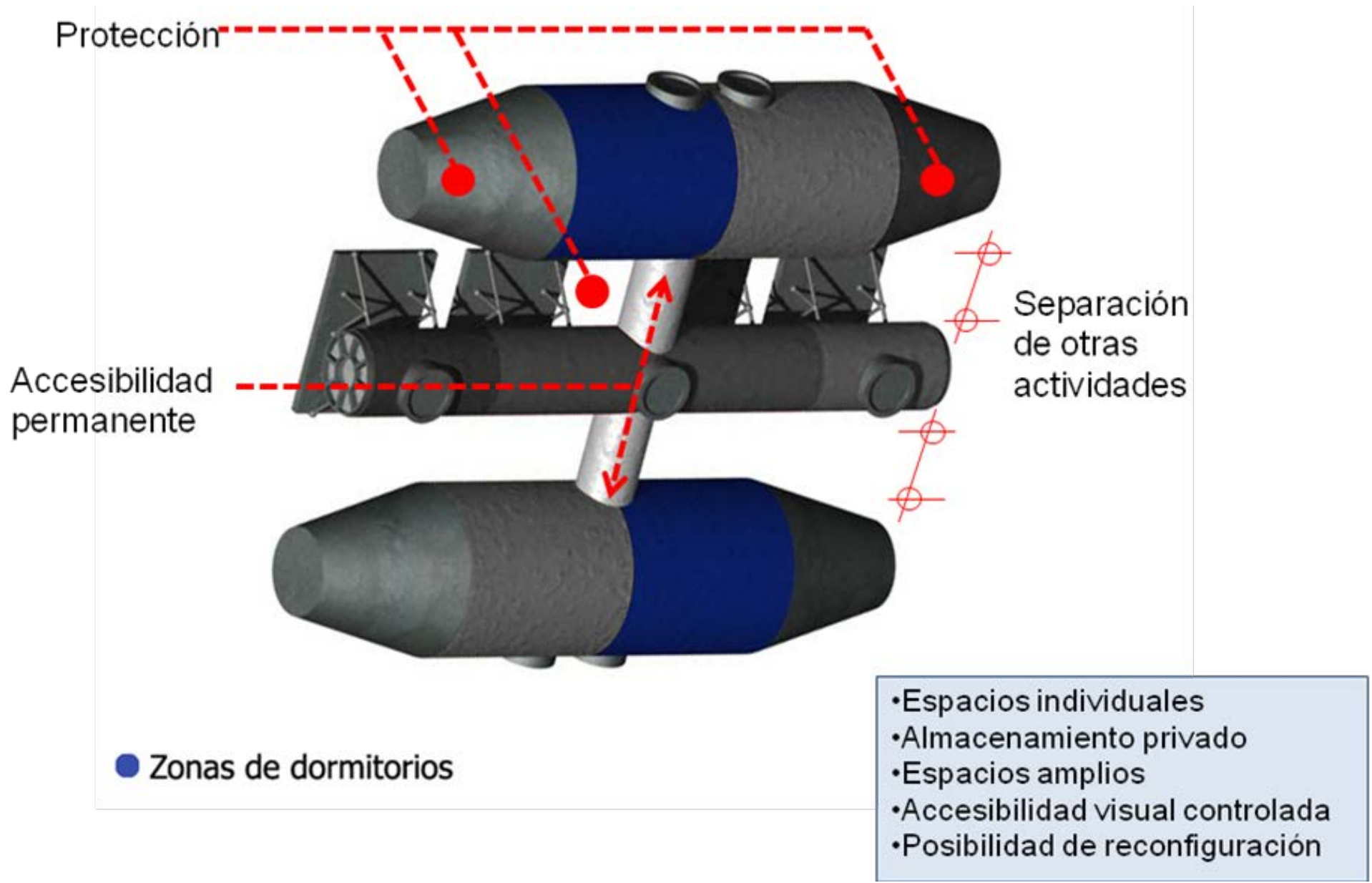
5.1 Propuesta

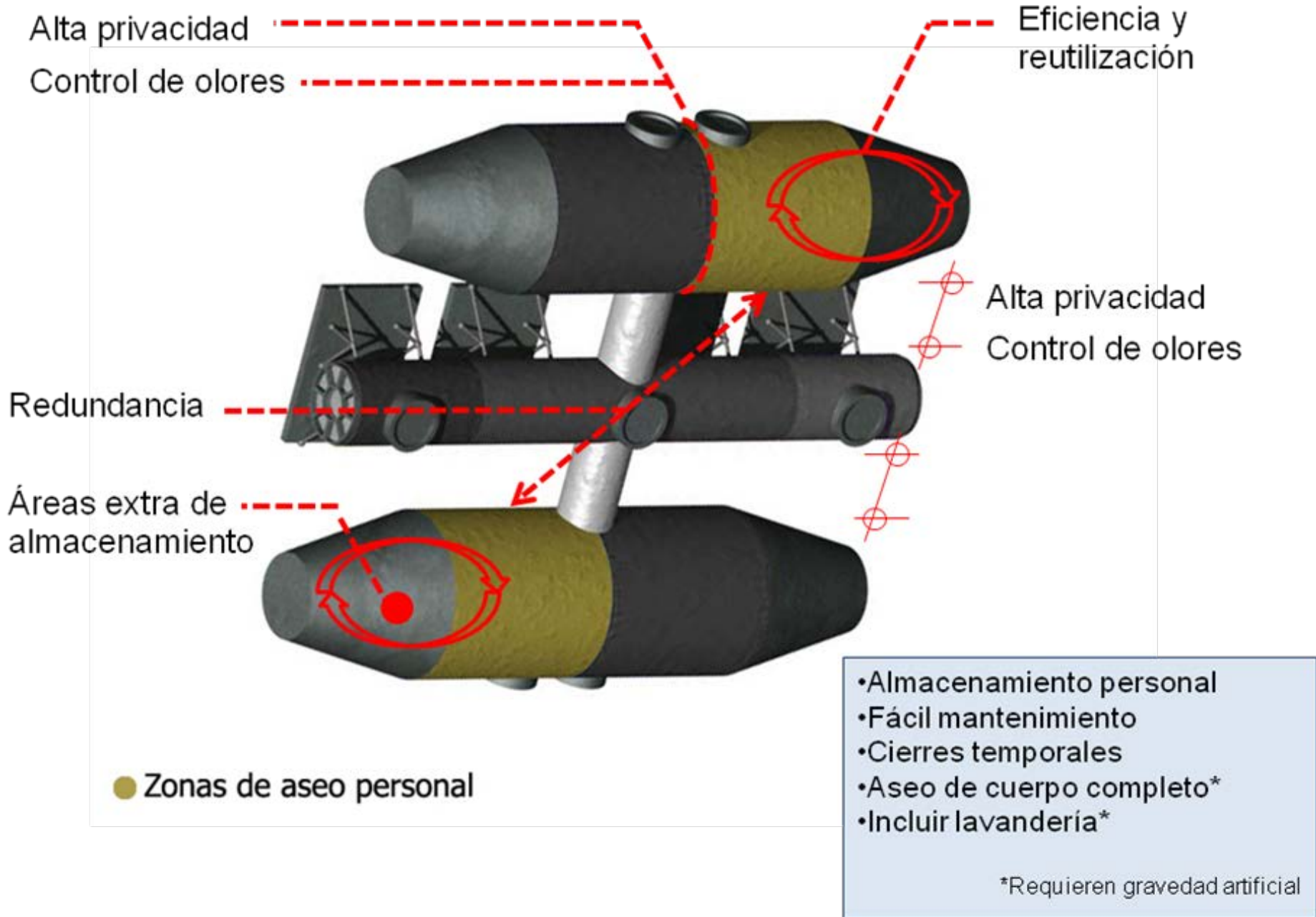
Tomando como referencia todas las variables anteriormente descritas se busca satisfacer la necesidad arquitectónica mediante el diseño de un Espacio Humano Orbital. Para lograr este objetivo, Sandra Häuplik-Meusburger propone tres conceptos que deben estar presentes en el diseño y que el autor resume en: flexibilidad, funcionalidad y comodidad.

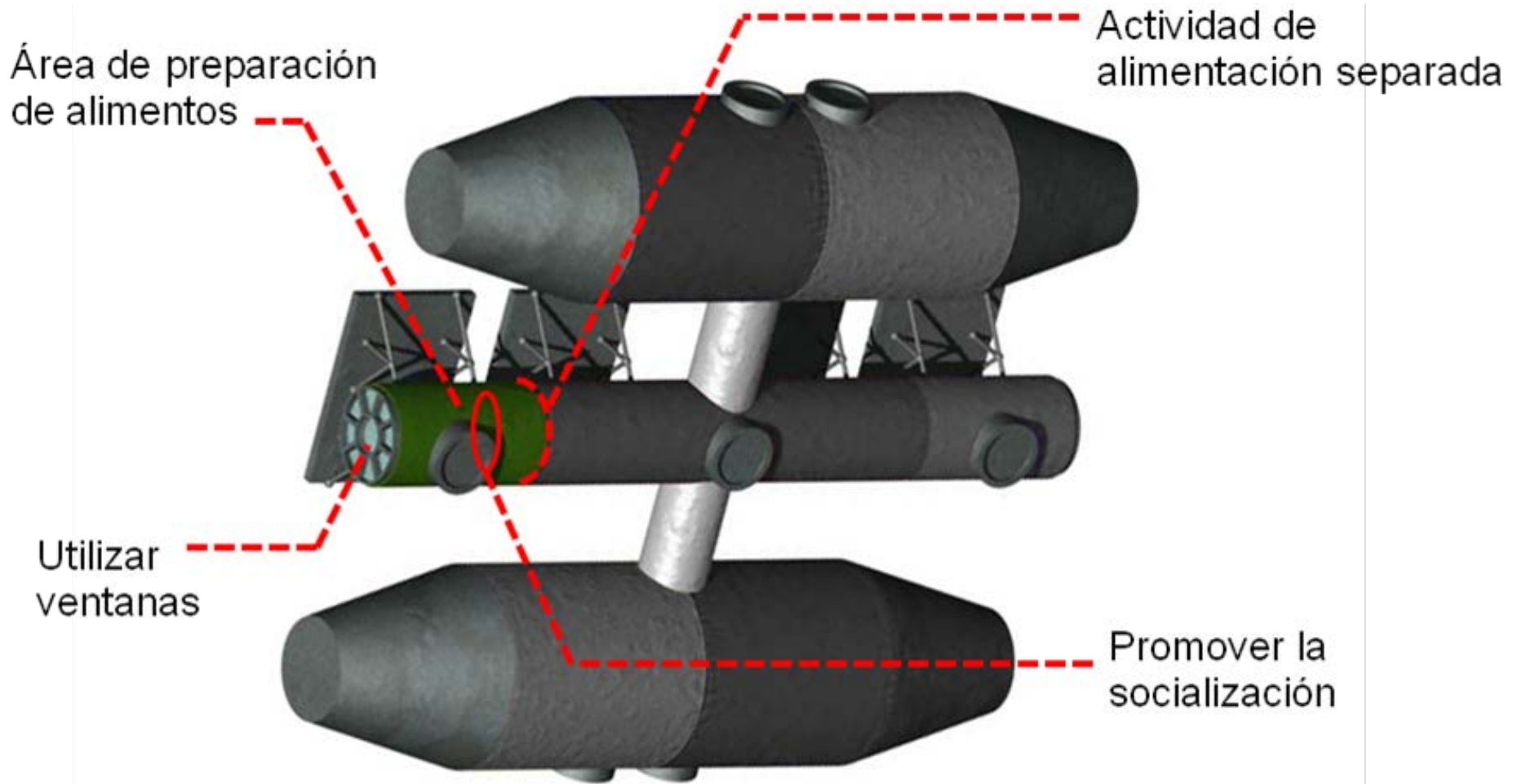
Con la interpretación/aplicación de estos tres conceptos y de las variables encontradas mediante la herramienta desarrollada en este trabajo, se propone el siguiente modelo de un EHO para científicos en la órbita alta y misiones de entre 6 y 12 meses.



Esta propuesta de diseño responde a las necesidades arquitectónicas específicas de un sitio, usuario y duración; y para evaluar su eventual desempeño se utilizan las directrices de diseño con las que Sandra Häuplik-Meusburger concluye cada uno de sus capítulos. En el modelo se indican las recomendaciones que han sido satisfechas por la propuesta y en un recuadro, aquellas que deben ser resueltas en el diseño del EHO internamente.



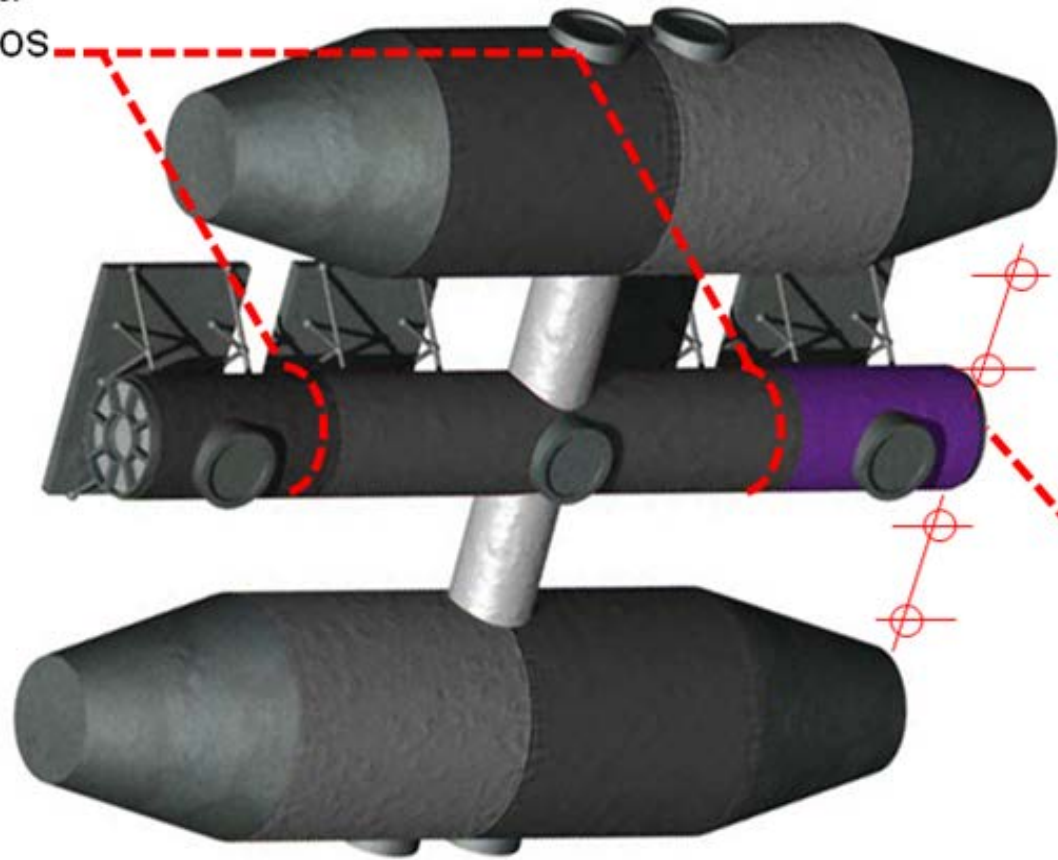




● Zona de cocina

- Cultivo de alimentos
- Sistemas de cocción
- Invernadero/habitabilidad
- Interacción/plantas
- Decoración viva (plantas)

Separación de la zona de alimentos

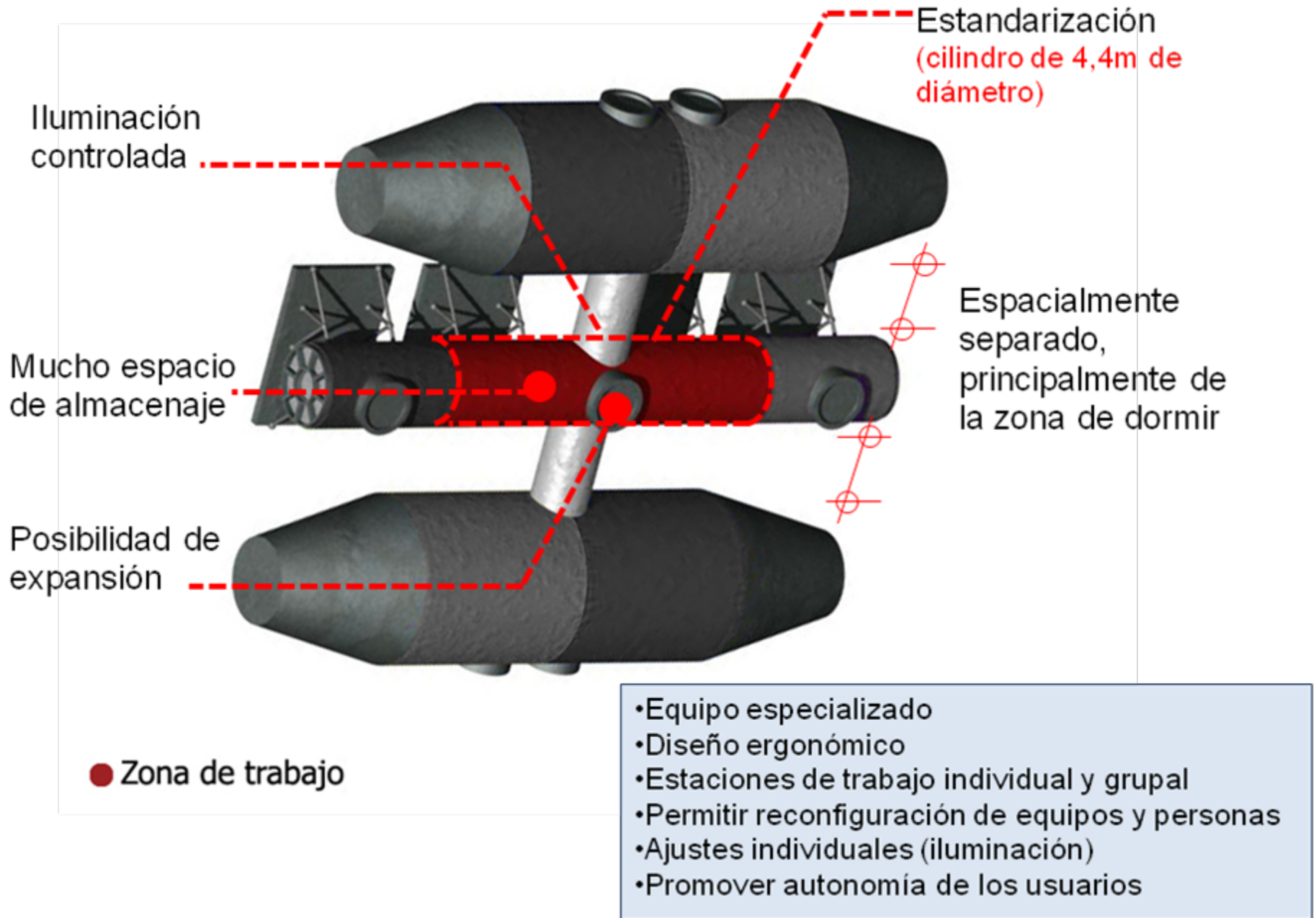


Separación de las zonas de descanso

Utilizar ventanas

● Zona recreativa

- Mezclar ocio/ejercicio
- Usar espacios 3D (microgravedad)
- Medios audiovisuales
- Actividades lúdicas
- Recreación en grupo (2,3 o 4)

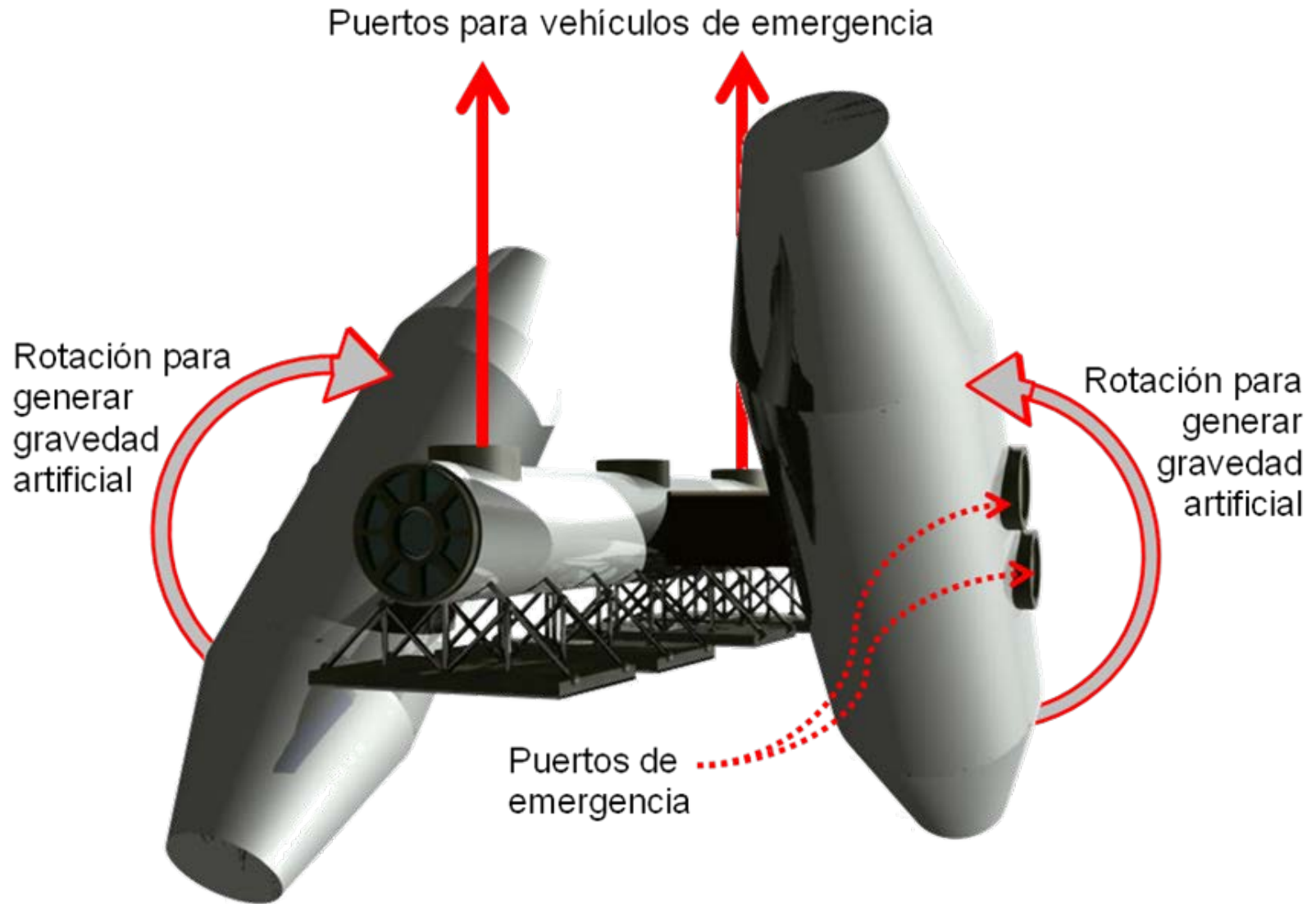


5.2 Recomendaciones

El diseño obtenido y evaluado responde a los parámetros básicos de diseño que arroja la herramienta, pero además, como ya se menciono anteriormente, el arquitecto cuenta con infinidad de estrategias para atacar el mismo problema. De este modo queda en la creatividad y experiencia del diseñador la solución que finalmente resulte, y en el desarrollo de la presente propuesta de diseño, el autor conoció y aplicó algunas estrategias de diseño que no necesariamente forman parte integral de la investigación desarrollada y que estarían sujetas a pruebas de factibilidad en investigaciones futuras, pero que de algún modo se relacionan al tema de este trabajo y vale la pena mencionar. A continuación se explican 2 de las estrategias que el autor recomienda para el EHO propuesto y en cada una se indica cual análisis le dio origen (usuario, sitio o duración).

Gravedad Artificial: con el análisis de duración se evidencia la necesidad de emular espacios terrestres, y la gravedad, es la propiedad más necesaria. Incluso los requerimientos de aseo son resueltos con mucha más facilidad en ambientes con gravedad artificial. El cuerpo humano se deteriora en ausencia de gravedad y el impacto psicológico a largo plazo también desgasta al usuario. Por lo anterior, la propuesta de diseño incorpora la posibilidad de generar gravedad artificial en las zonas de aseo y descanso pero el análisis de usuario sugiere mantener las áreas de trabajo, alimentación y recreación sin gravedad artificial, esto para no entorpecer la investigación y recreación en ambientes de caída libre. Esta recomendación sería especialmente necesaria para el caso de viajes de larga duración.

Vehículos y puertos de emergencia: con el análisis de sitio se reconoce el riesgo de vivir en este ambiente, además, el análisis de duración reconoce el impacto psicológico en los usuarios de tener que sobrellevar esta situación de peligro constante por largos periodos de tiempo. Estas condiciones vuelven indispensables los puertos y vehículos que sirvan para la evacuación inmediata por eso se proveen puertos de emergencia en todas las zonas que permiten el aislamiento del resto del EHO, así como 2 puertos especialmente ubicados para permitir la expulsión de vehículos de emergencia aun en condiciones de que la gravedad artificial este en funcionamiento.



○ Diagrama de recomendaciones

5.3 Evaluación

Como última etapa en el proceso de diseño se evalúa el desempeño de la herramienta en la propuesta concreta. Con este objetivo se elabora el siguiente gráfico donde se ubica un diagrama simplificado de la propuesta, y se acompaña de otros 17 diagramas simplificados que corresponden a la interpretación simplificada del autor de lo que sería la misma propuesta para otro usuario, sitio o duración.

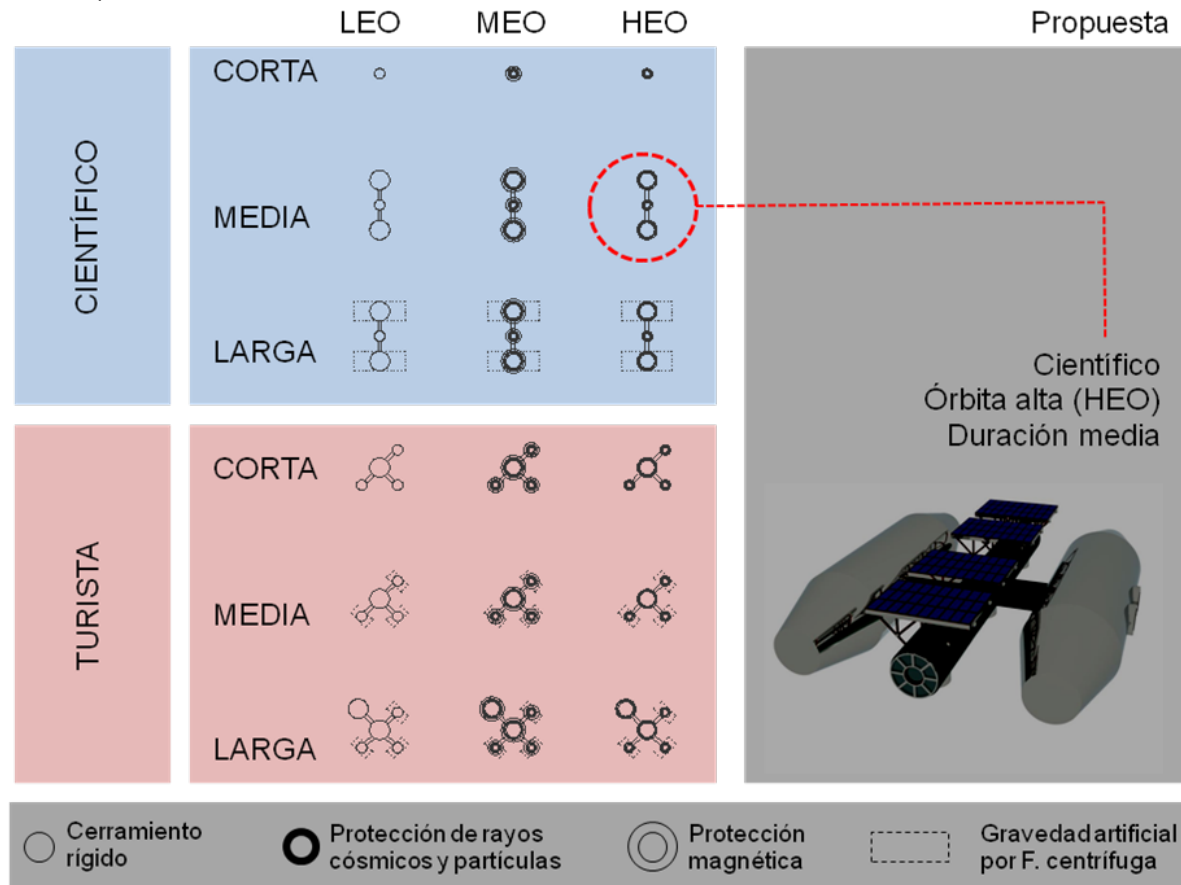


Gráfico22. Diagramas simplificados de EHO

Capítulo 6: Conclusiones

6.1 La arquitectura en la industria espacial

Se ha demostrado que los aportes que la arquitectura puede hacer en los ambientes orbitales son tan amplios como en los ambientes terrestres, y mediante algunas analogías es posible que el arquitecto tenga un acercamiento a las variables involucradas en el diseño de EHO para así incursionar en soluciones concretas dentro de esta creciente industria. Se lograron analogías para el análisis de sitio, se clasificaron y analizaron los usuarios y se mostró especial énfasis en las afectaciones psicosociales como una amenaza que puede ser minimizada a través de la arquitectura; sin embargo, muchos otros temas referentes a las necesidades arquitectónicas pueden ser explorados para reforzar la participación del profesional en arquitectura en los hábitats espaciales.

6.2 El factor psicosocial en el diseño arquitectónico de EHO

El factor psicosocial es usualmente considerado de forma intuitiva por el arquitecto cuando realiza su análisis de usuario, pero los problemas psicosociales en un ambiente tan frágil y peligroso como el espacio exterior adquieren una dimensión poco común en la arquitectura tradicional, por lo cual demandan un especial acercamiento y consideración en la etapa de diseño de los EHO. Se concluye que al tomar conciencia de las implicaciones psicosociales, de sus detonantes, efectos y contramedidas, y no tomarlas intuitivamente, se pueden lograr importantes aportaciones al diseño arquitectónico, ya sea en un EHO o en la arquitectura tradicional terrestre cuando así lo amerite. En este trabajo se identificaron 3 elementos de especial cuidado en los EHO: aislamiento, confinación y privación.

Y dado que está demostrada la influencia directa de los espacios construidos en los usuarios, esta es la forma en que el arquitecto puede lograr satisfacer la necesidad arquitectónica de reducir los efectos negativos de la vida en órbita, utilizando su creatividad para definir la estrategia que finalmente aplique.

6.3 Una herramienta para el diseño de EHO

Utilizando el proceso de diseño arquitectónico del ITCR aplicado a los EHO se ha desarrollado una herramienta a base de variables para abordar el diseño orbital y obtener los primeros parámetros de diseño. Al revisar la herramienta desarrollada se observa el desarrollo en etapas que ha tenido la industria espacial en los últimos 50 años y a la vez esta evolución de medio siglo es prueba de que el modelo es confiable para seguir trabajando sobre él, ya que al entender las variables involucradas en el proceso de diseño dentro de un sistema, contextualiza cualquier investigación futura para el enriquecimiento del mismo modelo y así llegar a mas altos niveles de especificidad en un campo relativamente nuevo para el arquitecto. Vale la pena destacar dos consideraciones especiales, la incertidumbre de la ecuación y las demás variables involucradas. El factor de incertidumbre es aplicable a cada una de las variables aunque se expresen como una ecuación lineal, ya sea el usuario, el proceso de optimización de usuario, el sitio o la duración, cualquiera es vulnerable al factor de incertidumbre que puede producirse por el ser humano o por las condiciones externas propias de los EHO. Y existen otras variables particulares en el diseño de EHO, por ejemplo solicitudes explícitas de la empresa que desarrolla el proyecto, restricciones de presupuesto o tecnología que deben ser consideradas, pero la reflexión profunda de cada una de las variables desarrolladas en la herramienta brindan al arquitecto una base para aprovechar su ingenio y conocimiento en la búsqueda de una solución arquitectónica.

6.4 Un documento de introducción

Se ha demostrado que el diseño de un espacio para el hombre a bordo de una estación espacial puede ser abordado desde la perspectiva de la arquitectura tradicional. En la teoría se han aplicado los conceptos más esenciales del diseño arquitectónico al diseño de lo que se ha denominado Espacio Humano Orbital (EHO) y en la práctica se ha logrado un diseño a partir de esta teoría que cumple los estándares básicos de la industria espacial. Al mismo tiempo la teoría aplicada para determinar un EHO podría ser extendida e incorporar nuevos conceptos para definir un Espacio Humano Lunar, Marciano, Interplanetario o generalizarse hasta definir un Espacio Humano Espacial o Extraterrestre. Sin embargo, el inventario de herramientas de diseño en los EHO es tan amplio como en la tierra, y los parámetros básicos que sugiere este documento deben ser el inicio y no el final de la investigación cuando se desee obtener un proyecto concreto. Cada una de las variables que la herramienta toma en cuenta genera una serie de problemas que deben ser resueltos, y a la vez algunos potenciales que pueden ser explotados por el diseñador.

La interpretación del arquitecto será la mejor manera de obtener un producto de calidad que responda a una necesidad específica y que mantenga un enfoque global de las variables involucradas.

Glosario

Asteroide: Cualquier cuerpo pequeño, rocoso y sin aire que orbita alrededor de una estrella. En el Sistema Solar se han identificado tres tipos: carbonáceos, silíceos y metálicos.

Astronauta: Persona tripulantes de algún vehículo espacial.

Atmósfera terrestre: Envoltura gaseosa de la Tierra. Contiene las sustancias gaseosas indispensables para la vida, como el oxígeno, el nitrógeno y el dióxido de carbono, y otras en mínima proporción. Protege la superficie terrestre de las radiaciones del Sol y del cosmos. Se divide estructuralmente en troposfera, región donde se verifica la casi totalidad de los fenómenos meteorológicos; estratosfera, que llega a unos 100 km de altura; ionosfera, sede de fenómenos eléctricos y luminosos (auroras polares, que se observan a partir de los 170 km). En total la atmósfera, propiamente dicha, no supera los 300 km de espesor. Pero se extingue tan paulatinamente que a 2 000 km de altura todavía se han reconocido trazas de ella.

Centro de gravedad: Punto en el cual se puede considerar concentrada toda la masa de un objeto o sistema.

Ciclo orbital: Período de tiempo que tarda un objeto, en completar una vuelta alrededor del cuerpo que orbita.

Compatibilidad electromagnética: Aptitud de un dispositivo, aparato o sistema para funcionar en su entorno electromagnético de forma satisfactoria y sin producir perturbaciones electromagnéticas intolerables para cualquier otro dispositivo situado en el mismo entorno.

Conductividad térmica: Propiedad física de cualquier material para conducir calor a través de sí mismo.

Emisividad infrarroja: Transferencia de calor debida a la emisión de ondas electromagnéticas entre dos superficies y no necesita de un medio para llevarse a cabo. Todo cuerpo por encima del cero absoluto emite radiación.

Escombros espaciales: Basura espacial, chatarra espacial o cualquier objeto artificial sin utilidad que orbita la Tierra. Se compone de cosas tan variadas como grandes restos de cohetes y satélites viejos, restos de explosiones, o restos de componentes de cohetes como polvo y pequeñas partículas de pintura.

Estación Espacial: Construcción artificial diseñada para que el hombre realice actividades en el espacio exterior, con diversos fines. Se distingue de otra nave espacial tripulada por su carencia de un sistema de propulsión principal (en lugar de eso, otros vehículos son utilizados como transporte desde y hacia la estación), y de medios de aterrizaje.

Fuerza centrífuga: Fuerza ficticia que se produce cuando se obliga a un cuerpo a dar vueltas. Según la tercera ley de Newton toda fuerza produce una reacción igual y opuesta. Para que un cuerpo de vueltas se debe aplicar una fuerza hacia

el centro, llamada centrípeta, así el objeto hace una trayectoria curvada en vez de rectilínea, la fuerza centrífuga es la oposición a la fuerza centrípeta.

Fugas visuales: Entorno físico apreciable a simple vista desde un sitio o espacio determinado.

Gradiente térmico: Transferencia por conducción de energía que sufre un cuerpo con diferencia de temperaturas o declive de temperaturas desde la región de mayor temperatura hacia la región de menor temperatura.

Gravedad: Una de las cuatro interacciones fundamentales mediante las cuales interactúan las partículas, la cual se representa como una fuerza y origina la aceleración que experimenta un cuerpo físico en las cercanías de un objeto astronómico.

Industria Espacial: Sector de la industria aeroespacial que comprende el conjunto de empresas privadas y gubernamentales dedicadas a la investigación y exploración espacial con fines científicos, comerciales y/o militares.

Ingravidez: Experiencia de personas y objetos durante la caída libre.

Insolación: Cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra durante un determinado periodo de tiempo.

Magnetismo: Uno de los aspectos del electromagnetismo, que es una de las fuerzas fundamentales de la naturaleza. Las fuerzas magnéticas son producidas por el movimiento de partículas cargadas, como por ejemplo electrones, lo que indica la estrecha relación entre la electricidad y el magnetismo

Micro-meteorito: Pequeñísimos trozos de roca, normalmente metálicos, rotos de pedazos más grandes de roca y escombros, que a menudo datan de la formación del sistema solar. Son muy comunes en el espacio.

Microgravedad: Es más o menos un sinónimo de ingravidez y cero-G, pero indica que las fuerzas G no son absolutamente cero, sólo muy pequeñas.

Necesidad arquitectónica: Necesidad humana que puede ser satisfecha por un proyecto arquitectónico.

Órbita: Trayectoria que describe un cuerpo alrededor de otro en el espacio, especialmente un planeta, cometa, satélite, etc., como consecuencia de la acción de la fuerza de gravedad

Precipitación: Cualquier forma de hidrometeoro que cae del cielo y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación.

Problema psicosocial: Condiciones psíquicas o sociales de la persona que, sin necesidad de constituir cuadros clínicos identificables, constituyen situaciones que afectan la salud o configuran situaciones de riesgo, requiriendo del equipo asistencial una actitud de vigilancia o algún tipo de intervención sobre el paciente o su entorno.

Rayos cósmicos: Tipo de radiación que proviene del espacio. Son partículas (en su mayoría protones) con energía muy elevada que vienen de varios lugares, incluyendo el Sol, explosiones de supernovas, y fuentes extremadamente distantes tales como radio galaxias y cuántares. Debido a su alta energía, pueden ser peligrosos para las personas y equipos. En Tierra estamos protegidos de ellos por el campo magnético y la atmósfera de nuestro planeta.

Resistencia mecánica: Forma en que un material soporta fuerzas aplicadas, incluyendo fuerzas de tensión, compresión, de impacto, cíclicas o de fatiga, o fuerzas a altas temperaturas.

Satélite: Cuerpo que orbita alrededor de otro.

Satélite geoestacionario: Satélite que gira en círculo directamente sobre el ecuador a 35.000 km sobre la superficie de la Tierra a una velocidad de 11.000 km/h. logrando la misma velocidad angular que la Tierra, es decir, permanecen inmóviles sobre un determinado punto sobre nuestro globo.

Temperatura atmosférica: Elementos constitutivos del clima que se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados así como la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas.

Trastorno psicosocial: Alteración de los procesos cognitivos y afectivos del desarrollo, considerada como anormal con respecto al grupo social de referencia del cual proviene el individuo. Se puede tratar de una alteración en el razonamiento, el comportamiento, la facultad de reconocer la realidad o de adaptarse a las condiciones de la vida.

Turismo Espacial: Modalidad de turismo que se realiza a más de 100 kilómetros de altura de la Tierra, e incluye todos los tipos turismo (recreativo, médico, deportivo, natural, etc.).

Viento: Movimiento en masa del aire en la atmósfera producto de las diferencias de presión atmosférica.

Viento solar: Corriente de partículas, principalmente de electrones y protones, cargadas y expulsadas de la atmósfera superior del Sol (o de una estrella en general). El flujo de partículas varía en la temperatura y la velocidad con el tiempo.

Zona climática: Extensión del territorio terrestre que presenta un clima predominante el cual está determinado por su temperatura, precipitaciones, vientos, vegetación, relieve, entre otros factores.

Índice de Imágenes

Anteproyecto de resort espacial de Galactic Suite_____	12
Pintura rupestre. Twyfelfontein, Namibia_____	14
Estatua de Leon Battista Alberti. Firenze, Galleria degli Uffizi_____	15
Pirámide de Maslow_____	16
Lanzamiento del cohete Soyuz_____	22
Cena a bordo del Skylab_____	23
Skylab_____	24
Franklin Chang en Actividad Extra Vehicular_____	25
Huella de un astronauta sobre la luna_____	26
Actividad Extra Vehicular (EVA)_____	27
Cúpula de la Estación Espacial Internacional_____	28
Interior del Apollo 15 durante un entrenamiento_____	29
Yi So-Yeon_____	32
Jhon Glenn_____	32
Valentina Vladimirovna Tereshkova_____	33
Dennis Tito_____	35
Diagrama del cañón de Newton_____	39
Atmósfera terrestre (fotografía desde la EEI) _____	40

Clasificación de orbitas terrestres según su distancia a la tierra_____	48
Cinturones de Van Allen_____	50
Geometría de los puntos de Lagrange_____	51
Puntos de Lagrange según centro de gravedad_____	52
Propuesta de diseño_____	86
Zonas de dormitorios_____	87
Zonas de aseo personal_____	88
Zona de cocina_____	89
Zona recreativa_____	90
Zona de trabajo_____	91
Diagrama de recomendaciones_____	93

Índice de Tablas

TABLA 1. Variables de un análisis de sitio básico. _____	41
TABLA 2. Relación análoga de variables terrestres con variables orbitales _____	43
TABLA 3. Analogía de variables terrestres con variables orbitales _____	46
TABLA 4. Características físicas de las tres esferas orbitales _____	49
TABLA 5. Tripulantes y longitud de misiones por hábitat extra-terrestre. _____	54

Índice de gráficos

Gráfico 1. Evolución de un trastorno psicosocial_____	56
Gráfico 2. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 1_____	57
Gráfico 3. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 2_____	58
Gráfico 4. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 3_____	59
Gráfico 5. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 4_____	60
Gráfico 6. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 5_____	61
Gráfico 7. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 6_____	62
Gráfico 8. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 7_____	63
Gráfico 9. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 8_____	65

Gráfico 10. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 9_____	66
Gráfico 11. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 10_____	67
Gráfico 12. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 11_____	68
Gráfico 13. Número de veces que cada respuesta fue mencionada por algún entrevistado en la pregunta 12 y 13_____	69
Gráfico 14. Resumen de variables involucradas en el proceso de diseño de un EHO_____	78
Gráfico 15. Síntesis de la herramienta propuesta_____	78
Gráfico 16. Herramienta aplicada a los primeros viajes orbitales_____	79
Gráfico 17. Herramienta aplicada a las misiones Apollo. _____	80
Gráfico 18. Herramienta aplicada a la EEI_____	81
Gráfico 19. Herramienta aplicada a futuros viajes orbitales_____	82
Gráfico 20. Relación de actividades humanas para la propuesta_____	84
Gráfico 21. Exploración geométrica del círculo y cilindro_____	85
Gráfico 22. Diagramas simplificados de EHO_____	94

Fuentes

Häuplik-Meusburger, Sandra. (2011) *Architecture for Astronauts*. Alemania, Springer.

A. Scott Howe and Brent Sherwood. *Out of this World: the new field of space architecture*. Maryland, Library of Flight

Ares V Reference Payload Capabilities. (2007). Consultado el 10 de agosto de 2012 en http://universe.nasa.gov/workshop/documents/Ares_V_Charts_for_Concept_Study_Brief_1.pdf

Se alquilan departamentos para aves (2009) consultado el 18 de Junio de 2012, en <http://www.ecologismo.com/2009/09/26/se-alquilan-departamentos-para-aves/>

Robertson, M (n.d.). *La Estación Espacial Internacional: un punto de apoyo en el espacio*. Consultada el 18 de junio de 2012 en <http://www.scienceinschool.org/print/697>

Webislam (2008). *La Pirámide de Maslow*. Consultado el 20 de junio de 2012 en http://www.webislam.com/articulos/34942-la_piramide_de_maslow.html

Ruskin, John. (1849). *The Seven Lamps of Architecture*

Wikipedia. Consultada el 20 de junio de 2012 en <http://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura>

Ching, Francis D.K. Citado en "*Diseño Arquitectónico de un Museo Etnográfico*". Consultado el 1 de agosto de 2012 en <http://comunicarquitectura.blogspot.com/2009/04/fase-ii-analisis-de-sitio-y-programa.html>

Quantum-Rd. (2012). *Larga permanencia en el espacio afecta los ojos y el cerebro de los astronautas*. Consultado el 1 de Agosto de 2012 en <http://es.paperblog.com/larga-permanencia-en-el-espacio-afecta-los-ojos-y-el-cerebro-de-los-astronautas-992022>

Kennedy Space Center. Consultado el 20 de junio de 2012 en <http://www.kennedyspacecenter.com/early-space-exploration.aspx>

Galactic Suite. Consultada el 15 de marzo de 2012 en <http://galacticsuitespaceresort.com/index2.html>

Virgin Galactic. Consultada el 15 de marzo de 2012 en <http://www.virgingalactic.com/>

Bigelow Aerospace. Consultada el 2 de febrero de 2012 en <http://www.bigelow aerospace.com/genesis-1.php>

Agencia Espacial Europea, consultada el 20 de agosto de 2012 en <http://esamultimedia.esa.int/multimedia/publications/europe-launchers/pageflip.html>

Agencia estadounidense del Espacio y la Aeronáutica, consultada el 20 de agosto de 2012 en http://universe.nasa.gov/workshop/documents/Ares_V_Charts_for_Concept_Study_Brief_1.pdf

Entrevista personal con *Marianela Muñoz*. Psicóloga. San José, 2012.

Entrevista personal con *Ronald Chang*. Director ejecutivo de Ad Astra Rocket Company Costa Rica. San José, 2012.

Entrevista personal con *Juan Ignacio del Valle*. Ingeniero de Ad Astra Rocket Company Costa Rica. Liberia, 2012.

Entrevista personal con *Marco Gómez*. Ingeniero Aeroespacial de Ad Astra Rocket Company Costa Rica, Liberia 2012.

Anexo

Encuesta

Pregunta	Fecha							
	Nombre							
	Profesión							
1	¿Cuales hábitos o costumbres de la tierra extrañaría durante su permanencia en el espacio?							
2	¿Además de la gravedad, cuál es la diferencia más grande entre trabajar en el espacio y trabajar en la tierra?							
3	¿Qué cambiaría de la forma de vida y trabajo en el espacio?							
4	¿Fuera del trabajo, cuales ideas ocuparían su mente durante una misión en el espacio?							
5	¿Según su criterio qué es lo mas difícil de vivir en el espacio?							
6	¿Cuál sería el mayor reto psicológico de vivir dos años en el espacio?							
7	¿Cuales son las ventajas que presenta el vivir y trabajar en el espacio para el astronauta?							
8	¿Si fuera a vivir dos años en el espacio, cuál sería su principal demanda?							
9	¿Cómo describiría la calidad de comunicación que pueden tener los astronautas con sus seres queridos de la tierra?							
10	Califique de 0 a 5 la intensidad máxima en que usted cree que experimentaría los siguientes sentimientos en algún momento de un viaje espacial:							
	Agradecimiento	Entusiasmo	Orgullo	Ilusión	Depresión	Arrepentimiento	Frustración	Soledad
	Disgusto	Incomodidad	Enojo	Molestia	Angustia	Confusión	Temor	Tensión
11	¿Ud. cree que sería susceptible de sufrir alguna situación de carácter psicosocial que afectara el buen funcionamiento de una misión?							
12	¿Estaría dispuesto a utilizar un software que le diagnostique su estado mental?							
13	¿Cree que un diseño más humano de las naves y estaciones espaciales pueden contribuir a la salud mental de los astronautas?							

Sujeto 1

Respuesta	10/05/2012							
	Karla Sandoval							
	Diseñadora							
1	El baño diario							
2	Estar confinado en espacio pequeño							
3	No sé							
4	Familia							
5	Temor a que un desperfecto grave haga imposible el regreso							
6	Mantenerse ocupado y motivado por alcanzar metas a corto y mediano plazo							
7	Concentrarse en su trabajo sin distracciones							
8	Debe haber mucha tolerancia							
9	Calidad y redundancia en los sistemas de purificación de aire y agua							
10	Con los avances tecnológicos sería como si estuvieran en otro país							
	1	5	5	3	5	2	4	4
	3	4	3	3	4	3	4	4
11	No							
12	sí, genial							
13	Creo que afectan más las relaciones interpersonales, buscaría mecanismos para mantener la comunicación transparente y buenas relaciones entre compañeros							

Sujeto 2

Respuesta	10/05/2012							
	Ronald Chang							
	Ingeniero							
1	Probablemente la parte de higiene personal.							
2	La sensación de no tener una referencia del arriba y del abajo. El espacio no tiene un punto de referencia y lo único que uno puede hacer es usar el vehículo como guía.							
3	Propondría vehículos con espacios de trabajo que tengan fuerza centrífuga para simular la gravedad.							
4	La familia							
5	La soledad.							
6	Definitivamente la soledad y la falta de interacción con la familia.							
7	El ambiente de caída libre.							
8	Muy fuerte, a tal punto que se cuidan las espaldas en todo momento. Todo astronauta cuida a su compañero como un hermano.							
9	Tener contacto con sus seres queridos.							
10	Actualmente debe mejorarse.							
	5	5	5	5	2	2	2	4
	2	2	2	2	3	3	5	5
11	Puede ser.							
12	Muy buena							
13	Definitivamente que sí. Creo que la investigación debe continuar hasta mejorar considerablemente la calidad de vida en un vehículo espacial.							

Sujeto 3

Respuesta	14/05/2012							
	Jonathan Schifino							
	schifinodiluca@yahoo.es							
	Arquitecto							
1	La manera de comer y salir cada mañana de mi casa y ver la luz del sol.							
2	Definitivamente la falta de luz natural.							
3	Buscaría la manera de crear ambientes "hogareños" dentro de las naves, al menos en los espacios destinados al descanso de los tripulantes; para que al menos en su tiempo libre se puedan sentir como en casa.							
4	Probablemente reforzaría mi teoría que es imposible estar solos en un universo tan inmenso							
5	Acoplarse a los hábitos alimenticios y no tener noción clara del tiempo al no experimentar el cambio del día y la noche.							
6	Acostumbrarse a la idea de no poder salir de la nave, a pesar de tener en el exterior el espacio "infinito".							
7	Pueden concentrarse al máximo en su trabajo al no existir tantos factores distractores.							
8	Se debe crear un vínculo muy fuerte; pues por largos periodos de tiempo se convierten además en su familia; y debe existir un alto grado de confianza pues la vida de todos ellos depende de que cada quien haga correctamente su trabajo.							
9	Trabajar en un espacio con ventanas y dormir en uno sin ellas.							
10	Supongo que la comunicación debe ser muy limitada; por lo cual cuando se dan los contactos deben ser muy emotivos. Pienso que para ser astronauta se debe tener además una alta capacidad de desapego emocional; para no presentar episodios de soledad.							
	3	5	5	5	3	3	3	1
	3	3	3	3	3	3	3	5
11	Probablemente si, por exceso de tensión en momentos de crisis							
12	Si, me parece muy útil inclusive para cualquier trabajo que se vaya a realizar.							
13	Me parece que es una excelente idea; entre más parecidas sean las condiciones de las naves a los espacios terrestres, menos posibilidades habrá de que pasen por crisis psicológicas. Yo incluso, buscaría la forma de incorporar vegetación dentro de las naves; me parece que es el elemento que más caracteriza nuestro planeta; y eso puede hacer más placentera la estancia de los tripulantes.							

Sujeto 4

Respuesta	24/05/2012							
	Anónimo							
	Ingeniero							
1	La sensación de la gravedad para todas las actividades cotidianas, y la capacidad de estar al aire libre.							
2	El aislamiento, la pérdida de los ciclos del día y la noche.							
3	Las rutinas, habría un impacto psicológico fuerte por la necesidad de estar confinado.							
4	Registrar todo lo posible las experiencias sentidas y las imágenes.							
5	El aislamiento, la pérdida de los ciclos del día y la noche, la imposibilidad de contacto físico con seres queridos.							
6	Mantener el enfoque hacia la importancia del trabajo realizado, combatir el aburrimiento y la soledad.							
7	El ambiente de microgravedad que permite realizar muchos experimentos y desarrollos imposibles de lograr en la Tierra.							
8	Son su familia y su sistema de apoyo psicológico inmediato.							
9	Poder ver zonas verdes							
10	Pobre. Es un sacrificio.							
	3	5	3	4	4	3	4	5
	3	4	3	3	3	3	4	5
11	Sí							
12	No creo que sirva para todos los pacientes.							
13	Sí, pero hay mucho que averiguar todavía sobre las necesidades de las personas en órbita.							

Sujeto 5

Respuesta	24/05/2012							
	Anónimo 2							
	Ingeniero							
1	Salir a correr en las mañanas.							
2	La falta de recursos. En el espacio uno solo tiene lo que se llevó.							
3	Tendría más atención a mi salud ya que un doctor es difícil de encontrar.							
4	La estructura de la nave.							
5	La falta de gravedad ya que hay que ejercitarse constantemente para evitar deterioro fisiológico.							
6	El mayor reto es acostumbrarse a un ambiente completamente diferente a lo que uno a vivido. Hay que estar encerrado en una cápsula con pocas personas y sin gravedad.							
7	Un acceso fácil a la microgravedad y el vacío para experimentos.							
8	Ellos deben de tener una muy buena relación ya que solo pueden depender de ellos mismos en caso de emergencia.							
9	Instrumentos científicos.							
10	Muy buena. Avances en tecnología permiten que la comunicación con la tierra sea muy accesible.							
	5	5	5	5	2	2	1	3
	1	3	2	3	3	1	1	3
11	No.							
12	Si. Me parece buena.							
13	Una cápsula más amplia le daría más libertad a los astronautas pero esto tendría un gran costo.							

Sujeto 6

Respuesta	25/05/2012							
	José A Sandoval							
	Diseñador gráfico							
1	Ninguna.							
2	Mientras uno esté ayudando a otro ser humano a ser y vivir mejor no le veo la diferencia. Trabajo es trabajo en cual parte del universo.							
3	Trataría de empezar una nueva vida allá "arriba" Pero si muchos conceptos cambiarían, por el ejemplo (como dije antes estas preguntas me hacen filosofar y hasta pensar en no ir al espacio) el sentido de la vida cambiaría, pero no sé hacia qué rumbo.							
4	Seguro pensaría mucho en lo que es el ser humano							
5	La convivencia con las personas que vivan en el espacio.							
6	Estar lejos de la familia							
7	No tener los problemas que hay en la tierra.							
8	En base a lo que conocemos en la Tierra, debe ser algo como una amistad.							
9	Tener un plan de acción, o sea, tener que hacer durante todo el tiempo, o en otras palabras, ¿Para qué voy a ir?							
10	Mientras que haya comunicación no hay problema.							
	2	3	2	4	2	1	3	3
	2	3	1	2	3	2	4	2
11	No							
12	si, el que vaya al espacio no puede ser cualquiera							
13	Si.							

Sujeto 7

Respuesta	04/06/2012							
	Sergio Cortés.							
	Ingeniero							
1	No poder compartir con la familia ni tener la posibilidad de realizar actividades normales en la Tierra (ir a la playa, a una montaña, hacer un asado, etc.).							
2	La extrema limitación de recursos. En la Tierra si se necesita una herramienta o repuesto, fácilmente se consigue. En el espacio se tiene que esperar mucho tiempo o buscar alternativas.							
3	Lo pequeño de los lugares habitacionales. Actualmente, todo es muy limitado y entre más pequeño es más barato y sencillo de enviar al espacio, por eso todas las cápsulas habitacionales son muy pequeñas.							
4	Tratar de hacer experimentos divertidos, conversar con la familia, leer.							
5	La falta de recursos (comida, aire, agua, etc.).							
6	Las grandes limitaciones de actividades y no tener contacto directo con la familia.							
7	Dentro de la nave hay mucha facilidad de movimiento en microgravedad. Fuera de la nave, la única ventaja es que existe mucho planeamiento y apoyo para ejecutar el trabajo. Lo demás, son puros aspectos en contra que dificultan el trabajo: guantes muy gruesos del traje espacial, visibilidad más limitada por el casco o iluminación deficiente, dificultad para moverse, etc.							
8	Son un equipo de trabajo y todos son muy importantes, tiene que haber excelente comunicación para realizar misiones exitosas.							
9	Tener buena comunicación con mis familiares y buena comida.							
10	Relativamente buena.							
	5	5	5	5	1	1	1	4
	1	2	1	2	1	1	3	3
11	No.							
12	Sí, no tengo problema.							
13	Sí.							

Sujeto 8

Respuesta	04/06/2012							
	Jorge Oguilve							
	Ingeniero							
1	Probablemente sentir las gotitas cayendo cuando tomo una ducha con agua caliente.							
2	Aparte de la gravedad, es muy diferente la tolerancia a errores, todo debe ser realizado metódicamente, con listas de verificación, pues un error o descuido "simple" a nivel terrestre puede significar la vida a nivel espacial.							
3	Nada.							
4	La irracionalidad de las nacionalidades, guerras y otros aspectos superfluos que nos mantienen ocupados innecesariamente.							
5	Adaptarse y aprender a vivir en espacios confinados.							
6	El confinamiento y extrañar a la familia, en mi opinión.							
7	La ventaja es a nivel de humanidad, es un actor directo del plan "B" que es colonizar otros espacios, en caso de que los esfuerzos sostenibles fallen.							
8	Debe ser de extrema confianza, con un ambiente de trabajo en equipo.							
9	Alimentos y comunicaciones que permitan sentirse cerca de la familia.							
10	Actualmente, buena.							
	5	5	5	5	1	1	1	3
	1	3	1	1	1	1	1	3
11	No.							
12	Sí, pero estaría muy pendiente de su método de validación.							
13	Claro, emular su casa sería muy beneficioso.							

Sujeto 9

Respuesta	04/06/2012							
	Allan Rivera							
	Ingeniero							
1	El contacto con la naturaleza y los espacios abiertos.							
2	El extremo cuidado en las actividades que se realizan por la ausencia de condiciones naturales de vida, además del sentimiento de soledad que me imagino, se debe experimentar.							
3	Buscaría la forma de hacer más seguro y familiar con respecto a las condiciones en la tierra.							
4	La familia							
5	Enfrentarse a ambientes de difícil supervivencia.							
6	Superar estar tan lejos de la gente y el sentimiento de soledad que me imagino se debe experimentar.							
7	El espacio sería como un gran laboratorio donde se puede realizar muchísimos experimentos para comprender la vida en todo el universo.							
8	El astronauta debe trabajar en equipo, los compañeros de misión son también un apoyo para lograr la supervivencia.							
9	Mantener la salud y la integridad física, que podría deteriorarse por las condiciones ambientales propias de estar fuera de la atmósfera terrestre.							
10	Eso va a depender de qué tan lejos se encuentre, debido a las distancias podría haber retrasos en la comunicación o limitaciones de la cantidad de datos que se pueden enviar o recibir debido a la energía que demanden éstos sistemas.							
	4	5	5	4	3	1	2	5
	2	3	1	2	2	2	3	3
11	Sí							
12	Me parece que sí es importante el diagnóstico, creo que el examen vía software tendría siempre que ser valorado por un ser humano que analice los resultados.							
13	Creo sí podría ayudar a mejorar el bienestar del astronauta.							

Sujeto 10

Respuesta	05/06/2012							
	Cindy Salvatierra							
	Publicista							
1	extrañaría el habito del baño tal y como se realiza en la tierra y el poder ver la vegetación							
2	el que todo tenga que ser más lento por la falta de gravedad, la velocidad de los movimientos en todo aspecto disminuyen							
3	no lo sé							
4	el experimentar nuevas cosas							
5	el estar acostumbrado a hacer las actividades diarias con gravedad hace que el hacerlas sin gravedad sea muy difícil							
6	vivir en un ambiente completamente diferente al de la tierra, tanto físico como social							
7	el tiempo se pasa más lento							
8	como compañeros de trabajo o hasta como una familia							
9	alimentación e higiene							
10	sería una comunicación basada en telecomunicaciones							
	3	4	3	4	2	2	2	3
	2	4	2	2	4	4	3	2
11	no							
12	si, para ir previniendo cualquier problema que se pueda presentar antes de que suceda							
13	si, porque no se enfrentarían a un ambiente tan frio y radical. el estar en un ambiente más acogedor puede brindarle más estabilidad a los astronautas porque no los saca en su totalidad de la realidad que los rodea en la tierra							

