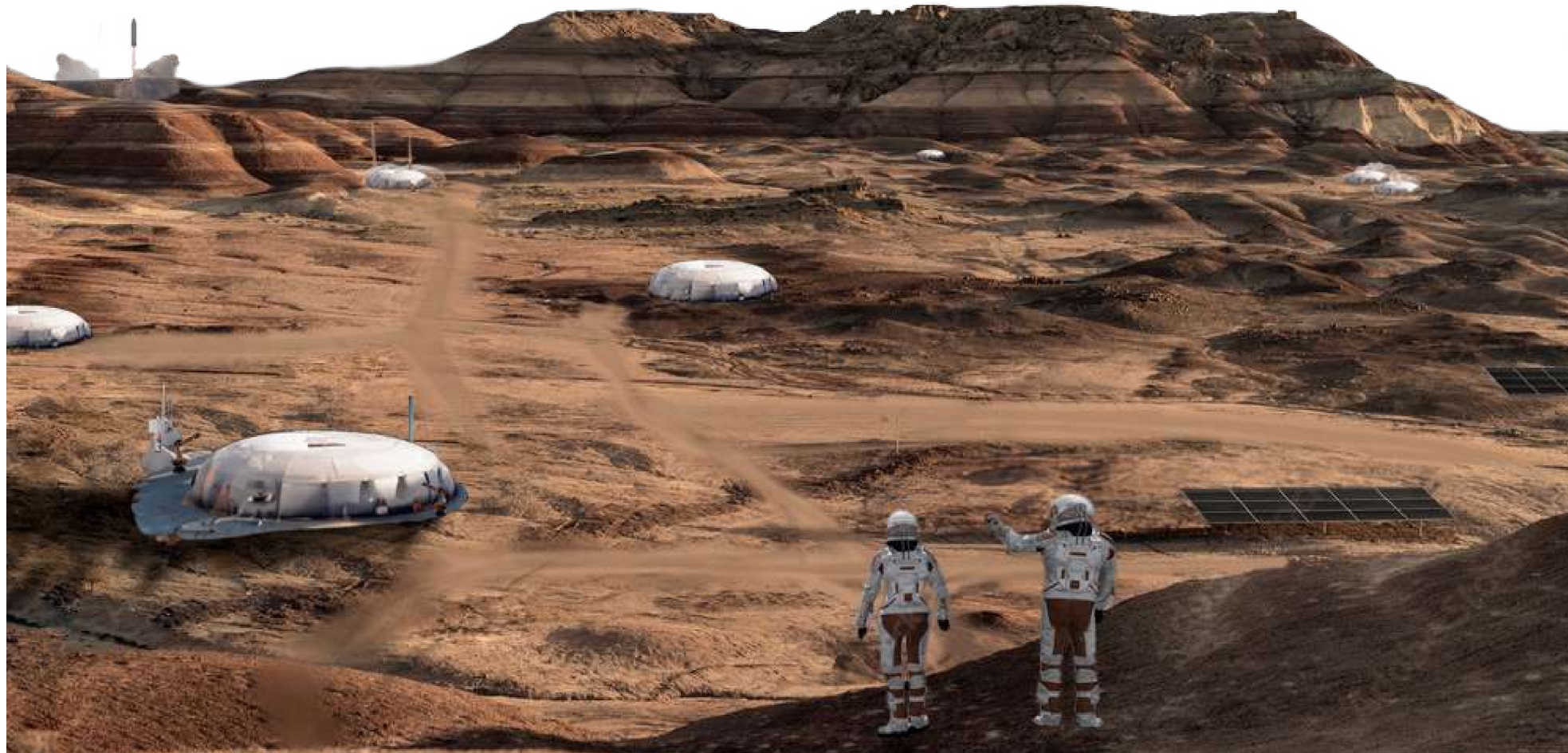


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Departamento de Arquitectura
Valparaíso - Chile



MARS: 2050

Estrategia de emplazamiento automatizada



Luis Carlos Enrique Villagra Covarrubias
Memoria de titulación para optar al título de Arquitecto
Profesores guía: Jorge León - Francisco Valdés

Resumen

Actualmente, nos encontramos con un panorama de sobrecarga al eco-sistema terrícola, lo que dificulta el natural desarrollo y crecimiento de nuestra especie. Por ello, comienza a tomar protagonismo la idea de explorar otros territorios en busca de nuevas oportunidades. v

La propuesta consiste en un algoritmo que entrega una serie de estrategias de emplazamiento, de las cuales se usan como parámetros, la posición de los programas escogidos y el criterio de discriminación del terreno. Este algoritmo reconoce, evalúa propuestas y promueve la generación de variaciones en pos de encontrar la mejor solución posible.

Para levantar la base de datos necesarios para el algoritmo se hace, primero, un reconocimiento de los requerimientos, los cuales son utilizados para formar un conjunto de reglas, que serán finalmente las guías dentro del proceso de diseño. También se rescatan estrategias de proyectos similares como “Mars Science City” de BIG, “Habitat on Mars” de Yash Suresh Rathod, la propuesta de título Mars Modular Outer Shell de Vincenzo Cambise y varios emplazamientos dentro de ambientes extremos en la Tierra.

Abstract

Today, we face a scenario of an ecosystem overloaded, which makes difficult our growth and development. Because of that, the idea of exploring other territories to find new opportunities is becoming more important nowadays.

This project wants to be part of this search for new territories and challenges, integrated in MEPAG exploration plans, that study the characteristics of Mars to confirm if there was or is life there.

The project arises with vision of the year 2050 and the mission of colonizing Mars with 500 people.

The proposal consists of an algorithm that delivers a series of strategies for emplacement, which use as parameters the position of the chosen programs and criterion of terrain discrimination. This algorithm recognizes and evaluates proposals and promotes the generation of variations in order to find the best possible result.

To build the database needed for the algorithm, first, there's a recognition of requirements, which are then used to make a set of rules that are going to finally be the guidelines for the design process. Strategies from similar projects like BIG's "Mars Science City", Yash Suresh Rathod's "Habitat of Mars" and extreme locations on Earth were also used as examples.

Glosario

Algoritmo:

Conjunto ordenado y finito de operaciones que permiten hallar la solución de un problema

Diseño generativo:

El diseño generativo es un proceso de exploración de diseño iterativo que utiliza un programa de software (en este caso, la extensión de Grasshopper: Octopus) para generar una gama de soluciones de diseño que cumplen con un conjunto de restricciones.

A diferencia del diseño tradicional o análogo que comienza con los conocimientos del arquitecto o ingeniero, el diseño generativo comienza con parámetros de diseño y utiliza la IA para crear el modelo.

Evaluación:

Puede concebirse como un proceso dinámico, que tiene por objeto analizar conductas, actitudes, rendimientos y logros.

Fenotipo:

Es la forma física de las características de un individuo.

Gen:

Información o data básica de herencia que es responsable de su representación física como fenotipo (texto, números, dominios, etc.).

Genotipo:

Un conjunto de genes e información genética que conforma las características de un individuo de cualquier especie.

ISS:

La Estación Espacial Internacional es una gran nave espacial en órbita alrededor de la Tierra. Sirve como hogar donde viven tripulaciones de astronautas y cosmonautas. La estación espacial es también un laboratorio científico único en su clase (Flint 2020)

ISRU:

“In Situ Resource Utilization”

Cualquier operación o hardware que recolecte, genere, almacene y utilice recursos encontrados en objetos astronómicos (La Luna, Marte, Asteroides, etc.) que reemplazan materiales que de otro modo serían traídos desde la tierra (Agua, combustible, materiales de construcción, etc.) (Michael 2016)

MEPAG:

El grupo de análisis del programa de exploración de Marte (sus siglas en inglés MEPAG o Mars Exploration Program Analysis Group) es responsable de proporcionar la información necesaria para planificar y priorizar las actividades de exploración en Marte. (Banfield et al., 2020, p. 3)

NASA:

Administración Nacional de Aeronáutica, agencia independiente del gobierno de los Estados Unidos, es responsable del programa espacial civil, así como de la investigación aeronáutica y aeroespacial del espacio. (Sandra May, n.d.)

Regolito:

El regolito es una capa de roca suelta y varios tipos de fragmentos minerales que aún no forman un suelo consolidado.

REMS:

La Estación de Monitoreo Ambiental Rover recibe el sobrenombre de REMS y contiene todos los instrumentos meteorológicos necesarios para proporcionar informes diarios y estacionales sobre las condiciones meteorológicas alrededor del Rover. ("Mars Curiosity Rover" n.d.)

Rover:

Vehículo de exploración espacial diseñado para moverse sobre la superficie de un planeta u otro objeto astronómico. ("Mars Curiosity Rover" n.d.)

Párametro:

Elemento o dato importante desde el que se examina un tema, cuestión o asunto.

Índice

- Resumen 1
- Abstract 2
- Glosario 3
- Índice 5

- CAPÍTULO 1: Introducción..... 9
 - 1.1 Marco teórico..... 10
 - 1.2 Problema y oportunidad 17
 - 1.3 Preguntas iniciales 19
 - 1.4 Objetivos del proyecto..... 20
 - 1.5 Metodología de trabajo 21

- CAPÍTULO 2: Antecedentes..... 23
 - 2.1 Proyecciones..... 25

 - 2.2 Análisis: FODA 29
 - 2.2.1 Fortalezas 30
 - 2.2.2 Oportunidades 35
 - 2.2.3 Debilidades 36
 - 2.2.4 Amenazas 38
 - 2.3 Análisis de requerimientos de la arquitectura espacial 42
 - 2.3.1 Eficiencia Hídrica 43
 - 2.3.2 Energía Renovable 46
 - 2.3.3 Ambientes extremos: Alta Radiación, baja presión y bajas temperaturas 48
 - 2.3.3.1 Clima 49
 - 2.3.3.2 Atmósferas 50
 - 2.3.3.3 Radiación 51
 - 2.3.4 ISRU, Cultura del reciclaje y rentabilidad..... 59
 - 2.3.5 Diseño centrado en el ser humano..... 63
 - 2.3.5.1 Diseño centrado en el ser humano: Características Cualitativas 63
 - 2.3.5.2 Diseño centrado en el ser humano: Características Cuantitativas 66

2.3.6 Individual vs Colectivo.....	67
2.4 Referentes: Proyectos en Marte	76
2.5 Referentes: Proyectos en ambientes extremos.....	83
 CAPÍTULO 3: Desarrollo.....	 97
3.1 Ubicación y análisis de contexto	99
3.1.1 Cráter Gales	101
3.1.2 Valles Marineris	103
3.1.3 Acheron Fossae.....	105
3.2 Selección de áreas tentativas	109
3.3 Desarrollo de propuestas	117
3.3.1 Masterplan 01: Distribución programático	119
3.3.1.1 Metodología de trabajo	121
3.3.2 Masterplan 02: Reconocimiento del territorio	129
3.3.2.1 Emplazamiento.....	132
3.3.2.2 Metodología de trabajo	133
3.3.2.3 Distribución de metros cuadrados	135
3.3.2.4 Distribución en planta	139
3.3.2.5 Propuesta.....	141
3.3.2.6 Conclusiones: Volumetría primitiva	147
3.3.3 Masterplan 03: Diseño generativo.....	149
3.3.3.1 Metodología: Programas utilizados	153
3.3.3.2 Metodología: Grasshopper y octopus	155
3.3.3.3 Modelo paramétrico	167
3.3.3.4 Modelo paramétrico: Paramétrico 02 discriminación según pendiente.....	177
3.3.3.5 Parámetros + Modelo paramétrico	185

3.3.3.5 Parámetros + Modelo paramétrico: Evaluación de propuestas	189
3.3.3.6 Evaluación de proyectos	191
3.3.3.7 Diseño generativo	219
4. Resumen general: Articulación de proyecto	251
5. Conclusiones	267
6. Referencias	269
7. Anexo	271
7.1 Actividad: Clima, Datos REMS y Ladybug	272
7.2 Programas: Volumetrías conceptuales	273
7.3 Imagen Objetivo	279

Capítulo 1: Introducción

1.1 Marco Teórico

¿Desde cuándo Marte es tan importante para nosotros?

Nuestras expectativas sobre el planeta rojo han cambiado con el pasar del tiempo. Desde Aristóteles, quien fue el primero en estudiarlo (siglo IV AC), pasando por los astrónomos chinos, que se referían a Marte como “La estrella de fuego” (Siglo III AC), hasta Galileo Galilei el primero en ver este planeta por un telescopio.

Lo interesante es que, con cada avance en materia de exploración, nuestra percepción sobre Marte resulta cada vez más semejante a la tectónica terrestre.

En 1877 la publicación del libro “Geographies of Mars” (K. Maria D. Lane) logró captar la atención del público con la aparición de dos cartografías muy diferentes, pero igual de detalladas. La primera, hecha por el astrónomo y pintor británico Nathaniel Green, daba cuenta de una geografía suave y con matices. La segunda, del astrónomo italiano Giovanni Schiaparelli, daba cuenta de una red de líneas bien definidas o como él las llamaba, “ccxanali”.

Este término, traducido al inglés, tiene dos significados: “chanel”, canal de paso natural y “canal” como paso de agua construido por el hombre (por ejemplo: el Canal de Suez), lo que daba a entender de que en Marte había canales de agua

hechos por alguna especie de vida inteligente, (lo cual hoy en día sabemos que no es cierto). Esta visión no hizo más que dar combustible a la imaginación de los escritores de ciencia ficción.

No fue sino hasta 1964 con el éxito de la misión del satélite “Mariner 4” que se obtuvieron fotos de la superficie marciana, las cuales comprobaron que los canales eran de origen natural.

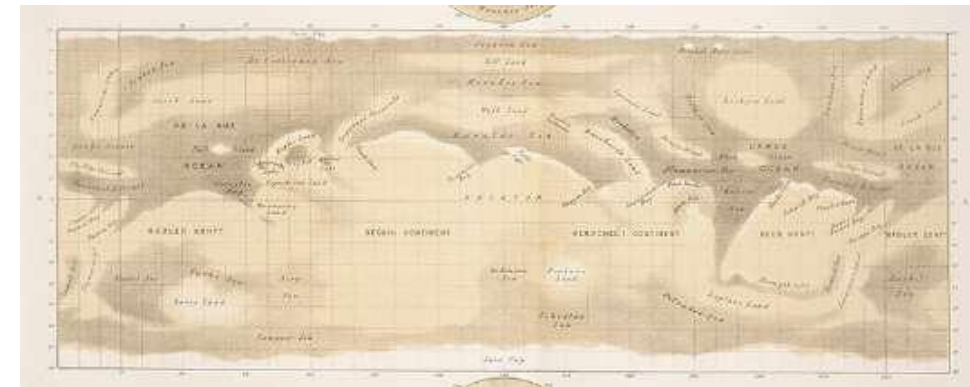


Imagen 1: Litografía Ilustrada por Nathaniel Green, 1867.

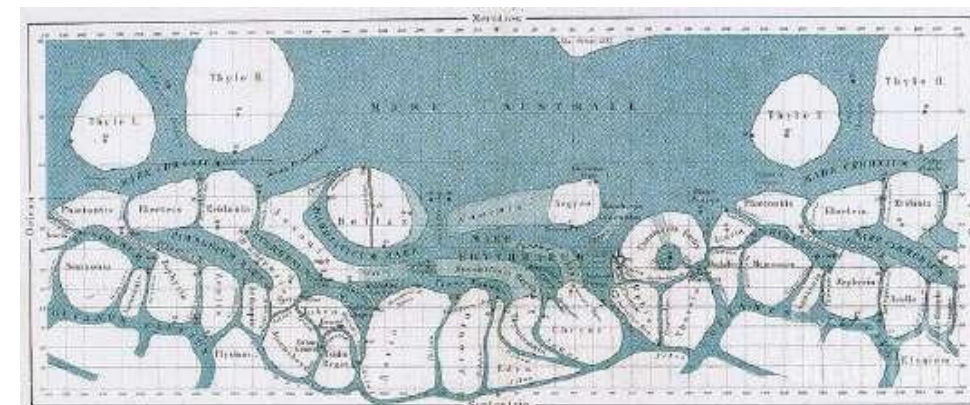


Imagen 2: Mapa ilustrado por Schiaparelli, 1877.

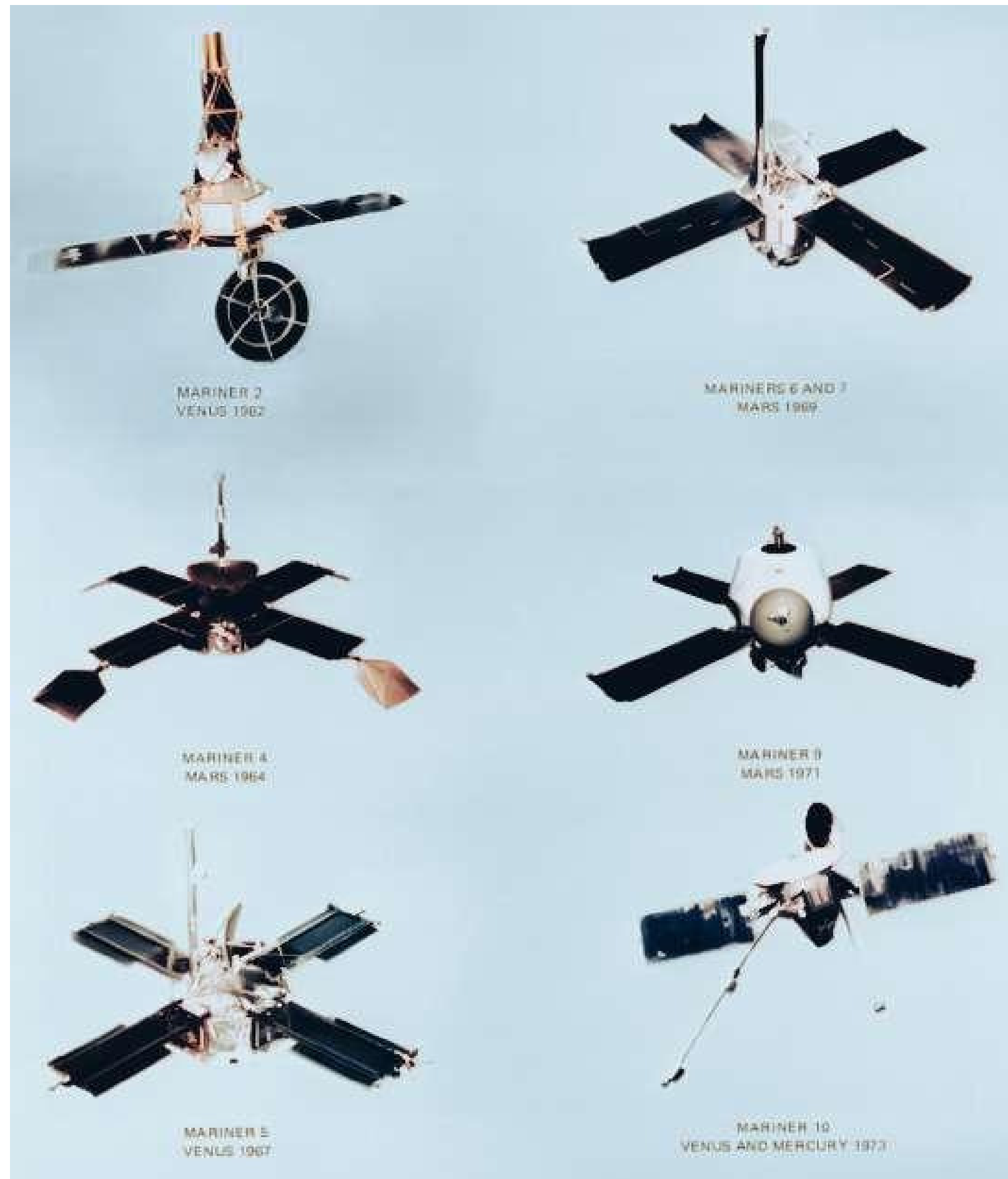


Imagen 3: Muestrario de naves de exploración del programa Mariner 1962 - 1973.

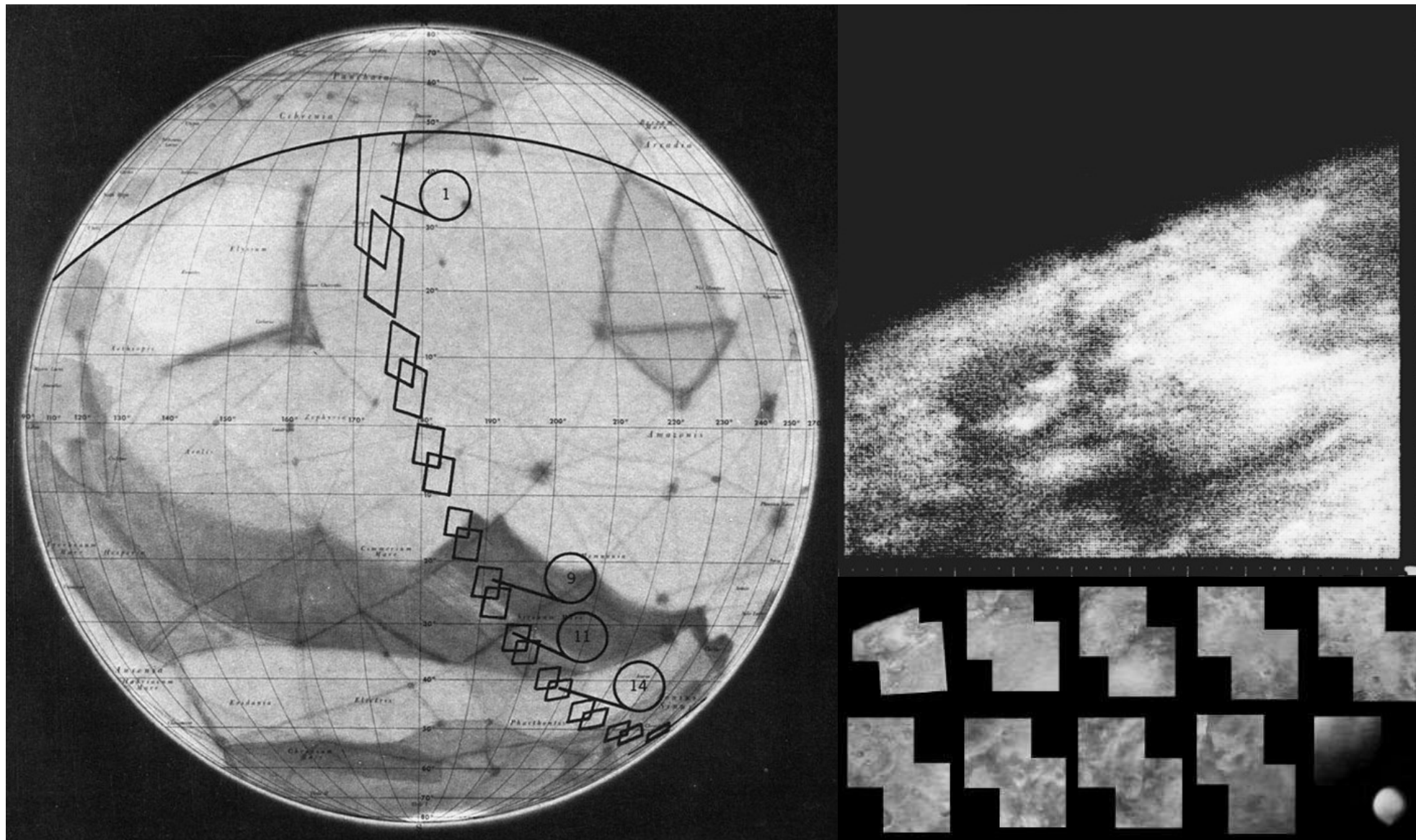


Imagen 4:

- (1) Esquema para explicar la posición de las fotografías tomadas por el Mariner 4, aún con canales
- (2) Primera foto de acercamiento tomada por el Mariner 4
- (3) Secuencia de fotografías tomadas

Carrera Espacial 1957 - 1969

1957: Sputnik I y II, URSS. Primer satélite

El primer programa de vuelo espacial humano fue el Proyecto Mercury el que fue iniciado un año luego de que la URSS pusiera en órbita el primer satélite Sputnik 1

1961: Vostok 12, URSS. Primer vuelo espacial tripulado

1962: Friendship 7 NASA. Primer Estadounidense en el espacio

El 12 de abril de 1961 Yuri Gagarin se convierte en la primera persona en orbitar la tierra a bordo del Vostok 12.

23 Días después, el 5 mayo de ese mismo año Alan Shepard, Jr. quien pudo orbitar por 15 min. a bordo del Mercury-Redstone 3.

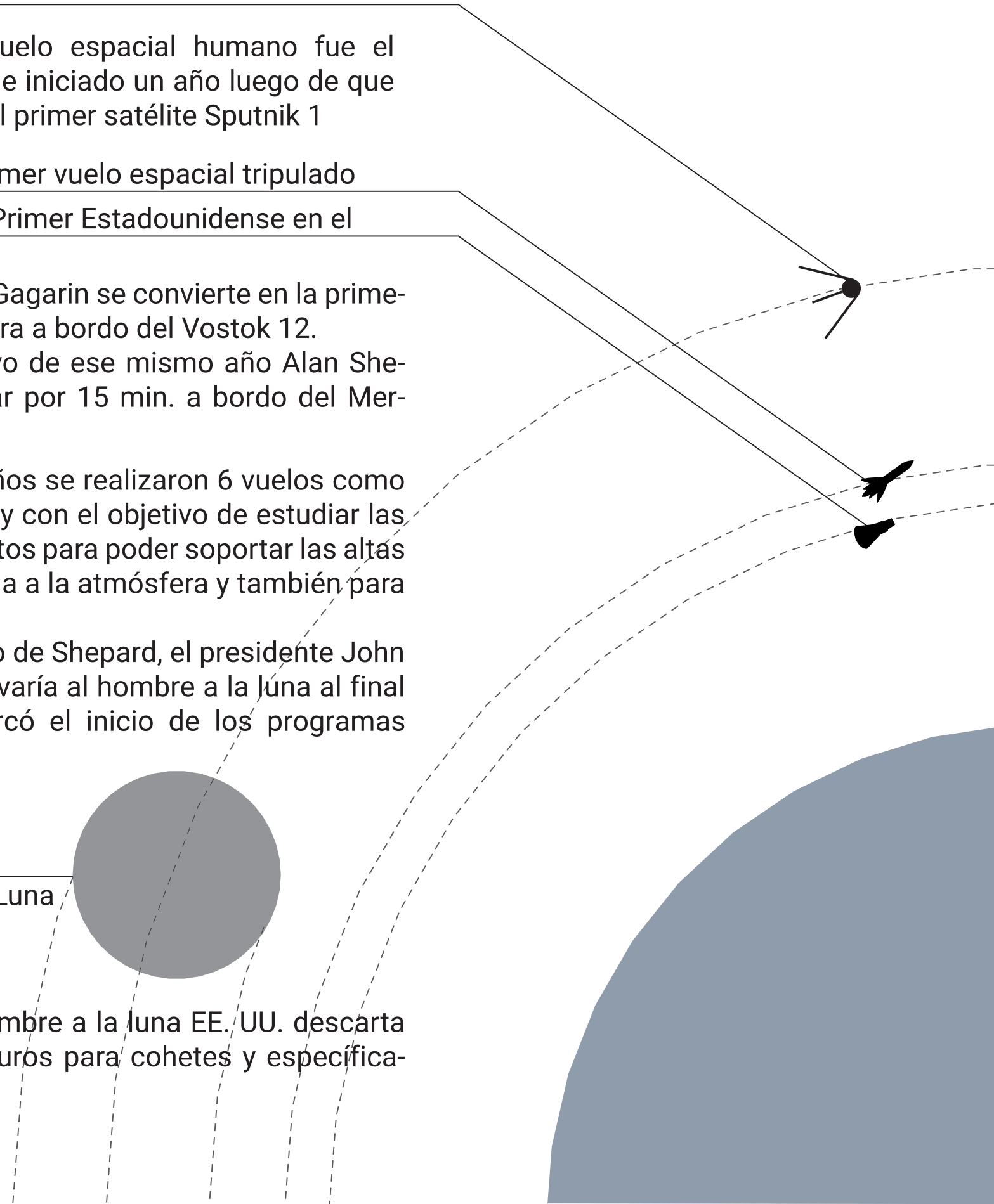
Durante los siguientes 2 años se realizaron 6 vuelos como parte del programa Mercury con el objetivo de estudiar las necesidades y requerimientos para poder soportar las altas temperaturas a la re-entrada a la atmósfera y también para aguantar el amerizaje.

A pocas semanas del vuelo de Shepard, el presidente John F. Kennedy anuncio que llevaría al hombre a la luna al final de la década, lo que marcó el inicio de los programas Gemini y Apollo.

1969: Apollo 11, NASA.

Primer hombre en pisar la Luna

Luego de la llegada del hombre a la luna EE. UU. descarta los planes para planes futuros para cohetes y específicamente a Marte.



Camino a Marte

1990: Programa Mars Direct / Robert Zubrin
La propuesta de Robert Zubrin promueve la utilización de arquitectura mínima para el transporte de módulos habitables pero con tecnología preexistente, lo que conlleva a crear un estudio de análisis y aplicación.

2009: Mars Design Reference Architecture

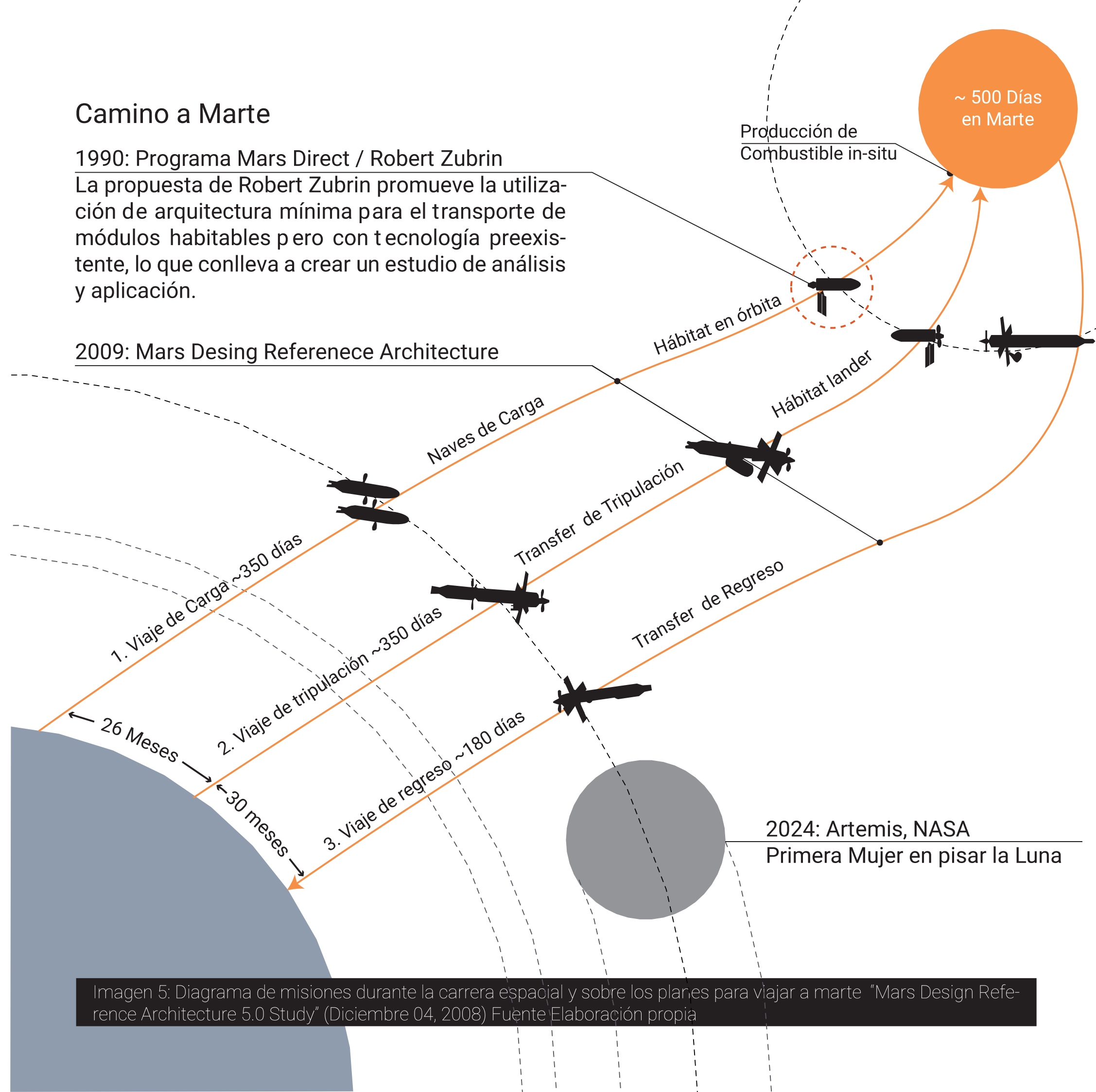


Imagen 5: Diagrama de misiones durante la carrera espacial y sobre los planes para viajar a marte "Mars Design Reference Architecture 5.0 Study" (Diciembre 04, 2008) Fuente Elaboración propia

¿Por qué colonizar Marte?

Primero que todo, Marte es el lugar más cercano a la Tierra en el universo, en donde podría existir vida extraterrestre, además, es uno de los cinco planetas sólidos de nuestro sistema solar y que presenta condiciones ambientales mucho más favorables para el desarrollo de vida en comparación a otros planetas, como Mercurio, que posee una temperatura de superficie de 430° Celsius o Venus con 450° Celsius y una presión atmosférica de 90 Bar. Las lunas de Júpiter presentan condiciones favorables, pero se encuentran a un tiempo de viaje de 6 Años desde la Tierra, mientras que para llegar a Marte son solo necesarios 6 meses.

En cuanto a recursos, el planeta rojo posee algunas características clave, como lo son la presencia de agua, recursos metálicos y su atmósfera delgada, además de que su superficie total es muy similar a la suma de los 5 continentes. Sin embargo, para poder colonizar este territorio existen obstáculos que deberán ser resueltos como la radiación, la baja presión y la necesidad de aire, temáticas que plantearán un desafío técnico que afectará directamente en la arquitectura de la propuesta. (Bjarke Ingels Group, n.d.)

¿Quiénes deberían ser los primeros colonos?

Se necesitan personas que estén dispuestas a correr el riesgo para algo más que el beneficio económico, se necesita que el grupo tenga una visión y cohesión fuerte. (Rodríguez & Rodríguez, 2019, p. 20)

Una de las opciones es enviar primero a un cuerpo científico que cumpla con estos requisitos y acepte el riesgo de la estadía, considerando que uno de los motivos del viaje sería desde el estudio de las condiciones ambientales y geográficas, hasta la posibilidad de descubrir vida pasada o presente en el planeta. (Banfield et al., 2020)

Otra de las funciones de los científicos es el explorar las condiciones de vida y las posibles vías de desarrollo. Luego de confirmar las condiciones de habitabilidad, se podría hablar de un camino libre a la colonización progresiva, siempre en la medida del cumplimiento de los objetivos propuestos.

Tabla de Recursos



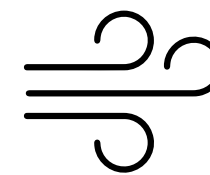
Agua:

La mayor parte del agua en Marte se encuentra en estado sólido. Marte tiene suficiente agua para cubrir el planeta bajo 35 mts de profundidad



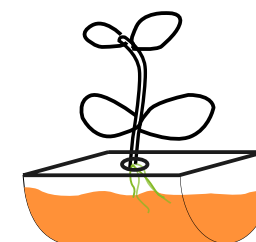
Regolito:

El polvo que cubre la superficie puede ser comprimido en ladrillos o ser usado en la impresión 3d para la construcción



Aire:

El aire de la atmósfera marciana puede ser convertido en oxígeno respirable



Comida:

El suelo en Marte contiene los nutrientes que las plantas necesitan

1.2 Problema y oportunidad

La investigación surge luego del estudio sobre una posible colonización en Marte. Propuestas revisadas como “Mars Science City” y “Mars hab”, presentan modelos de habitabilidad viable, pero carecen de un desarrollo más complejo en cuanto a una mayor escala de desarrollo.

La mayoría de los diseños promueven una línea rígida de colonización propuesta que no especifica el terreno a intervenir y, en la mayoría de los casos, no extrapolables o replicables en territorios diferentes (algo que también fue observado en los casos de asentamientos extremos)

En un futuro próximo, los descubrimientos de recursos o apariciones de ciertos puntos de interés serán objetivo de nuevas posibilidades de asentamientos, los cuales requerirán de manera personalizada y rápida, una distribución programática acorde a sus necesidades. Por lo tanto, surge la oportunidad de la creación de una o varias propuestas que puedan cumplir con los requerimientos del asentamiento.

La innovación presentada con este proyecto radica en la utilización de diseño generativo mediante algoritmos para la búsqueda de la mejor propuesta posible.

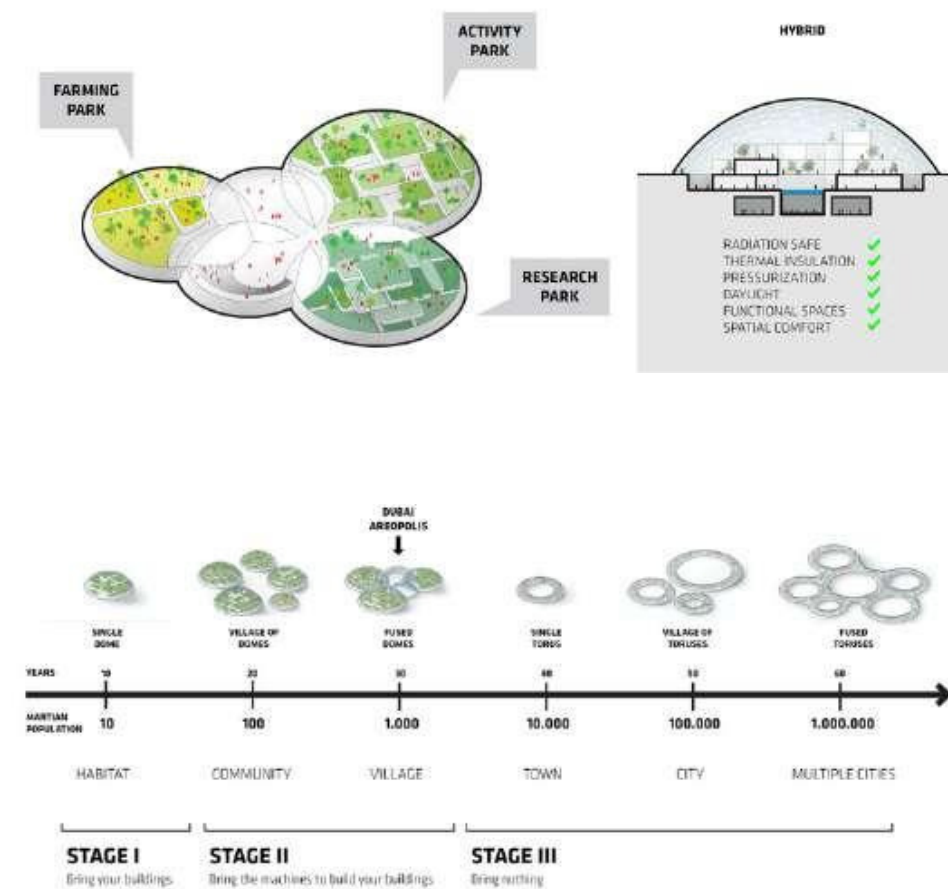


Imagen 7:
Diagramas de Mars Science city, muestran una propuesta pensada para terreno plano y una etapa de colonización más desarrollada.

Ejemplos de herramientas automatizadas para la toma de decisiones

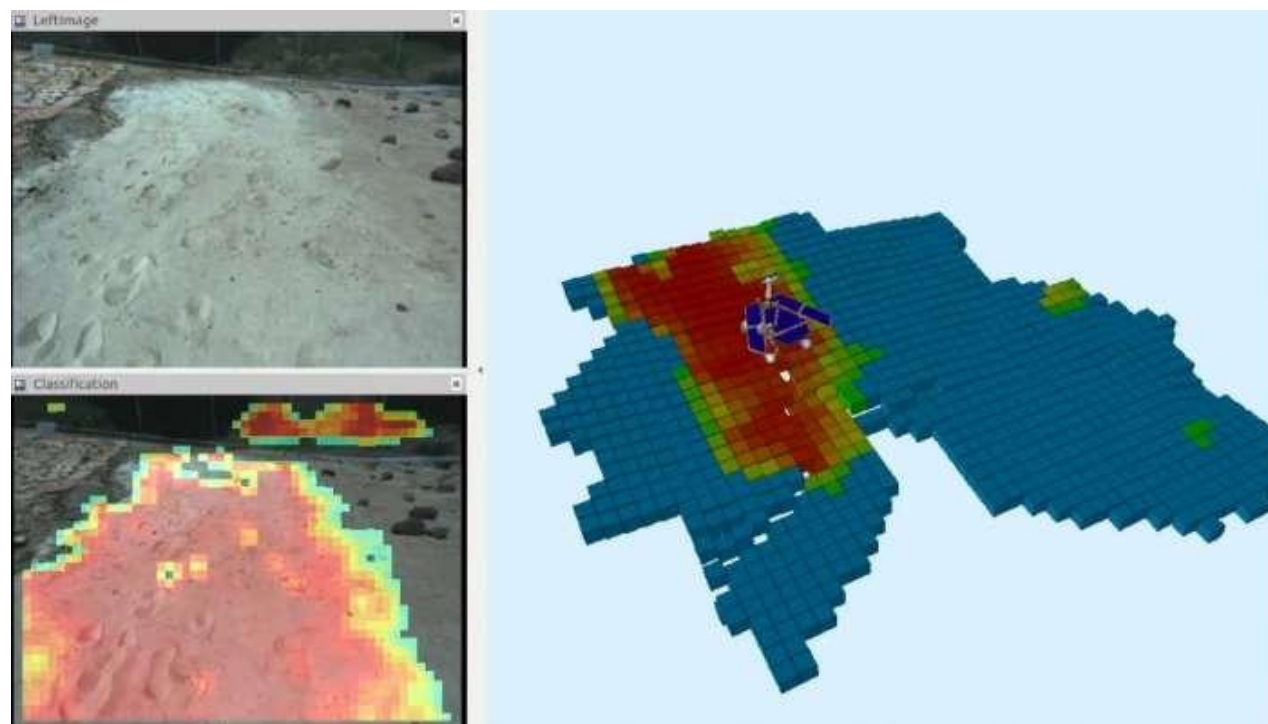


Imagen 8:
Interfaz del programa AI4 Mars, mues-
tra como se ven las diferentes imáge-
nes con respecto al terreno y el Rover.

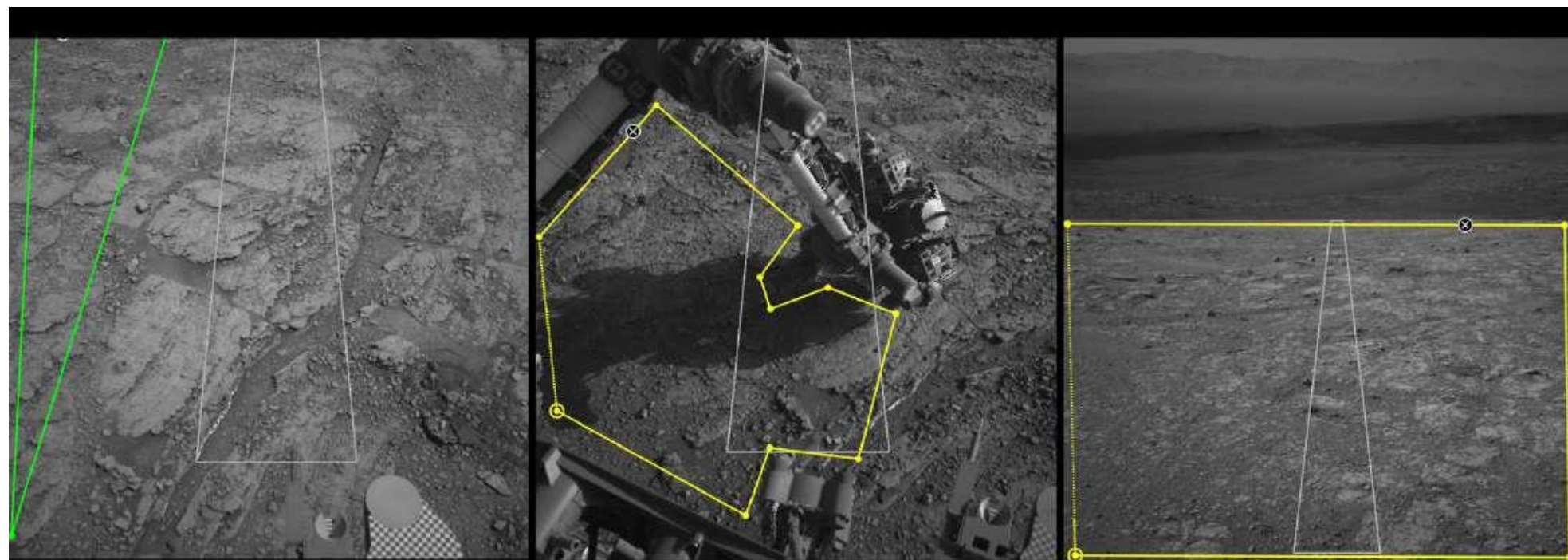


Imagen 9:
Terreno marciano visto en AI4Mars: tres imágenes de la herramienta llamada AI4Mars muestran diferentes tipos de terreno marciano vistos por el rover Curiosity de la NASA. Al dibujar bordes alrededor de las características del terreno y asignarles una de las cuatro etiquetas, se puede ayudar a entrenar un algoritmo que identificará automáticamente los tipos de terreno para los planificadores móviles de Curiosity. Crédito: NASA/JPL-Caltech.

1.3 Preguntas iniciales

¿Qué?

Diseño de un asentamiento urbano en Marte pensado para operar como puesto de observación e investigación

¿Cómo?

Mediante métodos análogos y algoritmos que generen una propuesta que cumpla con los objetivos establecidos.

¿Por qué?

Es necesario crear una propuesta mas centrada en el método que en el mismo resultado, dado a que las condiciones de la misión pueden variar con respecto a lo que estaba establecido en un principio.

1.4 Objetivos del Proyecto

Objetivo General

1. Proyectar una colonia científica en Marte capaz de ser autosuficiente por largos períodos de tiempo, con proyección para el año 2050.

Se busca entregar las condiciones de vida plena para un grupo de científicos de ~100 personas sumando además a sus familias (considerando un promedio de 4 integrantes por cada grupo familiar serían en total entre 400 y 500 personas). Esta decisión se basa en llevar el proyecto un poco más allá del carácter de refugio, pensado para una misión de ~ 500 días.

Objetivos Específicos

1. Reconocer los requerimientos de la arquitectura espacial.

2. Reconocer los requerimientos territoriales.

3. Diseño del master plan mediante métodos análogos y algoritmos.

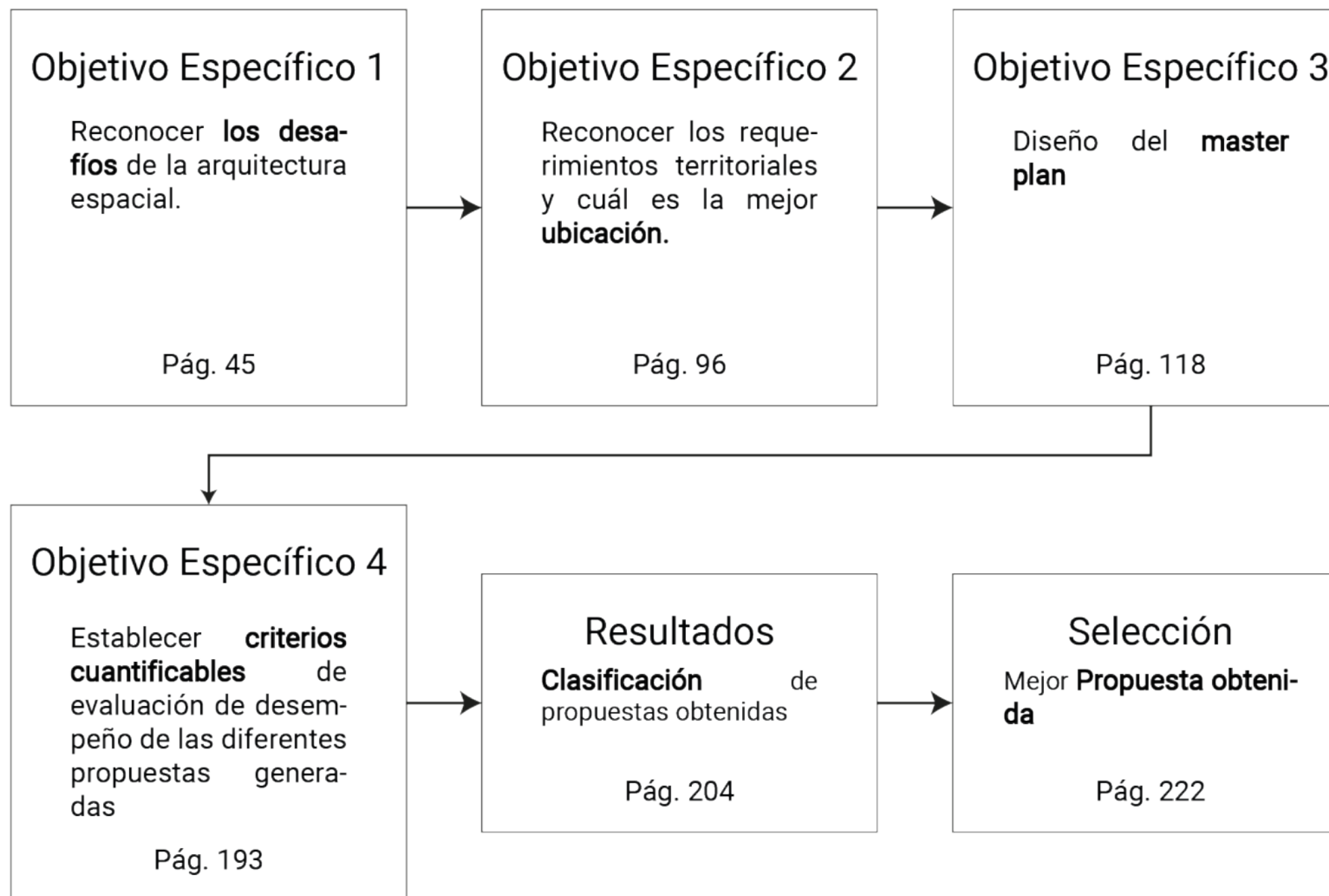
4. Establecer criterios cuantificables de evaluación de desempeño de las diferentes propuestas generadas:

- Distancia
- Idoneidad del terreno (Pendiente)
- Relaciones simbióticas entre programas

5. Establecer un estándar de medición.

6. Evaluar mediante el promedio de los criterios cuantificables, cuál sería la mejor opción.

1.5 Metodología de trabajo:



Capítulo 2: Antecedentes

2.1 Proyecciones

La visión se plantea en paralelo con los objetivos iniciales de NASA para los inicios de la exploración humana en Marte, haciendo especial énfasis en el objetivo IV. (Banfield et al., 2020)

I Determinar si Marte tuvo o aún tiene vida

II Entender la historia del clima en Marte

III Entender el origen y la evolución de Marte como un sistema biológico

IV (Sub-objetivo) Primer humano en la órbita marciana

IV (Sub-objetivo) Primer humano en aterrizar en tierra de Phobos o Deimos

IV Primera misión humana en la superficie Marciana

IV+ Presencia sustentable en Marte

El punto IV+ presenta un desafío complejo, en donde el proyecto lo abordará primando la viabilidad técnica, el potencial replicable y su versatilidad.

Este proyecto debe convertirse en un modelo variable el cual entregue la oportunidad de ser adaptado según la especialidad de sus habitantes, considerando que cada agrupación (Mineros, agrónomos, diplomáticos etc.) funciona de manera individual, pero en conjunto con el resto de los actores.

Etapa 1

Exploración Mediante Rovers y personal en el exterior.
Primer viaje podría pensarse para 5 - 10 personas y por un período de 30 días.

Etapa 2

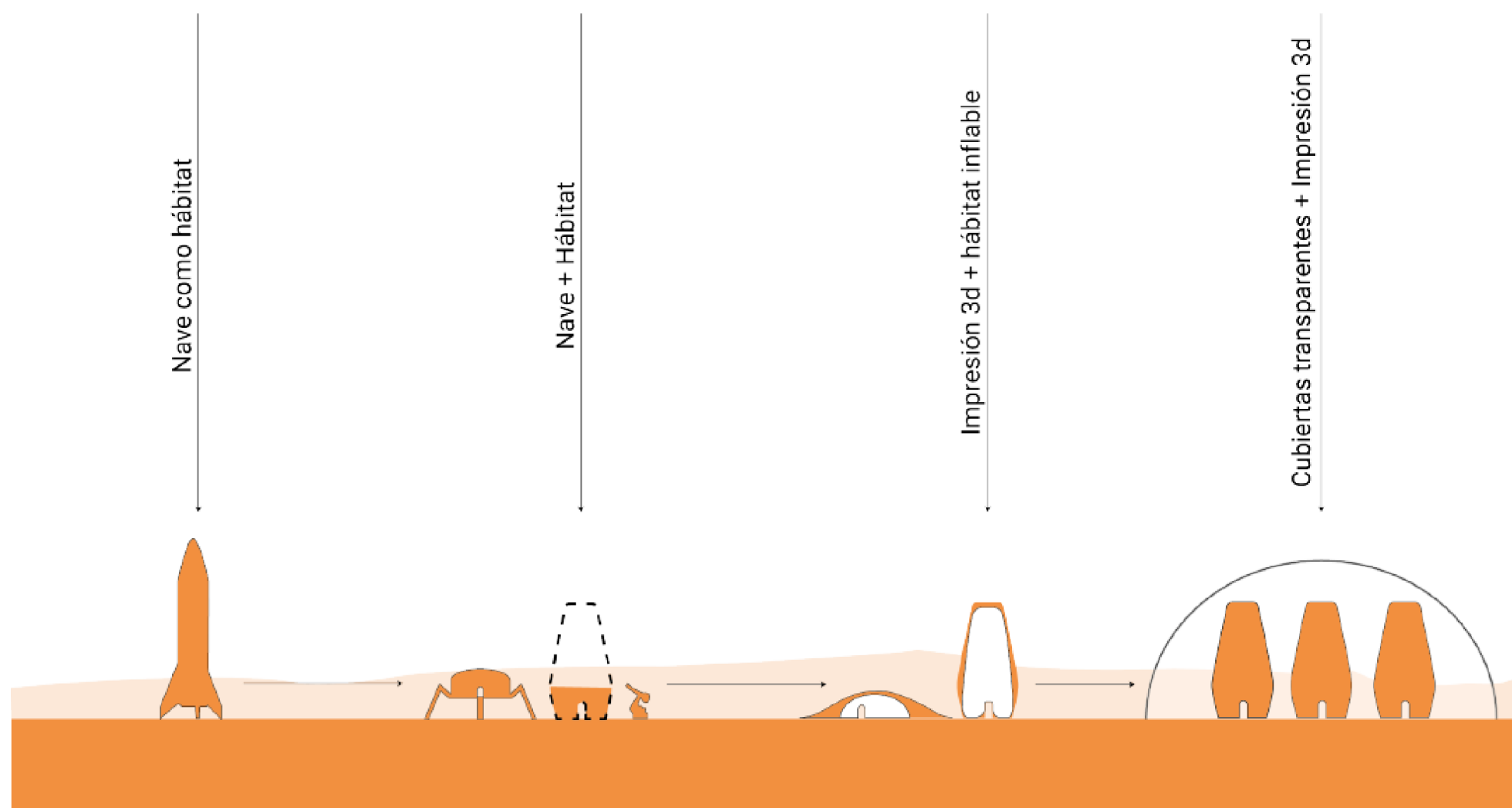
Exploración con módulos habitables temporales en paralelo a la construcción de los hábitat permanentes.

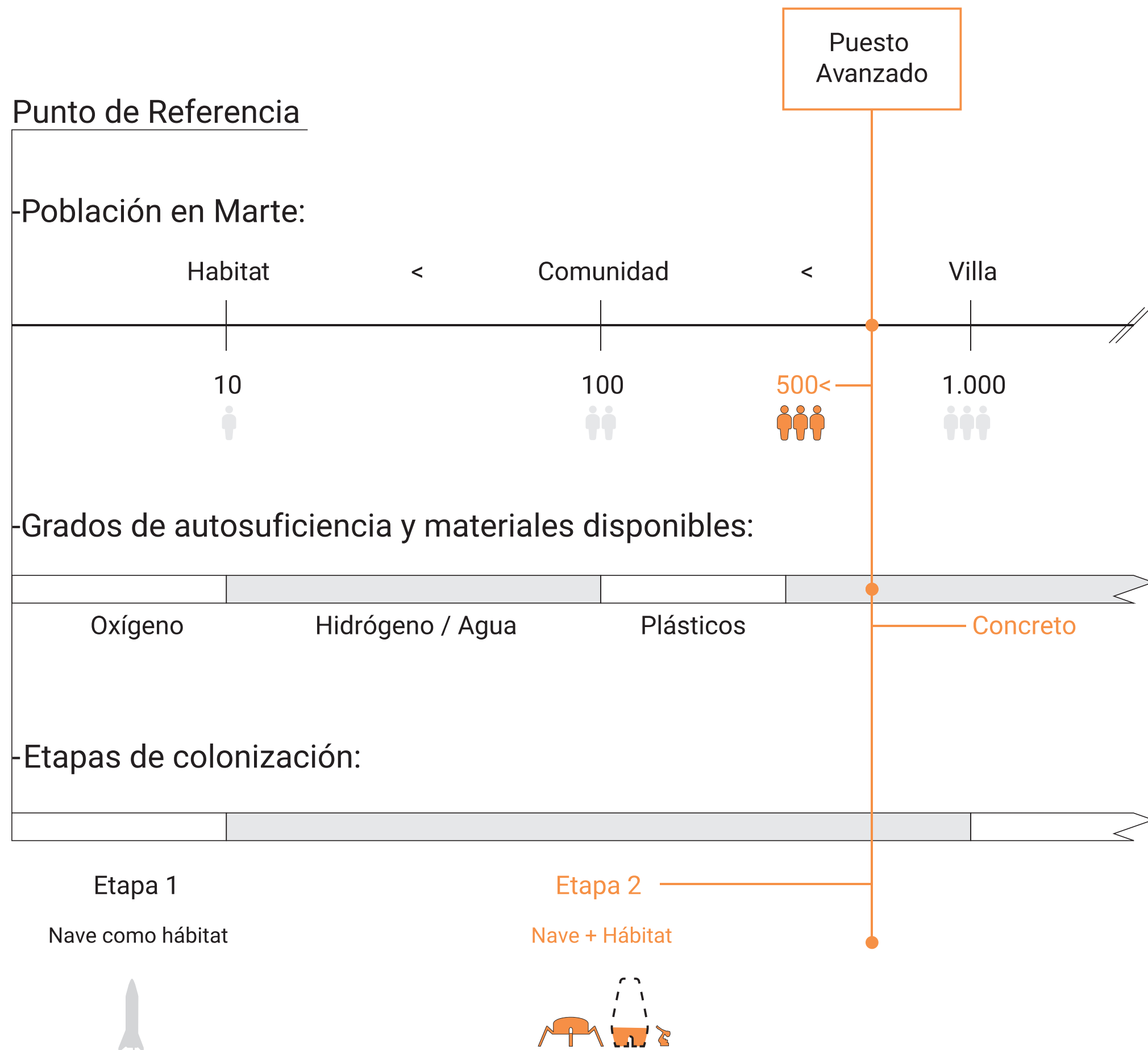
Etapa 3

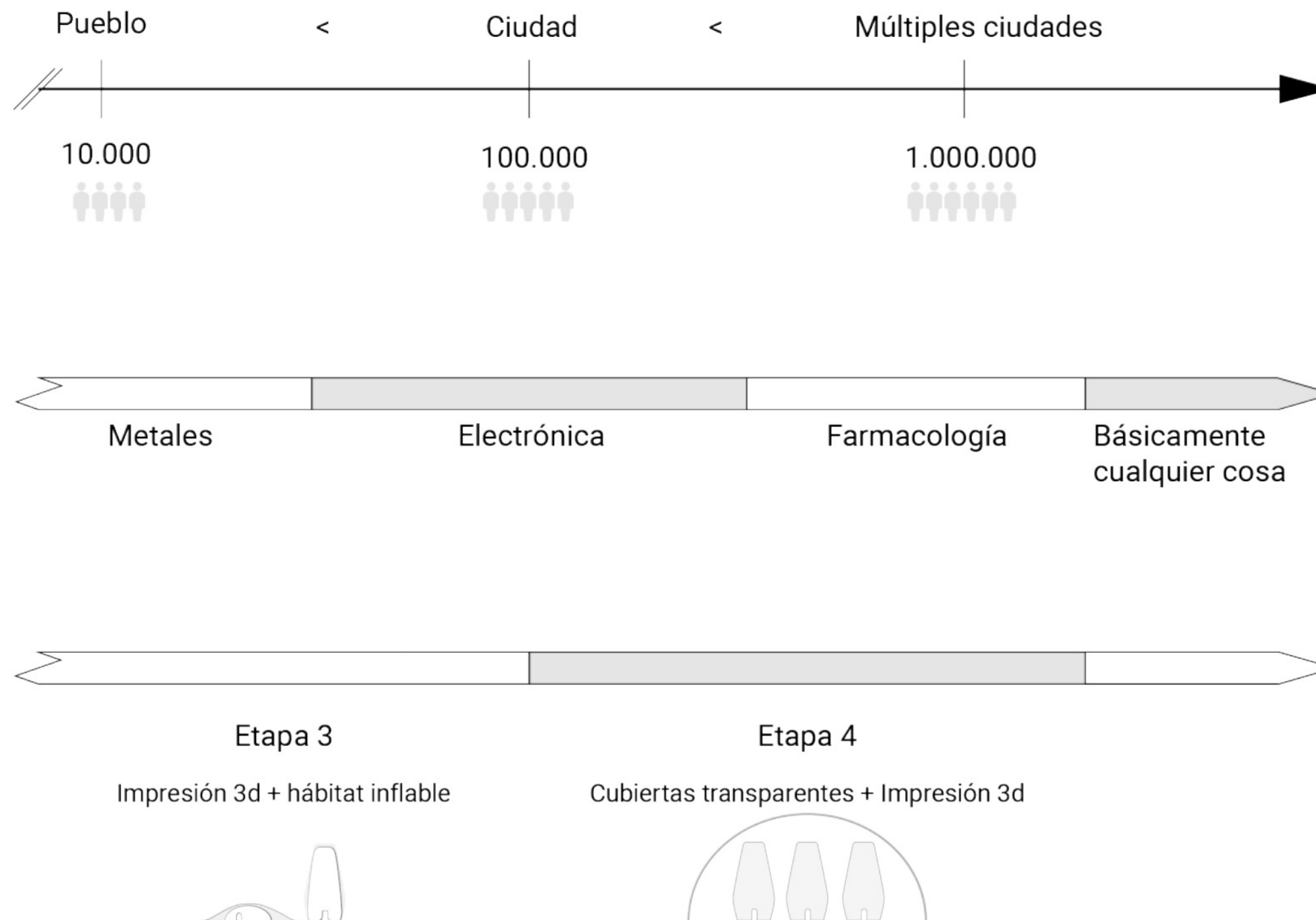
Hábitat Permanente, solo es necesario llevar herramientas para construir los refugios contra la radiación. (Cubierta de ferrock + interior inflable con una mirada a misiones futuras)

Etapa 4

Hábitat Comunitario, establecimiento de programas especializados. (Se considera este hábitat como una base permanente en el planeta)







2.2 Análisis FODA

Una vez planteado el objetivo se procede a crear una estrategia para poder abordar las diferentes áreas del proyecto. En este caso, el análisis FODA nos ayudará a identificar las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para la viabilidad del proyecto.

De esta manera podemos identificar los puntos a resolver desde la mirada arquitectónica y hacer énfasis en los puntos que se relacionen más directamente con el diseño.

2.2.1 Fortalezas

Experiencia previa:

Se podría decir que desde el inicio de la carrera espacial, los avances en las misiones, no han hecho mas que crecer en sus metas, evidencia de esto son los siguientes gráficos que muestran los hitos de la carrera espacial y las misiones a Marte.

Interés de la comunidad internacional:

En la actualidad son 198 las instalaciones de las agencias espaciales distribuidas en 63 países alrededor del mundo, sumado al número de misiones que tienen como objetivo el encontrar vida en Marte, lo que despierta el interés de la comunidad internacional. ("Pillow Astronaut - Map of Worldwide Space Agencies," 2020)

Interés de entes privados:

El pasado 30 de mayo del 2020 se realizó el primer vuelo tripulado de carácter público/privado, mediante la colaboración de SpaceX y NASA, esta misión a bordo del Falcon 9, plantea un avance importante en uno de los principales objetivos entre ambos actores: el reducir costos y desarrollar tecnología eficiente, todo esto dentro del marco de una competencia agresiva entre los entes privados más relevantes SpaceX, Boeing y Virgin. ("SpaceX," n.d.)



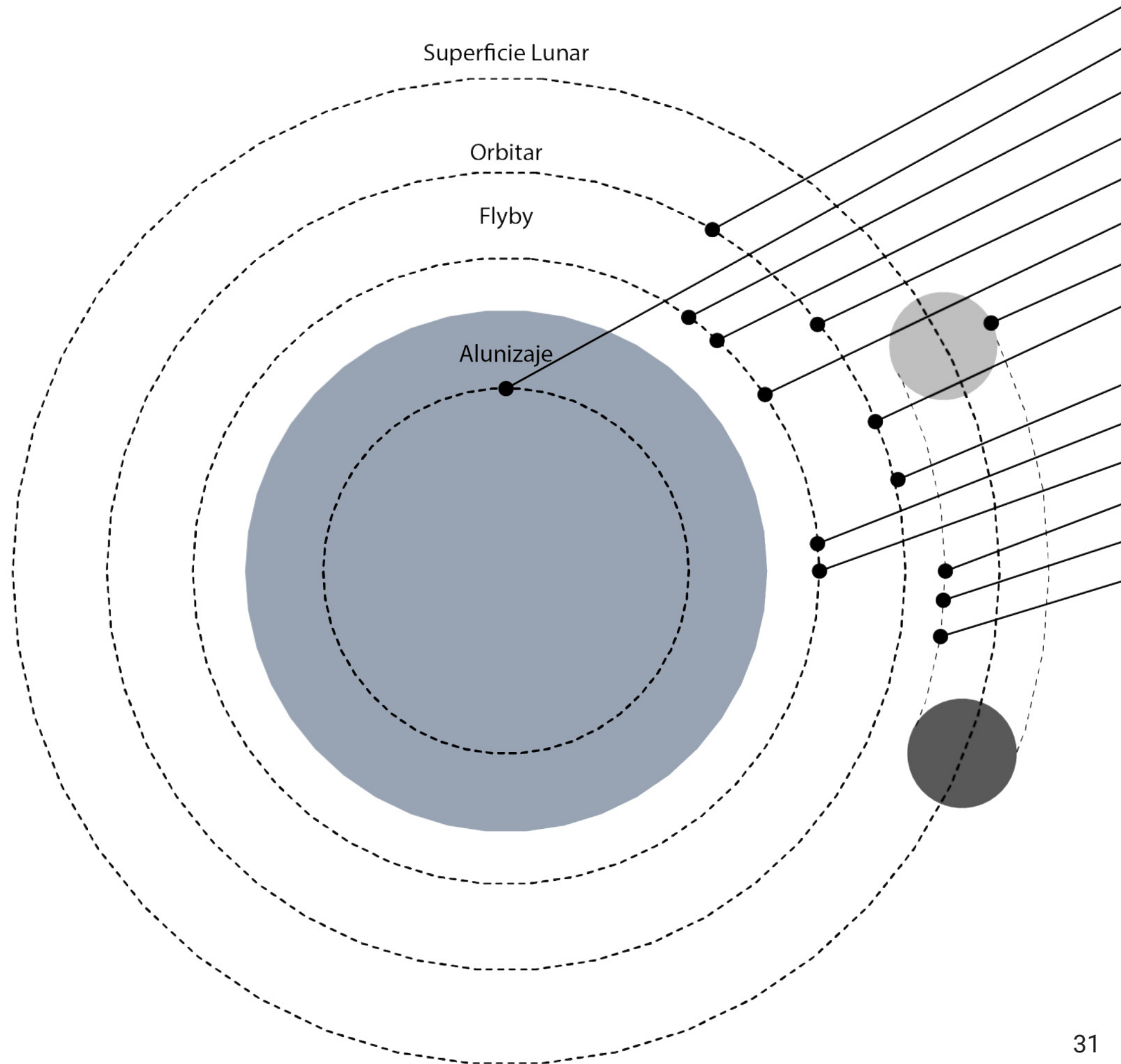
Imagen 13: Yuri Gagarin, primer cosmonauta en el espacio 1961

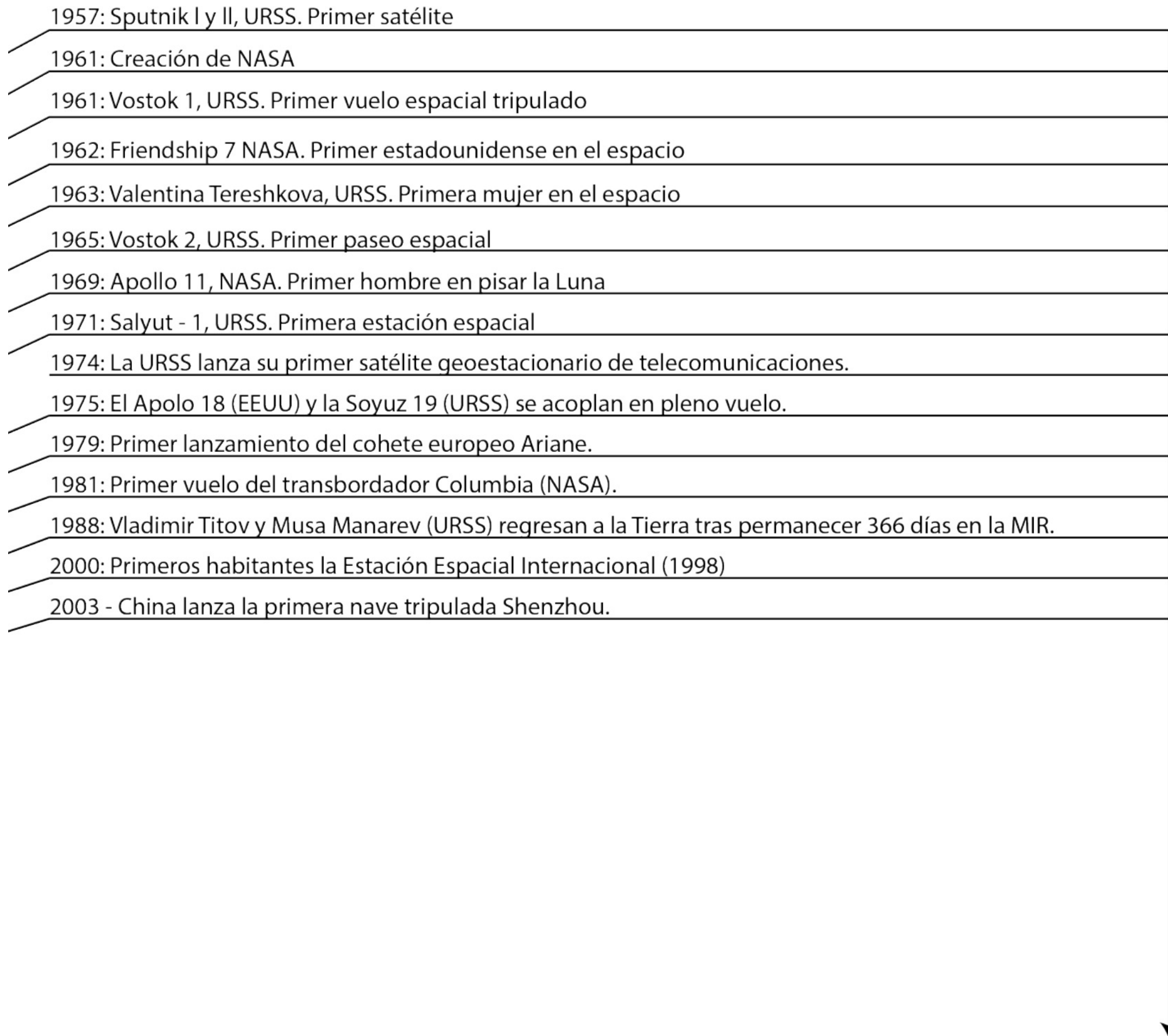


Imagen 14: Traje de cosmonauta para la ISS, Moscú, Rusia 13.12.2019



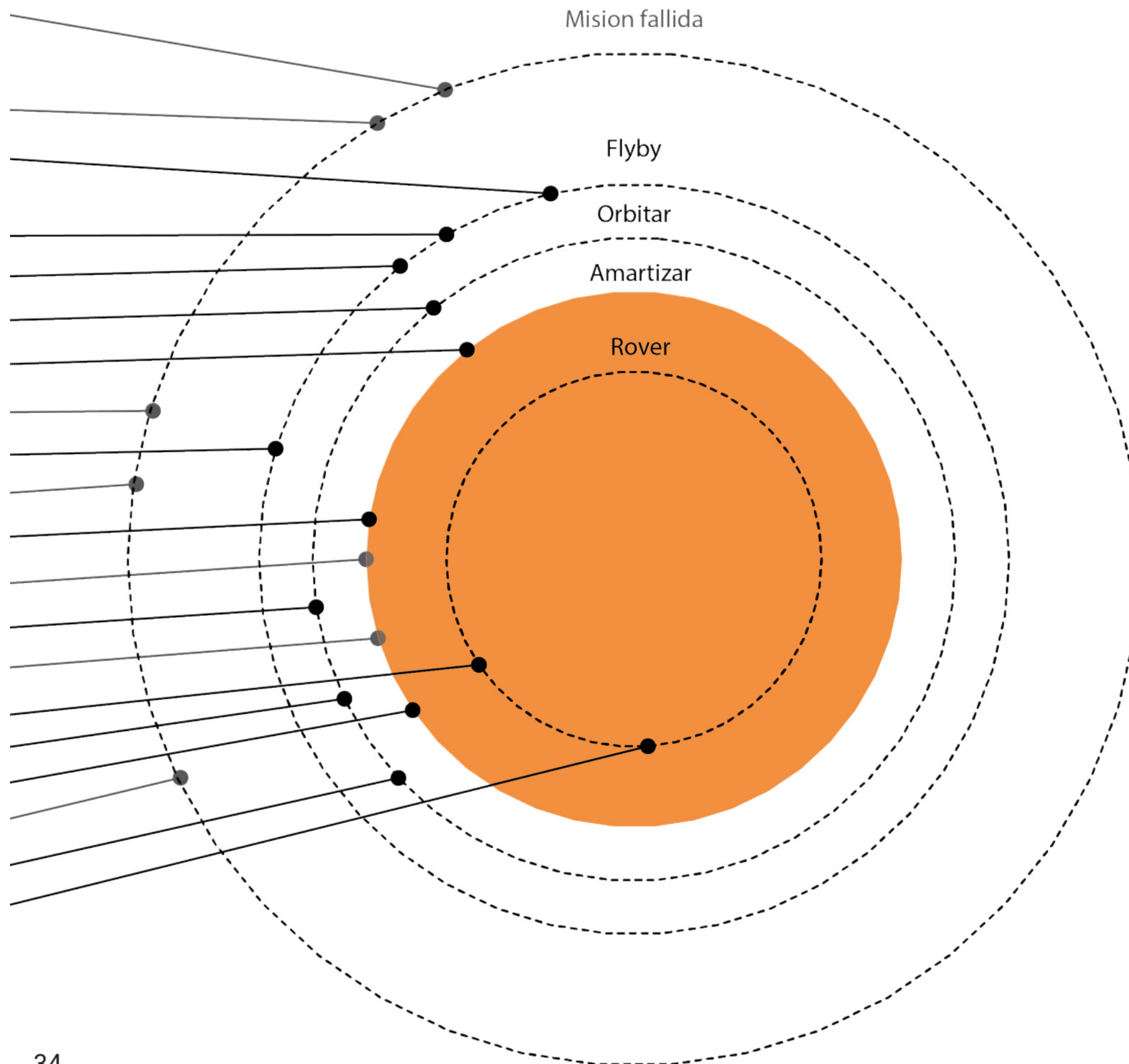
Imagen 15: Acople del Dragon de SpaceX con la ISS 24.04.22





MISIONES A MARTE





2.2.2 Oportunidades

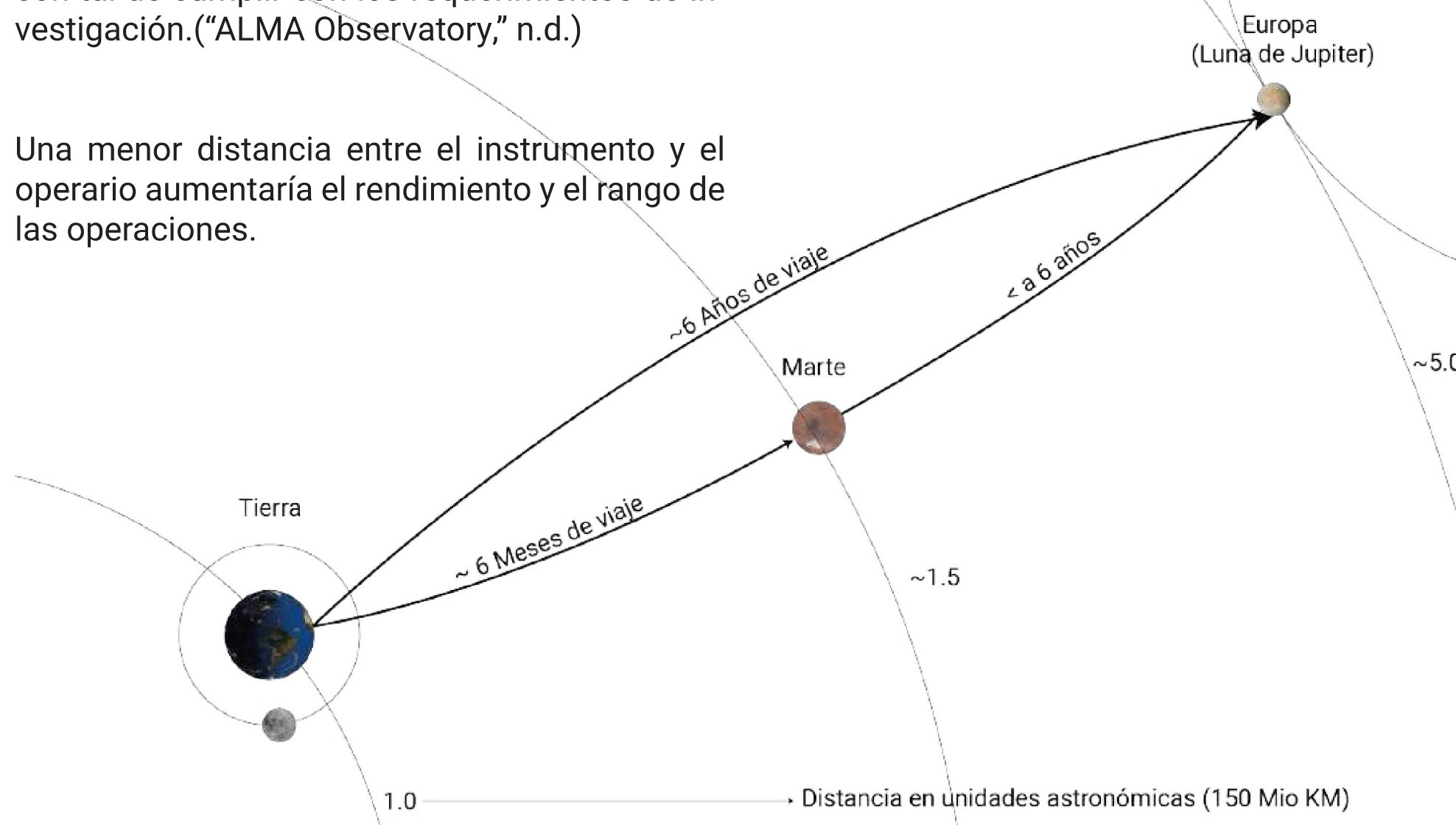
- Posibilidades de exploración:

El factor de tener un puesto permanente de investigación, facilitaría las tareas de exploración, y otorgaría mayor versatilidad en el manejo de las herramientas en cuestión. Ejemplo de esto es el Observatorio ALMA, el cual cuenta con una base de operaciones de soporte "central" u OSF (Operation Support Facilities) y un área de operaciones en "terreno" o AOS (Array Operation Site) ambas instalaciones están cerca de las antenas que son mantenidas y organizadas a voluntad con tal de cumplir con los requerimientos de investigación. ("ALMA Observatory," n.d.)

Una menor distancia entre el instrumento y el operario aumentaría el rendimiento y el rango de las operaciones.

- Posibilidades de establecer estadias prolongadas en el planeta con mirada a otros destinos:

Una de las posibles proyecciones a largo plazo con el desarrollo de una colonia en Marte, es la de utilizarla como base lanzamiento para posibles misiones a otros destinos.

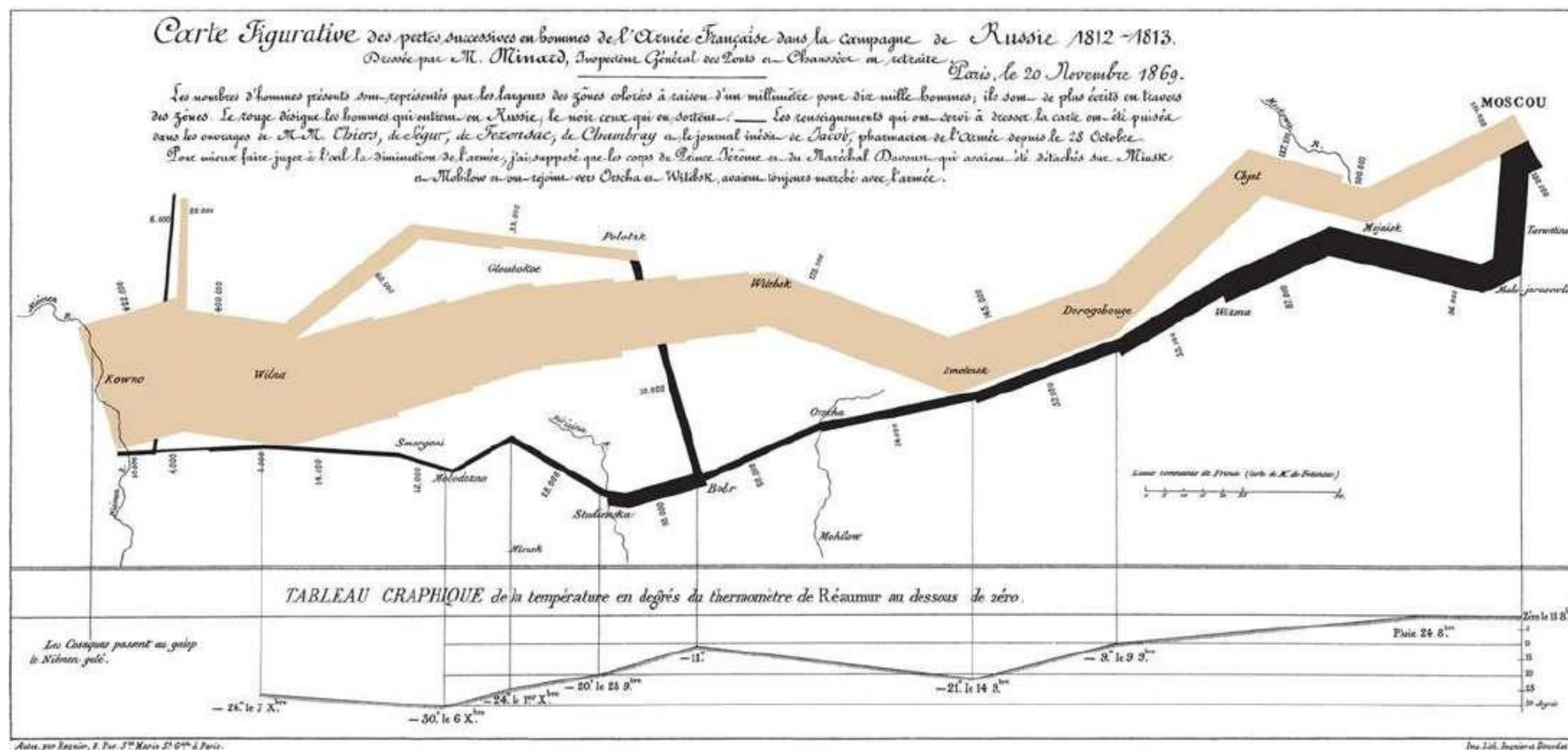


2.2.3 Debilidades

- Viajes Cada 2 años y 2 meses, con una duración de 6 meses:

Un punto importante para tener en cuenta es la distancia que existe entre la Tierra y Marte. Esta distancia cobra un tiempo de viaje aproximado de 6 meses, en los cuales no se contará con apoyo en caso de errores o posibles eventualidades. Existe el término “Loss of Strength Gradient” adoptado por Kenneth E. Boulding en 1962 que se puede aplicar a cualquier misión de largo alcance; mientras mayor sea la distancia, menor fuerza se tendrá al llegar al objetivo.

Esta gradiente puede verse aplicada en el gráfico de la campaña de Napoleón en Rusia entre 1812 y 1813.(REDACCION NATIONAL GEOGRAPHIC, 2012)



2.2.3 Debilidades

- Factores psicológicos:

El entorno artificial y el encierro pueden producir el efecto de que todo es un sueño y que la realidad no es tal, a esto se le llama el “Síndrome del Solipsismo” (“solus ipse” o “solo yo existo”). El Solipsismo es una teoría filosófica consistente en si misma que no puede ser refutada. Esto toma importancia dado que psicológicamente puede ser muy incómoda, dado que el sujeto en cuestión tiende a creer que nadie ni nada es real.

Este fenómeno tiende a manifestarse en espacios artificiales, en donde no existe percepción del paso del tiempo o conciencia de un plano espacial externo. Ejemplos similares a los de este fenómeno pueden ser escenarios artificiales creados por la mente del sujeto; The Truman Show, Matrix, o el cuadro “Golconda” del pintor Surrealista René Magritte.



Imagen 19: Golconda, cuadro del autor René Magritte en óleo sobre lienzo. (Bélgica, 1953)

“Magritte sentía fascinación por la seducción de las imágenes. En general, ves una imagen de algo y crees en ella, eres seducido; das por hecho que se trata de algo honesto. Pero Magritte sabía que las representaciones pueden mentir. Estas imágenes de hombres no son hombres, sólo representaciones, así que no tienen que seguir ninguna regla. Se trata de una pintura divertida, pero que también nos hace ser conscientes de la falsedad de la representación” (“This is an Apple: An Interview with Margritte’s Heir,” n.d.)

2.2.4 Amenazas

- Clima:

Las temperaturas extremas, se pueden traducir en una temperatura del aire que oscila entre los 0°C máx. y -79°C el min. y una temperatura de suelo que presenta un rango un poco más alto entre los -6°C y -92°C (“Rover Environmental Monitoring Station Mars Science Laboratory” n.d.)

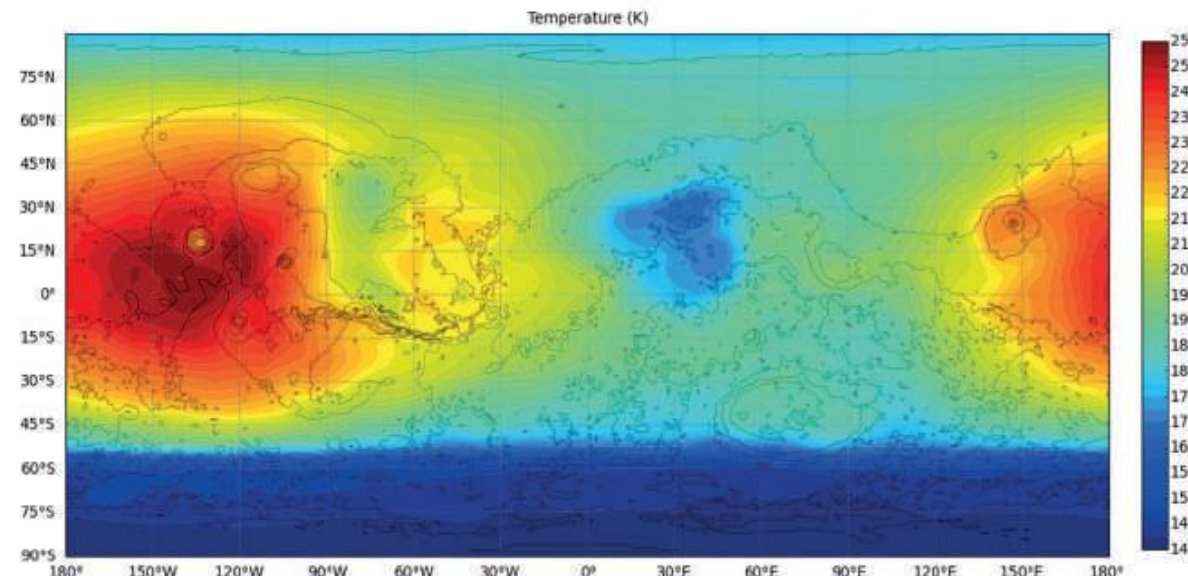


Imagen 20: Mapa de temperatura promedio en K° (Kelvin)
Formula de °C a °K: $0^{\circ}\text{C} + 273.15 = 273.15^{\circ}\text{K}$

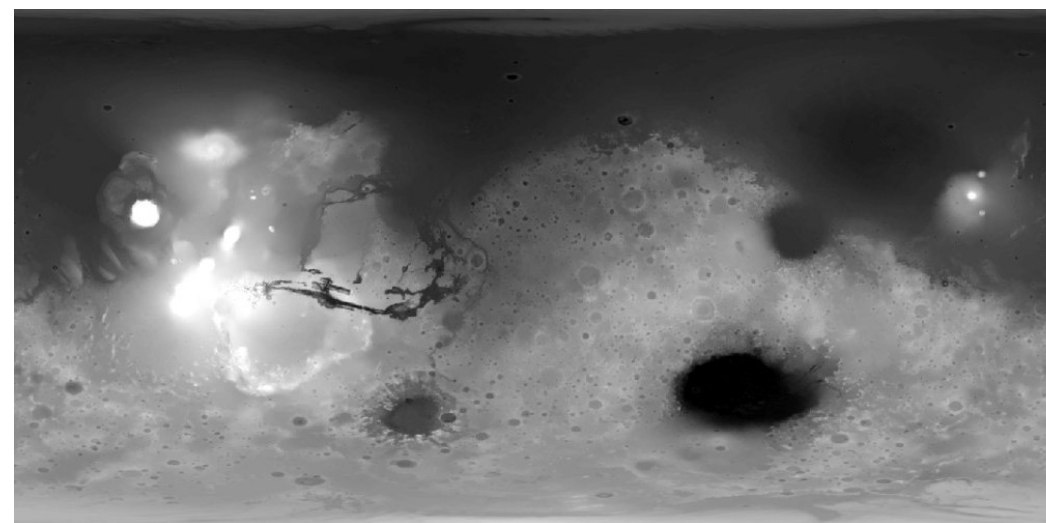


Imagen 21: Height map de Marte en escala de grises (los valores más claros corresponden a una mayor altura)

2.2.4 Amenazas

- Presión atmosférica:

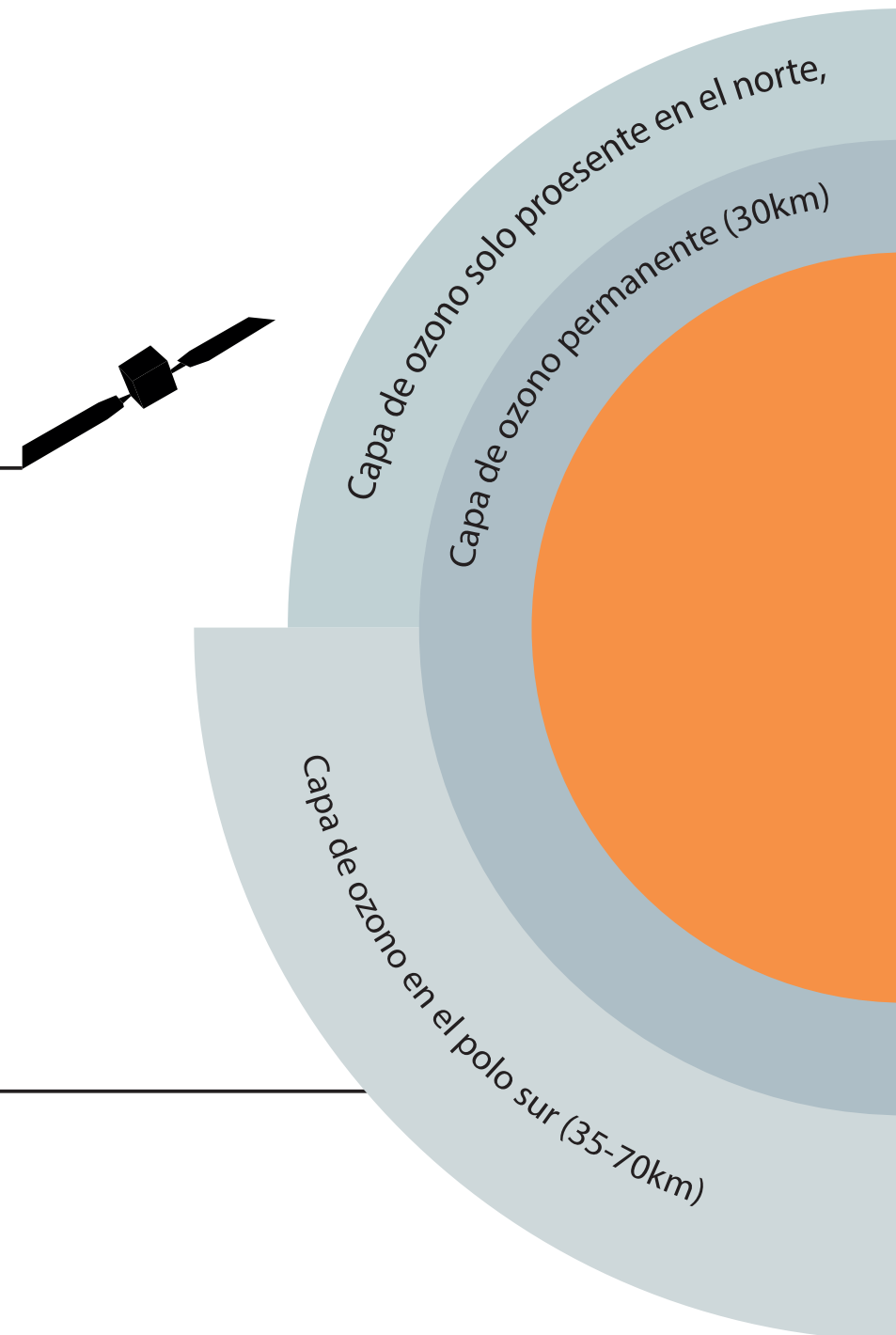
La presión de la Tierra es de 1 Bar, la presión en Marte no supera los 0.01 Bar, por lo que es relativamente ligera, muy similar a la que encontraríamos en nuestro planeta a unos 35 km de altura. La composición de la atmósfera en Marte, es en su mayoría dióxido de carbono (95%), nitrógeno (3%), y argón (1,6%). ("Rover Environmental Monitoring Station Mars Science Laboratory" n.d.)

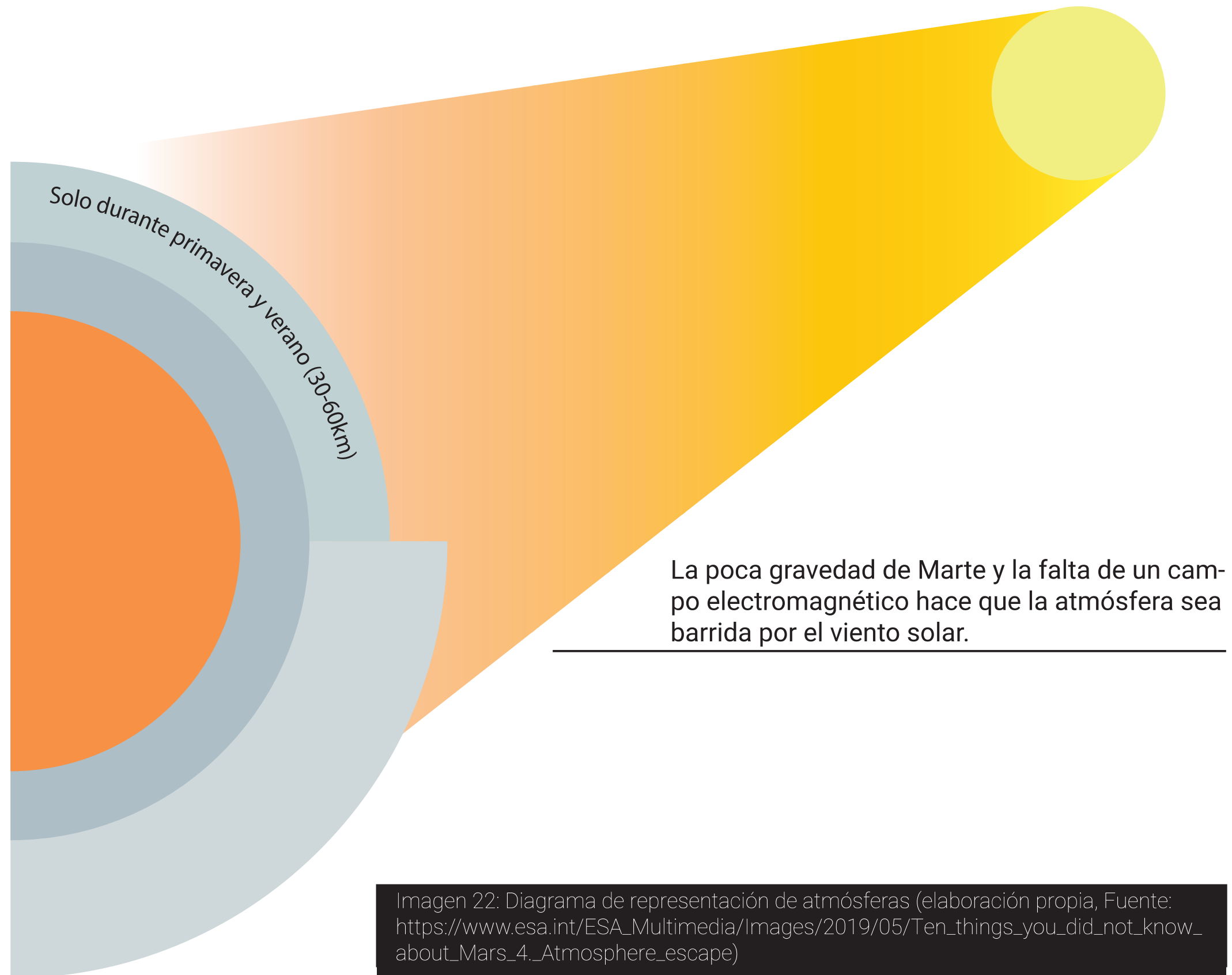
El satélite "Mars Express" descubrió que existen 3 capas de ozono, cada una con sus propias características.

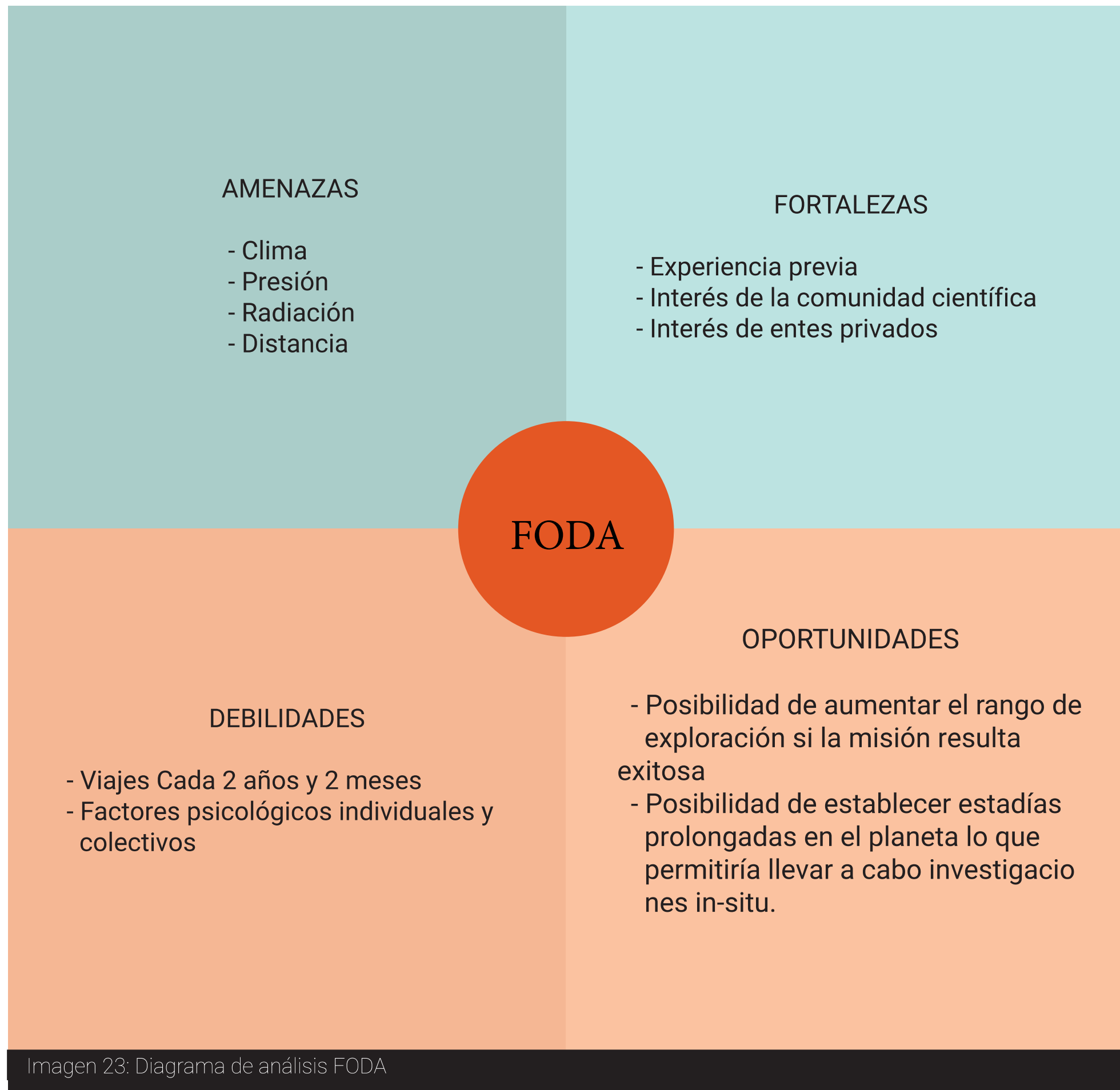
La concentración de ozono en Marte es unas 300 veces menor que en la Tierra, estos valores varían dependiendo en gran medida de la ubicación.

- Radiación:

Surge como una de las principales amenazas, la radiación ionizante proveniente del sol y del espacio, en dosis prolongadas puede ser letal. ("Rover Environmental Monitoring Station Mars Science Laboratory" n.d.)



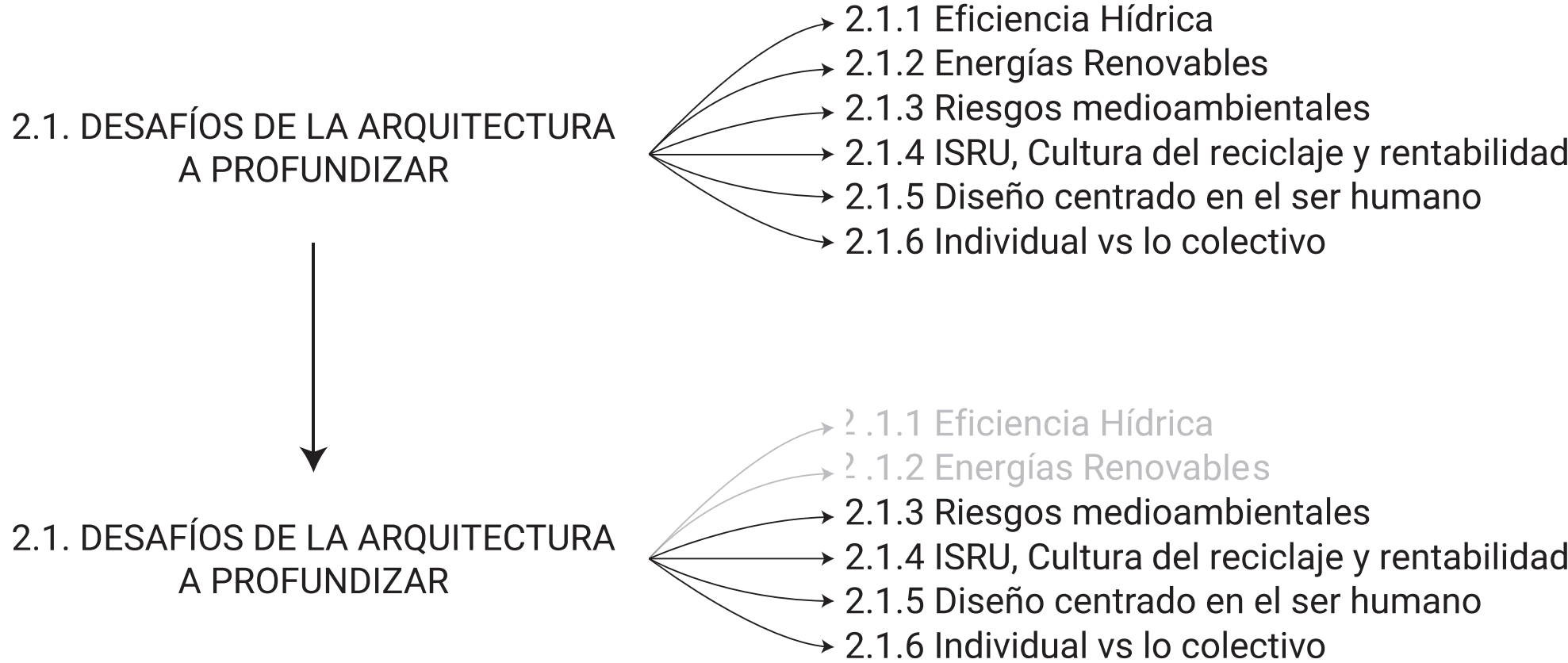




2.3 Análisis de requerimientos de la arquitectura espacial:

Dentro de la visión de colonizar Marte, se deben resolver una serie de desafíos para el habitar sustentable humano. Dentro de estas problemáticas existen unas con mayor prioridad sobre otras, en lo que respecta al campo de desarrollo de esta propuesta: 2.1.3 / 2.1.5 / 2.1.6 que tendrán mayor impacto en el producto final de la propuesta.(ENGINEERING & DESIGN, 1977)

- 2.1.1 Eficiencia Hídrica
- 2.1.2 Energías Renovables
- 2.1.3 Riesgos medioambientales
- 2.1.4 ISRU, Cultura del reciclaje y rentabilidad
- 2.1.5 Diseño centrado en el ser humano
- 2.1.6 Individual vs lo colectivo



2.3.1 Eficiencia Hídrica

En un escenario en el cual se deba vivir en la colonia, se plantea el desafío de extraer y reutilizar el agua. Para esto se plantean diferentes tareas:

2.3.1.1 Extracción y purificación desde fuentes locales

- Hielo y posibles depósitos en el subsuelo: Existe evidencia de agua salada en estado sólido en la superficie marciana y, además, está la posibilidad de encontrar agua líquida bajo la superficie, sin embargo, ésta debería pasar por procesos de desalinización.

- Vapor de agua

BWR por sus siglas en inglés “Boiling Water Reactor” o “Reactor de Absorción de Agua por Vapor”, proceso que ha sido estudiado por su potencial directo en extracción de agua desde la atmósfera de Marte. Esto se consigue llevando el aire a una capa absorbente de zeolita y calentándola para extraer el agua absorbida.

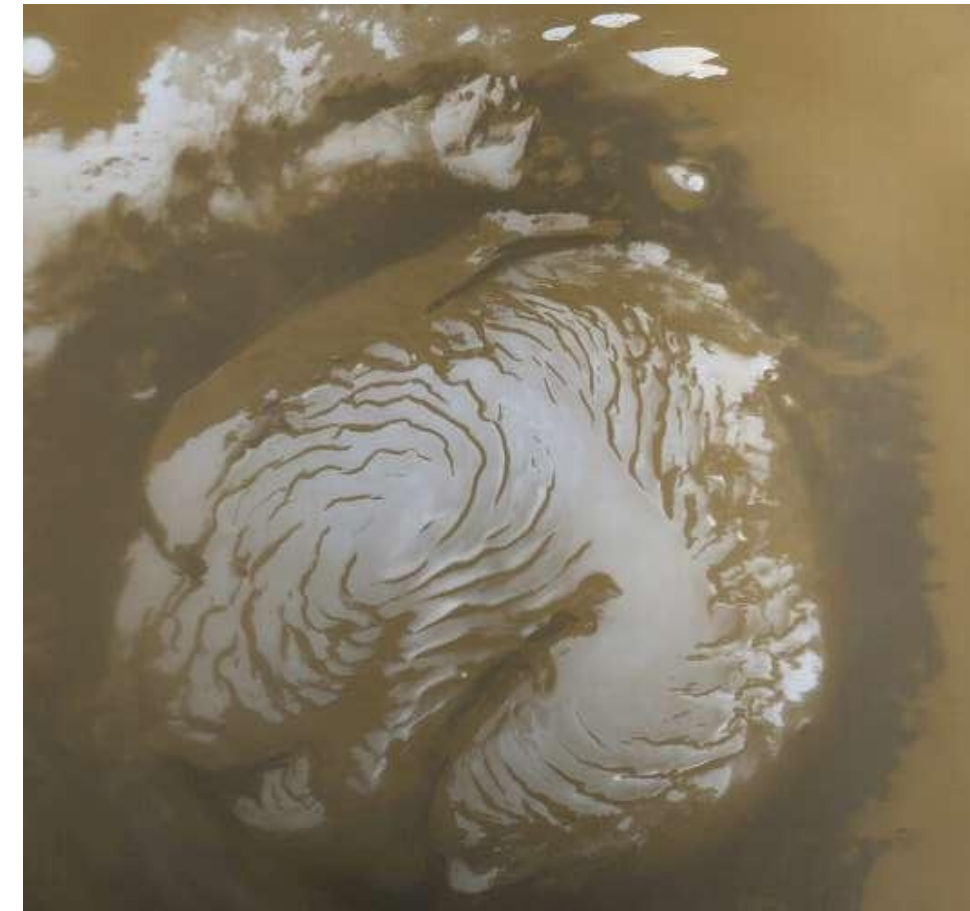


Imagen 24: Marte, el descubrimiento de lagos subterráneos en el polo sur del planeta “Y qué nos dice esto sobre la posibilidad de que haya vida?” BBC News.

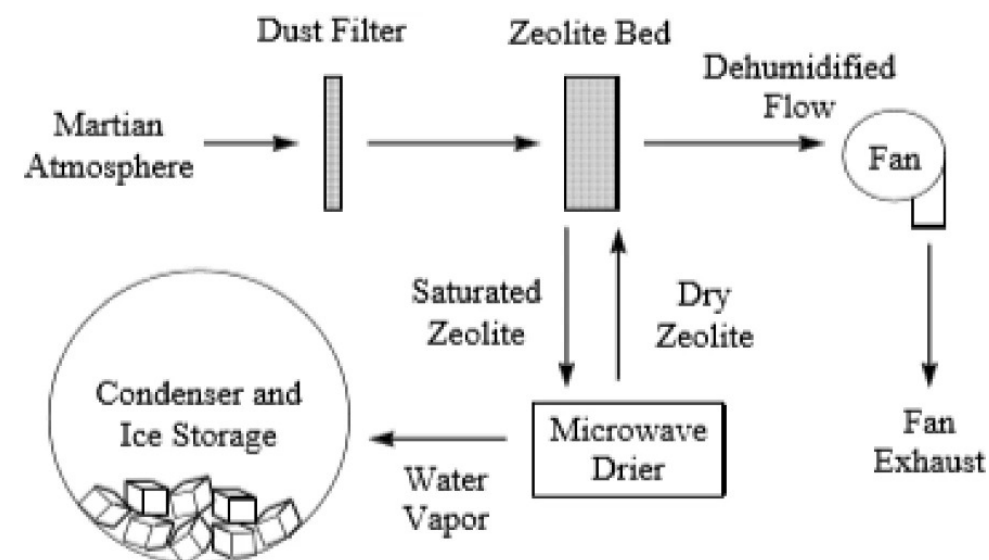


Imagen 25: Diagrama explicativo del funcionamiento del reactor de absorción de agua por vapor en Marte.

2.3.1.2 Purificación, ECLSS

Esta tarea es primera prioridad, dado a que el suministro continuo de agua no está garantizado, por lo tanto, es necesaria la recolección y reutilización de agua dentro del hábitat.

Dentro de los procedimientos podemos mencionar la utilización de sistemas de extracción de agua desde la orina (Urine Processor Assembly de la ISS, también conocido como UPA) y extracción de agua del sudor y vapor (Wate Processor Assembly o WPA) (Purcell, n.d.)

También podemos mencionar el sistema de bioprocesos de biomasa (Patrick Marshall, 2018). Todos estos sistemas forman parte del soporte vital ECLSS (Environmental Control and Life Support System) el cual se encarga de suplir los requerimientos para el metabolismo básico de oxígeno, agua y gestión de desechos de los astronautas.

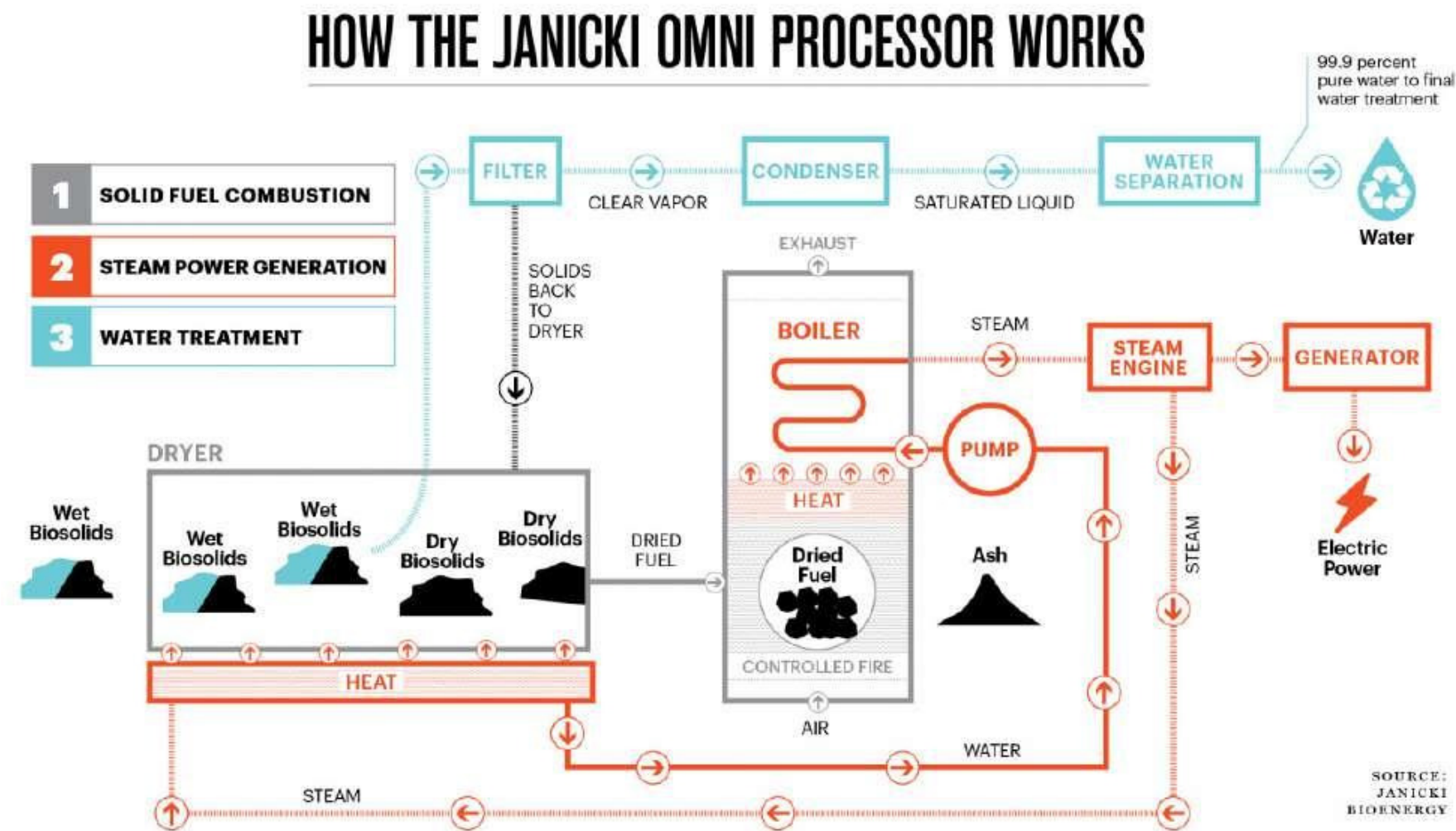


Imagen 26: Diagrama del funcionamiento de sistema de tratamiento de aguas de elementos biosólidos "Omni Processor"

2.3.1.2 Hidroponía:

Como principal medio de utilización de agua para el cultivo de alimentos está la agricultura hidropónica, la cual requiere una cantidad limitada de agua saturada con nutrientes, por lo que este método resulta ser mucho mas efectivo que el de regadío común, en el cual la eficiencia es de tan solo el 10%.

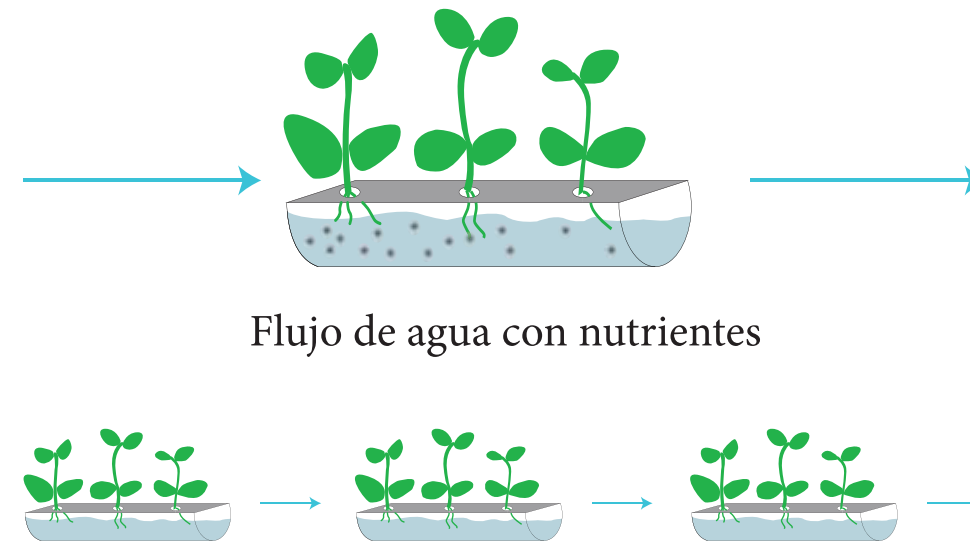


Imagen 27: Mars Science City – Imagen objetivo de área de cultivos hidropónicos

2.3.2 Energías Renovables

Una de las opciones disponibles para generar energía en el espacio es la utilización de celdas solares. Cabe mencionar, que estos se enfrentan a problemas de eficiencia debido a la acumulación de polvo en su superficie, en casos extremos de tormentas de arena que pueden prolongarse por días o incluso semanas, estos quedarían inutilizados, por lo que su fiabilidad es cuestionada. Otra alternativa un poco más segura es la de un reactor nuclear llamado “Kilo power”, el cual produce calor mediante generadores termoeléctricos de radioisótopos.

Este sistema requiere de un elemento que irradie el calor generado por el reactor y, de manera similar a los paneles solares, este elemento también utiliza una superficie para poder funcionar. (“Space Technology Mission Directorate: Kilo-power,” n.d.)

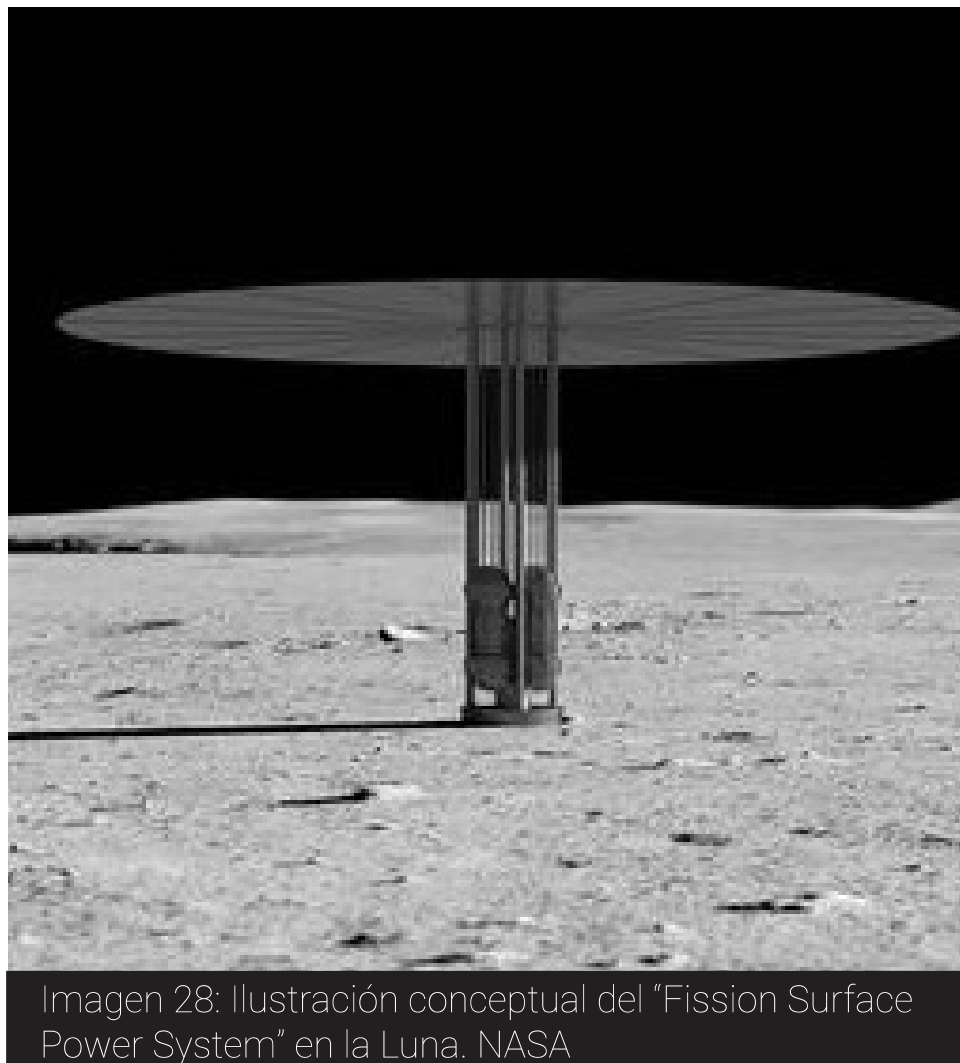


Imagen 28: Ilustración conceptual del “Fission Surface Power System” en la Luna. NASA

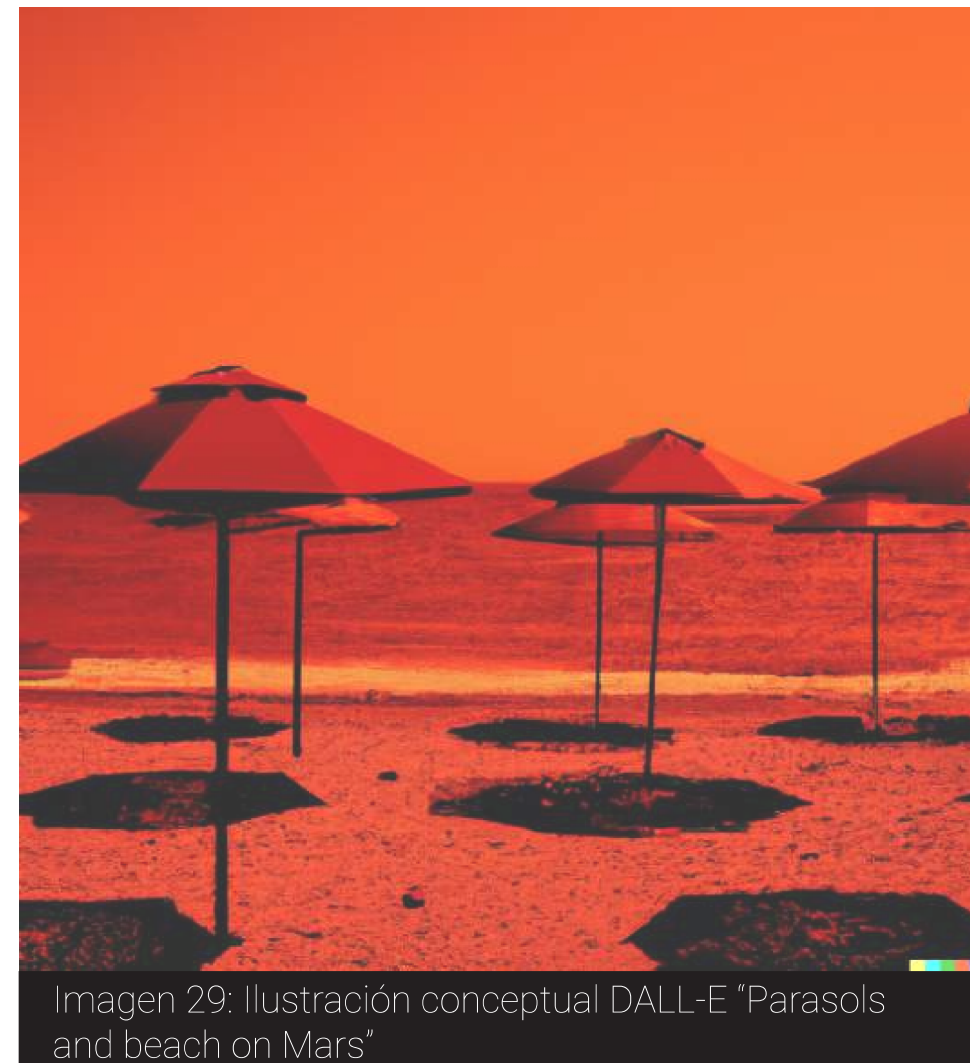


Imagen 29: Ilustración conceptual DALL-E “Parasols and beach on Mars”

2.3.2 Energías Renovables

Exploraciones de diseño

Es por esta similitud en el uso de superficies que no se descarta la posibilidad de utilizar elementos en forma de cubierta, al igual que en el proyecto de taller formativo “Valle solar de Petorca”.

Proyecto que propone aprovechar la cubierta de paneles solares para albergar programas de uso público, áreas de tránsito y resguardo de la radiación.

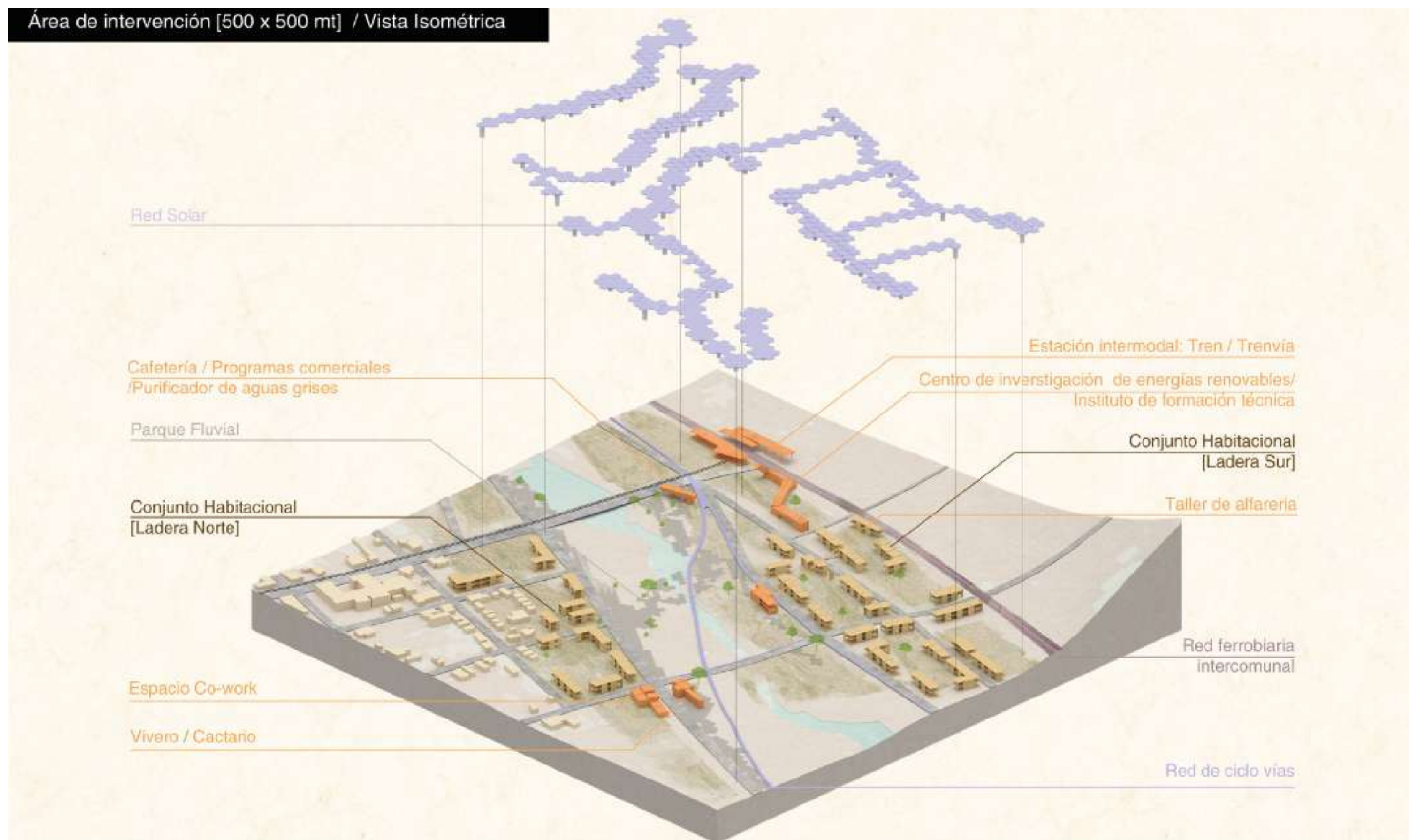


Imagen 30: Vista isométrica del proyecto “Valle Solar de Petorca” del taller avanzado ± 3.0 Petorca, 2019 (Elaboración propia)

2.3.3 Ambientes extremos: Alta Radiación, baja presión y bajas temperaturas

2.3.3.1 Clima

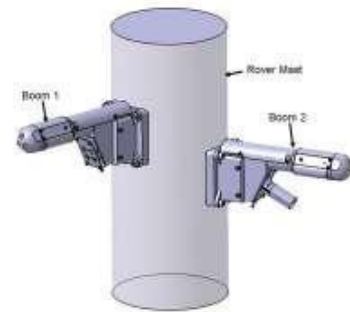


Imagen 31: Rover Environmental Monitoring Station REMS ("Mars Curiosity Rover," n.d.)

Los datos recolectados del área a intervenir, provienen del Rover Environmental Monitoring Station (REMS) el cual monitorea mediante sus dos extensiones (Boom 1 y 2) variables como presión atmosférica, humedad, corrientes de viento y radiación proveniente del Sol. Esta estación otorga reportes mensuales, los que al ser compilados nos entregan cartas con líneas generales de temperatura según la ubicación geográfica. ("Mars Curiosity Rover," n.d.)

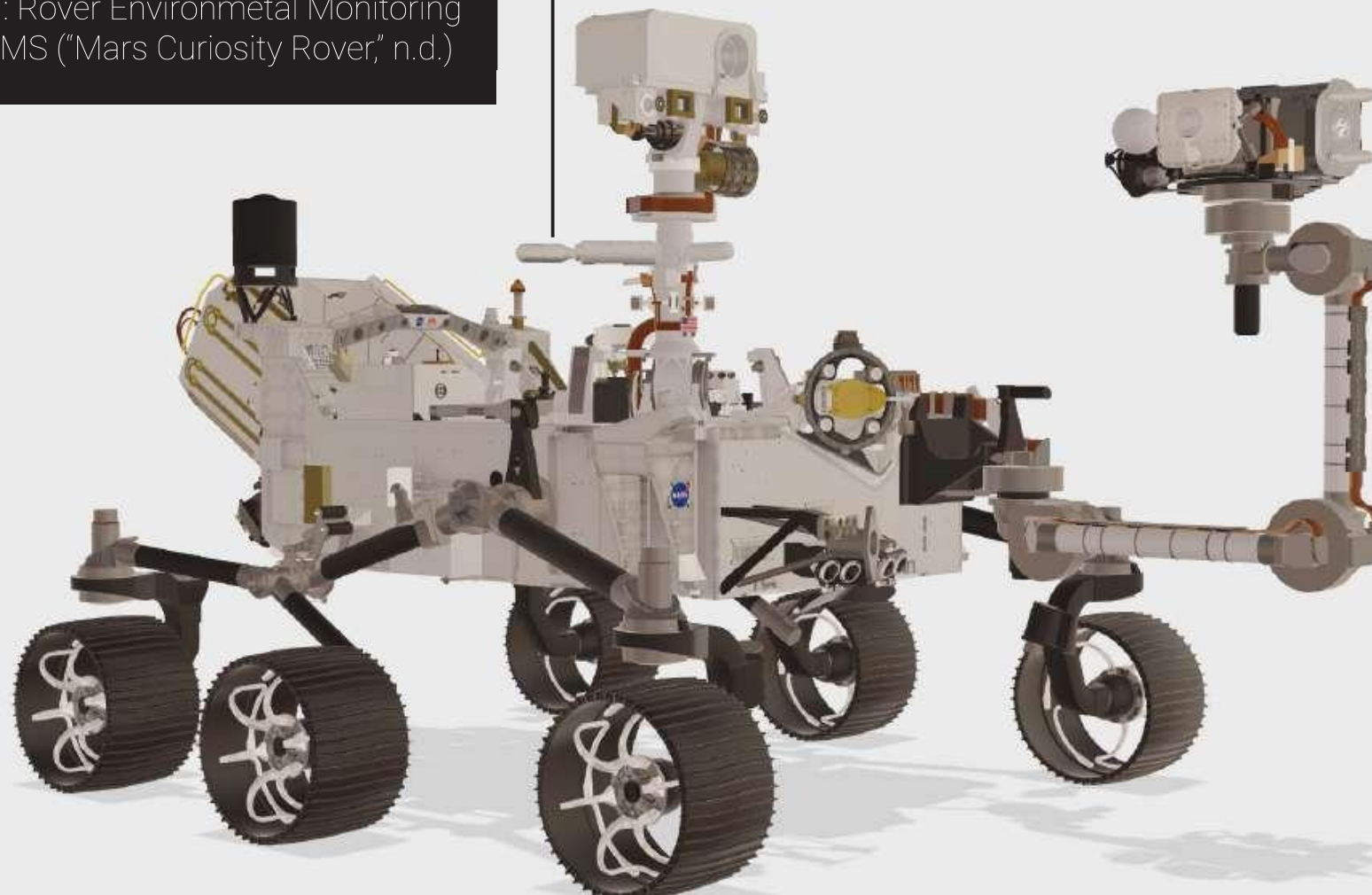


Imagen 32: Unidad de monitoreo Rover Curiosity ("Mars Curiosity Rover," n.d.)

2.3.3.1 Clima

Esta estación, en conjunto con otros elementos como satélites, sondas y landers otorga reportes que, al ser compilados, nos entregan cartas con líneas generales de temperatura según la ubicación geográfica. (“Mars Curiosity Rover,” n.d.) lo que nos revela que las temperaturas diurnas en Marte se asemejan a las del invierno en la Tierra, cercanas a los 0°C y por la noche pueden alcanzar los -129°C. (“¿Cómo es el clima en los otros planetas?” NASA 2022, Febrero 15)

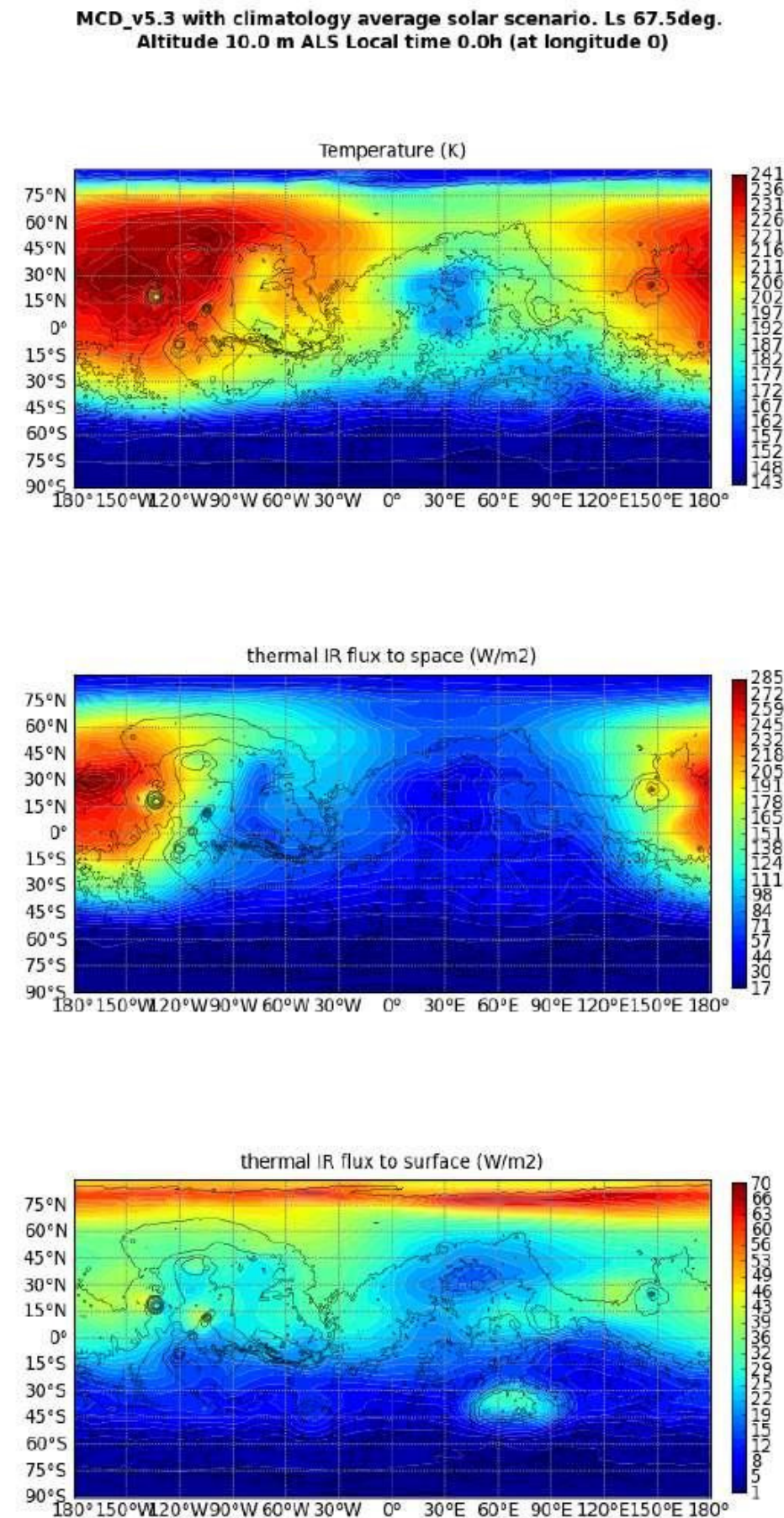


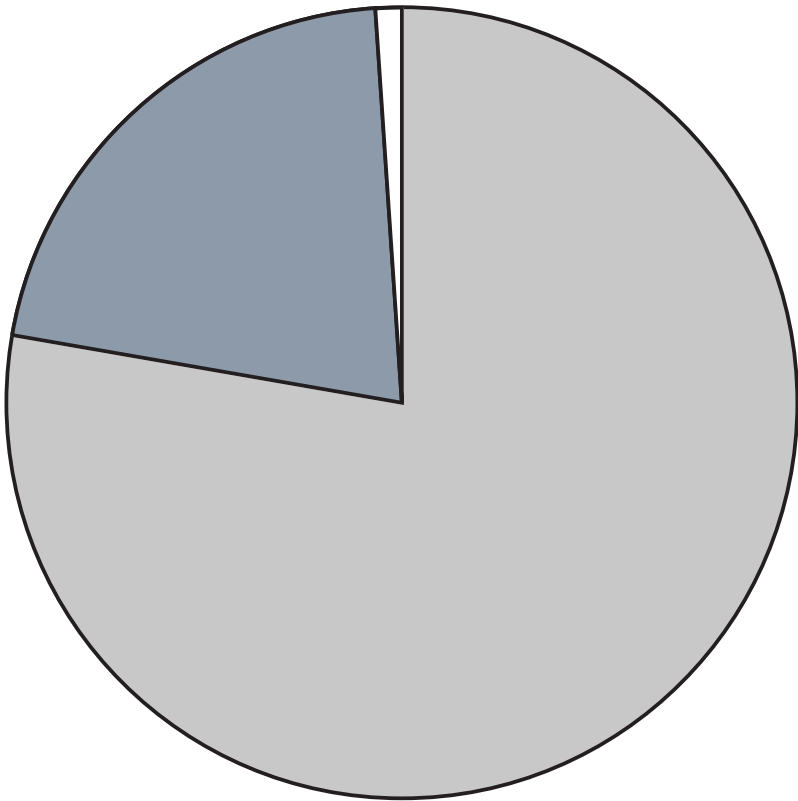
Imagen 33: Desglose de datos sobre temperatura e Irradiación disponibles en Mars Climate Database v5.3: The Web Interface

2.3.3.2 Atmósfera

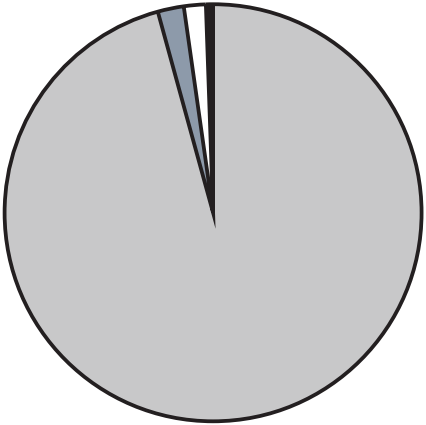


Cuenta con una atmósfera 1.000 veces más densa, que la del planeta Marte

Presenta dificultades para mantener una atmósfera dada a su baja gravedad en comparación a la de la Tierra



- 78% NITRÓGENO
- 21% OXÍGENO
- 1% OTROS



- 96% DIÓXIDO DE CARBONO
- <2% ARGÓN
- <2% NITRÓGENO
- <1% OTROS

2.3.2.1 Radiación

La radiación llega de dos formas diferentes a Marte: de forma solar, con la que estamos más familiarizados, y la radiación cósmica, proveniente de restos de supernovas, que son poderosas explosiones ocurridas al final de la vida de las estrellas. Ambos tipos de radiación son consideradas ionizantes.

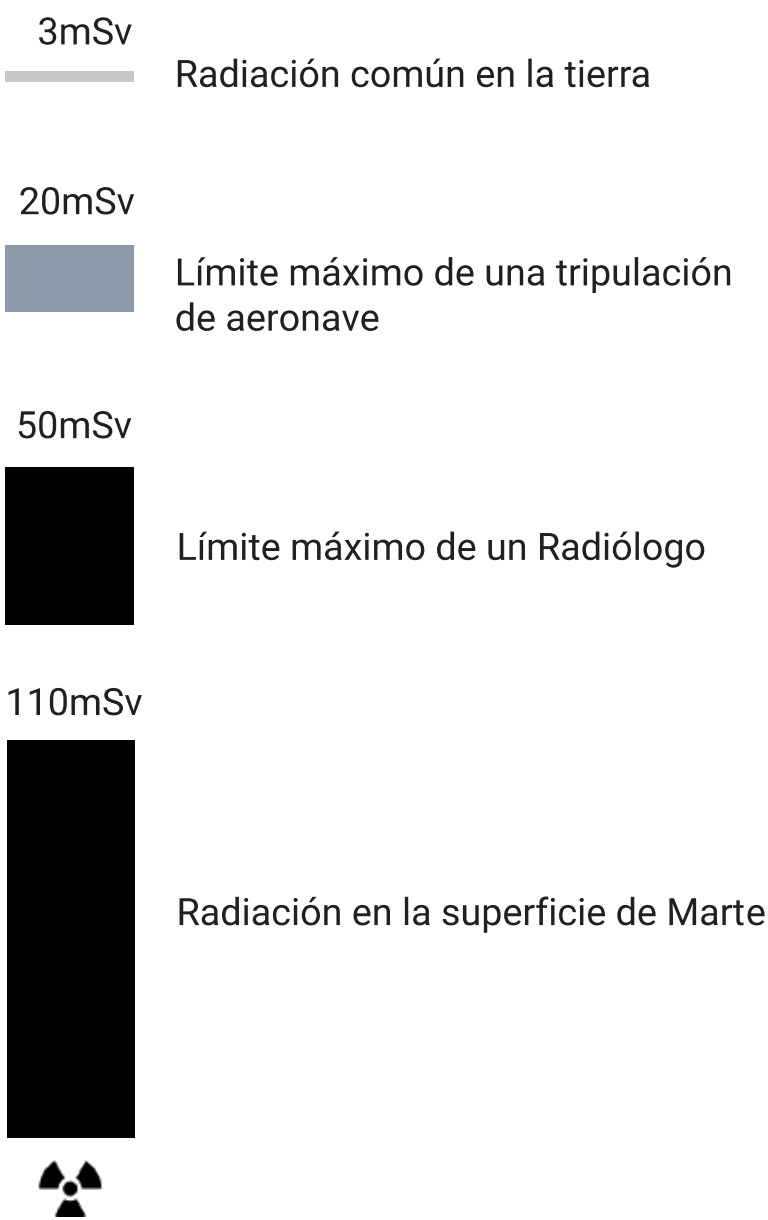
Lo preocupante de la radiación ionizante es que tiene la suficiente energía como para eliminar un electrón (partícula negativa) de un átomo o molécula y causar su ionización, provocando cambios químicos en las células y dañando su ADN, lo que puede producir quemaduras en la piel, náuseas, caída del cabello, cáncer e, incluso, la muerte.



Imagen 35: “Fred”, es el modelo anatómico de una cabeza y un torso humanos. Fred contiene cientos de dispositivos para medir la radiación. Imágen de NASA

El desafío contra la radiación comienza desde el viaje al planeta rojo, el cual tiene una duración aproximada de al menos 100 días. Posterior a eso hay que resolver el ¿cómo construir un refugio? que sea lo suficientemente resistente para mitigar la radiación a niveles aceptables y así permitir una habitar seguro.

- Referencias de exposición a la radiación:



2.3.2.1 Radiación

Frente a estas condiciones ambientales, una forma de mitigar los efectos adversos de la radiación, es mantenerse fuera del alcance de esta, la mayor cantidad de tiempo posible.

- Diagrama del tiempo recomendado de exposición a la radiación en Marte.

Estimado de ocupación de lugares respecto al grado de exposición

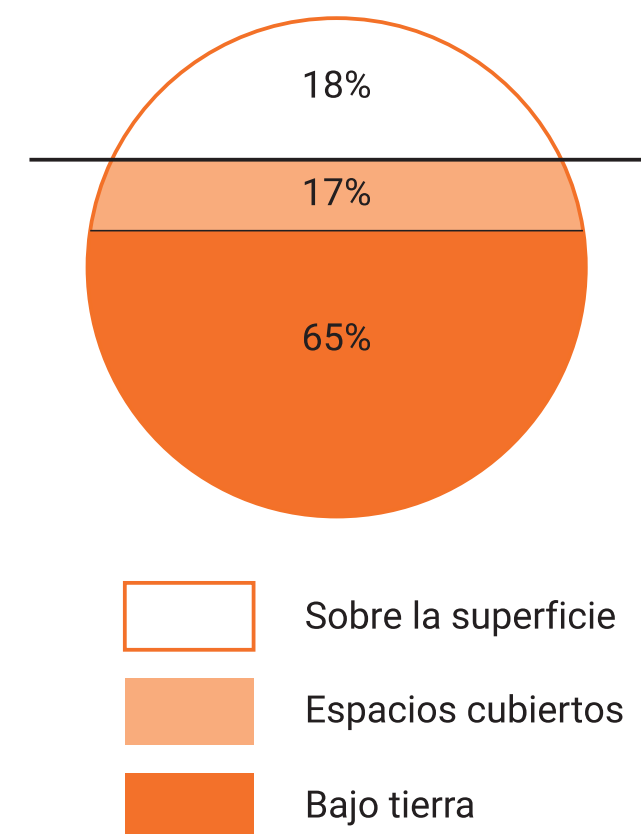
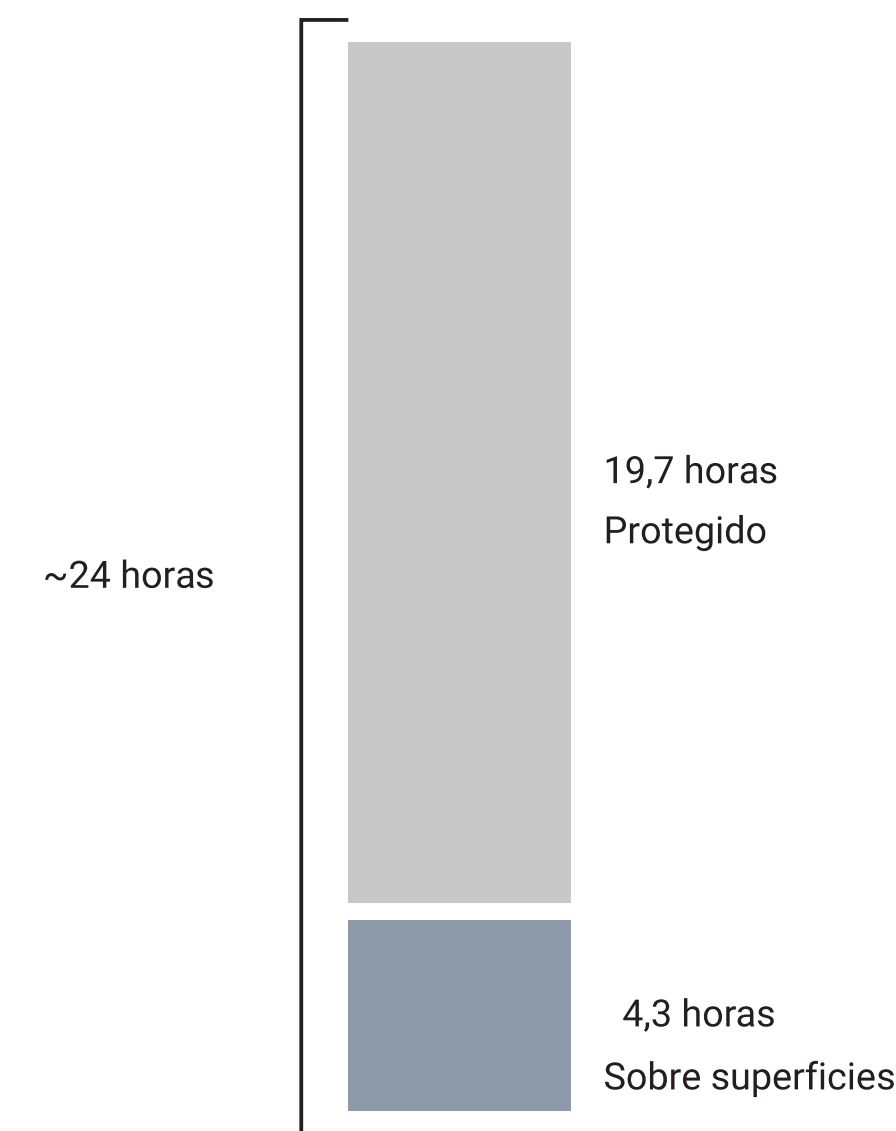


Imagen 36: Diagrama de gestión de la exposición en función del tiempo y actividad. BIG, Bjarke Ingels.

2.3.2.1 Radiación

Contramedidas

- Campo electromagnético

La razón por la cual no existen los mismos índices de radiación en la Tierra, es por la presencia de un campo electromagnético, que actúa como escudo contra el bombardeo continuo de partículas desde el Sol.

Las partículas provenientes del Sol (iones y electrones) son desviadas en su mayoría por el campo magnético de nuestro planeta.

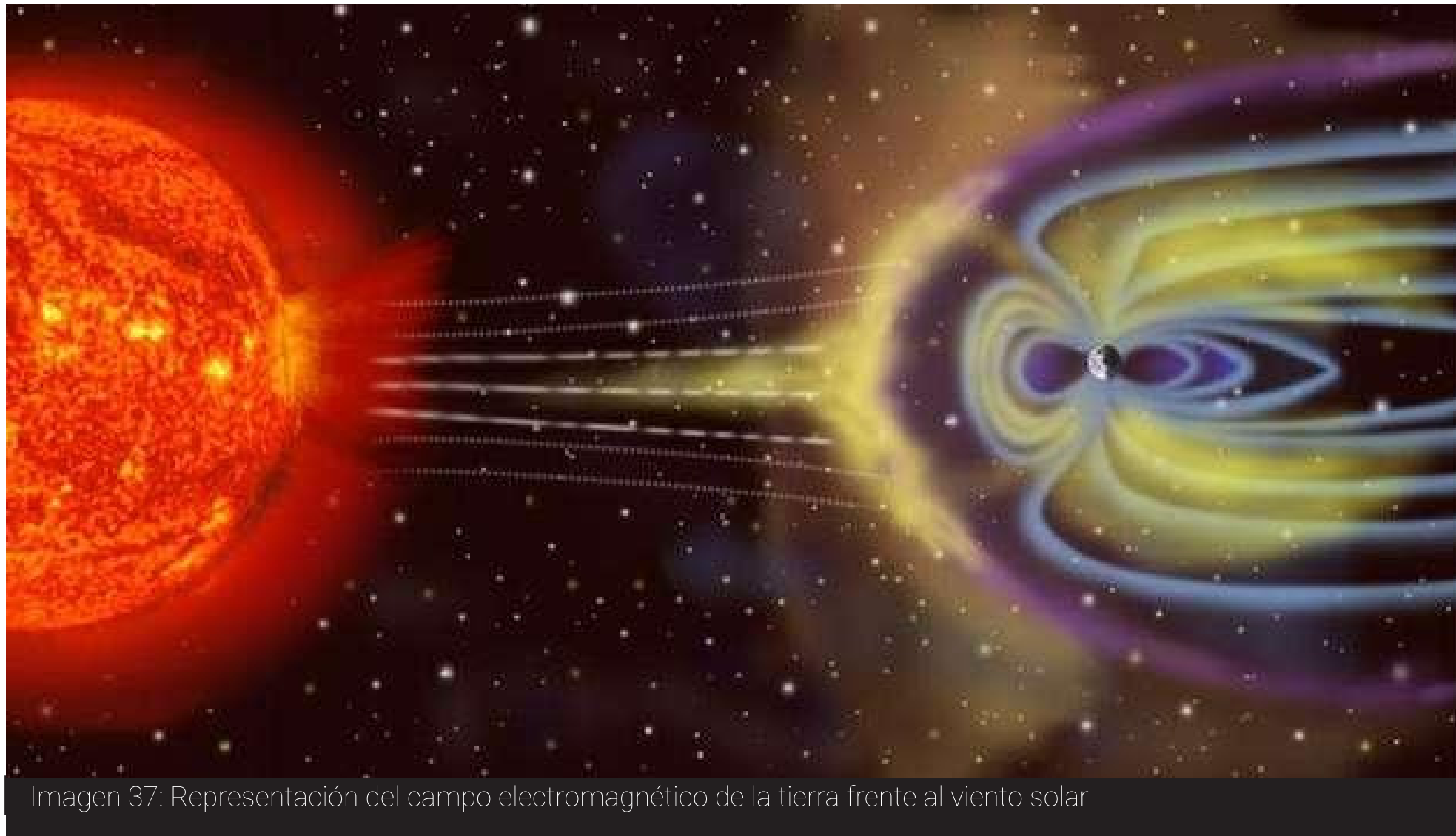


Imagen 37: Representación del campo electromagnético de la tierra frente al viento solar

2.3.2.1 Radiación

Un estudio realizado por la “National Institute for Fusion Science”, establece que, sería posible crear un campo electromagnético con anillos cargados con suficiente voltaje como para mitigar los efectos de la radiación.

Los puntos a tener en consideración son: primero la cantidad de voltaje que debería ser suministrado, para que este sistema fuera eficaz y segundo, el costo de este sistema, sin embargo, esta opción puede ser viable en un futuro en el que la energía y los materiales en Marte no supongan un problema.

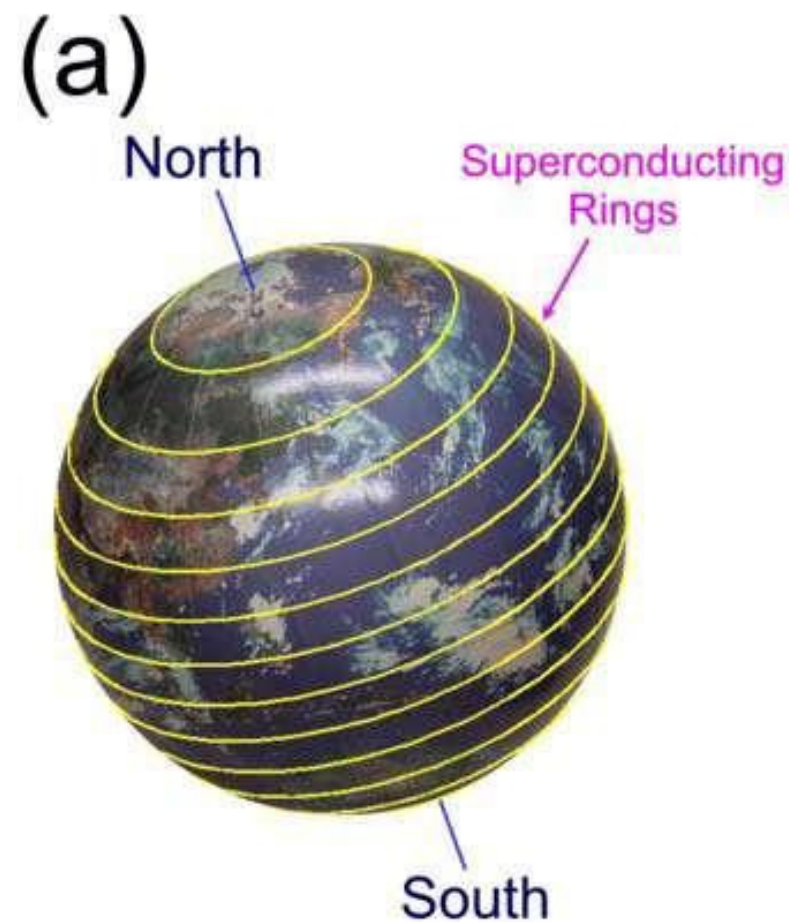


Imagen 38: Representación del campo electromagnético de la tierra frente al viento solar

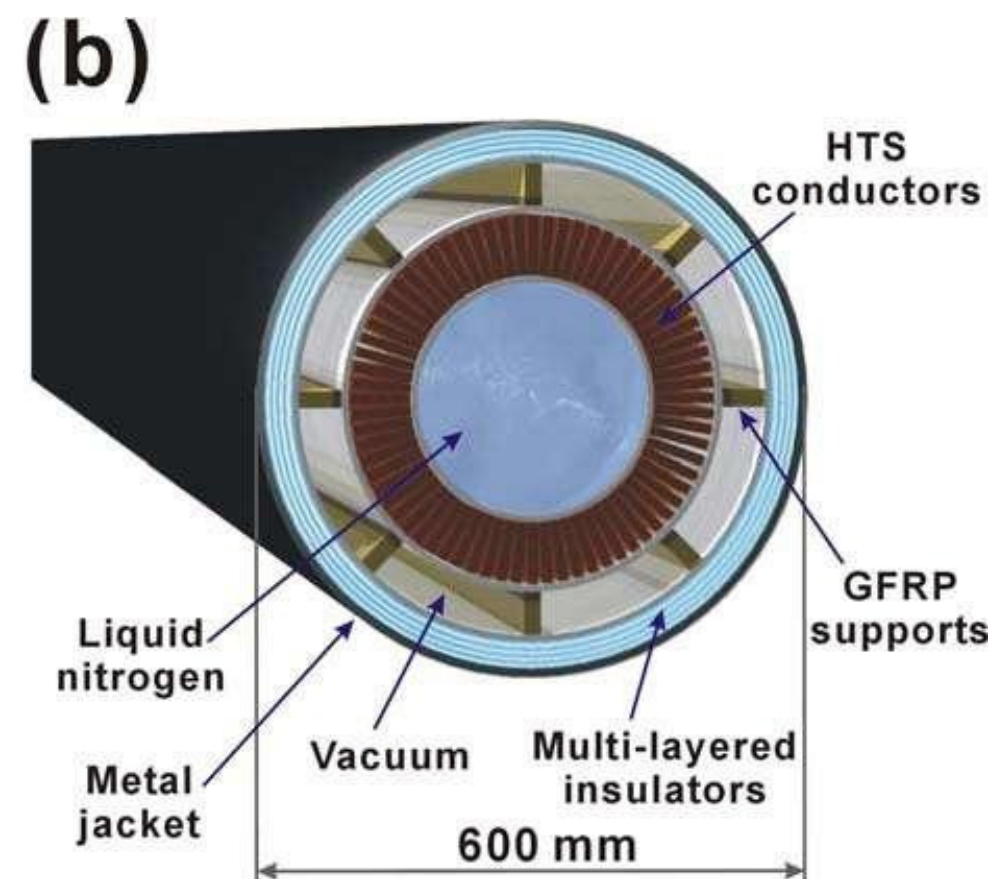


Imagen 39: Representación, vista en corte del sistema del anillo super conductor.

2.3.2.1 Radiación

Contramedidas: Exploraciones de diseño



Imagen 40: visión simulada del planeta Marte como un lugar más seguro, dado a que la tenue atmósfera de CO₂ es lo suficientemente densa, para mantener la presión atmosférica precisa que permite el desarrollo de la primera capa de vegetación natural. En cuanto a la radiación, esta es repelida por los anillos superconductores puestos en órbita alrededor del planeta, mostrándose como aros de luz, producto de la reflexión de los rayos solares.

2.3.2 Radiación

2.3.2.1 Contramedidas

- Masa

Otra de las opciones para evitar el bombardeo de iones y electrones, es poner una barrera con suficiente densidad para poder disipar su traspaso.

En los referentes estudiados “Mars Habitat” de Foster + partners y “Mars Hab” de HASSEL + EOC se observa la construcción en impresión 3d de cubiertas a base de ferrock marciano, el cual entrega un grado de protección considerable.



Imagen 41: Representación del campo electromagnético de la tierra frente al viento solar

2.3.2 Radiación

2.3.2.1 Contramedidas

- Materiales compuestos

Una media utilizada para mitigar la exposición a la radiación, es la fabricación de elementos superpuestos como el aluminio, polietileno y, en algunos casos, tanques de hidrógeno líquido, en la parte exterior de la nave (Blindaje contra rayos). Estos materiales funcionan como filtro, deteniendo los rayos cósmicos capa tras capa. ("Blindaje contra rayos," n.d.)



Imagen 42: Piscina de enfriamiento en Olkiluoto, Finlandia

- Agua / Hielo

El agua o cubiertas de agua, también son una opción, dados sus altos grados de hidrógeno. De hecho, nadar en una piscina de enfriamiento nuclear, es totalmente seguro, sin embargo, la temperatura aumenta a medida que nos acercamos a las barras de combustible, al igual que aumenta el riesgo de exposición. ("Consejo de Seguridad Nuclear: Almacenamiento en piscina," n.d.)

Un factor importante en este tipo de instalaciones es que el agua debe ser cambiada cada cierto tiempo, por lo que a buenas cuentas, no sería muy rentable para utilizarlo como aislante.

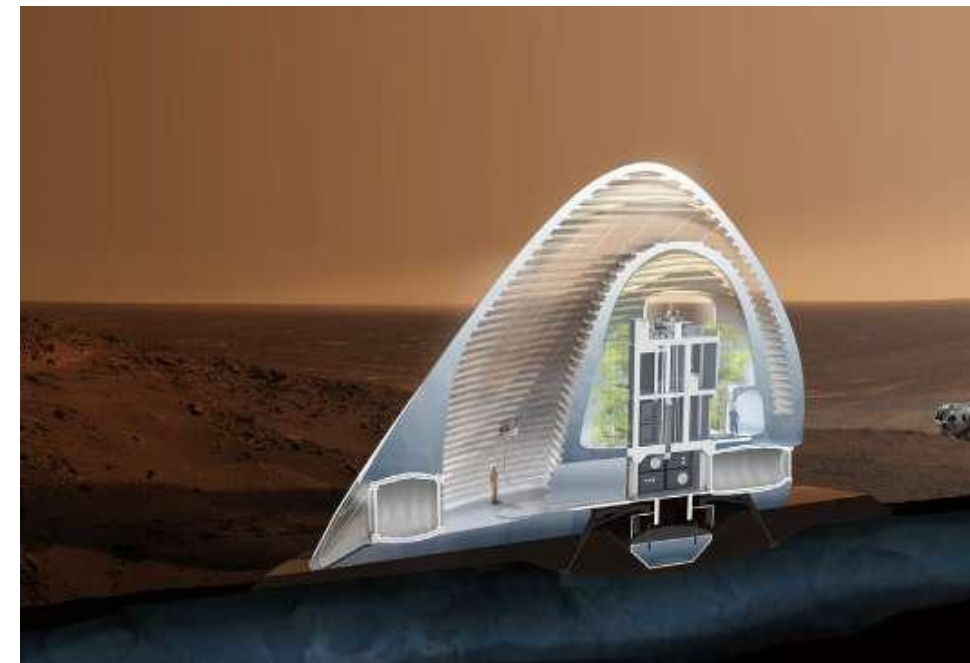
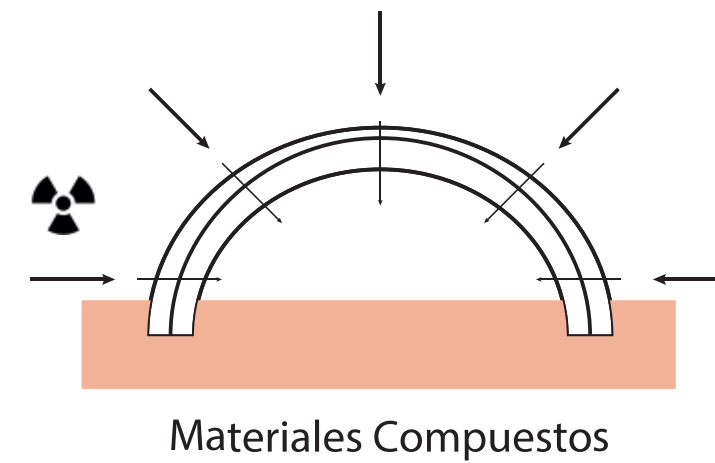
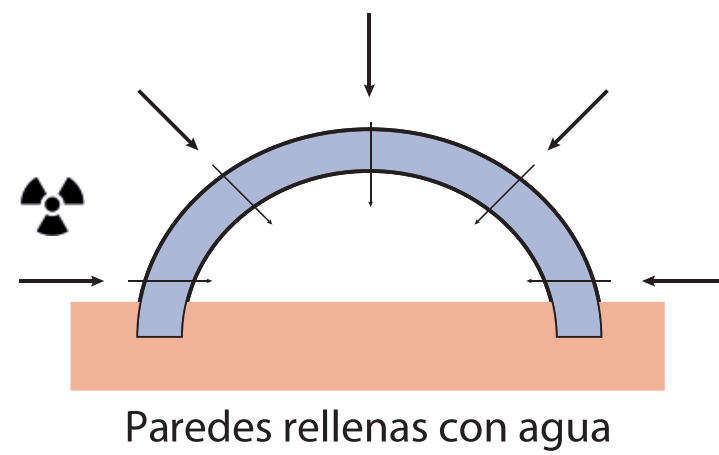
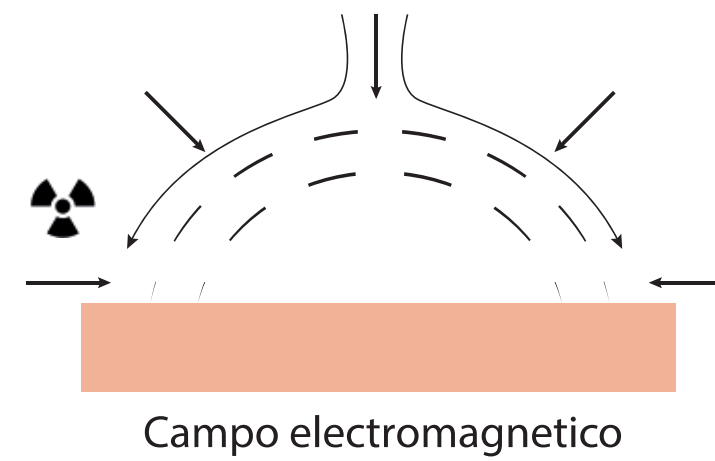
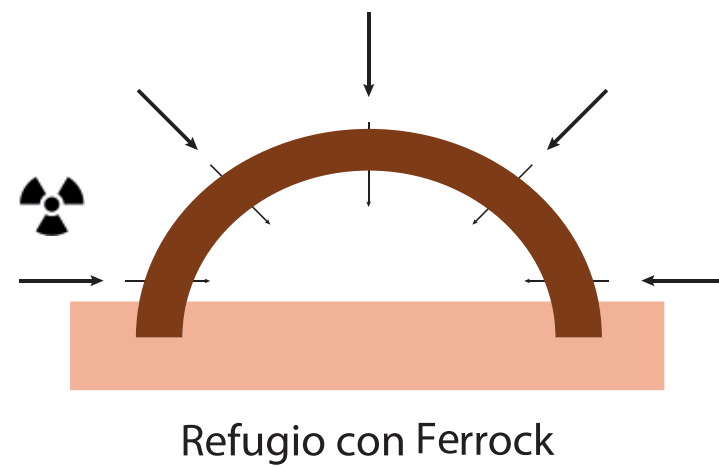


Imagen 43: Mars Ice House - Vista en Corte; el proyecto presenta una propuesta con una coraza de hielo como barrera contra la radiación.

2.3.2 Radiación:

Catálogo de Cubiertas



2.3.4 ISRU, Cultura del reciclaje y rentabilidad

Para poner en órbita 1 kg de material, el costo es considerablemente alto, se necesitan entre \$7.400 USD en el caso del Falcon 9 y \$28.000 USD para el Delta-IV, por lo que parte del desafío consiste en poder reducir al mínimo los elementos necesarios a transportar.

Teniendo esto en cuenta, se plantea el llevar solo las herramientas necesarias para poder construir habitáculos con materiales locales. La impresión 3D proporciona una ventaja enorme dado que no es necesario contar con una gran cantidad de maquinaria que permita fabricar un elemento, solo se requiere de un archivo digital y de la impresora para moldear el material.

Falcon 9 de Space X

Altura: 70 mt

Diámetro: 3.7 mt

Masa: 549.054 kg

Carga útil a Marte: 4.020 kg



1:200cm

2.3.4 ISRU, Cultura del reciclaje y rentabilidad

Impresión 3D

El uso de la impresión 3D durante la etapa de construcción, proporciona mayor rapidez en la manufactura y otorga, mediante su forma curva, mayor área útil con menos material. Estas estructuras hechas con materiales locales disminuirían la carga que debería ser llevada a bordo de la nave.

Arcos, V. A. (2021) A pesar de que la manufactura aditiva tiene restricciones para mantener la forma estructuralmente estable, durante su proceso de extrusión, al momento en que la mezcla se encuentra en estado fluido, es el método más eficiente y económico, hasta ahora, para lograr morfologías complejas, orgánicas, barrocas e intrincadas. La trayectoria programada o tool-path de extrusión es capaz de resolver diferenciaciones y complejidades a nivel local y global”.

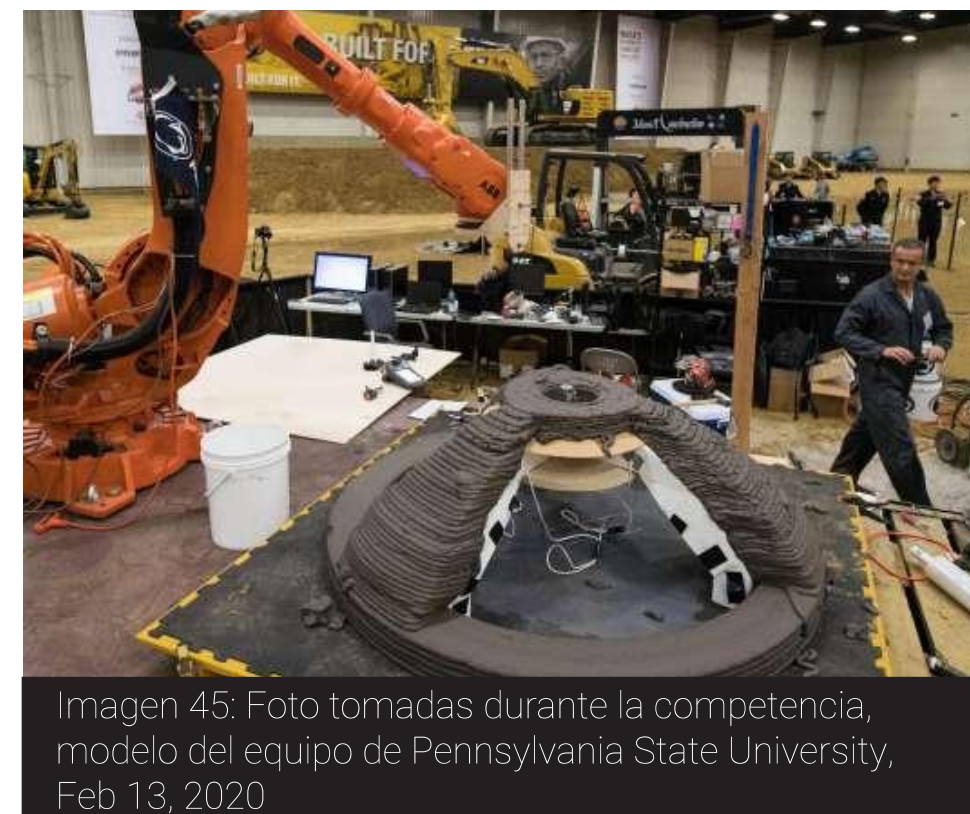
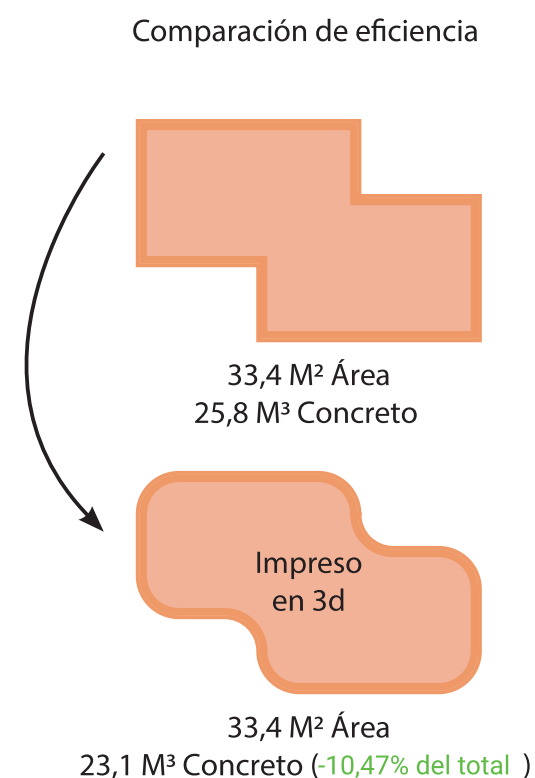
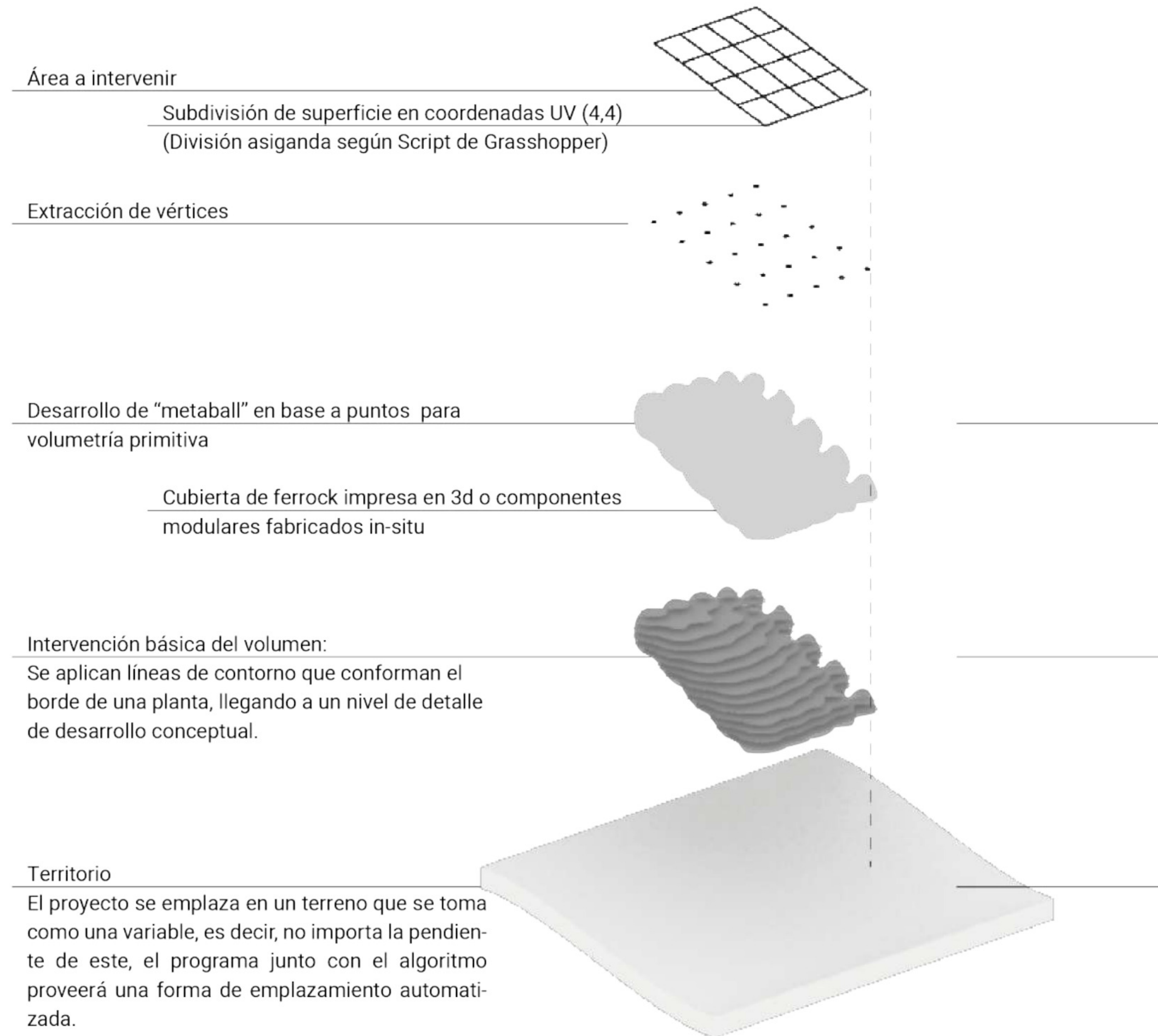


Imagen 45: Foto tomadas durante la competencia, modelo del equipo de Pennsylvania State University, Feb 13, 2020

Impresión 3D Aplicada al Proyecto



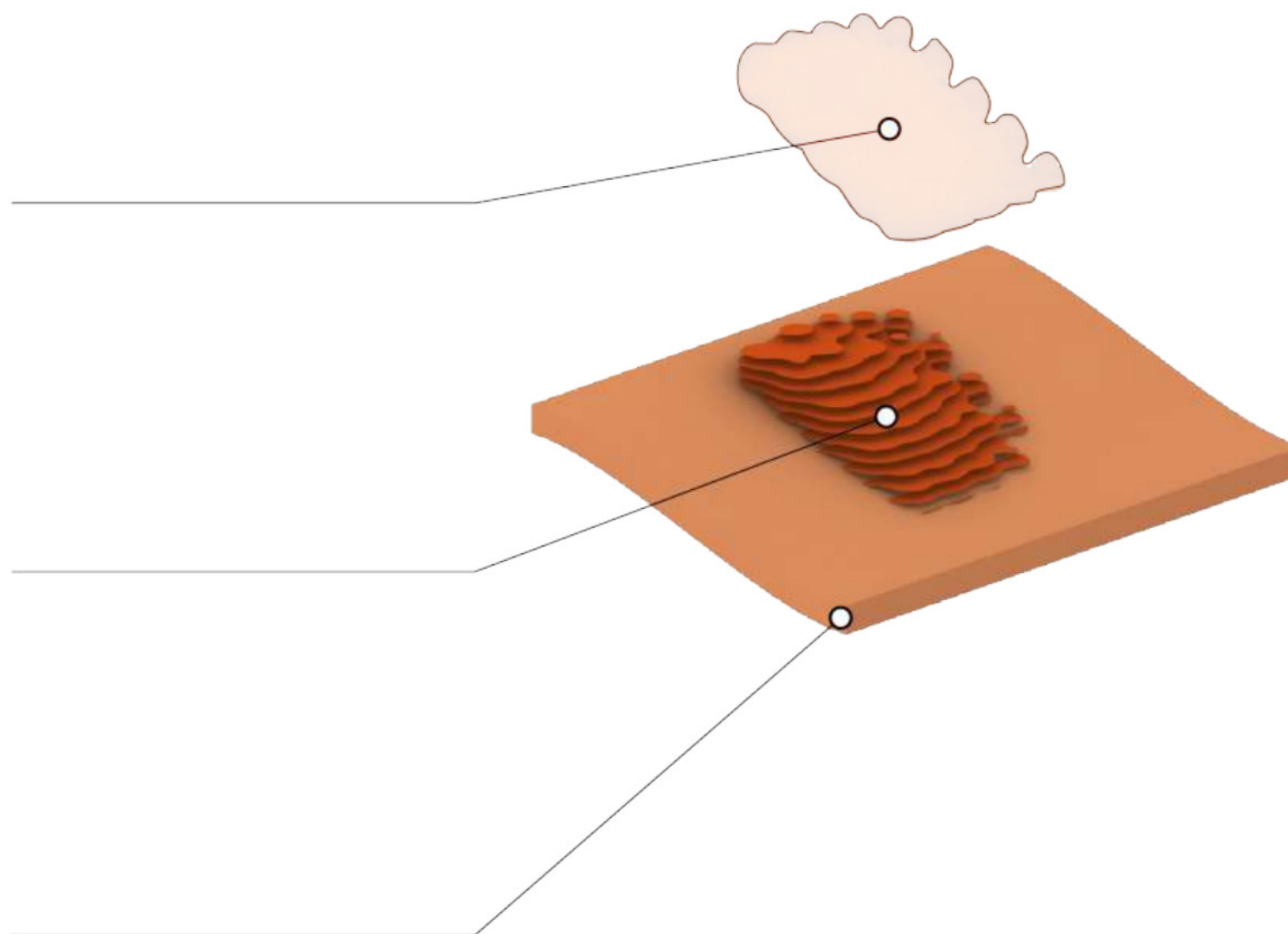


Imagen 46: Volumetría base

2.3.5 Diseño centrado en el ser humano

2.5.1 Características Cualitativas

Para comenzar a diseñar el habitar humano es necesario entender el área necesaria por persona y el área disponible para trabajar. Por lo anterior se plantea utilizar medidas de m² por persona, lo que delimitará la densidad de población y también los servicios y equipamiento necesarios para cada uno de los habitantes.(ENGINEERING & DESIGN, 1977, p. 29)

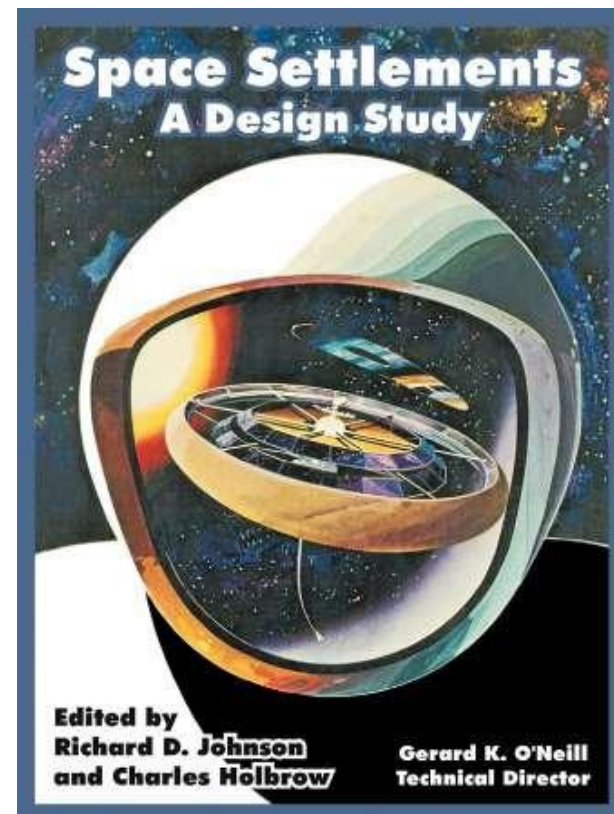


Imagen 47: Tabla de contenidos sobre los espacios necesarios para una colonia que orbitaría la tierra (ENGINEERING & DESIGN, 1977,p.29)

Síntesis de espacios clave

Residencial - Unidades habitacionales, espacio exterior privado, espacio de tránsito peatonal.

Comercial - Oficinas y almacenes.

Espacios cerrados semi-públicos - Dentro de esta categoría están: Gobernación, hospitales, escuelas, áreas de entretenimiento y ocio.

Espacios públicos abiertos – Parques, áreas deportivas.

Industria a pequeña escala o workshops – Bienes de primera necesidad, muebles, reparaciones.

Almacenamiento – Bodegas, estanques, acopio de materias primas.

Sistemas de soporte vital – Relacionado a generadores, sistemas de saneamiento de aguas/oxígeno.

Transporte – Plataformas de despegue, hangares.

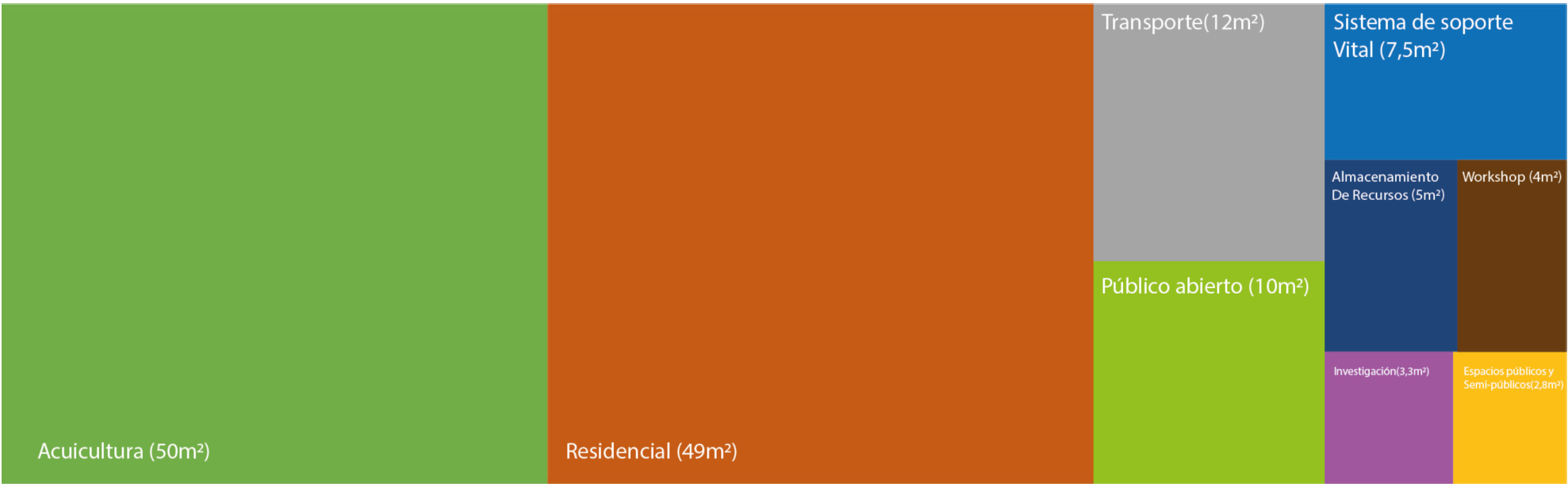
Agricultura – Cultivo.

TABLE 3-2 — SUMMARY OF COMMUNITY SPACE AND AREA ALLOCATIONS

Space use	Surface area required, m ² /person	No. of levels	Projected area, m ² /person	Estimated height, m	Volume, m ³
Residential	49	4	12	3	147
Business					
Shops	2.3	2	1.0	4	9.2
Offices	1	3	.33	4	4.0
Public and semipublic					
Schools	1	3	.3	3.8	3.8
Hospital	.3	1	.3	5	1.5
Assembly (churches, community halls)	1.5	1	1.5	10	15
Recreation and entertainment	1	1	1	3	3
Public open space	10	1	10	50	500
Service industry	4	2	2	6	24
Storage	5	4	1	3.2	16
Transportation	12	1	12	6	72
Mech. subsystem					
Communication distr. switching equipment for 2800 families	.05	1	.05	4	.2
Waste and water treatment and recycling	4	1	4	4	16
Electrical supply and distribution	.1	1	.1	4	.4
Miscellaneous	2.9	2	1	3.8	11.2
Subtotals	94.2		46.6		823.3
Agriculture space requirements ^a					
Plant growing areas	44	3	14.7	15	660
Animal areas	5	3	1.7	15	75
Food processing, collection, storage, etc.	4	3	1.3	15	60
Agriculture drying area	8	3	2.7	15	120
Totals	155.2		67.0		1738.3

Imagen 48: Tabla de contenidos sobre los espacios necesarios para una colonia que orbitaría la Tierra (ENGINEERING & DESIGN, 1977,p.29)

Proporción de espacios según requerimientos



Materias Primas	Sistema de soporte vital	Almacenamiento De Recursos	Residencial	Público y semi-Público	Transporte
Peróxido de hidrogeno	Oxígeno	Oxígeno	Hábitat privado	Salud	Plataformas
Pirolusita	Ósmosis y de-saladoras	Agua	Hábitat Publico	Workshop	Túneles
Hielo/Agua	Procesamiento de alimentos	Comida		Investigación	Almacenamiento
Radiación Solar	Paneles / Generadores	Energía		Educación	
	Comunicaciones				
	Acuicultura		Jardinería	Parques	

Imagen 49 (Superior): Diagrama de prioridades según m²
(Inferior): Desglose de programas por grupo (Toolkit)

2.3.5 Diseño centrado en el ser humano

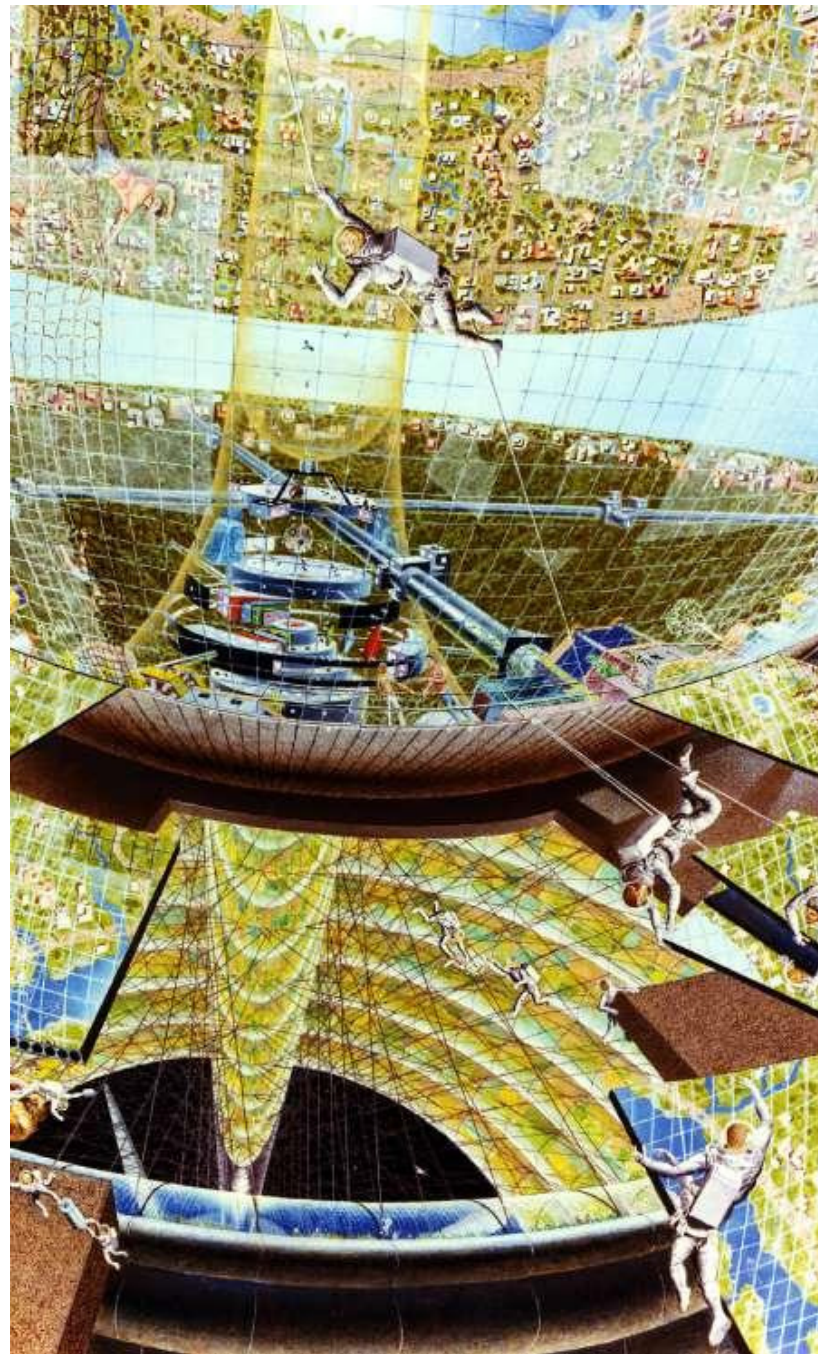


Imagen 50: Espacios públicos al aire libre, ilustración del documento "70's Space station" similar a los espacios descritos en "Space Settlements" (1977)

2.3.5.2 Características cuantitativas

Aspecto psicológico

Para evitar el fenómeno de solipsismo se proponen líneas de diseño que amplíen la visión y generen una conexión con el exterior. La suma de este tipo de criterios deben ser empleados de macro a micro escala. (ENGINEERING & DESIGN, 1977,p. 31)

- 1.Líneas de visión Amplia
- 2.Cielo abierto
- 3.Biofilia
- 4.Vistas de paisajes naturales
- 5.Recintos privados
- 6.Luz natural
- 7.Contacto con el exterior
- 8.Oportunidad de privacidad
- 9.Comunicaciones internas
- 10.Habilidad de separar módulos
- 11.Construcción modular: Hábitat
- 12.Organización interna flexible
- 13.Detalles de interior a manos de los habitantes

2.3.6 Individual vs Colectivo

2.3.6.1 Tipos de organización social

Existen todo tipo de sociedades basadas en diferentes creencias y costumbres. Los siguientes casos son llevados al extremo con tal de poder ver las ventajas y desventajas de cada una, entendiendo su visión y sus prioridades. (ENGINEERING & DESIGN, 1977, p.32)

- Tipo A: Jerárquica y Homogénea

“El mejor camino para todos”
La gente de este grupo cree que siempre debe tomarse el mejor camino para hacer las cosas y que este camino debe ser el que todos tomen. Consideran como única autoridad a las decisiones tomadas democráticamente y aplican y juzgan mediante categorías universales, por lo que tratan de minimizar las diferencias entre individuos. Lo anormal o distinto es visto como una debilidad dado a que se separa del camino de máxima eficiencia.

Esto se traduce en el espacio como áreas de programas específicas con programas distintos pero similares entre sí.

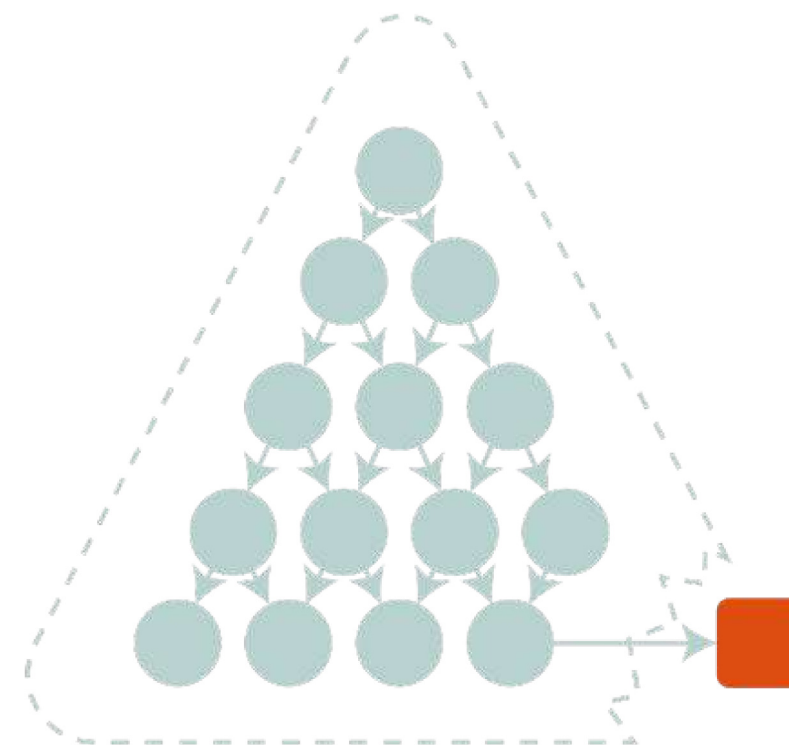


Imagen 51: Diagrama de elaboración propia, Estructura jerárquica y exclusiva

- Tipo B: Individualista y aislacionista

“Protección de la privacidad por sobre todo”
Las personas de esta comunidad creen que la independencia es la virtud más importante.

La dependencia e interdependencia entre comunidades es algo mal visto, casi como una debilidad.

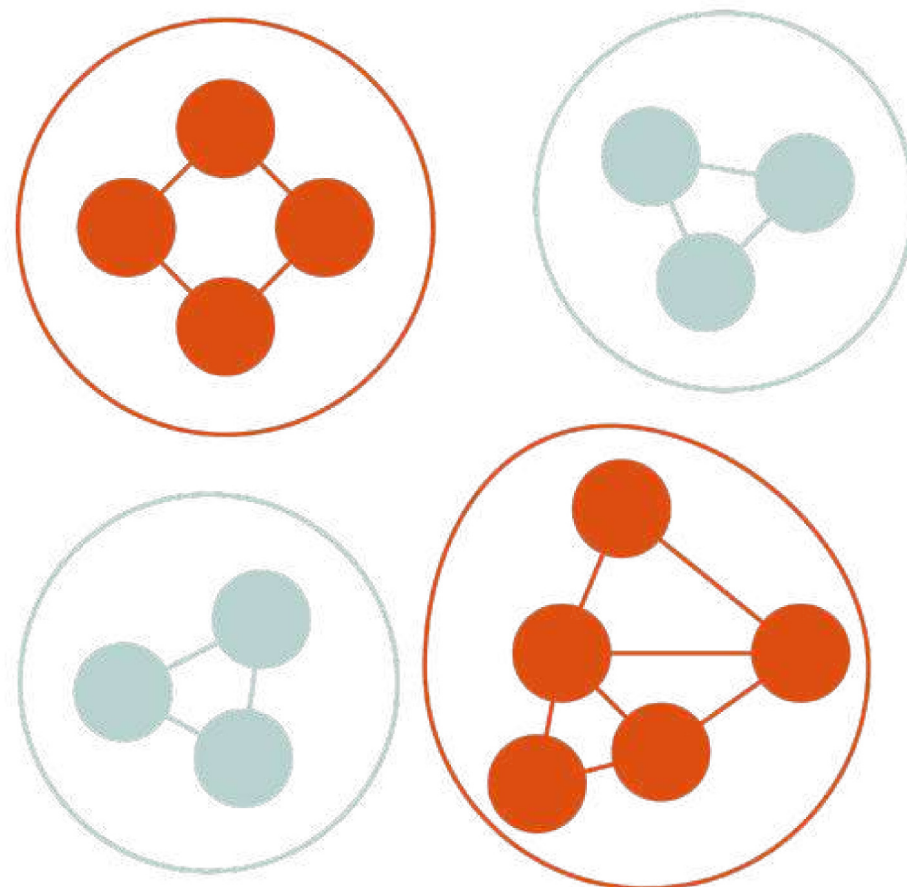


Imagen 51: Diagrama de elaboración propia, Estructura Aislacionista

- Tipo C: Comunidad heterogenea, Mutualista y Simbiótica

“Las diferencias son la base de la mejoras” Las personas de esta comunidad creen en la simbiosis de organismos biológicos y sociales como el camino a seguir.

La heterogeneidad es considerada como una fuente de enriquecimiento y la competencia como algo inútil.

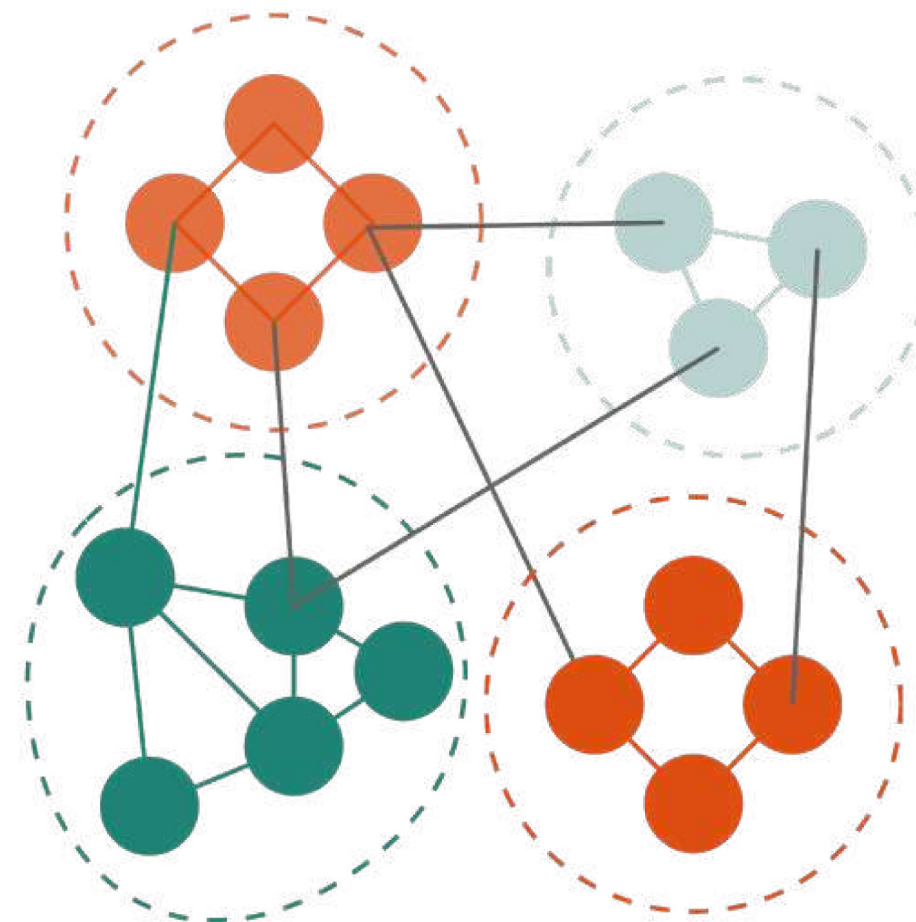


Imagen 52: Diagrama de elaboración propia, Estructura Simbiótica

2.3.6.2 Referentes de experimentos de sistemas cerrados: Biósfera 2

Fue un experimento llevado a cabo el año 1991 que buscaba recrear las condiciones ambientales de un ecosistema en un ambiente hermético, parte de este proyecto era estudiar la convivencia humana en una misión que duró aproximadamente 2 años.



Imagen 53: El equipo de ocho participantes llamados "biosferianos"



Imagen 54: "El objetivo era demostrar la viabilidad de un sistema ecológico cerrado y autosostenible que podría apoyar la vida humana fuera de la Tierra." (PORTAFOLIO, 2019)

2.3.6.2 Referentes de experimentos de sistemas cerrados: Biósfera 2

La infraestructura construida para este experimento se encontraba en Arizona y era similar a un invernadero enorme en el cual se introdujeron los ecosistemas mas representativos de la Tierra: Una selva, un océano, un desierto alimentado por niebla, un manglar, etc. Y contaba también con 2.500 metros cuadrados de tierra cultivable y dependencias para la vida humana como dormitorios, laboratorios, áreas comunes y oficinas.



Imagen 55: Interior, bioma selvático.



Imagen 56: Diagrama de distribución exterior.

2.3.6.2 Referentes de experimentos de sistemas cerrados: Biósfera 2

Sin embargo, el equipo encargado del mantenimiento y las investigaciones, manifestaron que su experiencia durante los 2 años, no fue de lo mejor, ya que las actividades eran constantes y la comida no era suficiente, (los reportes indican que en los inicios del experimento consumían alrededor de 1.800kcal diarias, cifra que posteriormente sería aumentada a 2.300kcal). (Rocío P. Benavente, 2014)

A lo largo del experimento fueron dos las ocasiones en las que debió ser inyectado oxígeno, esto debido al rendimiento de las plantas que se vio afectado por la baja radiación en los días nublados.

Dentro de los problemas estaba el factor humano: En el grupo de 8 personas surgieron problemáticas por supuestos robos de comida y toma de decisiones con respecto al proyecto, pues el bando A creía que lo mejor era recrear un ambiente lo mas hermético posible y de corta duración, mientras que el bando B pensaba que era posible solicitar insumos del exterior y extender la estadía dentro de la Biósfera.



Imagen 57: Imágenes de tripulación y cocina. (Rocío P. Benavente, 2014)



Imagen 58: Imágenes de los biomas, tripulación en tareas de recolección de alimentos. (Rocío P. Benavente, 2014)

2.3.6.2 Referentes de experimentos de sistemas cerrados: Biósfera 2

Observaciones:

- El personal a cargo de la investigación no comprometió su profesionalismo y pudieron llevar a cabo la mayoría de los informes y el mantenimiento exitoso del complejo.
- Los tripulantes perdieron en promedio un 15% de su masa corporal
- De las 25 especies vertebradas que introdujeron a la biosfera, solo sobrevivieron 7.
- El experimento no fue del todo hermético: De hecho, en más de una ocasión debió ser suministrado oxígeno al ciclo interno.



Imagen 59: Imagen de reunión de la tripulación. (Rocío P. Benavente, 2014)

2.3.6.2 Referentes de experimentos de sistemas cerrados: Mars500

Este fue un experimento realizado en una réplica de una nave espacial ubicada en las cercanías de Moscú. La misión consistía en simular las condiciones de un viaje de 520 días dentro de la nave.

“La «nave» en la que han residido los seis miembros de la tripulación estaba formada por cinco módulos o «barriles» (bochki en ruso), incluyendo un módulo vivienda (EU-150, de 150 metros cúbico), un almacén (EU-250) y un módulo «médico» (EU-100)” (The European Space Agency, 2009)

A esto se suman 30 días en los cuales se realizarían tareas exteriores o “actividades extra vehiculares” (EVAs) con el objetivo de recolectar muestras de suelo.

Uno de los puntos más importantes de la investigación fue la respuesta del cuerpo humano: frente a no percibir la luz del sol, se observaron cambios en el metabolismo, sin embargo, la respuesta del equipo de 6 tripulantes de diferentes nacionalidades fue satisfactoria frente a distintas eventualidades.



Imagen 60: Instalaciones EU - 150 y aparatos de soporte vital. ESA (European Space Agency)

2.3.6.2 Referentes de experimentos de sistemas cerrados: Mars500

Uno de los escenarios llevados a cabo en el experimento, fue el de la total desconexión de las comunicaciones por 1 semana, a causa de un “evento solar”. Las líneas de comunicación fueron desconectadas, junto a la radio, telemedicina y las comunicaciones personales, solo se consideró mantenerlos vigilados mediante las cámaras del recinto por motivos de seguridad.

Observaciones:

- Una de las dificultades que documentó la tripulación fue la monotonía en las tareas y el consumo de alimentos, además del entretenimiento. Lo que es algo que se repite en la experiencia de los tripulantes del experimento “Biósfera 2” (¿Este punto debe considerarse dentro de los espacios públicos como cine, área deportiva, videojuegos?)
- La diferencia clave frente a “Biósfera 2” es que el personal no debía estar a cargo del mantenimiento de las instalaciones, ni de los animales, ni la cosecha de su alimento.
- Otro punto importante es que para la misión “Mars 500” los objetivos del equipo estaban claros desde el inicio y los postulantes pasaron por rigurosas pruebas, estabilidad psicológica, estado físico y antecedentes profesionales.



Imagen 61: “Marsonauta” Alexej Sitew con sensores de temperatura durante un estudio de sueño.



Imagen 62: “Martian pizza and other creative cookery Mars500” Los tripulantes festejan luego de haber cumplido un año completo en la misión. ESA

2.3.6.2 Referentes de experimentos de sistemas cerrados: Mars Dune Alpha

En el presente (25/08/2021) NASA abrió las vacantes para ser parte de un experimento de 3 fases que se llevará a cabo en el centro espacial Johnson. Las instalaciones son de ~500 metros cuadrados en base a impresión 3D. El objetivo de esta misión es levantar de la forma más precisa el habitar humano en Marte, sobre todo la reacción de la tripulación a los diferentes agentes estresores. Las tareas son similares a los referentes vistos anteriormente (Investigación, caminatas espaciales, recolección de muestras y respuesta a la falla del equipo)



Imagen 63: Instalaciones del "Mars Dune Alpha"



Imagen 64: Imagen objetivo, exterior del "Mars Dune Alpha" sobre la superficie marciana.

2.4 Referentes:

Asentamientos en Marte

2.4.1 Foster + partners / Mars Habitat

Es un proyecto que continúa con las exploraciones hechas anteriormente en “Lunar habitation”. Esta iniciativa es la respuesta a la 3D Printed Modular Habitat Competition, organizada por NASA. Los requerimientos de esta competencia van desde el diseño ISRU y su poca o nula participación humana en el proceso de construcción in situ. (“STMD: Centennial Challenges,” 2015)

El proceso de construcción de la estructura se compone de 2 procesos, el primero incluye la excavación de un cráter de 1,5 mts para, en una entrega posterior, posicionar los módulos inflables. Finalmente, se despliegan los robots semi autónomos quienes llevan a cabo la impresión de la capa externa del hábitat.

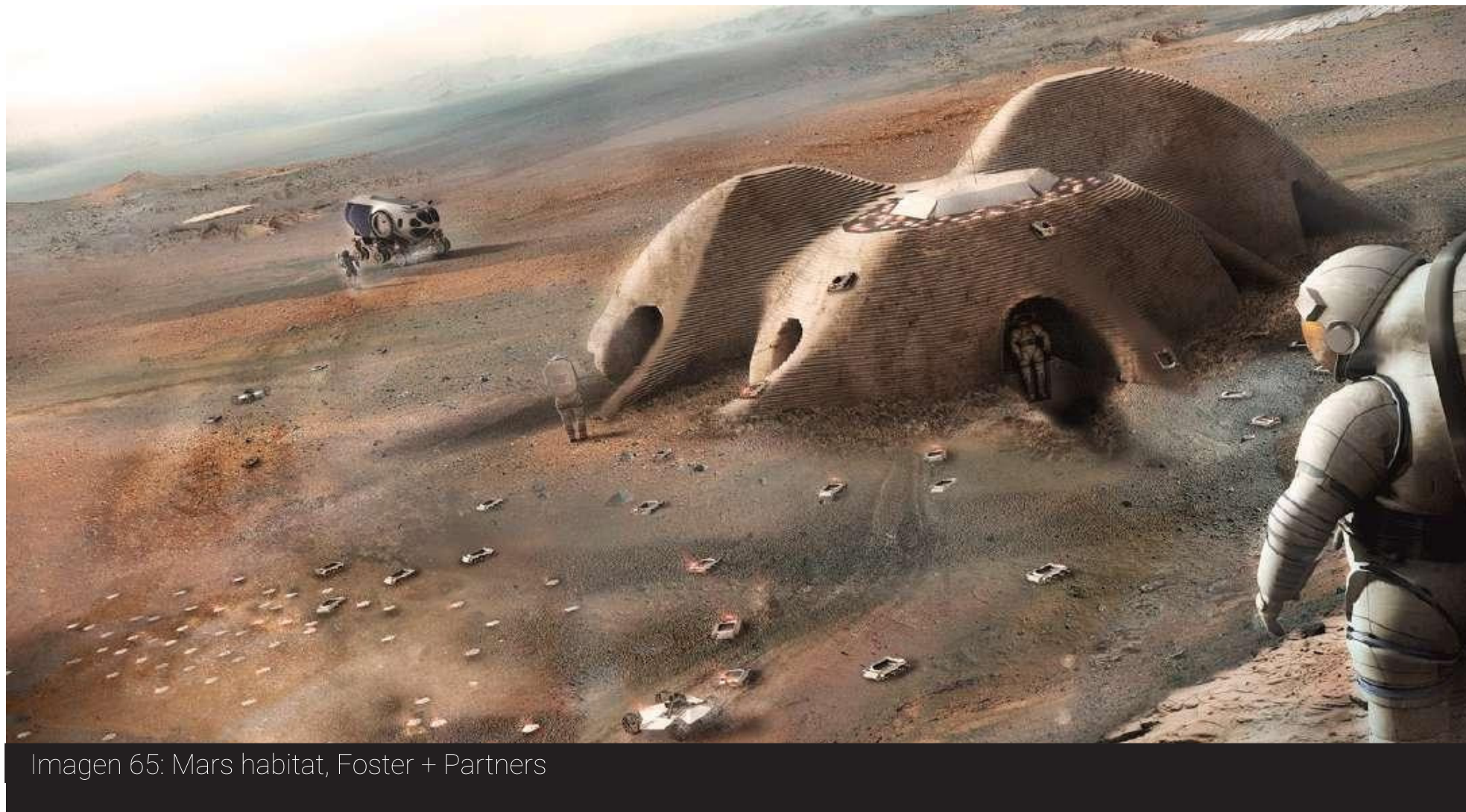


Imagen 65: Mars habitat, Foster + Partners

2.4.2 Mars Hab - HASSEL + EOC

Esta propuesta nace también en respuesta al 3D Printed Modular Habitat Competition, el proyecto consiste en un cascarón construido a base de regolito marciano el cual es realizado autónomamente por robots, quienes deberían terminar con su construcción antes de la llegada del equipo de exploración para construir el interior.

El proyecto menciona la división interior de los usos del espacio, sin embargo, dado a la escala del proyecto no se da mayor importancia a los espacios intermedios o de reunión. La privacidad individual se traduce a una recámara en el área de los dormitorios. Un punto importante a destacar es que es una iniciativa replicable y que es un modelo que utiliza un cascarón separado del hábitat inflable. ("STMD: Centennial Challenges," 2015)



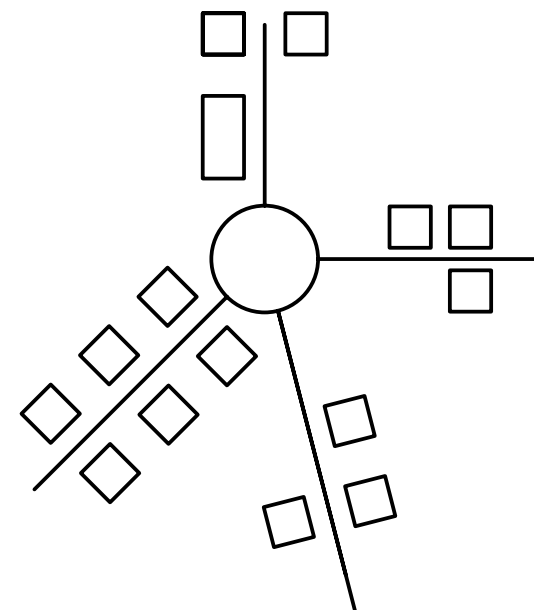
Imagen 66: Mars hab - Hassel + EOC; Diagrama de distribución interno.

- Diagrama de distribución

Para poder entender las diferentes organizaciones de los referentes, se optó por realizar una abstracción de las estructuras y llevarlas a una forma más primitiva y así poder clasificarlos y compararlos.

- Radial

El carácter de la coraza impresa se levanta en una forma de arco que se extiende de manera radial cerrándose en sí mismo, lo que, al parecer, le ofrece estabilidad a la estructura exterior. Sin embargo, esta forma de organización es poco flexible en cuanto a las posibilidades de expansión con otros conjuntos.



- Posibilidades de expansión:

Si se ajustan aperturas en ángulos de 120° existe la posibilidad de crear hexágonos que podrían teselar una superficie plana o bien hacer que estas salidas queden cada 60° u 180° otorgando mayor flexibilidad en el orden de los programas.

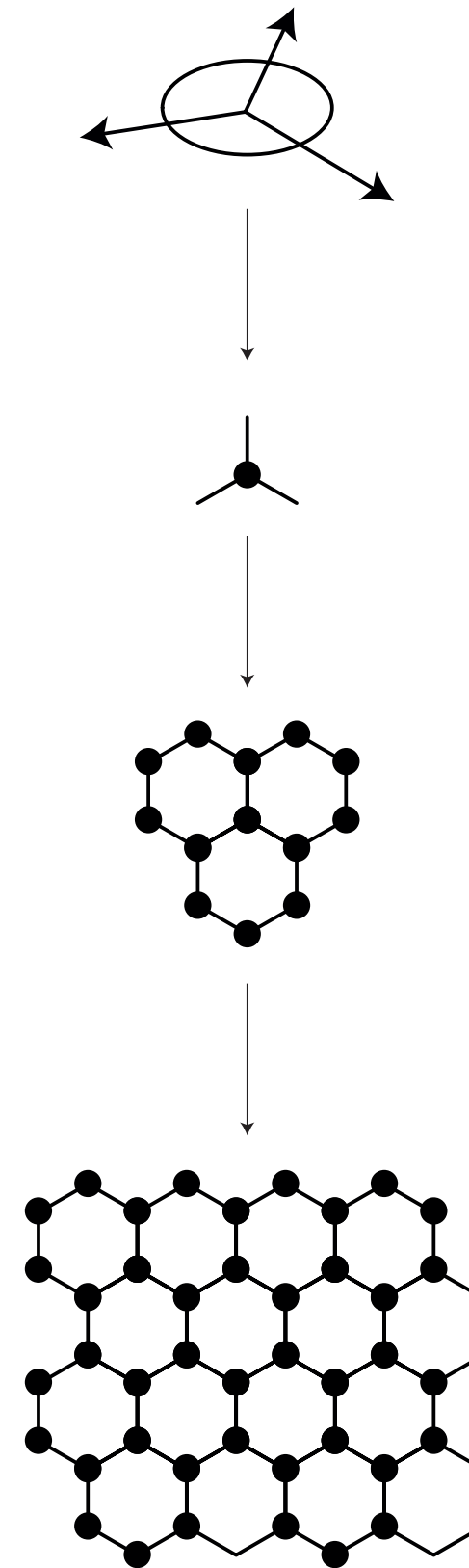
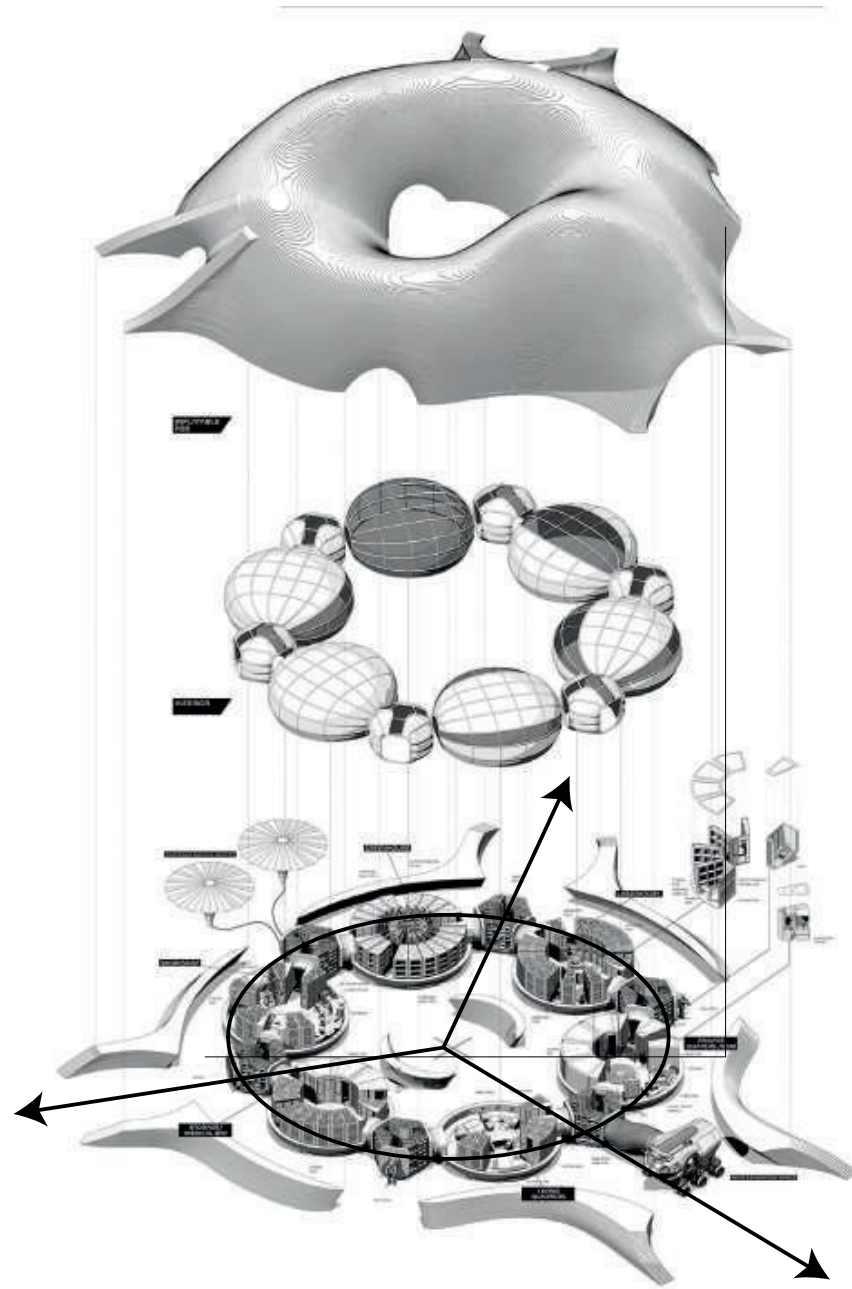


Imagen 67 (Izquierda): Vista explotada
Imagen 68 (Derecha): Diagrama de elaboración propia, estructura en forma teselada.

2.4.3 Mars Science City / BIG

Esta iniciativa propone desarrollar una ciudad en Marte, basándose en una arquitectura vernácula en la cual se ve a los habitantes como indígenas nativos que se adaptan a las condiciones inhóspitas entendiendo los materiales locales, el clima, la física, la seguridad y el confort.

Esto se lleva a cabo con la combinación de la impresión de estructuras 3D, excavaciones y la habilitación de un domo, creando una barrera compuesta por capas que reduce los índices de radiación. (Bjarke Ingels Group, n.d.)



Imagen 69: Mars Science City - Imagen objetivo Exterior

Mars Science City: Propuesta de uso de espacios

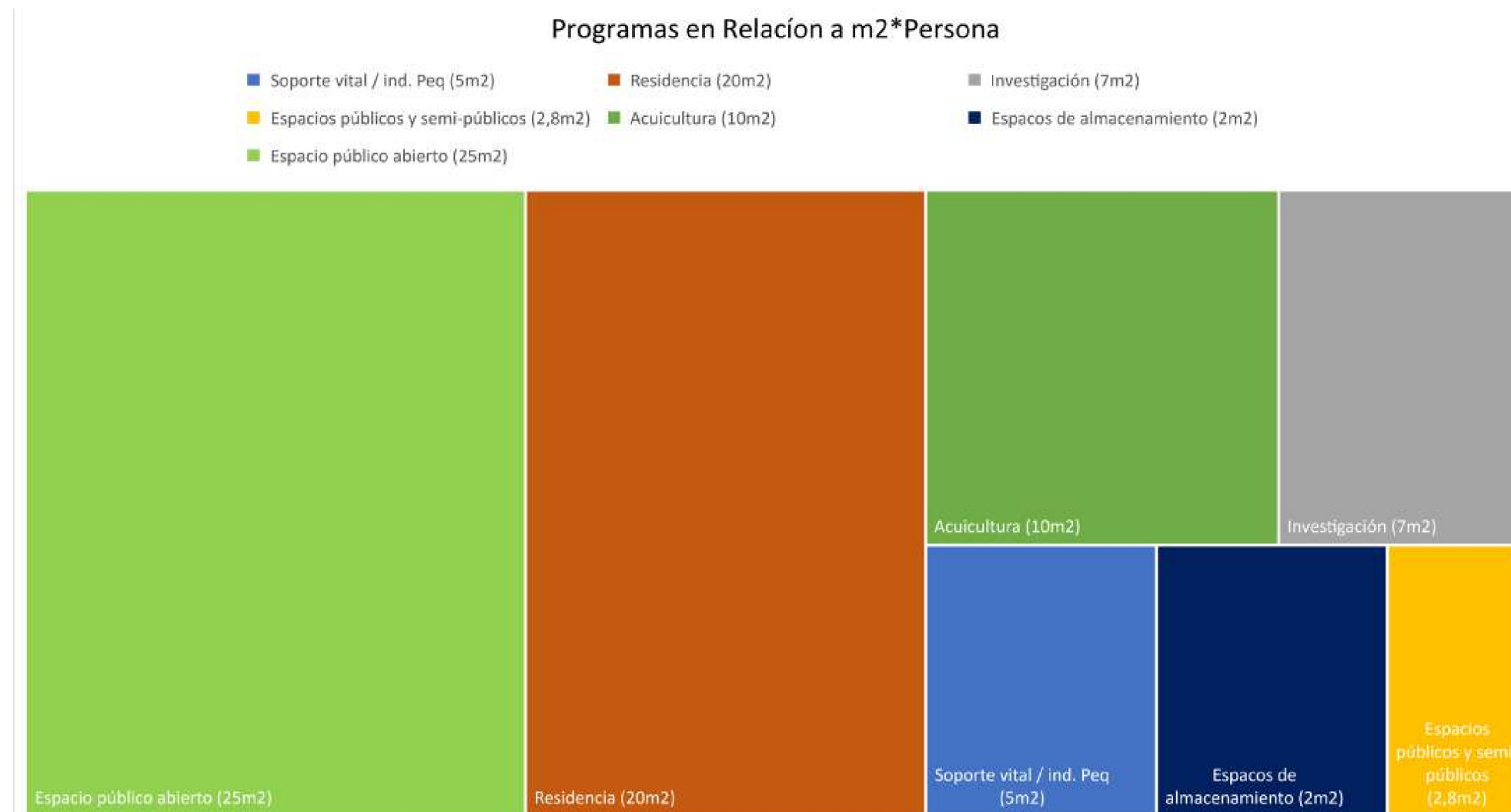


Diagrama de interpretación de relaciones

1. Soporte Vital / ind Peq (5m²)
2. Residencia (20m²)
3. Investigación (7m²)
4. Espacios públicos y semi-públicos (3m²)
5. Agricultura (10m²)
6. Espacios de almacenamiento (2m²)
7. Espacio público abierto (25m²)

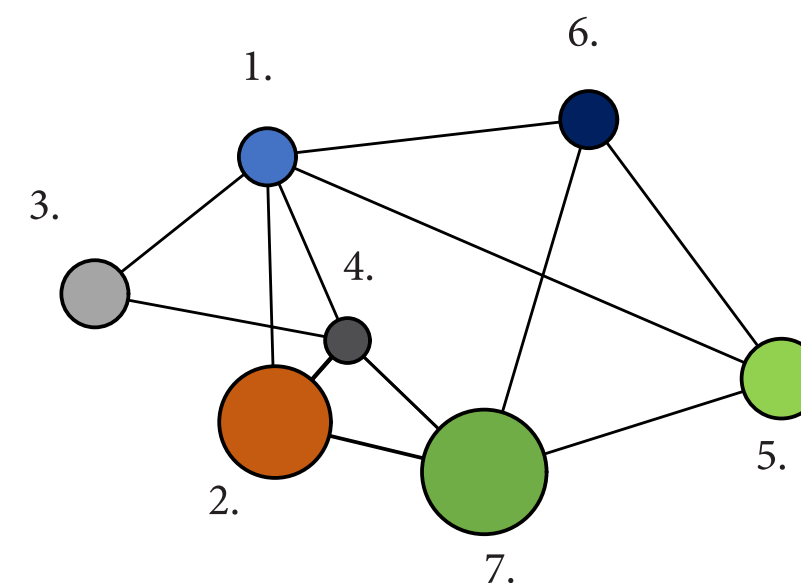
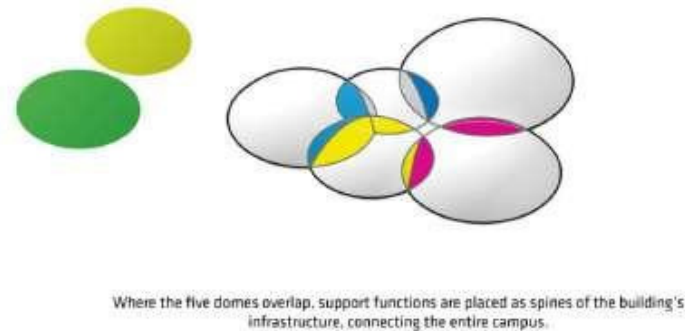


Imagen 70 (Superior): Diagrama de prioridades según m²

Imagen 71 (Inferior): Listado de programas de "Space Settlements" pero con m² de "Mars Science City"

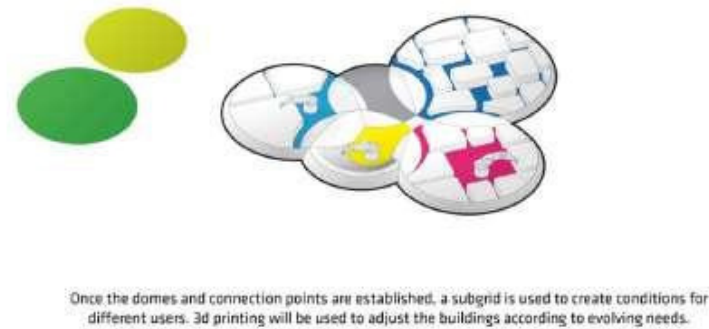
- Distribución de Cubierta Tipo Cluster
- Diagrama de distribución general:



Cluster:

El proyecto se organiza en la superposición de estructuras tipo burbuja la cual plantea áreas de programas similares y también la separación gradual de estos. Lo interesante de este referente es que distribuyen los programas según sus relaciones más sinérgicas.

- Distribución de Programas Base



- Distribución de Áreas Verdes

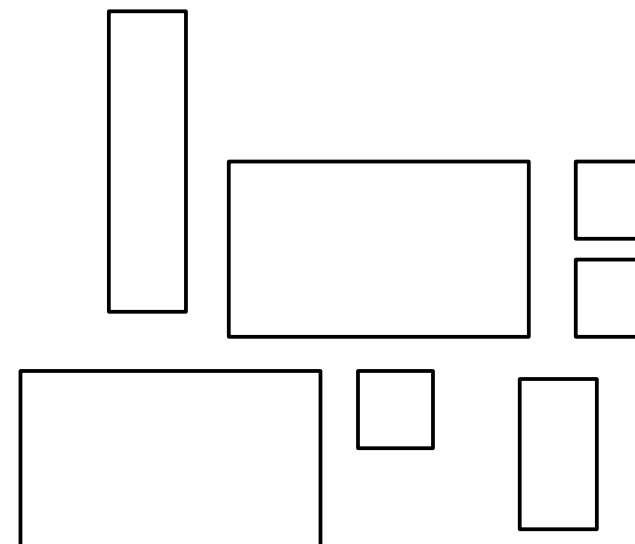
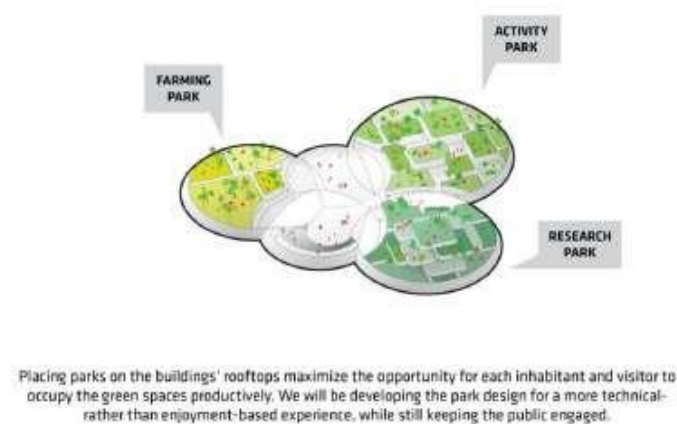


Imagen 72 (Izquierda): Mars Science City - BIG, Secuencia diagramática de distribución
Imagen 73 (Derecha): Diagrama de objetos en distribución tipo cluster.

2.4.4 Evaluaciones

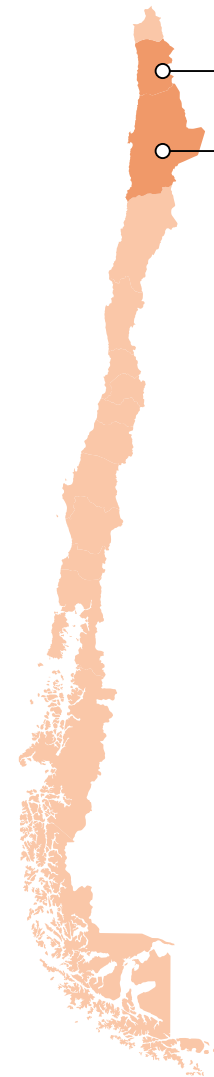
Proyecto	Criterio											
	1. Eficiencia Hídrica: capacidad para mantener a sus ocupantes y vegetación			2. Energías Renovables/eficiencia energética: Utilización de 1 o más fuentes de energía			3. Ambientes Extremos: alta radiación, baja presión y bajas temperaturas: Cobertura natur			4. Cultura de reciclaje: utilización cíclica de recursos		
							5. Rentabilidad: automatización de la construcción, utilización de materiales in-situ y fabrica					
							6. Diseño centrado en el ser humano: Presencia de áreas verdes (diseño biofílico) y espacios					
							7. Individual VS colectivo / carácter: Reconoce a la comunidad y crea espacios de convivenc					
	Aplicación de principios ISRU en la construcción de la obra											
	Total											
										Carácter de proyecto		
										Grado de autosuficiencia requerido (1-8)		
	Mars Science city	1	1	0,25	1	0,5	1	Colectivo	0,5	5,25	Urb	7
Mars hab Foster + partners	0	0	1	0	1	0	Individual	1	3	i+d	3	
Mars Hab - Hassel + EOC	1	1	1	1	0,75	0,25	Colectivo	1	6,25	i+d	3	

Proyecto	Criterio														Total	Carácter	Grado de autosuficiencia requerido (1-8)
	1. Líneas de visión aplia																
	2. Cielo abierto																
	3. Biofilia																
	4. Vistas de paisajes naturales																
	5. Recintos privados																
	6. Luz Natural																
	7. Contacto con el exterior																
	8. Oportunidad de privacidad																
	9. Comunicaciones internas																
	10. Habilidad de separar módulos																
	11. Construcción modular: Habitat																
	12. Construcción modular: Elementos dentro del habitat																
	13. Organización interna flexible																
	14. Detalles del interior a manos de los habitantes																
	Mars Science city	1	1	0	1	0	1	0,5	1	1	0,5	0,25	1	0,5			
Mars hab Foster + partners	0	1	0	0	1	0,5	0,5	1	0	0,5	1	0	0	0	5,5	i+d	4
Mars Hab - Hassel + EOC	0	0	0	0	1	0	0,5	1	1	0,5	1	0	0,5	0,5	6	i+d	4

Imagen 74: Evaluación de referentes según su respuesta a aspectos de diseño, basado en el aspecto psicológico y los 6 desafíos a resolver en la arquitectura espacial con un puntaje en escala de 0 a 1.

2.5 Referentes:

Proyectos en ambientes extremos



3.2.1 Humberstone / ~3.500 Habitantes

3.2.2 Observatorio ALMA / 250 Habitantes

3.2.3 Base Villa las Estrellas / 80 a 150 Habitantes

2.5.1 Humberstone

La Oficina Salitrera Humberstone, llamada originalmente “La Palma”, fue construida en 1872 por la Peruvian Nitrate Company, en plena Pampa del Tamarugal, a 50 kms. de la ciudad de Iquique.

El desarrollo de la oficina como pueblo, habla de la forma de vida de la pampa salitrera, su planificación y diseño, reflejan conceptos desarrollados en los movimientos arquitectónicos de la revolución industrial.

Luego de la Gran Depresión y que la compañía salitrera de Tarapacá y Antofagasta invirtieran fuertemente en la oficina, esta llegó a su máximo auge permitiendo albergar entre 3.500 a 4.000 personas durante 1933 y 1940.

Sin embargo, en 1950 la compañía dueña sufriría una grave crisis, motivo por el cual debió disolverse y cerrar sus puertas. Sus últimos habitantes abandonaron el sitio en 1960.

La literatura referente de Baldomero Lillo “Sub - Terra” narra desde la perspectiva de los mineros de Lota el cómo era el día a día en un asentamiento parcialmente aislado de la sociedad. Otra de sus obras, “Sub Sole” también da cuenta del contexto del trabajo salitrero y campesino de esa época, pero desde una perspectiva mas personal.



Imagen 75: Foto aérea del sitio. Subdirección Nacional de Gestión Patrimonial 2020

Diagrama de distribución

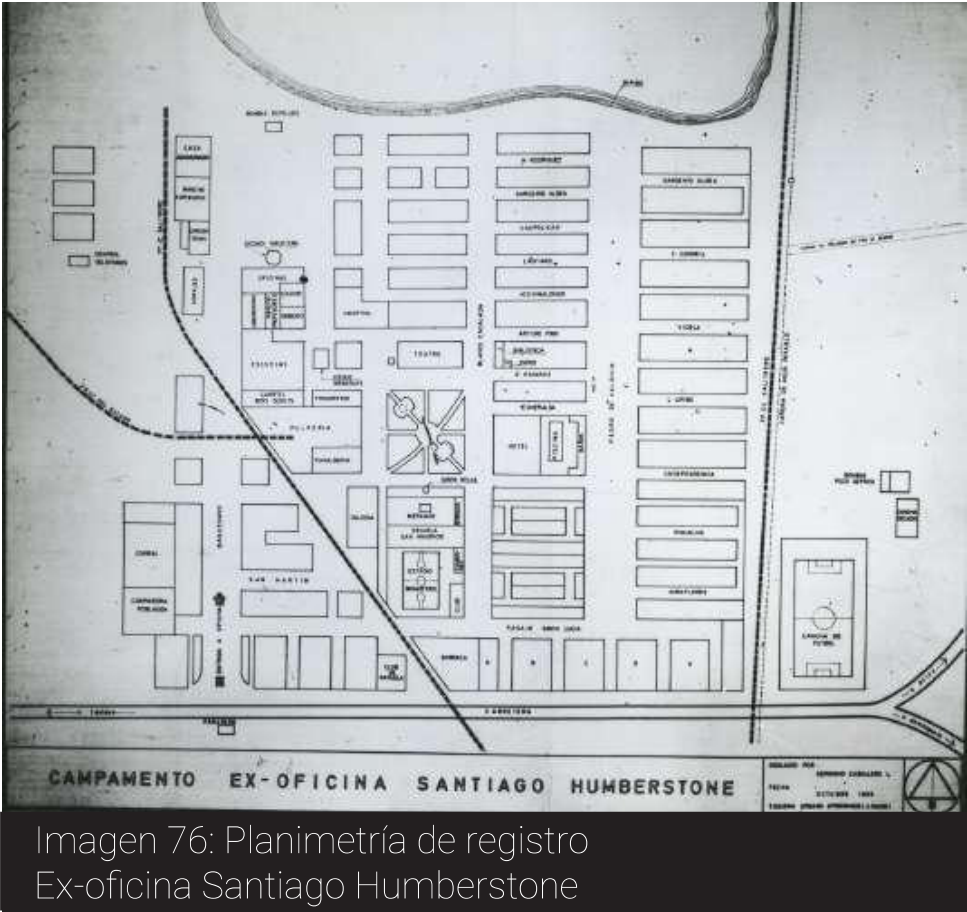


Imagen 76: Planimetría de registro Ex-oficina Santiago Humberstone

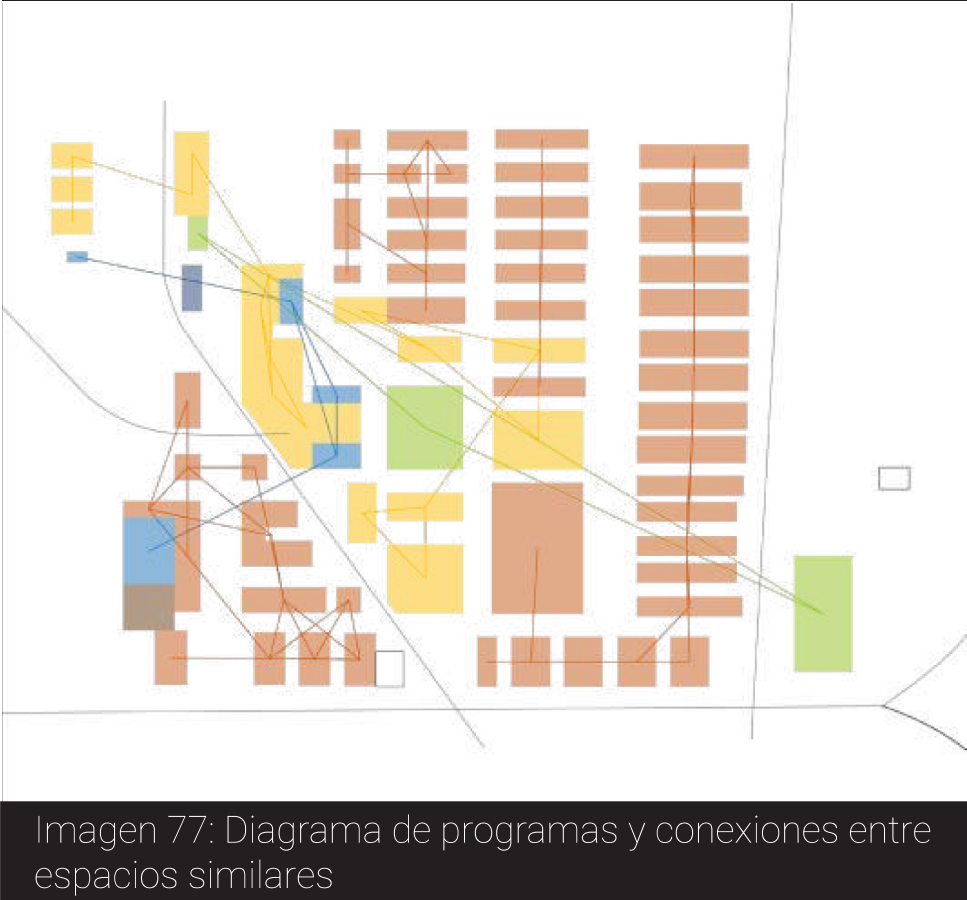
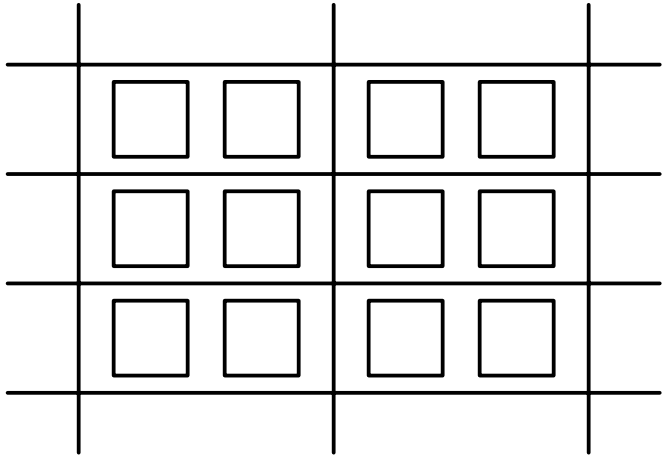
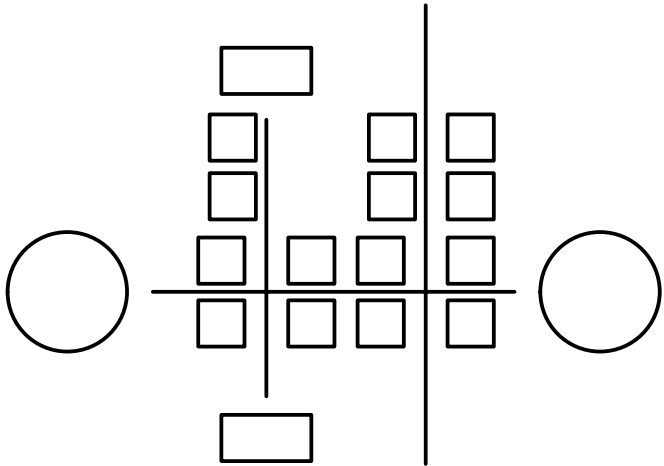


Imagen 77: Diagrama de programas y conexiones entre espacios similares

- Grilla o plano damero
Se puede asumir por la vista general que el trazado como tal es un plano damero, el que facilita el parcelamiento del terreno, pero trae consigo rutas mas largas que pueden ser evitadas con trazos diagonales.



- Lineal:
Pese a ser una grilla, esta tiene su origen en las dos rutas de la sección Sur, sección Este y la diagonal al suroeste. Estos ejes lineales rodean el centro del pueblo diferenciando el uso general de los programas.



2.5.2 Observatorio ALMA

El “Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array” es el observatorio astronómico mas grande del mundo, proyecto en conjunto de científicos de Europa (European Southern Observatory, ESO), Norteamérica (National Radio Astronomy Observatory, NRAO) y Asia del Este (National Astronomical Observatory of Japan, NAOJ).

Se encuentra ubicado en el Llano de Chajnantor en los Andes chilenos de la Región de Antofagasta, considerado uno de los lugares mas hostiles en la Tierra, un lugar desértico con bajas temperaturas, fuertes vientos y una atmósfera escasa.

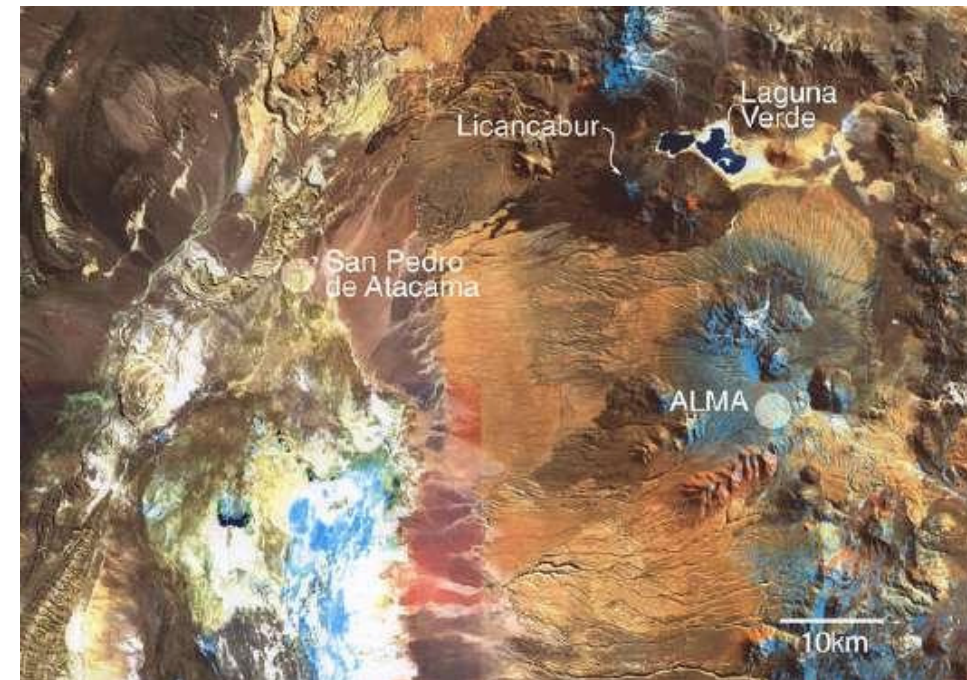


Imagen 78: Ubicación de ALMA en referencia con el pueblo mas cercano (~50km)



Imagen 79: Diagrama programático

- OSF Operation Support Facilities (3.000 msnm)

Es el centro de operaciones de testeo y mantenimiento de equipos, además es el área de operación del telescopio, lugar donde también se prueba y da mantenimiento a las antenas y otros equipos. También es donde se aloja el personal de ALMA en sus turnos de día y noche.

Este lugar es el indicado para poder crear un punto de enlace, entre el sitio de las antenas con el poblado más cercano, que es San Pedro de Atacama a unos 50 km al oeste.



Imagen 80: De der. a izq. instalaciones de NRAO, NAOJ y ESO

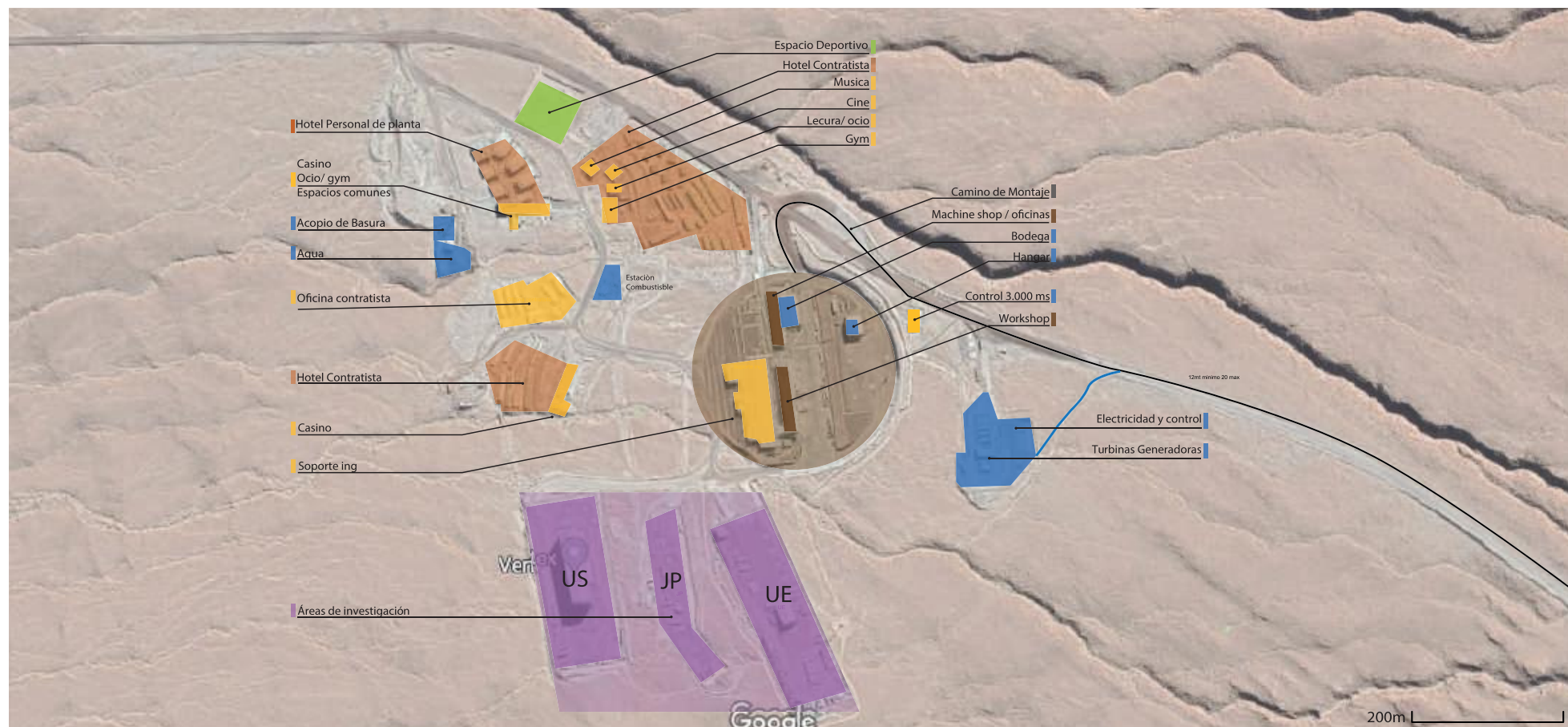


Imagen 81: Diagrama programático

- AOS Array Operation Site (5.000 msnm)

Es el sitio de operaciones ubicado a una mayor altura geográfica y expuesto a condiciones ambientales más extremas. Aquí se traslada y ajusta la posición de las antenas de acuerdo con los requerimientos desde el OSF.

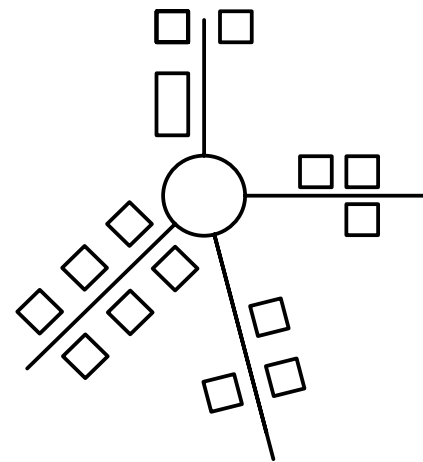


Imagen 82: Vista exterior del Array Operation Site.



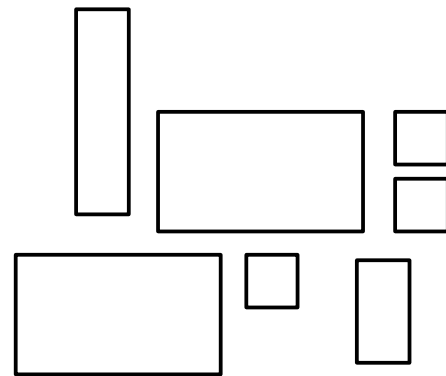
Imagen 83: Diagrama programático

- Diagrama de distribución:



Radial:

La organización tiende a ser radial en torno al área de trabajo circular que se encuentra en el centro del sector de operaciones (OSF).



Cluster:

Las características de esta organización se ven reflejadas en el OSF y en AOS, producto de la construcción por etapas del complejo.

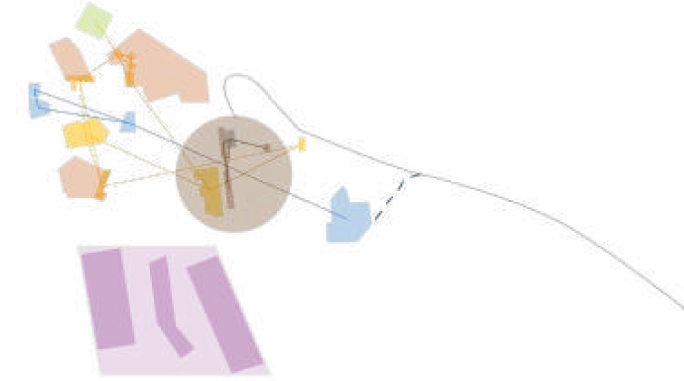


Imagen 84: Diagrama de programas y conexiones entre espacios similares



ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: ~

STACK:

-savelevel-