



# HABITAR MARTE

*DE LA UTOPIA A LA CONSTRUCCIÓN*

Mihai Daniel Gurau Preda



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



TRABAJO FIN DE GRADO

**Mihai Daniel Gurau Preda**

Habitar Marte  
*De la utopía a la construcción*

HABITAR MARTE  
DE LA UTOPIÍA A LA CONSTRUCCIÓN

*Estudiante*  
Mihai Daniel Gurau Preda  
Expediente 18179

*Tutor*  
Ramón Gamez  
Departamento de construcción

*Aula TFG 7*  
Eduardo Javier Gómez Pioz, *coordinador/a*  
Daniel Fox, *adjunto/a*

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid  
Universidad Politécnica de Madrid

# Índice

## RESUMEN

### 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1 Motivación
- 1.2 Objetivos e hipótesis
- 1.3 Estructura del trabajo

### 2. Estado de la Cuestión

- 2.1 Fundar en otro mundo: precedentes históricos
- 2.2 Marte en el imaginario cultural y científico
- 2.3 Habitar lo extremo: lecciones desde la Tierra
- 2.4 Experiencia espacial acumulada: lo que hemos aprendido
- 2.5 Transporte interplanetario: sistemas actuales
- 2.6 Arquitectura marciana y pensamiento proyectual
- 2.7 Bienestar humano: límites del cuerpo para habitar Marte

### 3. Metodología

### 4. Parámetros

- 4.1 Condiciones ambientales
- 4.3 Condiciones de viabilidad técnica y operativa
- 4.3 Condiciones sociales

### 5. Casos de estudio

- 5.1 MARSHA (AI SpaceFactory)
- 5.2 Mars Ice House (SEArch+)
- 5.3 Mars Habitat (Foster + Partners)
- 5.4 Mars X House (SEArch+)
- 5.5 Nüwa Mars City (ABIBOO Studio)

### 6. Discusión de resultados

### 7. Conclusiones

### 8. Fuentes

- 8.1 Bibliografía y recursos digitales
- 8.2 Procedencia de las ilustraciones



# Resumen

Marte se ha consolidado como el principal escenario para ensayar la transición del ser humano hacia una existencia interplanetaria. La posibilidad de establecer una civilización fuera de la Tierra ya no pertenece únicamente al imaginario científico, sino que forma parte de un debate técnico, político y cultural cada vez más urgente.

En un contexto marcado por la crisis ambiental, la saturación de recursos y los avances en exploración espacial, reflexionar sobre cómo será la vida en otros mundos se ha convertido en una necesidad contemporánea. La pregunta ya no es si habitaremos Marte, sino bajo qué condiciones, con qué medios y para quiénes.

Este trabajo recurre a un análisis cuantitativo y cualitativo de propuestas arquitectónicas recientes para argumentar la viabilidad futura de dichos asentamientos en función de las tecnologías disponibles en la actualidad.

## PALABRAS CLAVE

Civilización extraplanetaria · Autosuficiencia tecnológica · Arquitectura espacial · Habitabilidad humana



# 1. Introducción

*“La imaginación nos llevará a menudo a mundos que jamás fueron,  
pero sin ella no iremos a ninguna parte”  
(Carl Sagan, Cosmos, 1980)*

La posibilidad de fundar un asentamiento humano en Marte ha pasado de ser una especulación de la ciencia ficción a convertirse en un escenario contemplado seriamente por agencias espaciales, instituciones académicas y estudios de arquitectura. Este futuro, aún lejano pero técnicamente formulable, plantea interrogantes profundos sobre qué condiciones hacen posible –y deseable– la vida humana fuera de la Tierra. El planeta rojo, con su hostilidad física y su carga simbólica acumulada, se presenta así como un terreno límite desde el cual repensar los fundamentos materiales, económicos y sociales del habitar.

*“Habitar es apropiarse del espacio, transformarlo, y hacerlo portador de valor de uso colectivo. No basta con residir, hay que vivir”  
(Lefebvre, 1976, p. 103)*

Esta afirmación sitúa el acto de habitar más allá de la mera ocupación física, reclamando una dimensión activa, simbólica y social del espacio construido. En este contexto, la arquitectura adquiere una dimensión estratégica. No solo está llamada a resolver cuestiones técnicas como la presurización o la protección frente a la radiación, sino que se convierte también en el marco donde imaginar formas de convivencia, modelos de ciudad y estructuras de sentido. Pensar Marte desde la arquitectura no es, por tanto, proyectar un refugio, sino especular críticamente sobre las bases de una nueva civilización.

## 1.1 Motivación

El presente trabajo parte del interés por explorar el papel de la arquitectura en contextos donde no existen referencias previas, como es el caso de Marte. Proyectar una civilización en un entorno completamente nuevo plantea desafíos que exigen repensar las bases del habitar humano, tanto a nivel técnico como social y espacial. Como señala Howe (2008), diseñar para entornos extraplanetarios implica *“una oportunidad radical para redefinir la vida más allá de los modelos heredados”* (p. 23).

Este enfoque no responde únicamente a una inquietud personal, sino a una línea de investigación cada vez más presente en el ámbito académico y profesional. El desarrollo de hábitats extraplane-

tarios implica a arquitectos, ingenieros y urbanistas en la definición de nuevas formas de vida, organización y sostenibilidad. Tal como plantea Cockell (2014), estos escenarios son también “*espacios de experimentación crítica sobre las condiciones límite de la vida*” (p. 54).

El trabajo se sitúa así en el cruce entre la arquitectura especulativa, la exploración espacial y la necesidad de repensar modelos urbanos y sociales desde cero. Analizar cómo podría establecerse una civilización en Marte permite ensayar respuestas a preguntas que también son urgentes en la Tierra: cómo vivir con recursos limitados, cómo organizar colectivamente el espacio y qué estructuras permiten sostener la vida en común bajo condiciones extremas.

## 1.2 Objetivos

Los objetivos de esta investigación, así como la hipótesis primera a la que responde, son:

- **Objetivo general:**
  - Evaluar la viabilidad arquitectónica de asentamientos humanos en Marte a partir de parámetros técnicos, ambientales y sociales.
  - Contribuir a una reflexión crítica sobre el papel de la arquitectura en contextos extraplanetarios, más allá de la resolución funcional o tecnológica.
  
- **Objetivos específicos:**
  - Establecer un marco analítico comparativo que permita evaluar distintas propuestas arquitectónicas para Marte en función de su coherencia con las condiciones físicas, logísticas y materiales del planeta.
  - Sistematizar los principales condicionantes de habitabilidad marciana –gravedad, presión, radiación, aislamiento– y sus implicaciones proyectuales, tanto en términos fisiológicos como psicológicos.
  - Identificar criterios arquitectónicos de sostenibilidad, autonomía y apropiación simbólica que puedan ser aplicables en entornos extraplanetarios mediante el uso de materiales locales y estrategias espaciales adaptadas.

## 1.3 Hipótesis

- **Hipótesis primera:**

La habitabilidad en Marte no puede resolverse únicamente mediante soluciones técnicas; requiere un enfoque arquitectónico integral que incorpore el cuerpo humano, la dimensión simbólica del espacio y los límites del entorno.

- **Hipótesis segunda:**

Es posible establecer criterios proyectuales coherentes con el contexto marciano mediante una evaluación comparada de propuestas existentes, centrada en la autonomía funcional, el uso de materiales locales y el bienestar físico y emocional.

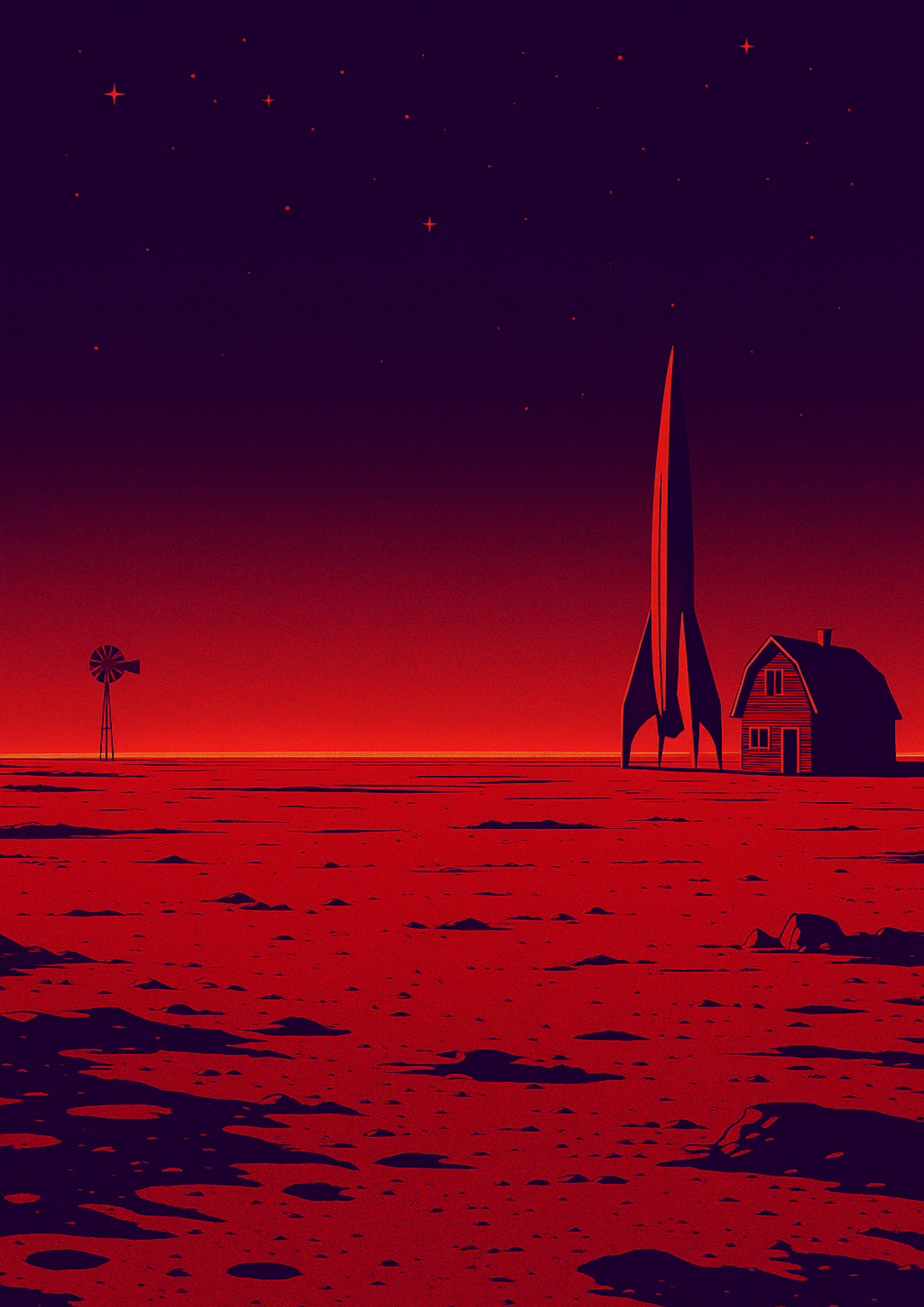
## 2.3 Habitar lo extremo: lecciones desde la Tierra

Antes de abordar la habitabilidad en Marte, resulta esencial observar cómo se ha gestionado la vida en entornos terrestres extremos. Si bien

Es posible establecer criterios proyectuales coherentes con el contexto marciano mediante una evaluación comparada de propuestas existentes, centrada en la autonomía funcional, el uso de materiales locales y el bienestar físico y emocional.

### **1.3 Estructura de trabajo**

El trabajo se estructura en seis capítulos que avanzan desde un marco teórico y contextual hasta una discusión crítica sobre los modelos de asentamiento humano en Marte. La introducción (capítulo 1) recoge la motivación, los objetivos y el enfoque general del estudio. A continuación, el estado de la cuestión (capítulo 2) sitúa la hipótesis marciana en el cruce entre ciencia, arquitectura y pensamiento utópico, incorporando referencias culturales, técnicas y especulativas. La metodología (capítulo 3) define el enfoque comparativo, los criterios de evaluación, el sistema de ponderación y su aplicación sobre casos reales. El desarrollo de los parámetros (capítulo 4) organiza el análisis en tres bloques –condiciones ambientales, económicas y sociales–, cada uno compuesto por cinco preguntas clave evaluadas con una escala ponderada. El análisis de casos (capítulo 5) aplica esta herramienta a cinco propuestas arquitectónicas actuales, permitiendo observar su grado de adaptación y los desequilibrios o fortalezas específicas. Finalmente, la discusión de resultados (capítulo 6) interpreta los datos obtenidos, identifica estrategias relevantes y plantea conexiones críticas con el marco conceptual, extrayendo conclusiones sobre la viabilidad de los asentamientos extraplanetarios.



## 2. Estado de la cuestión

### 2.1. Fundar en otro mundo: precedentes históricos

A lo largo de la historia, fundar asentamientos en territorios hostiles ha implicado transformar espacios marginales en núcleos de organización social, económica y cultural. Muchas ciudades actuaron como nodos entre territorios distantes, más que como destinos finales. Esta lógica permite pensar Marte no como un enclave aislado, sino como una ciudad extraplanetaria conectada periódicamente a la Tierra, donde las naves espaciales cumplen el rol de vehículos de intercambio. Este carácter cíclico exige una estructura urbana capaz de sostenerse sin recursos externos y de adaptarse a los ritmos de llegada y reabastecimiento. *Donofrio y Kirk* (2021) sostienen que proyectar una ciudad-estado marciana implica diseñar sistemas técnicos y sociales capaces de evolucionar desde una colonia inicial hacia un asentamiento complejo. Por su parte, *Haqq-Misra* (2014) plantea que Marte puede configurarse como una civilización independiente, propicia para experimentar nuevos modelos de organización política. Fundar en Marte, en consecuencia, no se limita a levantar infraestructuras, sino a construir marcos de convivencia, memoria y autonomía.

### 2.2. Marte en el imaginario cultural y científico

Desde el siglo XIX, Marte ha sido un escenario central de la imaginación científica y literaria. Las observaciones de Schiaparelli y la hipótesis de Lowell sobre canales artificiales impulsaron la idea de una civilización marciana, rápidamente refutada, pero culturalmente fecunda. Obras como *La guerra de los mundos* (Wells, 1898), *Crónicas marcianas* (Bradbury, 1950) o *Estrella Roja* (Bogdánov, 1908) proyectaron sobre Marte los dilemas de su tiempo: crisis ecológica, conflicto tecnológico y alternativas sociales. La trilogía de *Kim Stanley Robinson* (1992-1996) retoma estos temas desde la terraformación hasta la complejidad política del asentamiento humano.

Este imaginario ha construido a Marte como una “anti-Tierra”: un lugar para recomenzar, pero también dominado por la técnica, el aislamiento y la automatización (Porretta, 2021, p. 20). Frente a este enfoque hiperpositivista, conviene leer la arquitectura marciana como construcción cultural, sujeta a límites físicos, simbólicos y políticos.

### 2.3 Habitar lo extremo: lecciones desde la Tierra

Antes de abordar la habitabilidad en Marte, resulta esencial observar cómo se ha gestionado la vida en entornos terrestres extremos. Si bien ningún caso reproduce plenamente las condiciones marcianas, las bases científicas en la Antártida, los asentamientos en desiertos y los hábitats confinados ofrecen aprendizajes relevantes sobre sostenibilidad,

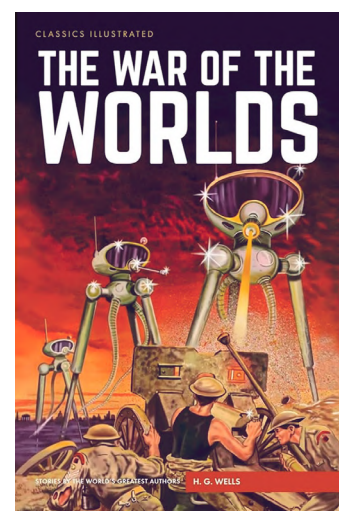


figura 2.2 La Guerra de los Mundos (1898)  
Herbert G. Wells

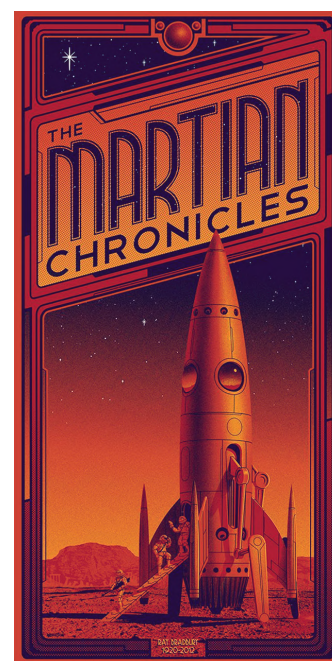


figura 2.3 Crónicas Marcianas (1950)  
Ray Bradbury

ningún caso reproduce plenamente las condiciones marcianas, las bases científicas en la Antártida, los asentamientos en desiertos y los hábitats confinados ofrecen aprendizajes relevantes sobre sostenibilidad, aislamiento y control ambiental que pueden ser reinterpretados desde la arquitectura extraplanetaria.



figura 2.4 Estación antártica de Amundsen-Scott. Representación propia adaptada

### 2.3.1 Bases científicas en la Antártida

Las estaciones antárticas, como Concordia o Amundsen-Scott, operan en condiciones de frío extremo, radiación elevada y aislamiento total durante meses. Sus diseños priorizan la eficiencia térmica, la autosuficiencia energética y la estabilidad psicosocial. Entre sus soluciones destacan las estructuras elevadas, el aislamiento multicapa y los sistemas redundantes de soporte vital. La organización espacial —módulos compartimentados, iluminación adaptada, zonas comunes reguladas— demuestra que el diseño no solo protege del entorno físico, sino que incide directamente en la salud mental colectiva. Aunque Marte añade desafíos como la baja presión o la radiación cósmica, estas bases ofrecen modelos operativos escalables a la lógica extraplanetaria.

### 2.3.2 Asentamientos en desiertos extremos

Los asentamientos en regiones áridas —como el Atacama o el Rub al-Jali— enfrentan condiciones de alta radiación, escasez hídrica y grandes oscilaciones térmicas. Las arquitecturas tradicionales (viviendas de adobe, patios, torres de viento) han ofrecido durante siglos soluciones pasivas eficaces que hoy son adaptadas en propuestas contemporáneas como Masdar City. Estas estrategias combinan control térmico, captación solar, ventilación natural y gestión de recursos mínimos. Aplicadas a Marte, permiten imaginar formas de habitar más sostenibles, con uso de materiales autóctonos, autonomía energética y mínima dependencia del exterior.



figura 2.5 Masdar City. Representación propia adaptada

### 2.3.3 Hábitats confinados y simulaciones espaciales

Las estaciones submarinas y los hábitats simulados —como Biosfera 2, HI-SEAS o MDRS— han ensayado formas de vida en condiciones de aislamiento prolongado, presión artificial y soporte vital cerrado. Estas experiencias han puesto el foco en la gestión del volumen interior, la compartimentación funcional, el diseño ergonómico y la regulación psicológica mediante luz, color y secuencia de actividades. Además, abordan aspectos como el conflicto grupal, la privacidad y la resiliencia emocional. En el contexto marciano, donde el encierro será permanente y la exposición exterior inviable, estos referentes permiten comprender la habitabilidad como un equilibrio complejo entre técnica, espacio y cuerpo.



figura 2.6 Biosfera 2. Representación propia adaptada

## 2.4 Experiencia espacial acumulada: lo que hemos aprendido

Desde mediados del siglo XX, la exploración espacial ha generado un conocimiento clave para pensar la habitabilidad extraplanetaria. Las misiones tripuladas —como Apollo o la Estación Espacial Internacional (ISS)— han permitido ensayar la vida en condiciones de microgravedad y aislamiento, mientras que las misiones robóticas han aportado información crucial sobre Marte y otros cuerpos celestes.

El programa Apollo demostró la posibilidad del viaje tripulado más allá de la Tierra, aunque bajo una logística muy dependiente. Por su parte, la ISS ha probado soluciones para ciclos vitales cerrados, pero en un contexto próximo y permanentemente asistido. En cambio, misiones como Curiosity y Perseverance han evidenciado la compleji-

dad del aterrizaje, la exposición al polvo y las limitaciones comunicativas propias de la distancia (Manning et al., 2014).

Estos antecedentes permiten establecer principios fundamentales para el diseño marciano, centrados en la autonomía, la modularidad y la adaptación a entornos extremos.

#### 2.4.1 Mantenimiento mínimo externo

La intervención manual sobre estructuras en Marte será limitada. Como en la ISS, será necesario priorizar sistemas accesibles desde el interior y reducir al máximo las actividades extravehiculares (NASA, 2021).

#### 2.4.2 Modularidad y ensamblaje por fases

La experiencia de la estación Mir muestra que el ensamblaje progresivo de módulos transportados en distintas misiones permite una planificación flexible y una adaptación a las ventanas de lanzamiento Tierra-Marte (ESA, 2001).

#### 2.4.3 Autonomía funcional prolongada

Los sistemas vitales deberán operar sin soporte constante. El ECLSS de la ISS ofrece un precedente de autonomía parcial, que en Marte deberá ampliarse significativamente (NASA, 2008).

#### 2.4.4 Logística realista de transporte y montaje

El envío de estructuras completas es inviable. El aterrizaje del Perseverance requirió múltiples etapas y dispositivos de frenado. Las arquitecturas marcianas deben diseñarse según las limitaciones reales del transporte interplanetario (Manning & Adler, 2014).

### 2.5 Transporte interplanetario: sistemas actuales

La conexión entre Marte y la Tierra depende de sistemas de transporte cuya eficiencia, coste y viabilidad condicionan cualquier propuesta de asentamiento. Aunque existen estrategias teóricas con potencial — como la propulsión nuclear o las velas solares—, estas tecnologías aún no han sido implementadas ni aparecen contempladas en los proyectos analizados. Por tanto, el presente estudio se centra en los sistemas actualmente operativos o en fase avanzada de desarrollo, que constituyen los límites logísticos reales a la hora de proyectar arquitectura extraplanetaria.

#### 2.5.1 Transferencias de Hohmann

Trayectorias elípticas de baja energía que permiten enviar una nave de la Tierra a Marte en unos 6 a 9 meses. Son eficientes en términos de combustible, pero dependen de ventanas de lanzamiento que solo se abren cada 26 meses (Zubrin & Wagner, 1996).

#### 2.5.2 Aerofrenado

Técnica utilizada para reducir la velocidad de inserción orbital mediante fricción atmosférica, ya empleada en misiones como Mars Odyssey. Permite ahorrar combustible y aumentar la masa útil transportada (Spencer & Thurman, 2004).

#### 2.5.3 Cohetes reutilizables

Proyectos como Starship (SpaceX) apuestan por la reutilización completa del vehículo de lanzamiento. Si se consolida, esta estrategia po-

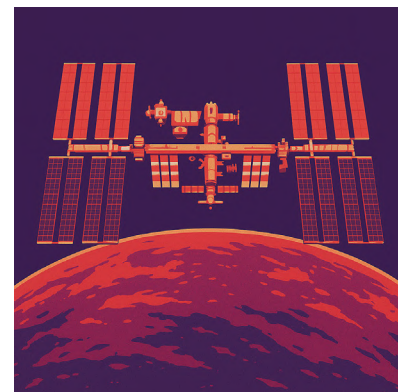


figura 2.7 Estación Espacial Internacional. Representación propia adaptada

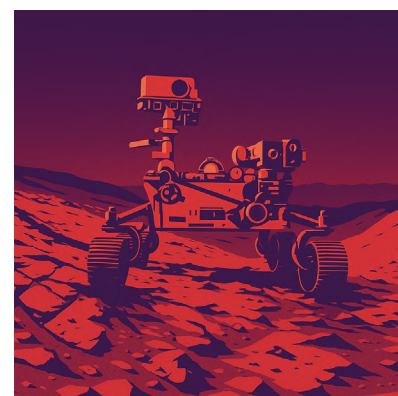


figura 2.8 Misión Perseverance. Representación propia adaptada

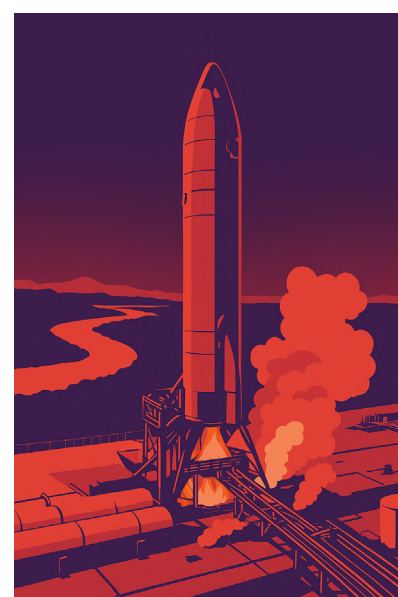


figura 2.9 Starship Space x. Representación propia adaptada

dría reducir drásticamente los costes por kilogramo y aumentar la frecuencia de misiones (Musk, 2020).

## **2.6 Arquitectura marciana y pensamiento proyectual**

La terraformación –proceso de modificación atmosférica a escala planetaria– ha sido ampliamente explorada en el ámbito especulativo, pero sigue siendo inviable en el corto y medio plazo. La ausencia de campo magnético, la escasa densidad atmosférica y los tiempos requeridos para estabilizar presión y temperatura hacen que no pueda considerarse una opción realista para los proyectos actuales. Por esta razón, el análisis arquitectónico se centra en estrategias de acondicionamiento local, más ajustadas a los límites técnicos contemporáneos.

Marte presenta condiciones físicas extremadamente hostiles para la vida humana. Su presión atmosférica es inferior al 1 % de la terrestre (media: 610 Pa), lo que impide la existencia de agua líquida en superficie sin presurización. La gravedad es de 3,71 m/s<sup>2</sup>, un 38 % de la terrestre, lo que afecta al cuerpo humano a largo plazo. La atmósfera, compuesta en un 95 % por CO<sub>2</sub>, carece de oxígeno respirable y ofrece poca protección frente a la radiación cósmica (250 µSv/día, frente a 0,1 µSv/día en la Tierra). Además, las temperaturas son extremadamente bajas (media: -63 °C) y los vientos pueden alcanzar los 100 km/h, aunque con baja densidad y fuerza mecánica reducida. Estas condiciones obligan a repensar completamente el diseño del hábitat, desde su forma hasta su composición material.

En este contexto, la arquitectura en Marte no puede concebirse como mera extensión de modelos terrestres, sino como una disciplina que articula entorno, técnica y cultura en condiciones radicalmente nuevas. A diferencia de enfoques puramente tecnocráticos basados en automatización e impresión 3D, se propone aquí una mirada tectónica, donde los materiales disponibles en el planeta –regolito, basalto, azufre e incluso hielo– juegan un papel estructural y simbólico. Construir con lo que ofrece el entorno permite reducir la dependencia logística, mejorar la adaptabilidad y desarrollar una lógica proyectual específica.

### **2.6.1 Regolito: el material base del entorno marciano**

El regolito, presente en toda la superficie de Marte, puede procesarse mediante sinterización térmica, compresión o extrusión para formar muros estructurales y envolventes protectoras. Su abundancia y granulometría lo hacen adecuado para impresión 3D sin aglutinantes externos.

### **2.6.2 Basalto: resistencia térmica y estructural**

El basalto, producto de antiguas erupciones volcánicas, puede transformarse en fibras resistentes o paneles prefabricados, útiles como estructura portante y como escudo frente a la radiación. Su uso permite evitar materiales complejos de fabricar como el acero o el hormigón.

### **2.6.3 Azufre: aglutinante para concreto sin agua**

Presente en la superficie marciana, el azufre fundido puede mezclarse con áridos para formar un concreto sulfurado de fraguado rápido, resistente a la baja presión y útil para impresión 3D o relleno estructural, sin necesidad de agua.

### **2.6.4 Hielo: recurso protector y simbólico**

Los depósitos subsuperficiales de hielo pueden emplearse como recurso vital y como material constructivo. En su estado sólido, forma muros translúcidos que filtran la radiación, estabilizan el ambiente interior y generan una dimensión lumínica significativa.

## 2.7 Bienestar humano: límites del cuerpo para habitar Marte

La habitabilidad en Marte no puede limitarse a resolver aspectos estructurales o tecnológicos. Como advierten Stuster (2010) y Binsted et al. (2021), las condiciones ambientales extremas y el aislamiento prolongado tienen un impacto directo en la salud física y psicológica de los habitantes, que puede comprometer la viabilidad operativa de cualquier asentamiento. Por tanto, la arquitectura extraplanetaria debe incorporar desde su concepción estrategias activas de cuidado corporal y equilibrio emocional.

Además, habitar un lugar implica más que sobrevivir: requiere una relación de apropiación, modificación y sentido. Según Low y Altman (1992), el espacio habitado debe permitir cierta agencia individual y colectiva, así como estructuras institucionales que sostengan dinámicas sociales significativas. En el contexto marciano, esto implica concebir arquitecturas que no solo protejan, sino que posibiliten la autonomía, la transformación simbólica y el desarrollo de formas de vida sostenibles.

Vivir en un planeta con baja gravedad, exposición constante a la radiación, atmósfera tóxica y confinamiento supone un desafío fisiológico continuo. La evidencia de misiones prolongadas en microgravedad – pérdida de masa ósea y muscular, deterioro cardiovascular, disfunciones inmunológicas– demuestra que, sin contramedidas activas, la vida en Marte puede acarrear efectos degenerativos graves.

Del mismo modo, el entorno artificial, monótono y cerrado de un asentamiento marciano representa un riesgo psíquico elevado. La falta de estímulos naturales, el encierro físico y la convivencia forzada pueden generar trastornos del sueño, ansiedad, fatiga cognitiva y crisis de identidad. Estas alteraciones afectan no solo al bienestar individual, sino a la estabilidad del conjunto y a la operación de los sistemas vitales.

### 2.7.1 Salud física: estrategias de mitigación en baja gravedad

- *Ejercicio programado*: mínimo de dos horas diarias de entrenamiento con resistencia (cintas, bicicletas, pesas), lo que exige espacios arquitectónicamente diseñados para estas funciones.
- *Tracción asistida*: desarrollo de trajes gravitatorios que simulan la carga axial terrestre, como el Gravity Loading Countermeasure Skinsuit (ESA).
- *Superficies activas*: suelos con elasticidad o inestabilidad para estimular la musculatura durante los desplazamientos cotidianos.

### 2.7.2 Salud mental: estrategias espaciales y sociales para el bienestar psíquico

- *Espacios comunes diferenciados*: áreas colectivas como comedores, gimnasios o talleres, que estructuran el tiempo social y favorecen la interacción voluntaria.
- *Ámbitos privados individuales*: cápsulas personales o cabinas silenciosas que permiten el aislamiento, la introspección y la autorregulación emocional.
- *Estímulo sensorial y visual*: uso de iluminación variable, materiales cálidos, texturas y mobiliario adaptable para evitar la monotonía perceptiva.

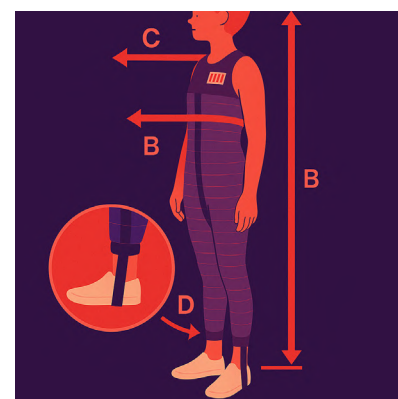
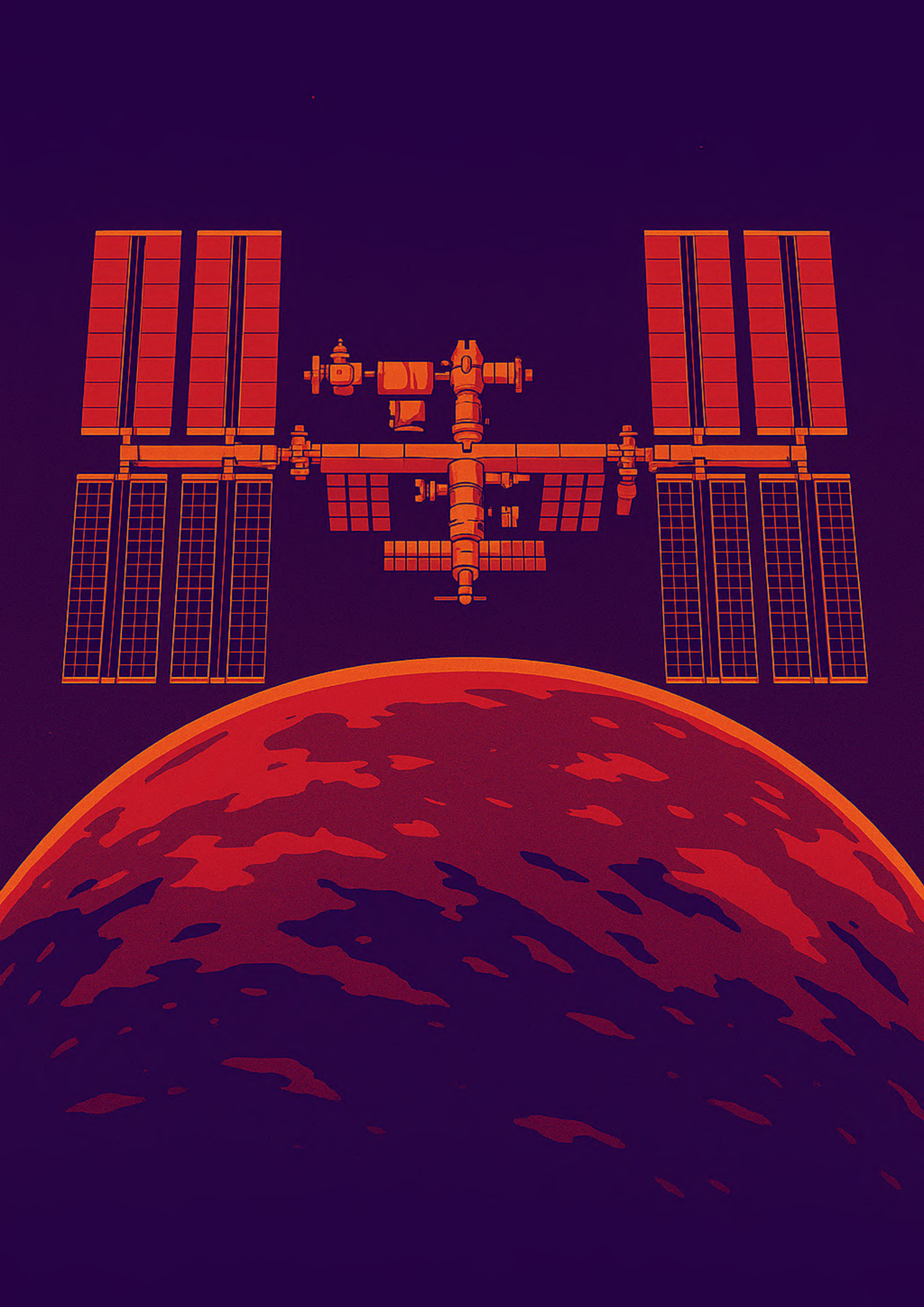


figura 2.10 Trajes de Gravity Loading Skinsuit ESA. Representación propia adaptada

- *Elementos biofílicos y culturales:* vegetación, imágenes de la Tierra, sonidos naturales o rituales colectivos que refuercen la identidad emocional del grupo.

El recorrido realizado permite fundamentar la habitabilidad marciana como un desafío arquitectónico integral, condicionado por factores físicos, logísticos y culturales. Ante la imposibilidad de terraformar y la necesidad de autonomía, los asentamientos deben pensarse como sistemas resilientes y adaptativos. Sobre esta base, el siguiente capítulo desarrolla una metodología comparativa para evaluar la coherencia y viabilidad de las propuestas analizadas.





### 3. Metodología

La investigación se organiza en torno a una matriz de análisis comparativa que evalúa la viabilidad de distintos modelos de asentamiento humano en Marte. Esta herramienta se estructura en tres bloques fundamentales: condiciones ambientales, viabilidad técnica y condiciones sociales, considerados esenciales para garantizar habitabilidad y sostenibilidad.

Los pesos asignados responden al nivel de exigencia de cada bloque. Las condiciones ambientales (45 %) son prioritarias, ya que sin parámetros mínimos de presión, temperatura o protección radiológica no es posible la vida. La viabilidad técnica (35 %) contempla los límites económicos y tecnológicos, cuyo incumplimiento haría inviable cualquier propuesta. Las condiciones sociales (20 %), aunque cruciales para la permanencia a largo plazo, dependen de que los factores anteriores estén resueltos.

Cada bloque incluye cinco preguntas clave, puntuables de 0 a 10, con un máximo de 40 puntos por bloque. La aplicación de los pesos permite obtener un resultado global ponderado, que servirá como base del análisis comparativo.

BLOQUE	Peso (%)	Nº de preguntas	Puntuación máxima sin ponderar	Puntuación máxima ponderada
AMBIENTAL	45%	4	40	18.0
VIABILIDAD TÉCNICA Y OPERATIVA	35%	4	40	14.0
SOCIAL	20%	4	40	8.0

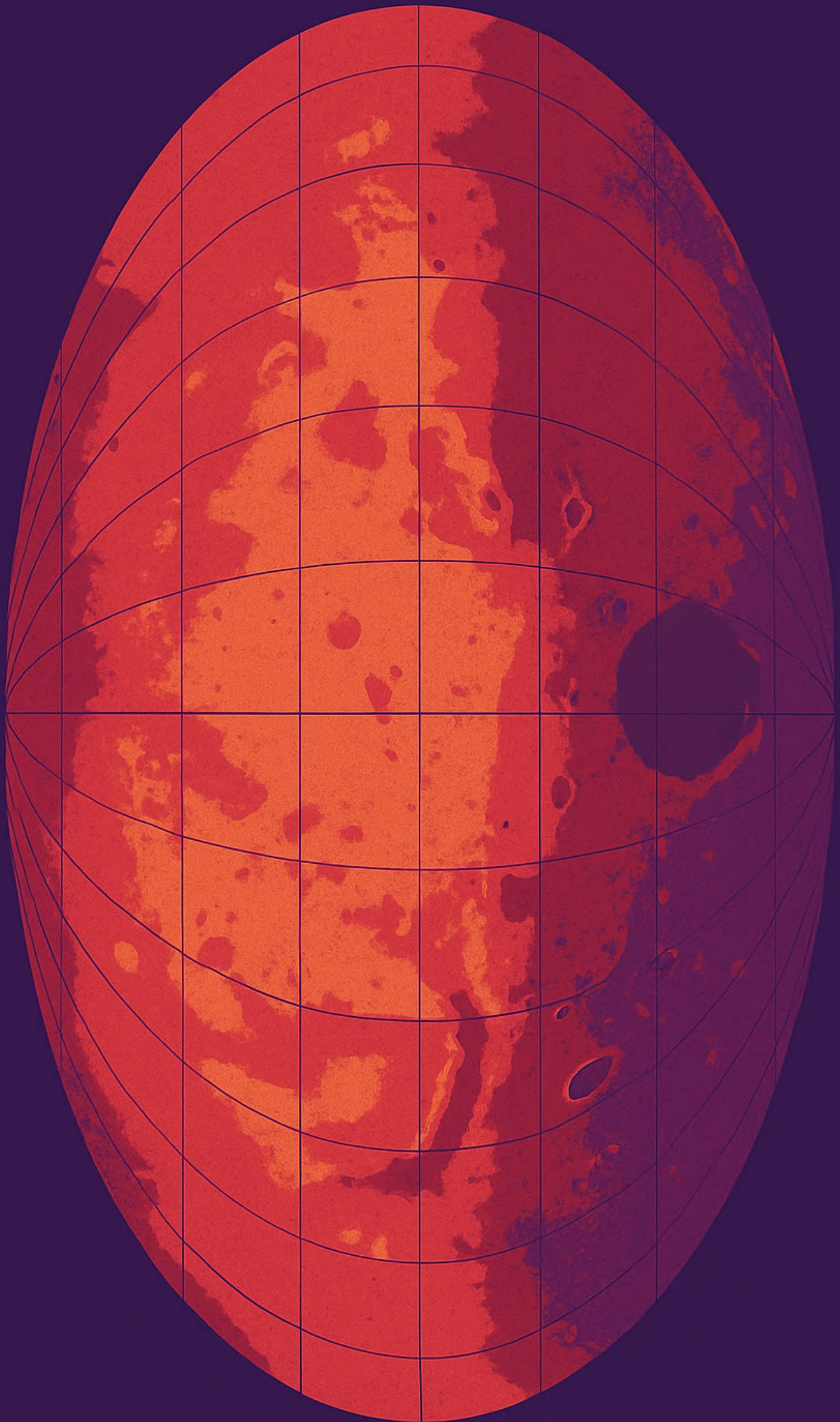
El segundo paso metodológico consiste en la selección y análisis de cinco proyectos de referencia que proponen modelos de hábitat extraplanetario. La selección responde a una serie de criterios: (1) vinculación con agencias espaciales o instituciones académicas; (2) participación en concursos internacionales relevantes; (3) aportes tecnológicos o constructivos significativos; (4) formulación de hipótesis urbanas o arquitectónicas fundamentadas; y (5) diversidad formal, tipológica y metodológica.

Los proyectos seleccionados para el análisis comparativo son los siguientes:

- **MARSHA (AI SpaceFactory):** volumen vertical impreso en 3D con materiales locales, optimizado para la eficiencia térmica, la protección estructural y la autonomía energética.
- **Mars Ice House (SEArch+):** estructura inflable recubierta de hielo, diseñada para maximizar la entrada de luz natural y ofrecer una barrera eficaz frente a la radiación cósmica.
- **Mars Habitat (Foster + Partners):** conjunto modular parcialmente enterrado, con estructura mixta y ejecución automatizada mediante impresión 3D y sistemas robóticos.
- **Mars X House (SEArch+):** propuesta hiperboloide impresa en 3D, concebida para minimizar la presión estructural interna y garantizar la compartimentación funcional de los espacios habitables.
- **Nüwa Mars City (ABIBOO Studio):** proyecto urbano a gran escala insertado en el acantilado marciano de Tempe Mensa, basado en una organización vertical, principios de economía circular y segmentación programática del hábitat.

Tras el análisis individual de los proyectos, se realiza una síntesis comparativa para identificar las soluciones más eficaces según los criterios establecidos. Esta fase permite detectar patrones comunes, estrategias replicables y vacíos críticos, con el objetivo de extraer principios proyectuales coherentes que integren los aspectos ambientales, técnicos y sociales definidos en la investigación.





## 4. Parámetros

### 4.1 Condiciones Ambientales

El primer umbral para la habitabilidad en Marte es la compatibilidad entre el cuerpo humano y un entorno extremadamente hostil: atmósfera tenue, temperaturas extremas, radiación elevada, baja gravedad y escasez de agua líquida. Ante este panorama, la arquitectura debe funcionar como mediadora total entre el ser humano y el planeta, más allá de la simple creación de espacios interiores habitables.

Estas condiciones no son obstáculos aislados, sino un sistema integrado que afecta directamente a la forma, los materiales, la ubicación y la tecnología del asentamiento. Se requiere garantizar estabilidad atmosférica interna, protección radiológica, eficiencia energética y mínima dependencia de recursos externos.

Por su carácter vital, este bloque representa el 45 % de la ponderación total. Las propuestas mejor valoradas serán aquellas que integren soluciones técnicas específicas y coherentes con las condiciones físicas marcianas, articulando de forma efectiva estrategia ambiental, forma arquitectónica y lógica constructiva.

#### 1. ¿El proyecto asegura presión, temperatura y protección radiológica internas estables? (estabilidad ambiental)

10: Soluciones claras e integradas para los tres factores.

5: Cumplimiento genérico sin desarrollo técnico.

0: Omisión o tratamiento superficial.

#### 2. ¿Se emplean materiales marcianos de forma estructural y protectora? (materiales locales)

10: Material local como base estructural del sistema.

5: Uso secundario o decorativo.

0: Solo materiales importados o sin reflexión.

#### 3. ¿La localización del proyecto responde a criterios ambientales? (emplazamiento)

10: Emplazamiento justificado con ventajas físicas claras.

5: Referencias vagas sin análisis específico.

0: Localización omitida o irrelevante.

#### 4. ¿El sistema contempla autosuficiencia en oxígeno, energía y reciclaje? (autosuficiencia)

10: Sistema cerrado, sostenible e integrado.

5: Propuesta parcial o genérica.

0: Sin estrategia definida de producción o reciclaje.

#### 4.2 Condiciones de Viabilidad Técnica y Operativa

Diseñar un asentamiento marciano implica construirlo, transportarlo, mantenerlo y expandirlo bajo restricciones técnicas reales. Este bloque evalúa la viabilidad operativa y económica de los proyectos, valorando su lógica constructiva, el uso eficiente de recursos y su sostenibilidad a largo plazo.

Aunque pocas propuestas detallan costes, este análisis actúa como estimación indirecta de su factibilidad. Se valoran positivamente aquellas soluciones que reducen la complejidad, duración y carga logística sin comprometer la habitabilidad.

Con un peso del 35 %, este bloque premia los modelos con estrategias técnicas realistas, equilibradas y sostenibles, diseñadas para operar con autonomía y dentro de los márgenes tecnológicos actuales, frente a aquellas más especulativas o dependientes del soporte terrestre.

##### 5. ¿El sistema constructivo es viable en términos de transporte y montaje interplanetario? (logística constructiva)

10: Diseño modular, transporte optimizado y montaje realista con tecnología actual.

5: Viable pero poco detallado o complejo.

0: Irrealizable o sin reflexión logística.

##### 6. ¿La ejecución está adaptada a los tiempos reales de una misión? (cronograma)

10: Fases claras, automatización y tiempos compatibles.

5: Tiempos poco definidos o parcialmente inviables.

0: Sin lógica temporal ni fases.

##### 7. ¿Se optimizan recursos y se garantiza durabilidad? (eficiencia)

10: Uso racional de materiales, resistencia al entorno y bajo mantenimiento.

5: Eficiencia media o sin datos concretos.

0: Solución frágil, ineficiente o derrochadora.

##### 8. ¿El diseño permite crecer, adaptarse o replicarse? (escalabilidad)

10: Sistema modular, escalable y adaptable.

5: Crecimiento limitado o poco estructurado.

0: Diseño cerrado, sin previsión de expansión.

#### 4.3 Condiciones Sociales

La viabilidad de un asentamiento humano en Marte no puede entenderse sin considerar las dimensiones sociales del habitar. Más allá de las condiciones físicas o tecnológicas, resulta esencial garantizar estructuras que favorezcan el bienestar individual, la cohesión colectiva y la posibilidad de construir sentido compartido en un entorno sin referentes previos.

En un planeta donde no existen instituciones ni tradiciones urbanas heredadas, la arquitectura asume un papel central como marco de convivencia. Las decisiones proyectuales influyen directamente en la configuración de roles, vínculos y rutinas, determinando en gran medida la calidad de vida y la estabilidad emocional de los habitantes.

Este bloque representa un 20 % del peso total del análisis. Aunque subordinado a los factores ambientales y técnicos, lo social será valo-

rado por su capacidad para integrar diversidad, ofrecer espacios de intimidad y encuentro, y permitir la formación de estructuras simbólicas o institucionales que sostengan una vida colectiva más allá de la mera supervivencia.

**9. ¿El diseño protege el bienestar físico y mental en un entorno cerrado? (bienestar)**

- 10: Estrategias claras de confort físico y psíquico.
- 5: Soluciones genéricas o poco desarrolladas.
- 0: Sin reflexión sobre bienestar.

**10. ¿La organización espacial equilibra privacidad, colectividad y uso compartido? (convivencia)**

- 10: Relación clara entre espacios personales y comunes.
- 5: Segmentación ambigua o limitada.
- 0: Modelo cerrado sin equilibrio funcional.

**11. ¿El proyecto permite formar una comunidad diversa y estable? (diversidad comunitaria)**

- 10: Espacios adaptables para distintos perfiles humanos.
- 5: Enfoque técnico, pero con posibilidad de transición.
- 0: Pensado solo para tripulación especializada.

**12. ¿Existen estructuras para gobernanza, gestión colectiva y cultura común? (instituciones)**

- 10: Propuesta clara de espacios o funciones institucionales.
- 5: Espacios potenciales sin uso definido.
- 0: Sin planteamiento institucional o simbólico.



## 5. Casos de Estudio

Este capítulo aplica la matriz evaluativa definida previamente al análisis comparado de cinco propuestas arquitectónicas relevantes para la habitabilidad en Marte. Cuatro de ellas –MARSHA, Mars Ice House, Mars Habitat y Mars X House– fueron desarrolladas en el marco del NASA 3D Printed Habitat Challenge (2015-2019), una competición internacional que impulsó la exploración técnica de hábitats extraplanetarios mediante impresión 3D, uso de materiales locales y estrategias de autonomía progresiva. Su participación en un marco común asegura coherencia metodológica y permite su comparación estructurada. A estas se suma Nüwa Mars City, una propuesta a gran escala desarrollada por ABIBOO Studio para el Mars Society Design Competition (2020-2021). Aunque más especulativa, su inclusión permite ampliar el espectro analítico y contrastar modelos centrados en la unidad habitacional con visiones urbanas complejas orientadas a la autosuficiencia social y económica.

Cada proyecto será evaluado a través de los doce criterios establecidos en los tres bloques temáticos –condiciones ambientales, viabilidad técnica-operativa y condiciones sociales–, con el fin de identificar fortalezas, limitaciones y posibles sinergias entre estrategias diversas. El capítulo concluye con una síntesis comparativa que recoge los principales aprendizajes y permite extraer conclusiones transversales útiles para repensar el diseño arquitectónico en contextos extraplanetarios.

### 5.1. MARSHA (AI SpaceFactory)

### 5.2. Mars Ice House (SEArch+ y Clouds AO)

### 5.3. Mars Habitat (Foster + Partners)

### 5.4. Mars X House (SEArch+ y Apis Cor)

### 5.5. Nüwa Mars City (ABIBOO Studio + SONet)

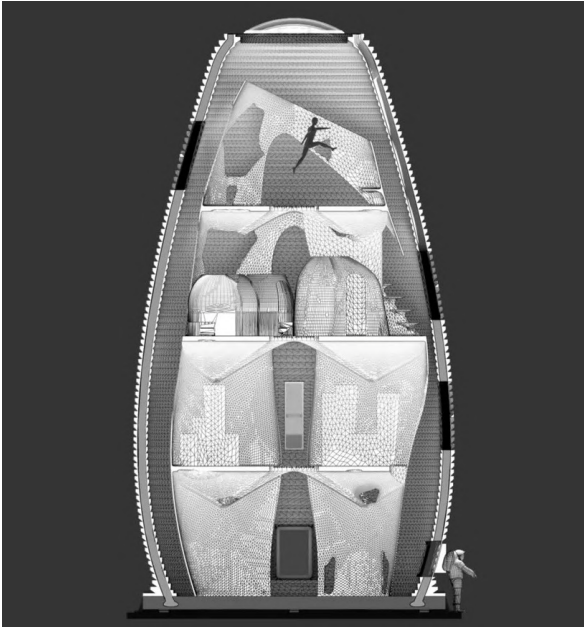


figura 5.2 Visualización del proyecto Marsha, desarrollado por AI SpaceFactory. Imagen recuperada de AI SpaceFactory.



figura 5.3 Axonometría explotada del hábitat Marsha, proyecto de AI SpaceFactory. Imagen recuperada de AI SpaceFactory.

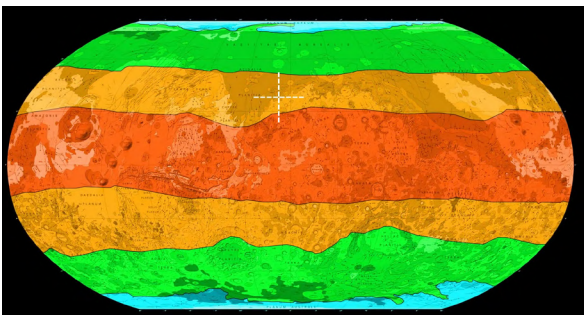


figura 5.4 Mapa de localización del hábitat Marsha, proyecto de AI SpaceFactory. Imagen recuperada de AI SpaceFactory.

## 5.1 MARSHA - AI SpaceFactory

MARSHA, propuesta desarrollada por AI SpaceFactory, replantea el modelo de hábitat marciano a través de una tipología vertical impresa en 3D con materiales locales. La estructura, organizada en cuatro niveles, emplea un biopolímero reforzado con fibra de basalto derivada del regolito marciano, lo que garantiza una construcción autónoma y resiliente frente a las condiciones extremas del planeta rojo. A diferencia de modelos enterrados o horizontales, MARSHA distribuye sus espacios en altura –laboratorios, cocina, jardines hidropónicos y zonas recreativas– favoreciendo tanto la eficiencia térmica como el bienestar psicológico.

El sistema incorpora una doble envoltente que asegura el aislamiento térmico y la protección frente a la radiación, permitiendo además una iluminación natural controlada. Su construcción está prevista mediante robots autónomos antes de la llegada humana, reduciendo riesgos operativos y costes logísticos. Su enfoque integral –técnicamente avanzado y atento al confort físico y emocional– lo convierte en una de las propuestas más completas de la arquitectura extraplanetaria contemporánea.

### 1. Estabilidad interior

El sistema de doble envoltente mantiene presión y temperatura estables. La cámara intermedia actúa como aislante y la forma curva favorece la resistencia estructural. La impresión 3D sin juntas mejora la estanqueidad. El material aporta cierta protección frente a radiación, aunque no se incluyen refuerzos adicionales como regolito. La entrada de luz es positiva, pero no se cuantifica el blindaje.

Resumen: excelente en presión y temperatura; protección radiológica adecuada pero no reforzada.

Valoración: 8

### 2. Uso de materiales locales

El proyecto emplea fibra de basalto, extraída del regolito, combinada con PLA (importado). El material local se integra estructuralmente, no como adorno.

Resumen: uso estructural coherente del recurso marciano, con cierta dependencia externa.

Valoración: 9

### 3. Localización adecuada

Se sitúa en zonas ecuatoriales, con buena radiación solar y menor oscilación térmica, lo que favorece eficiencia energética. Sin embargo, no se

concreta el lugar ni se consideran variables como altitud o acceso a hielo.

Resumen: buena elección climática general, pero sin detalle contextual.

Valoración: 6

#### 4. Autosuficiencia de recursos

Incluye zonas de cultivo y uso de energía solar, se desarrollan sistemas cerrados completos y se detalla el reciclaje de agua, aire o nutrientes.

Resumen: elementos parciales de autonomía con integración completa.

Valoración: 8

#### 5. Logística y montaje

El sistema evita estructuras voluminosas: se imprime directamente en Marte con componentes de bajo volumen. Esto reduce la carga útil y elimina fases críticas de ensamblaje humano. La construcción autónoma se ajusta a las capacidades tecnológicas actuales.

Resumen: logística optimizada, ejecución autónoma, sin ensamblajes.

Puntuación: 10

#### 6. Temporalidad de ejecución

Prevé su construcción antes de la llegada de la tripulación, lo que permite fases sin presión habitacional. La secuencia de ejecución es compatible con los tiempos de rotación entre misiones, aunque no se precisan duraciones exactas.

Resumen: planificación compatible con los tiempos de misión, sin contradicciones temporales.

Puntuación: 8

#### 7. Eficiencia y durabilidad

El material mixto con base local y forma continua reduce fallos. La geometría optimiza estabilidad y eficiencia sin añadir componentes extra. Aunque no se describe mantenimiento, se infiere alta durabilidad.

Resumen: estructura robusta, eficiente y con durabilidad presumible.

Puntuación: 9

#### 8. Escalabilidad

Se concibe como célula unitaria sin mecanismos de crecimiento o replicación. No hay planteamiento modular ni conexiones que permitan ampliaciones.

Resumen: solución unitaria sin previsión de crecimiento o articulación.

Puntuación: 4

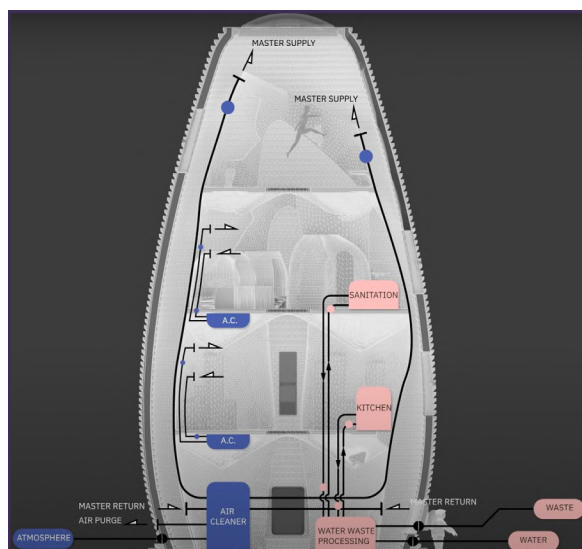


figura 5.5 diagrama del proyecto MARSHA, desarrollado por AI SpaceFactory. Imagen recuperada de Medium.



figura 5.6 Vista exterior diurna del hábitat Marsha, desarrollada por AI SpaceFactory. Imagen recuperada de la web oficial.



figura 5.7 Composición del hábitat Marsha, proyecto desarrollado por AI SpaceFactory. Imagen recuperada de su página web.



figura 5.8 Vista interior diurna del hábitat Marsha, desarrollada por AI SpaceFactory. Imagen recuperada de la web oficial.

### 9. Bienestar físico y mental

Incorpora luz natural filtrada, vistas indirectas, superficies cálidas y jardines interiores para favorecer el confort sensorial. Aunque no hay estrategias psicológicas activas, los recursos pasivos refuerzan el bienestar en aislamiento prolongado.

Resumen: confort ambiental bien resuelto, atención espacial al bienestar psíquico.

Puntuación: 8

### 10. Bienestar comunal

La organización vertical separa zonas privadas, comunes y técnicas, facilitando una convivencia no intrusiva y jerarquizada. Admite la interacción sin saturación, aunque se orienta a grupos pequeños.

Resumen: buena separación funcional, estructura relacional clara.

Puntuación: 7

### 11. Diversidad comunitaria

El modelo responde a esquemas técnicos unipersonales o reducidos, sin opciones adaptativas ni apertura a una comunidad diversa. No hay previsión de familias ni pluralidad de perfiles.

Resumen: hábitat funcional, sin proyección hacia comunidad estable o diversa.

Puntuación: 3

### 12. Instituciones y cultura

No contempla espacios colectivos, ni funciones simbólicas, educativas o de gobernanza. Se orienta a la supervivencia básica, sin estructuras para construir memoria o identidad compartida.

Resumen: ausencia de estructuras comunes simbólicas o institucionales.

Puntuación: 2



figura 5.9 Vista exterior diurna del hábitat Marsha, desarrollada por AI SpaceFactory. Imagen recuperada de la web oficial.

# 01. MARSHA

## AI Spacefactory

28.80 / 40

### Ficha de Puntuación

BLOQUE	CONDICIONES	PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN PONDERADA
AMBIENTAL	1. Estabilidad interior	8	3.60
	2. Uso de materiales locales	9	4.05
	3. Localización adecuada	6	2.70
	4. Autosuficiencia de recursos	8	3.50
VIABILIDAD TÉCNICA	5. Logística y montaje	10	2.80
	6. Temporalidad de ejecución	8	3.15
	7. Eficiencia y durabilidad	9	1.40
	8. Escalabilidad	4	1.60
SOCIAL	9. Bienestar físico y mental	8	1.60
	10. Bienestar comunal	7	1.40
	11. Diversidad comunitaria	3	0.60
	12. Estructuras simbólicas	2	0.40

PUNTUACIÓN TOTAL: 28.80 / 40



GRÁFICA DE PUNTUACIONES



MIHAI DANIEL GURAU

Ilustración de elaboración propia

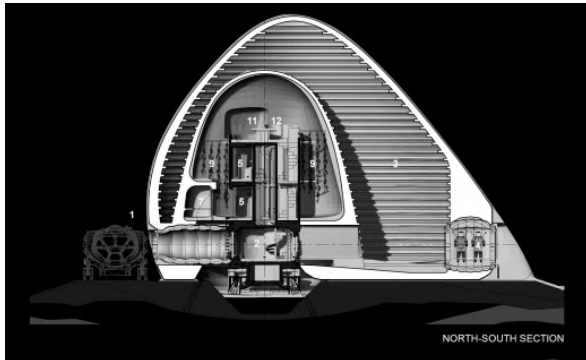


figura 5.10 Sección del proyecto Mars Ice House, desarrollado por SEArch+ y Clouds AO. Imagen recuperada de la web oficial del proyecto.

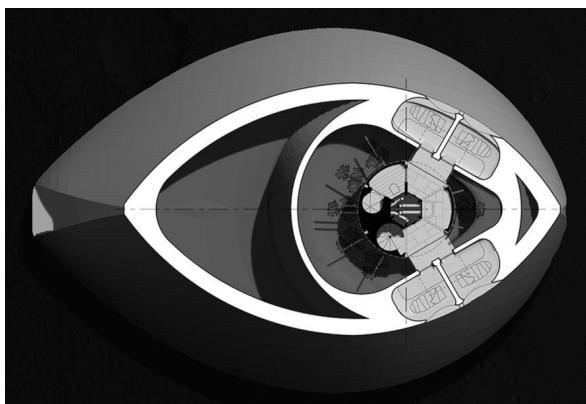


figura 5.11 Planta del proyecto Mars Ice House, desarrollado por SEArch+ y Clouds AO. Imagen recuperada de la web oficial del proyecto.

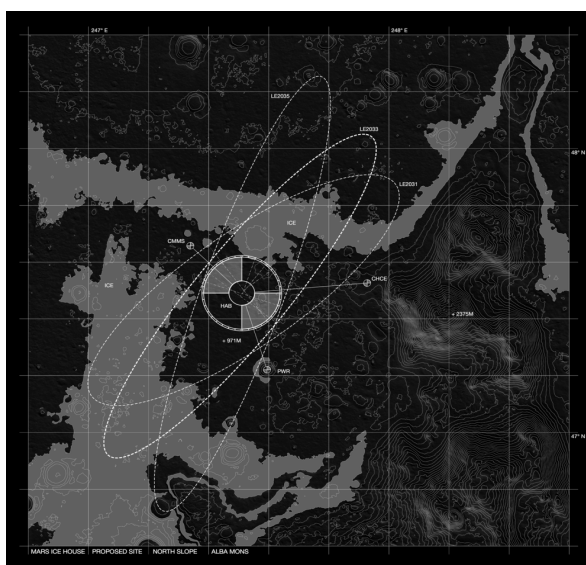


figura 5.12 Mapa de localización del proyecto Mars Ice House, desarrollado por SEArch+ y Clouds AO. Imagen recuperada de la web oficial del proyecto.

## 5.2.2 Mars Ice House - SEArch+

Mars Ice House fue el proyecto ganador de la Fase 1 del NASA 3D Printed Habitat Challenge (2015), centrada en el diseño conceptual de hábitats marcianos imprimibles. Desarrollado por SEArch+ y Clouds AO, propone una envolvente habitable formada por la solidificación controlada de agua extraída del subsuelo marciano, generando una cúpula translúcida de hielo.

Frente a otros modelos enfocados en la eficiencia estructural o la autonomía técnica, Mars Ice House prioriza el entorno sensorial, la experiencia lumínica y el confort perceptivo en condiciones extremas. Su configuración formal –ligera, luminosa y expansiva– destaca tanto por su lenguaje arquitectónico como por el tipo de relación que plantea entre cuerpo, materia y planeta.

### 1. Estabilidad interior

Mars Ice House propone una atmósfera interior presurizada contenida entre un volumen hinchable y una cúpula de hielo exterior. El hielo actúa como aislamiento térmico y escudo frente a la radiación, con grosores estratégicos que permiten entrada de luz sin comprometer la protección. Aunque no se cuantifica la resistencia radiológica, el uso de agua como barrera está respaldado técnicamente.

Resumen: buena resolución pasiva de presión, temperatura y radiación mediante sistema doble.

Puntuación: 8

### 2. Uso de materiales locales

La envolvente se construye con agua extraída y congelada in situ, convirtiendo el recurso marciano en componente estructural, protector y simbólico. No es decorativo ni accesorio: define toda la arquitectura.

Resumen: material local esencial, estructural y determinante para la solución arquitectónica.

Puntuación: 10

### 3. Localización adecuada

Se elige una ubicación en latitudes medias-altas con presencia de hielo subterráneo, adecuada para la estrategia material. También se considera la orientación solar para controlar la iluminación sin sobrecalentamiento.

Resumen: ubicación coherente con disponibilidad hídrica y estrategia energética pasiva.

Puntuación: 7

#### 4. Autosuficiencia de recursos

No se desarrolla un sistema de autosuficiencia técnica. Se menciona la extracción de agua y control solar pasivo, pero sin integración de reciclaje de recursos, generación de oxígeno o energía autónoma.

Resumen: solución parcial e indeterminada; sin sistemas autosuficientes definidos.

Puntuación: 3

#### 5. Logística y montaje

Sistema basado en una estructura hinchable transportable y solidificación de agua local. Evita componentes voluminosos, permite construcción in situ y es potencialmente automatizable. No se detallan los dispositivos, pero el sistema es técnicamente plausible.

Resumen: sistema ligero, con materiales locales, adaptable a despliegue autónomo.

Puntuación: 8

#### 6. Temporalidad de ejecución

Previsto para construirse antes de la llegada humana mediante procesos autónomos. Aunque sin cronograma detallado, se adapta a los plazos típicos de misión no tripulada.

Resumen: lógica temporal coherente con los ciclos reales de misión.

Puntuación: 6

#### 7. Eficiencia y durabilidad

Alta eficiencia inicial por uso de material local. El hielo cumple múltiples funciones, pero su durabilidad depende de la estabilidad térmica. No se especifican soluciones contra sublimación o degradación.

Resumen: eficiencia inicial elevada, pero con durabilidad incierta.

Puntuación: 5

#### 8. Escalabilidad

Diseño unifuncional sin planteamiento modular ni opciones de crecimiento articulado. No se prevén conexiones ni replicabilidad territorial.

Resumen: solución unitaria sin lógica de escalabilidad ni replicación.

Puntuación: 3

#### 9. Bienestar físico y mental

La envolvente de hielo translúcido favorece la entrada de luz natural, mitigando la sensación de encierro. Interior abierto, vegetación perimetral y atmósfera sensorialmente cuidada.

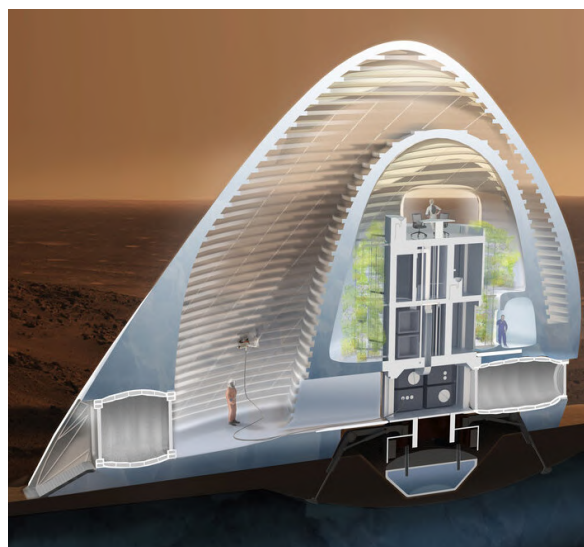


figura 5.13 Render seccionado del proyecto Mars Ice House, desarrollado por SEArch+ y Clouds AO. Imagen recuperada de la web oficial del proyecto.

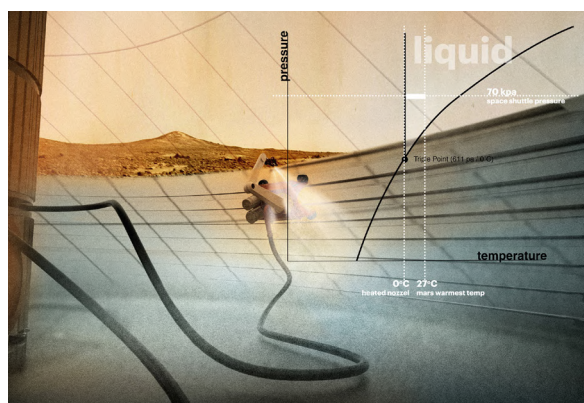


figura 5.14 proceso de construcción del proyecto Mars Ice House, desarrollado por SEArch+ y Clouds AO. Imagen recuperada de la web oficial del proyecto.

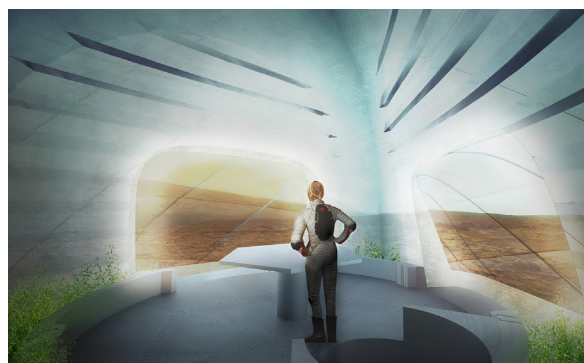


figura 5.15 Vista interior del proyecto Mars Ice House, desarrollado por SEArch+ y Clouds AO. Imagen recuperada de la web oficial del proyecto.



figura 5.16 Vista interior del proyecto Mars Ice House, desarrollado por SEArch+ y Clouds AO. Imagen recuperada de la web oficial del proyecto.

da. No hay estrategias activas, pero la arquitectura actúa como regulador emocional. Resumen: atención arquitectónica explícita al confort sensorial y emocional. Puntuación: 9

#### 10. Bienestar comunal

Espacio único sin compartimentación definida. La continuidad espacial favorece flexibilidad, pero carece de jerarquía funcional para vida colectiva estructurada.

Resumen: espacio continuo y abierto, pero sin estructura relacional definida.

Puntuación: 5

#### 11. Diversidad comunitaria

Diseñado como cápsula puntual para pocos usuarios, sin adaptabilidad ni visión comunitaria a largo plazo.

Resumen: hábitat cerrado, sin proyección social ni adaptabilidad tipológica.

Puntuación: 3

#### 12. Instituciones y cultura

No incluye espacios ni funciones colectivas con valor institucional o simbólico.

Resumen: sin estructuras institucionales o culturales.

Puntuación: 2

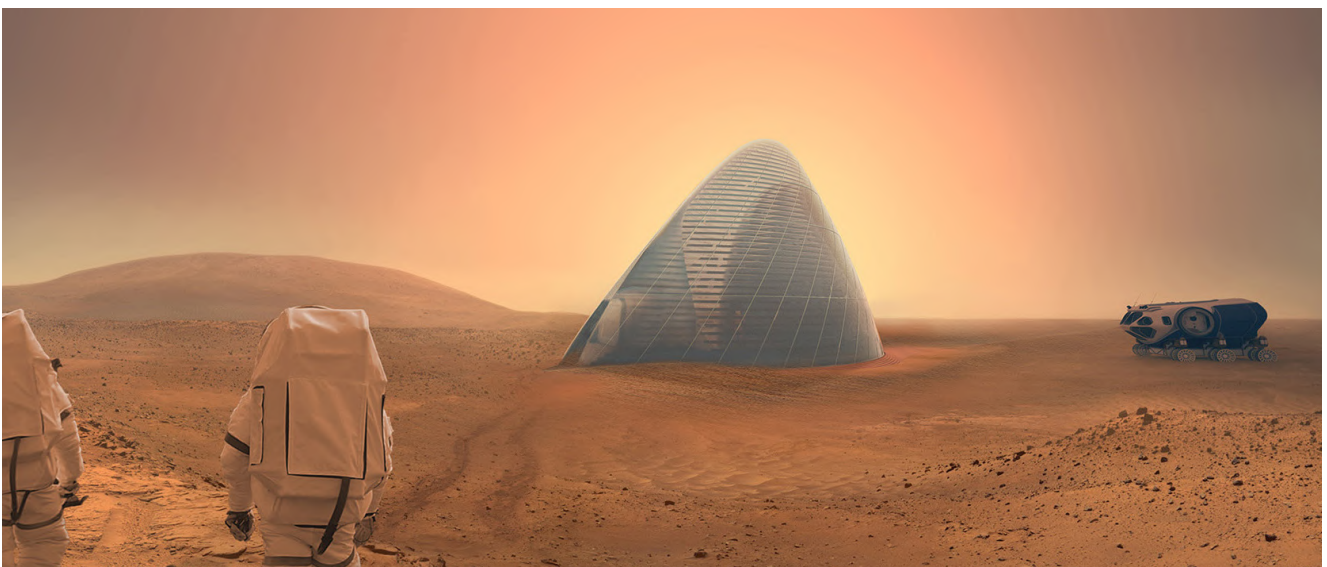


figura 5.17 Vista Exterior del proyecto Mars Ice House, desarrollado por SEArch+ y Clouds AO. Imagen recuperada de la web oficial del proyecto.

# 02.MARS ICE HOUSE

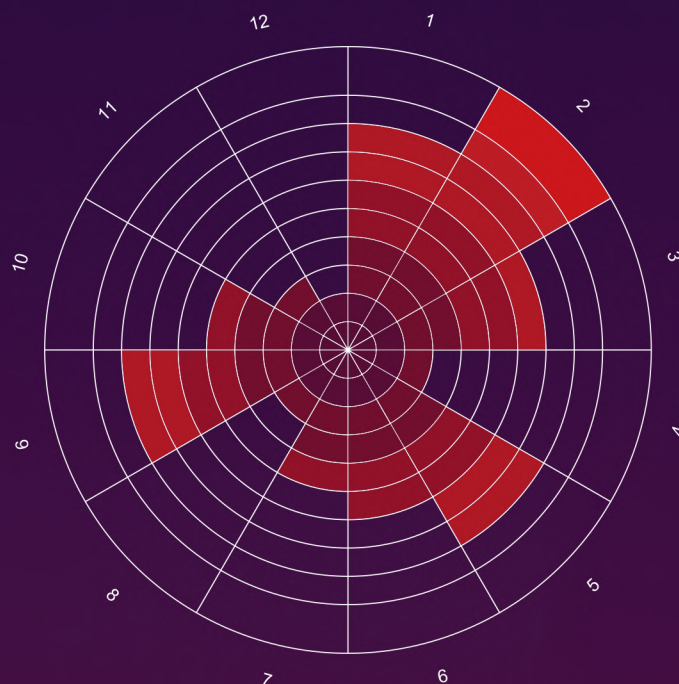
24.10 / 40

## SEArch + / Clouds AO

### Ficha de Puntuación

BLOQUE	CONDICIONES	PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN PONDERADA
AMBIENTAL	1. Estabilidad interior	8	3.60
	2. Uso de materiales locales	10	4.50
	3. Localización adecuada	7	3.15
	4. Autosuficiencia de recursos	3	1.35
VIABILIDAD TÉCNICA	5. Logística y montaje	8	2.80
	6. Temporalidad de ejecución	6	2.10
	7. Eficiencia y durabilidad	5	1.75
	8. Escalabilidad	3	1.05
SOCIAL	9. Bienestar físico y mental	9	1.80
	10. Bienestar comunal	5	1.00
	11. Diversidad comunitaria	3	0.60
	12. Estructuras simbólicas	2	0.40

PUNTUACIÓN TOTAL: 24.10 / 40



GRÁFICA DE PUNTUACIONES

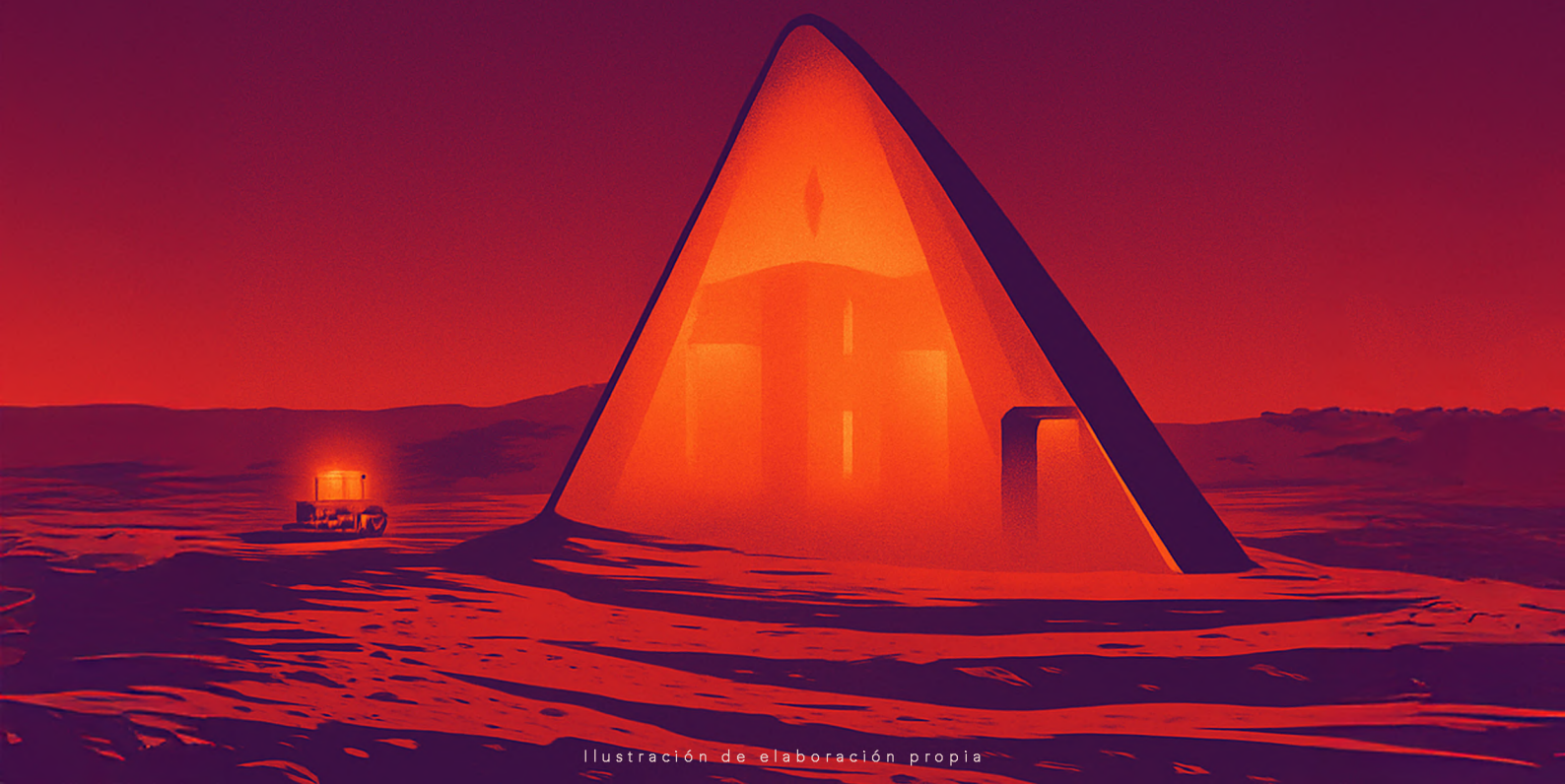




figura 5.18 Sección del Mars Habitat, proyecto desarrollado por Foster + Partners. Imagen recuperada de Archello.

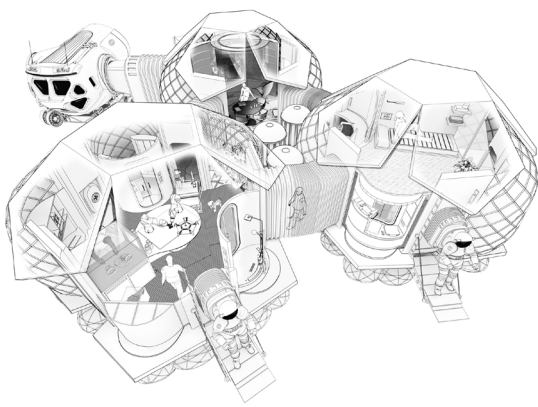


figura 5.19 Axonometría del Mars Habitat, proyecto desarrollado por Foster + Partners. Imagen recuperada de Archello.

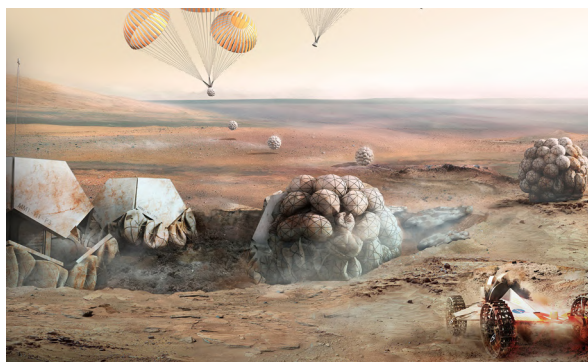


figura 5.20 Vista exterior del Mars Habitat, proyecto desarrollado por Foster + Partners. Imagen recuperada de Archello.

## 5.2.3 Mars Habitat - Foster + Partners

Mars Habitat es una propuesta elaborada por Foster + Partners en el marco del NASA 3D Printed Habitat Challenge, en colaboración con instituciones especializadas en hábitat espacial. Su objetivo principal es resolver de forma realista las condiciones mínimas de habitabilidad mediante un sistema constructivo autónomo, replicable y basado en materiales locales.

La propuesta se materializa en módulos semienterrados construidos con regolito marciano, ensamblados por brazos robóticos antes de la llegada humana. El diseño interior y los aspectos comunitarios no se desarrollan, ya que el foco está en la viabilidad técnica y operativa del refugio. Su valor reside en la modularidad, la automatización del proceso constructivo y la capacidad de réplica, lo que lo convierte en una de las opciones más pragmáticas del conjunto analizado.

### 1. Estabilidad interior

El sistema semienterrado con recubrimiento de regolito proporciona aislamiento frente a radiación, variaciones térmicas y baja presión. Aunque no se detallan espesores ni sistemas técnicos específicos, la estrategia pasiva es coherente y viable.

Resumen: estrategia pasiva coherente para aislamiento y protección, sin desarrollo técnico explícito.

Puntuación: 7

### 2. Uso de materiales locales

Se emplea regolito marciano como componente principal, aplicado mediante impresión autónoma. Pero si hay dependencia de materiales importados para el resto de elementos.

Resumen: integración total de recurso local como componente estructural.

Puntuación: 4

### 3. Localización adecuada

El asentamiento se sitúa en zonas planas y accesibles, aunque sin justificación ambiental específica. No se valoran aspectos como altitud, captación solar o acceso a hielo.

Resumen: emplazamiento plausible, pero sin justificación ambiental desarrollada.

Puntuación: 3

### 4. Autosuficiencia de recursos

No se incluyen sistemas de producción o reciclaje de recursos vitales. La propuesta arquitectó-

nica no integra soporte vital ni autonomía energética.

Resumen: ausencia total de sistemas autosuficientes en la propuesta desarrollada.

Puntuación: 0

### 5. Logística y montaje

El sistema combina cápsulas inflables transportadas desde la Tierra con recubrimiento robótico in situ. Modular, autónomo y compatible con capacidades de lanzamiento actuales.

Resumen: sistema logístico ingenioso y viable, con activación modular y ejecución autónoma.

Puntuación: 9

### 6. Temporalidad de ejecución

Construcción previa a la llegada, automatizada. Aunque no se detallan fases, la propuesta se ajusta a ventanas de misión conocidas.

Resumen: ejecución autónoma anticipada, sin contradicciones temporales.

Puntuación: 6

### 7. Eficiencia y durabilidad

Uso exclusivo de regolito reduce complejidad y mantenimiento. Semienterramiento mejora el aislamiento. Sin detalles sobre durabilidad o reparabilidad.

Resumen: eficiencia alta por simplicidad formal y material, sin detalle de durabilidad.

Puntuación: 6

### 8. Escalabilidad

Modelo replicable, pero sin desarrollo de conexiones ni estrategia urbanística. Posibilidad de expansión inferida.

Resumen: potencial replicable no desarrollado como estrategia de crecimiento.

Puntuación: 5

### 9. Bienestar físico y mental

Garantiza protección física, pero no aborda el confort emocional ni estrategias perceptivas o sensoriales.

Resumen: seguridad física garantizada; bienestar psicoemocional no abordado.

Puntuación: 4

### 10. Bienestar comunal

Sin jerarquía espacial ni zonas comunes definidas. Cápsula funcional, no diseñada para convivencia estructurada.

Resumen: módulo funcional sin estructura relacional o jerarquía espacial.

Puntuación: 3

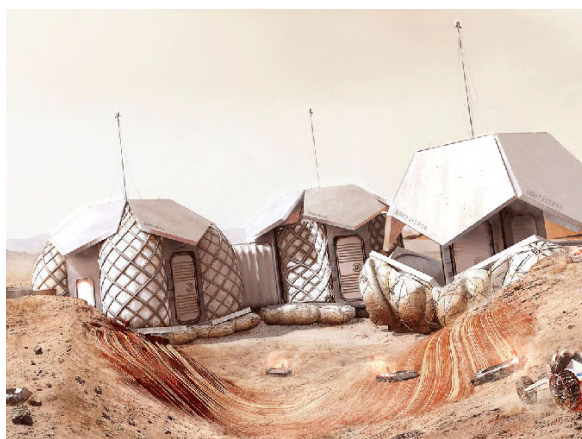


figura 5.21 Vista exterior del Mars Habitat, proyecto desarrollado por Foster + Partners. Imagen recuperada de Archello.



figura 5.22 Vista exterior del Mars Habitat, proyecto desarrollado por Foster + Partners. Imagen recuperada de Archello.



figura 5.23 Vista exterior del Mars Habitat, proyecto desarrollado por Foster + Partners. Imagen recuperada de Archello.

**11. Diversidad comunitaria**

Pensado para tripulación técnica y ocupación limitada. Sin condiciones para diversidad humana o comunidad prolongada.

Resumen: modelo limitado a tripulación técnica, sin proyección comunitaria.

Puntuación: 2

**12. Instituciones y cultura**

No contempla espacios para funciones simbólicas, educativas o colectivas. Modelo individual sin articulación institucional.

Resumen: sin estructuras simbólicas ni funciones institucionales.

Puntuación: 1



figura 5.24 Vista interior del Mars Habitat, proyecto desarrollado por Foster + Partners. Imagen recuperada de Archello.

# 03.MARS HABITAT

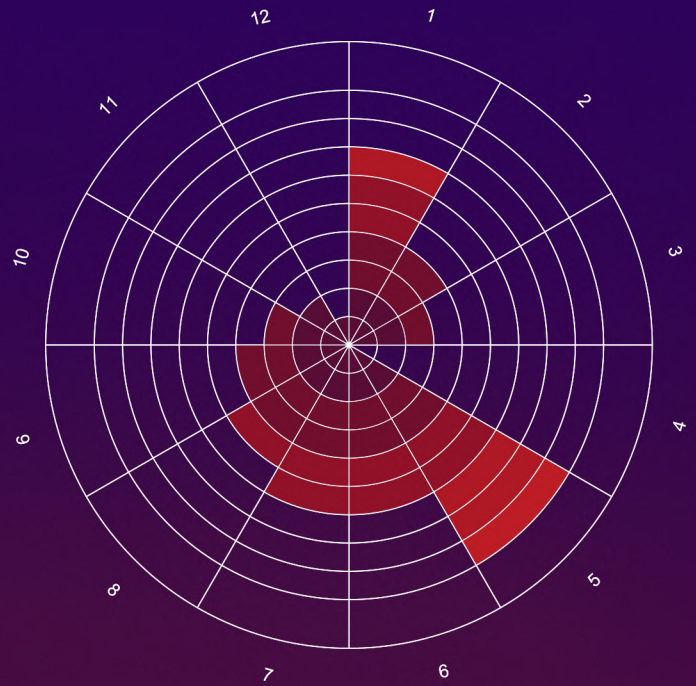
17.40 / 40

Foster + Partners

Ficha de Puntuación

BLOQUE	CONDICIONES	PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN PONDERADA
AMBIENTAL	1. Estabilidad interior	7	3.15
	2. Uso de materiales locales	4	1.80
	3. Localización adecuada	3	1.35
	4. Autosuficiencia de recursos	0	0
VIABILIDAD TÉCNICA	5. Logística y montaje	9	3.15
	6. Temporalidad de ejecución	6	2.10
	7. Eficiencia y durabilidad	6	2.10
	8. Escalabilidad	5	1.75
SOCIAL	9. Bienestar físico y mental	4	0.80
	10. Bienestar comunal	3	0.60
	11. Diversidad comunitaria	2	0.40
	12. Estructuras simbólicas	1	0.20

PUNTUACIÓN TOTAL: 17.40 / 40



GRÁFICA DE PUNTUACIONES

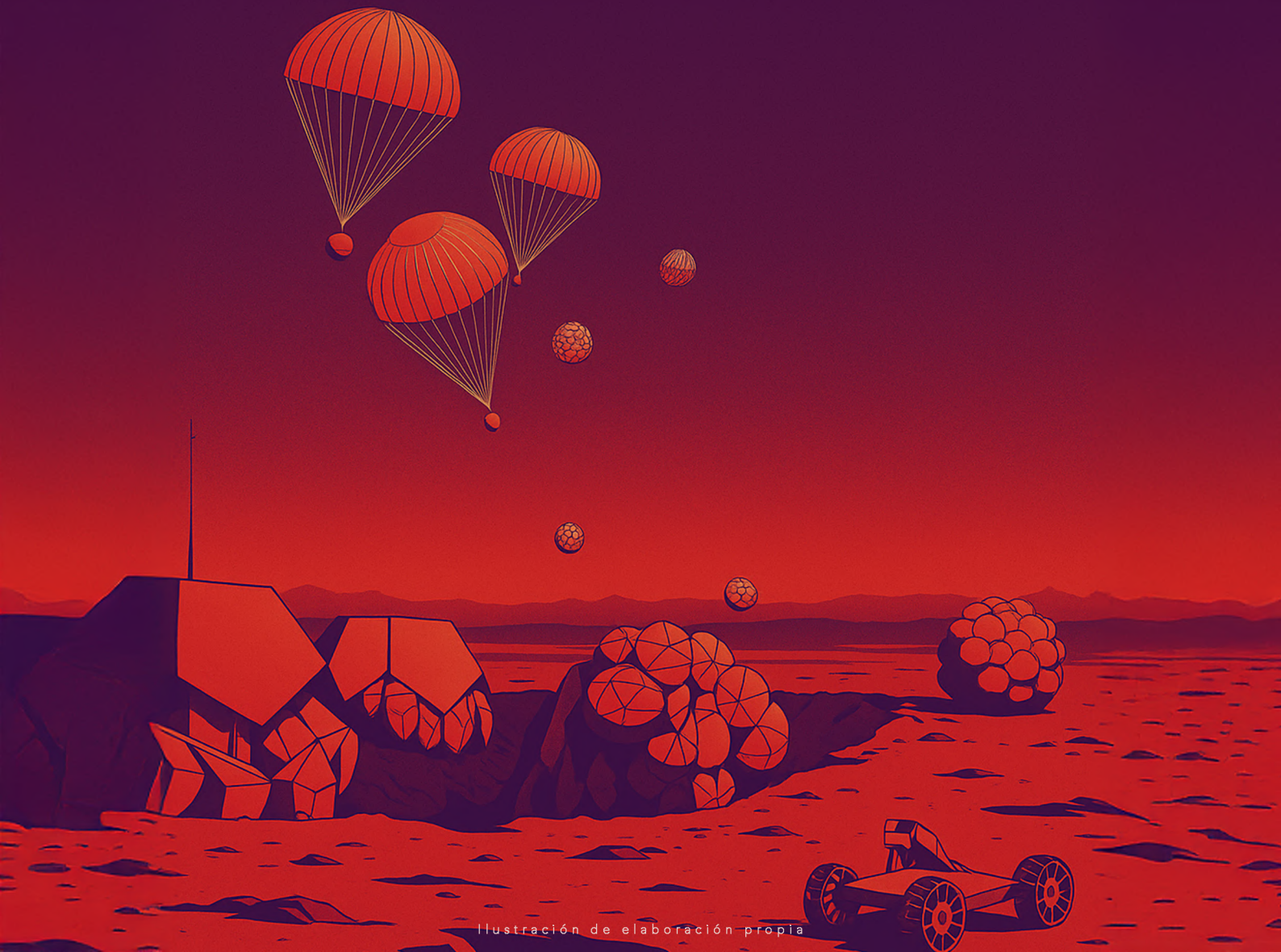




figura 5.25 Render del proyecto Mars X House, desarrollado por SEArch+ con diseño de Melodie Yashar. Imagen recuperada de su sitio web personal

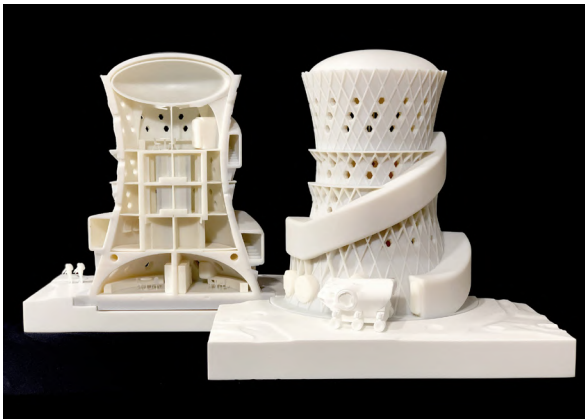


figura 5.26 Maqueta del proyecto Mars X House, desarrollado por SEArch+ con diseño de Melodie Yashar. Imagen recuperada de su sitio web personal.

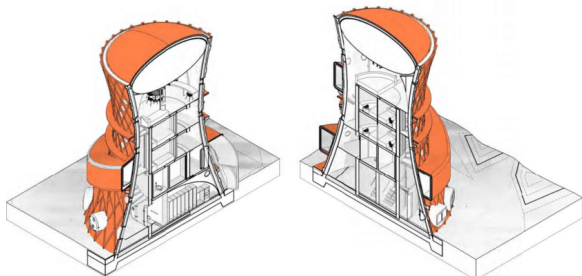


figura 5.27 Axonometría seccionada del proyecto Mars X House, desarrollado por SEArch+ con diseño de Melodie Yashar. Imagen recuperada de su sitio web personal.

## 5.2.X Mars X House - SEArch+ / Apis Cor

Mars X House fue desarrollado por el equipo SEArch+ en colaboración con Apis Cor durante la fase final del NASA 3D Printed Habitat Challenge, donde recibió uno de los máximos reconocimientos por su resolución técnica, coherencia espacial y viabilidad constructiva. La propuesta plantea una tipología vertical en forma de hiperboloide, concebida para resistir las condiciones ambientales de Marte y construirse in situ mediante extrusión robotizada de regolito procesado.

El diseño se organiza en distintos niveles funcionales: áreas técnicas en la base, espacios habitables en el núcleo intermedio y sistemas de soporte vital en la parte superior. Esta zonificación jerárquica, unida a la compacidad volumétrica y a la eficiencia estructural, permite garantizar estabilidad física, protección frente a la radiación y un entorno interior de calidad. Además, el proyecto se plantea como célula replicable, lo que refuerza su potencial como unidad base dentro de un asentamiento ampliable y modular.

### 1. Estabilidad interior

La envolvente hiperboloide permite distribuir eficientemente las cargas por presión interna. Su geometría compacta y la capa de regolito impreso aseguran aislamiento térmico y protección frente a la radiación. El espesor variable controla los gradientes térmicos y favorece la estabilidad interior.

Resumen: control activo y pasivo de condiciones internas; envolvente técnica bien resuelta.

Puntuación: 9

### 2. Uso de materiales locales

Utiliza regolito local como único material estructural. No depende de materiales importados, salvo equipamiento técnico específico. El recurso local se integra completamente en la lógica constructiva.

Resumen: uso estructural completo de materiales marcianos; sin dependencia material externa.

Puntuación: 10

### 3. Implantación ambiental

Se emplaza en zonas llanas orientadas al ecuador para maximizar captación solar y facilitar la construcción robótica. No se detalla geología ni altitud, pero la lógica ambiental está presente.

Resumen: criterios ambientales generales explícitos, sin detalle territorial localizado.

Puntuación: 6

#### 4. Autosuficiencia de recursos

Incluye zonas para soporte vital, producción de oxígeno, reciclaje de agua y aire. La vegetación se sitúa en el nivel superior. Aunque sin detalles técnicos, se definen ubicación y funciones, con autonomía parcial clara.

Resumen: integración espacial de sistemas vitales, con autonomía parcial explícita.

Puntuación: 7

#### 5. Logística y montaje

Construcción in situ mediante impresión robótica con regolito procesado. No requiere ensamblajes ni transporte de elementos voluminosos. Diseño compacto y optimizado para baja gravedad.

Resumen: logística reducida, despliegue autónomo y constructivamente viable.

Puntuación: 10

#### 6. Temporalidad de ejecución

Fase previa a la llegada de la tripulación. Construcción automatizada compatible con las ventanas de lanzamiento y duración estándar de las misiones.

Resumen: ejecución programada y compatible con la secuencia de misión.

Puntuación: 7

#### 7. Eficiencia y durabilidad

Forma hiperboloide optimiza la resistencia estructural. Uso exclusivo de regolito simplifica procesos y reduce mantenimiento. Alta durabilidad prevista.

Resumen: estructura eficiente, de ejecución simple y alta durabilidad esperada.

Puntuación: 8

#### 8. Escalabilidad

Concebido como unidad replicable. Aunque no se desarrolla urbanísticamente, se prevé su agrupación en red como sistema modular.

Resumen: módulo base replicable, con planTEAMIENTO de expansión previsto.

Puntuación: 6

#### 9. Bienestar físico y mental

El diseño interior cuida el confort mediante luz natural filtrada, separación funcional por niveles y la inclusión de vegetación en el nivel superior. Estos elementos favorecen el equilibrio psicoemocional sin requerir estrategias tecnológicas complejas.

Resumen: entorno protegido y con estímulos sensoriales positivos, orientado al bienestar pasivo.

Puntuación: 7

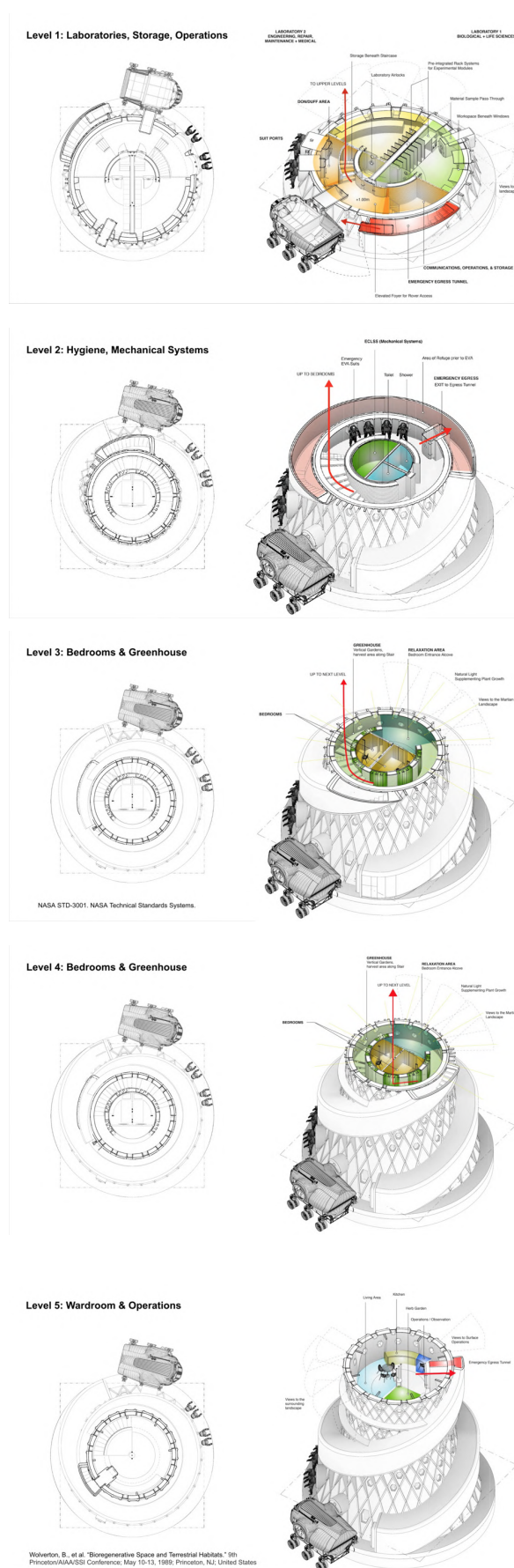


figura 5.28 Plantas y axonometrías del proyecto Mars X House, desarrollado por SEArch+ con diseño de Melodie Yashar. Imagen recuperada de su sitio web personal.

### 10. Bienestar comunal

La organización vertical distingue funciones técnicas, habitables y vitales, lo que permite cierta separación de usos. Sin embargo, no se incluyen espacios expresamente destinados a la convivencia o al uso compartido, ni dispositivos arquitectónicos que regulen las interacciones sociales.

Resumen: zonificación funcional resuelta, pero sin estructura clara para la vida colectiva.

Puntuación: 5

### 11. Diversidad comunitaria

El hábitat está concebido para grupos técnicos reducidos, sin referencias a tipologías diversas o dinámicas multigeneracionales. No se prevé adaptabilidad para formar una comunidad estable y plural.

Resumen: célula habitable limitada a perfiles técnicos, sin apertura a una comunidad diversa.

Puntuación: 3

### 12. Instituciones y cultura

No se integran espacios que puedan asumir funciones culturales, políticas o educativas. La propuesta se enfoca exclusivamente en asegurar la supervivencia física, sin ofrecer marcos para la producción simbólica o la organización colectiva.

Resumen: ausencia de estructuras simbólicas o institucionales dentro del modelo espacial.

Puntuación: 2



figura 5.29 Render interior del proyecto Mars X House, desarrollado por SEArch+ con diseño de Melodie Yashar. Imagen recuperada de su sitio web personal.

# 04.MARS X HOUSE

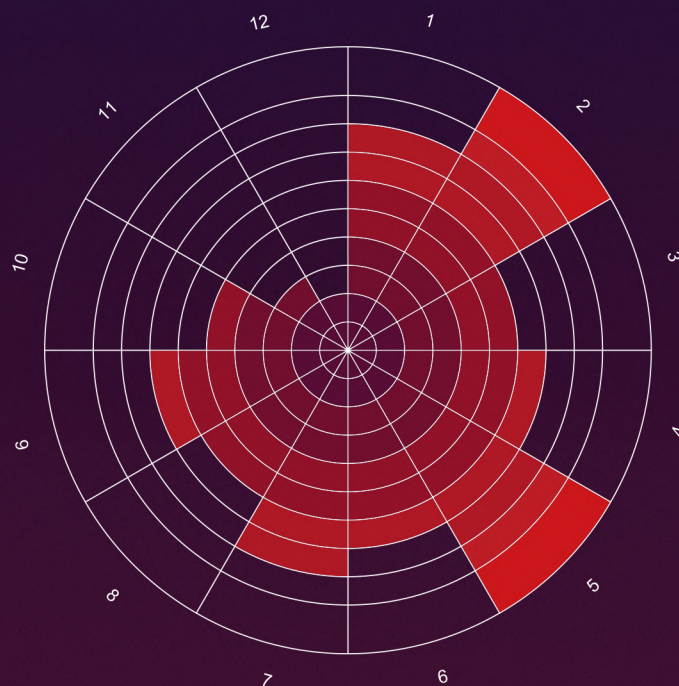
28.65 / 40

SEArch+ / ApisCor

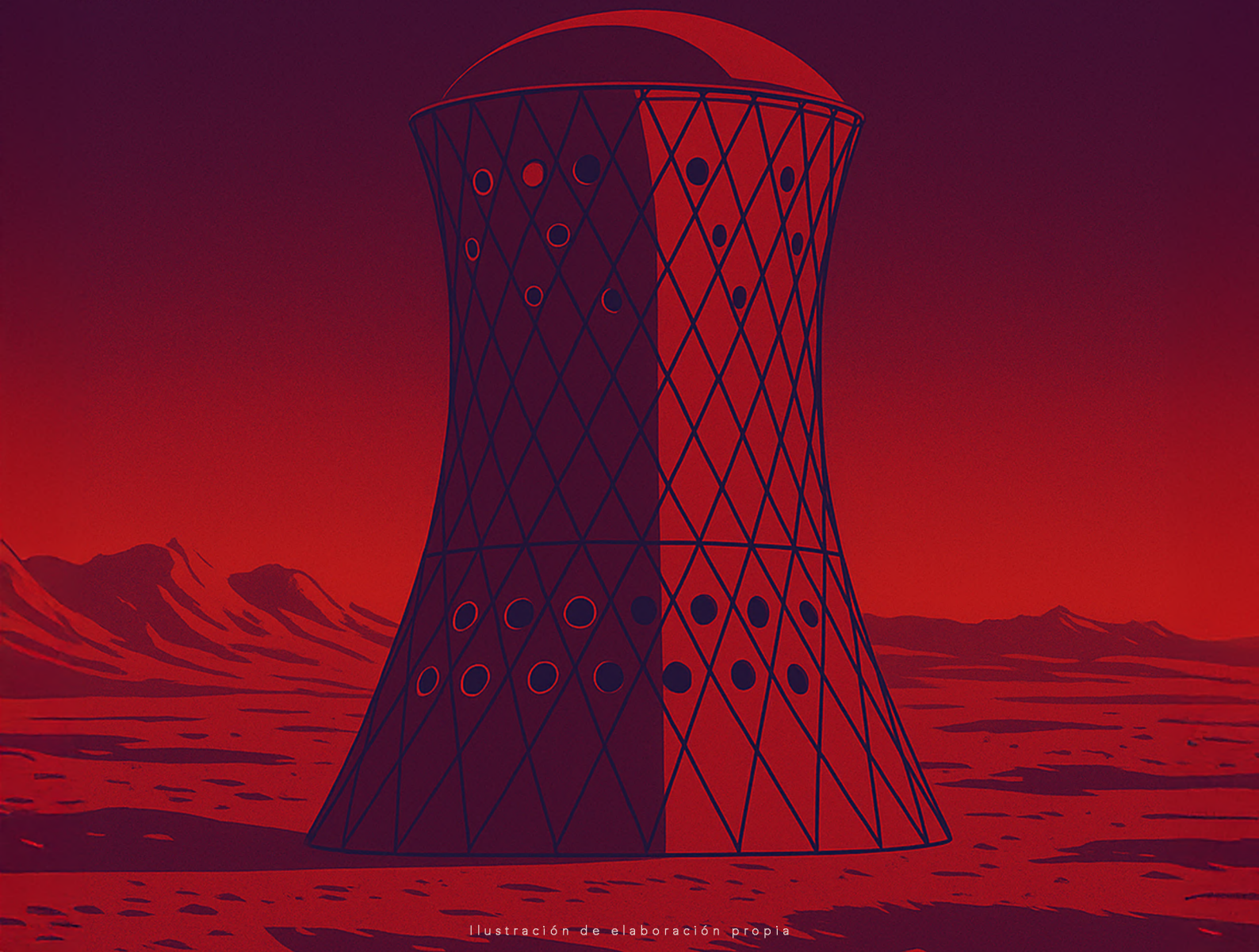
Ficha de Puntuación

BLOQUE	CONDICIONES	PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN PONDERADA
AMBIENTAL	1. Estabilidad interior	9	4.05
	2. Uso de materiales locales	10	4.50
	3. Localización adecuada	6	2.70
	4. Autosuficiencia de recursos	7	3.75
VIABILIDAD TÉCNICA	5. Logística y montaje	10	3.50
	6. Temporalidad de ejecución	7	2.45
	7. Eficiencia y durabilidad	8	2.80
	8. Escalabilidad	6	2.10
SOCIAL	9. Bienestar físico y mental	7	1.40
	10. Bienestar comunal	5	1.00
	11. Diversidad comunitaria	3	0.60
	12. Estructuras simbólicas	2	0.40

PUNTUACIÓN TOTAL: 28.65 / 40



GRÁFICA DE PUNTUACIONES



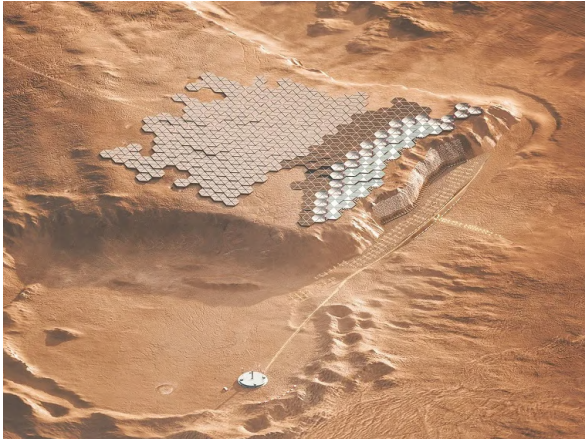


figura 5.30 Visualización del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet. Imagen recuperada de Sheepair Support.



figura 5.31 Visualización del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet. Imagen recuperada de Sheepair Support.

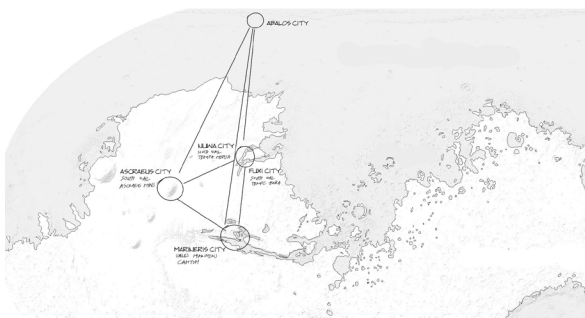


figura 5.32 Mapa de localización del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet. Imagen recuperada de Sheepair Support.

### 5.2.5 Nüwa Mars City - ABIBOO Studio

Nüwa Mars City es una propuesta urbanística desarrollada por ABIBOO Studio junto con la red científica SONet, presentada en el Mars Society Design Competition (2020). A diferencia de los demás casos, no surge del NASA 3D Printed Habitat Challenge, sino de un enfoque que busca imaginar asentamientos extraplanetarios autosuficientes para poblaciones masivas, integrando criterios arquitectónicos, ambientales, económicos y sociopolíticos.

El proyecto plantea una ciudad vertical excavada en los acantilados de Tempe Mensa, utilizando la propia roca marciana como escudo natural frente a la radiación y las condiciones climáticas extremas. La organización del asentamiento se basa en principios de economía circular, con una estructura funcional jerarquizada que articula espacios habitacionales, agrícolas, industriales y culturales, conectados por infraestructuras internas de transporte y servicios comunes. Además, se contempla la creación de sistemas institucionales propios y dinámicos so

#### 1. Estabilidad interior

Nüwa se excava en un acantilado, utilizando la masa rocosa como escudo natural contra la radiación. La presión se mantiene estable mediante módulos sellados, y la temperatura se regula con aislamiento pasivo y climatización artificial. El sistema evita la exposición directa al entorno marciano, garantizando un microclima interior estable y seguro.

Resumen: protección pasiva integral mediante excavación, con control climático interno.

Puntuación: 10

#### 2. Uso de materiales locales

El material excavado se reutiliza como base para componentes estructurales y de cerramiento. Se emplea regolito para impresión y fundición de elementos constructivos, lo que reduce la necesidad de materiales importados y fortalece la autosuficiencia.

Resumen: explotación intensiva y versátil de materiales marcianos.

Puntuación: 4

#### 3. Localización adecuada

La elección del acantilado Tempe Mensa responde a criterios precisos: protección geológica, orientación solar favorable y cercanía a posibles fuentes de agua subterránea. Se basa en un análisis geológico preliminar y aprovecha las condiciones físicas del terreno.

Resumen: localización específica, argumentada y vinculada a criterios ambientales reales.

Puntuación: 9

#### 4. Autosuficiencia de recursos

Se plantea una economía circular completa: generación de oxígeno mediante algas, energía solar y nuclear, reciclaje de agua y atmósfera, y tratamiento integral de residuos. El sistema metabólico del hábitat se concibe como autónomo y tecnológicamente viable a medio plazo.

Resumen: propuesta integral de autosuficiencia vital con base tecnológica avanzada.

Puntuación: 10

#### 5. Logística y montaje

Aunque el proyecto detalla el desarrollo urbanístico, no especifica cómo se transportan las herramientas ni cómo se inicia la obra. La fase crítica de activación inicial no está resuelta, lo que compromete la viabilidad operativa en un contexto extraplanetario.

Resumen: estrategia global desarrollada, pero sin resolución del punto de partida.

Puntuación: 2

#### 6. Temporalidad de ejecución

La ejecución se plantea por fases, con crecimiento modular y llegada escalonada de habitantes. Sin embargo, su escala y complejidad no son viables a corto o medio plazo con la tecnología actual.

Resumen: planificación temporal coherente en papel, pero inviable en la práctica inmediata.

Puntuación: 3

#### 7. Eficiencia y durabilidad

El uso de roca excavada y regolito reduce los materiales importados. La estructura incrustada en la ladera es duradera por diseño y contexto. Se prevé un mantenimiento accesible, aunque no se detallan protocolos específicos.

Resumen: alta eficiencia de recursos, durabilidad estructural por sistema y emplazamiento.

Puntuación: 9

#### 8. Escalabilidad

El modelo está diseñado como una ciudad con capacidad para crecer territorialmente. Se prevén nodos de expansión, conectividad por túneles y replicación en otras laderas.

Resumen: estrategia de crecimiento explícita, escalable y territorialmente estructurada.

Puntuación: 10

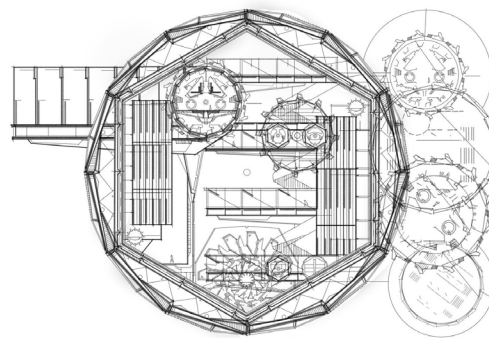


figura 5.33 Sección de módulo del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet. Imagen recuperada de Sheepair Support.

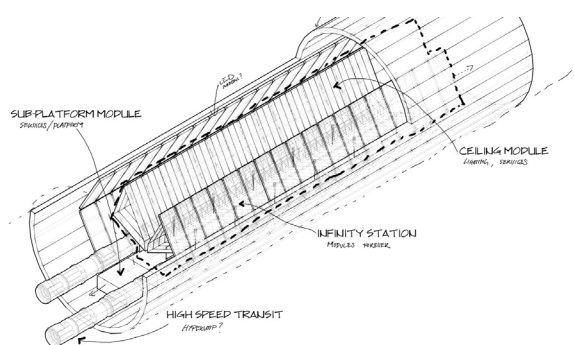


figura 5.34 Axonometría de módulo del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet. Imagen recuperada de Sheepair Support.

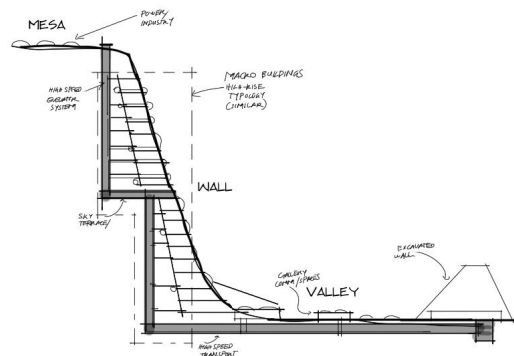


figura 5.35 Axonometría del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet. Imagen recuperada de Sheepair Support.

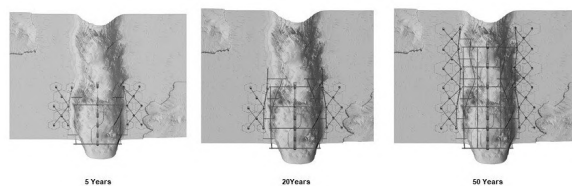


figura 5.36 Diagrama del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet. Imagen recuperada de Sheepair Support.

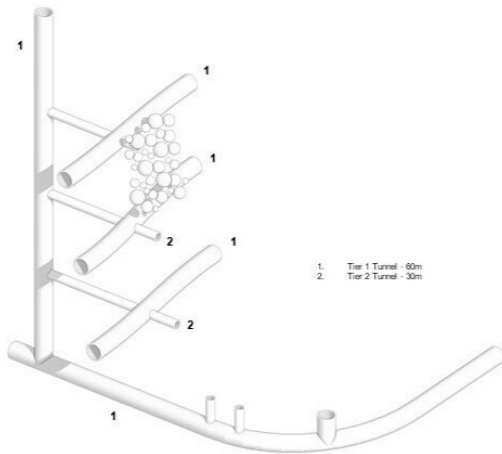


figura 5.37 Diagrama del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet. Imagen recuperada de Sheepair Support.

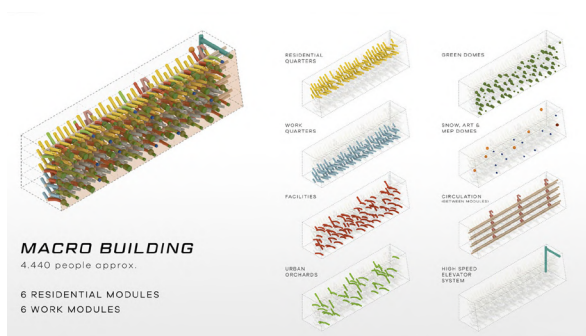


figura 5.38 Diagrama del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet. Imagen recuperada de Sheepair Support.

### 9. Bienestar físico y mental

El diseño incluye luz natural filtrada, vegetación, espacios de descanso y programas vinculados al confort psíquico. Se integran estrategias arquitectónicas explícitas para mitigar el estrés y favorecer la salud mental.

Resumen: atención arquitectónica directa al bienestar físico y emocional.

Puntuación: 10

### 10. Bienestar comunal

La ciudad se articula con viviendas individuales, zonas comunes, espacios de trabajo y nodos de interacción colectiva. La organización regula adecuadamente la privacidad y el encuentro social.

Resumen: organización espacial jerarquizada, con convivencia articulada y funcional.

Puntuación: 9

### 11. Diversidad comunitaria

El proyecto contempla una población diversa y estable, con estructuras para educación, sanidad y cultura. La comunidad se entiende como plural, permanente y multigeneracional.

Resumen: comunidad compleja y diversa como núcleo del planteamiento urbano.

Puntuación: 10

### 12. Instituciones y cultura

Se reconoce la necesidad de espacios públicos, culturales y de gobernanza, aunque no se desarrollan formalmente a nivel arquitectónico. La dimensión institucional está presente, pero no proyectada.

Resumen: principios institucionales asumidos, sin formalización espacial.

Puntuación: 7

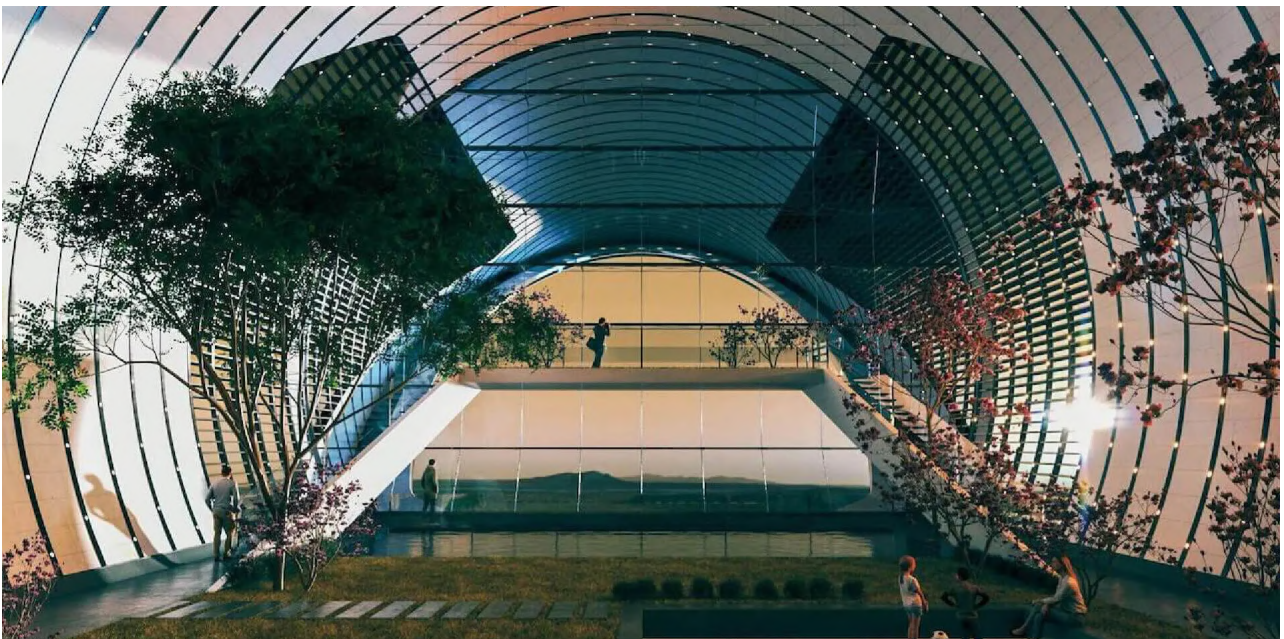


figura 5.39 Vista Interior del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet. Imagen recuperada de Sheepair Support.

# 05.NÜWA MARS CITY

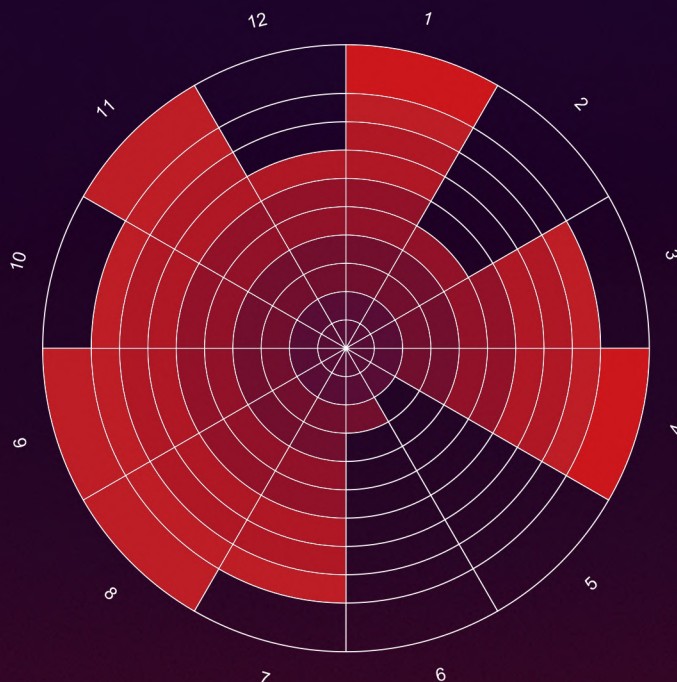
30.45 / 40

ABIBOO Studio

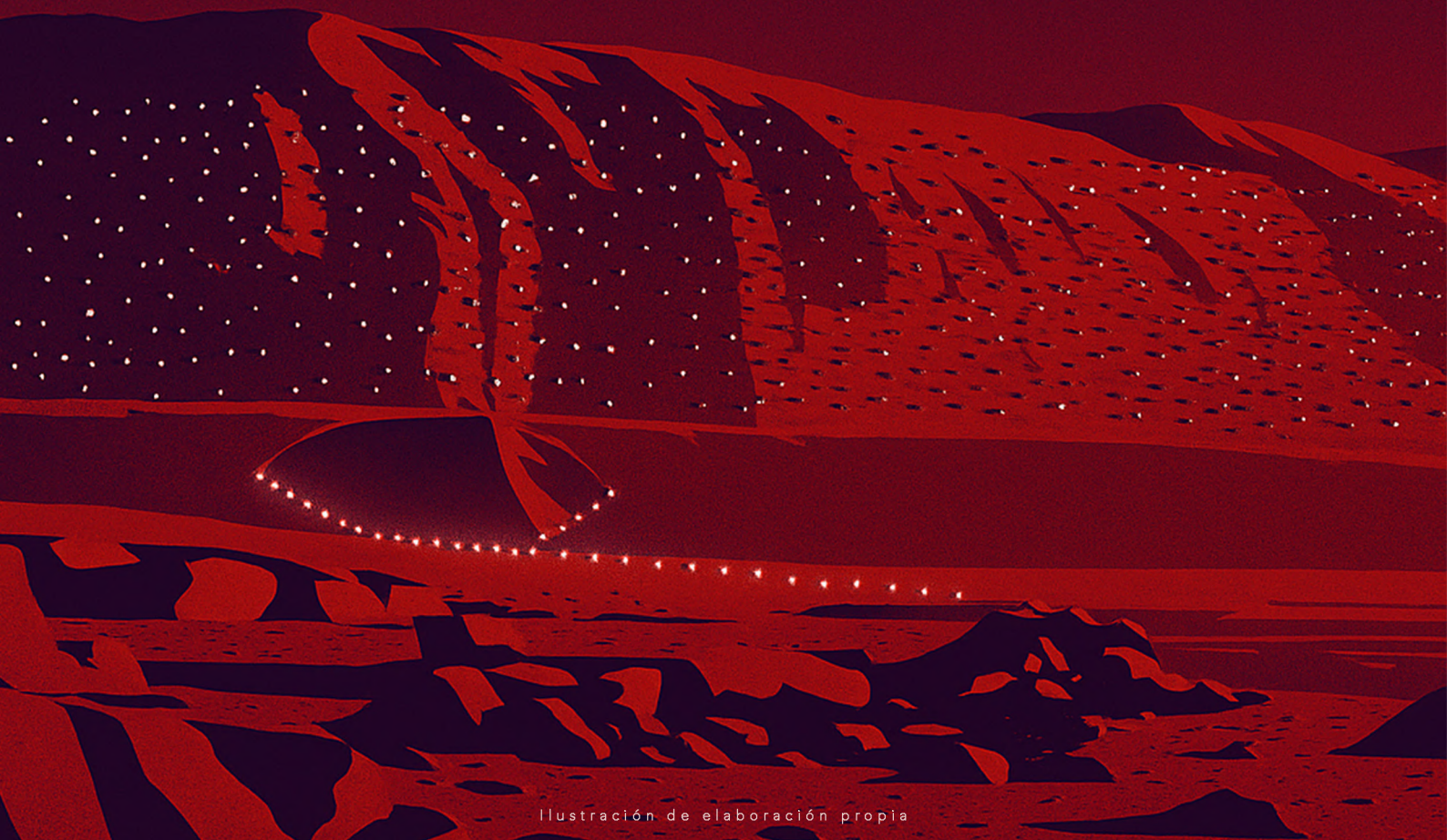
Ficha de Puntuación

BLOQUE	CONDICIONES	PUNTUACIÓN	PUNTUACIÓN PONDERADA
AMBIENTAL	1. Estabilidad interior	10	4.05
	2. Uso de materiales locales	4	1.80
	3. Localización adecuada	9	4.05
	4. Autosuficiencia de recursos	10	4.50
VIABILIDAD TÉCNICA	5. Logística y montaje	2	0.70
	6. Temporalidad de ejecución	3	1.05
	7. Eficiencia y durabilidad	9	3.15
	8. Escalabilidad	10	3.50
SOCIAL	9. Bienestar físico y mental	10	2.00
	10. Bienestar comunal	9	1.80
	11. Diversidad comunitaria	10	2.00
	12. Estructuras simbólicas	7	1.40

PUNTUACIÓN TOTAL: 30.45 / 40



GRÁFICA DE PUNTUACIONES





## 6. Discusión de resultados

El análisis de los cinco proyectos seleccionados revela una profunda heterogeneidad en las formas de abordar la habitabilidad en Marte. Lejos de converger hacia un modelo único o predominante, las propuestas configuran un abanico de estrategias que oscilan entre la solución puntual y la visión sistémica, entre el refugio técnico y la ciudad autosuficiente. Esta diversidad permite identificar no solo los puntos fuertes de cada caso, sino también las carencias estructurales que limitan su viabilidad cuando se confrontan con las condiciones reales del planeta rojo.

### 6.1 Condiciones ambientales: la arquitectura como interfaz

La dimensión ambiental es, con diferencia, la mejor resuelta en el conjunto de proyectos analizados. Las soluciones se centran en garantizar la estabilidad de la atmósfera interior (presión, temperatura y radiación) mediante estrategias de blindaje pasivo –como el enterramiento (Mars Habitat), el hielo (Mars Ice House) o la masa rocosa (Nüwa)– y la integración de materiales locales como recurso protector. Mars X House y MARSHA destacan por su control geométrico y eficiencia estructural, mientras que Nüwa incorpora el entorno geológico como componente activo del sistema ambiental.

Sin embargo, el grado de autosuficiencia metabólica (producción de oxígeno, energía, reciclaje) muestra una mayor disparidad. Nüwa es la única propuesta que articula un sistema completo y tecnológicamente detallado de economía circular. El resto de los proyectos oscilan entre soluciones parciales (Mars X House, MARSHA) y la omisión casi total (Mars Habitat). Este desequilibrio revela una tendencia a priorizar la seguridad básica sin integrar plenamente las condiciones metabólicas necesarias para una estancia prolongada.

### 6.2 Viabilidad técnica: entre la promesa y la ejecución

El bloque técnico evidencia una tensión constante entre la sofisticación conceptual y la factibilidad operativa. En términos de ejecución realista, destacan Mars Habitat y Mars X House por su atención al transporte, el despliegue automatizado y la racionalización del proceso constructivo. Ambos modelos asumen las restricciones logísticas y proponen soluciones coherentes con las capacidades actuales o próximas de la exploración interplanetaria.

Por el contrario, Nüwa, a pesar de su alta resolución técnica interna, presenta una laguna crítica en la fase inicial de implantación. La ausencia de una estrategia clara para el inicio de obra, el transporte de equipos y la activación de sistemas automatizados compromete su viabilidad a corto plazo, lo que la sitúa más cerca de un horizonte especulativo que operativo. Mars Ice House, aunque más modesta en ambición, ofrece un sistema ligero, local y ejecutable, pero sin previsión de crecimiento ni mecanismos de mantenimiento duradero.

En cuanto a la escalabilidad, solo Nüwa y Mars X House plantean lógicas de crecimiento estructurado. El resto de los modelos se

limitan a soluciones cerradas o de uso puntual, sin pensar en su integración en una red urbana mayor.

### 6.3 Condiciones sociales: el gran ausente del diseño marciano

El análisis del bloque social revela una debilidad generalizada en la mayoría de los proyectos. Aunque algunos incorporan elementos que favorecen el confort individual –como la luz natural, la vegetación interior o la separación funcional de espacios–, la dimensión colectiva del habitar permanece en gran medida inexplorada. La arquitectura marciana, tal como se plantea en los concursos técnicos, sigue anclada en una lógica de supervivencia individual o de misión técnica, sin evolucionar hacia una concepción urbana o comunitaria sostenida.

Solo Nüwa introduce con claridad esta dimensión, proponiendo una ciudad orientada a la diversidad, la permanencia y la complejidad institucional. Su propuesta articula espacios para la vida política, la producción cultural y la reproducción social, aunque sin traducirlos aún en una arquitectura proyectada. En contraste, Mars Habitat y MARSHA operan bajo lógicas más funcionales, donde la vida social aparece como una condición secundaria o simplemente ausente.

La falta de espacios simbólicos, institucionales o rituales es otro punto ciego recurrente. Incluso los modelos más avanzados tecnológicamente no contemplan lugares para la memoria, la deliberación o la construcción de una cultura común. Esta ausencia compromete la transición del hábitat al asentamiento, y del refugio a la civilización.

### 6.4 Lectura transversal y patrones emergentes

La comparación permite identificar algunos patrones comunes que podrían servir como fundamentos para un modelo extraplanetario viable:

- La integración de materiales locales es una constante en los proyectos mejor valorados, no solo como estrategia logística, sino como forma de adaptación estructural y simbólica al entorno marciano.
- La automatización de la construcción es otro consenso emergente. Las propuestas más realistas evitan el ensamblaje manual y apuestan por soluciones robotizadas, prefabricadas o impresas in situ.
- La forma arquitectónica no es neutral: modelos verticales como MARSHA y Mars X House ofrecen ventajas térmicas, funcionales y de protección, mientras que los enterramientos (Mars Habitat) o la excavación (Nüwa) representan estrategias radicales de integración con el terreno.
- La dimensión social sigue siendo un desafío pendiente, salvo en el caso de Nüwa, que desplaza el foco del hábitat técnico al asentamiento humano con todas sus implicaciones.

### 6.5 Implicaciones para futuras investigaciones

El análisis sugiere que cualquier intento de diseñar una arquitectura marciana debe superar el enfoque técnico-objetual y adoptar una visión ecosistémica. Habitar Marte no puede reducirse a sobrevivir: implica organizar el tiempo, los vínculos, los símbolos y la memoria en un entorno sin precedentes. Para ello, se requiere una arquitectura capaz de integrar lo ambiental, lo técnico y lo social en una lógica coherente, situada y evolutiva.

Esta discusión no solo permite extraer lecciones de los proyectos evaluados, sino que establece un marco para futuras exploraciones académicas, proyectuales y tecnológicas orientadas a construir –literal y simbólicamente– la primera ciudad extraplanetaria.





## 7. Conclusiones

El presente trabajo se ha propuesto analizar de forma crítica y comparativa la viabilidad de distintos modelos arquitectónicos de asentamiento humano en Marte, enmarcando dicha evaluación en una matriz estructurada en torno a tres bloques fundamentales: condiciones ambientales, viabilidad técnica-operativa y condiciones sociales. Este enfoque responde a la necesidad de superar una visión puramente formal o tecnológica del diseño extraplanetario, integrando dimensiones habitacionales, productivas y simbólicas que resultan indispensables para pensar no solo en la supervivencia en Marte, sino en la posibilidad de establecer una civilización sostenible.

La hipótesis central del estudio se ha sostenido en la idea de que ningún modelo de asentamiento será viable si no logra responder de forma simultánea a las exigencias del entorno marciano, a las limitaciones logísticas del traslado y construcción, y a las necesidades de vida comunitaria prolongada. Por tanto, se ha considerado indispensable diseñar una herramienta metodológica que permitiera comparar casos dispares bajo criterios homogéneos, desagregando cada bloque de análisis en preguntas clave y asignando una ponderación diferenciada en función del peso relativo que cada dimensión impone sobre la habitabilidad marciana. Esta matriz ha sido aplicada a cinco proyectos de referencia: MARSHA, Mars Ice House, Mars Habitat, Mars X House y Nüwa Mars City.

En el bloque de condiciones ambientales, que representa el 45 % del total, se ha evaluado la capacidad de cada proyecto para garantizar un entorno interno estable frente a la presión, la temperatura y la radiación, así como el uso de materiales marcianos, la elección del emplazamiento y el grado de autosuficiencia metabólica. Los resultados indican que las propuestas más consistentes en esta dimensión son aquellas que combinan protección pasiva con una integración precisa del entorno físico, como Mars X House y Nüwa. La excavación en roca, el uso estructural del regolito y la implementación de sistemas autónomos de soporte vital se revelan como estrategias clave para consolidar una habitabilidad prolongada sin dependencia constante de recursos externos. Sin embargo, muchos proyectos aún presentan debilidades notables en este ámbito, especialmente en lo referido a la autosuficiencia energética y la gestión cerrada de ciclos vitales.

En cuanto a la viabilidad técnica y operativa (35 % del peso total), se han examinado la lógica constructiva, la compatibilidad con los ciclos de misión, la eficiencia en el uso de recursos y la posibilidad de expansión. Este bloque ha permitido identificar una línea de fractura clara entre modelos que apuestan por la eficiencia logística –como Mars Habitat, con su enfoque de impresión robótica y regulación térmica pasiva– y otros más ambiciosos en escala pero menos desarrollados en términos de ejecución realista, como Nüwa. En general, se ha constatado que los proyectos que han surgido del NASA 3D Printed Habitat Challenge presentan una mayor atención a la fase de despliegue inicial, lo que los convierte en referentes técnicos con un grado de factibilidad relativamente alto. No obstante, incluso en estos casos,

persisten lagunas en la definición de estrategias de mantenimiento, reparación y ampliación a largo plazo.

El tercer bloque, relativo a las condiciones sociales (20 %), ha ofrecido resultados más dispares. Se ha evaluado si los proyectos consideran el bienestar físico y psicológico, la estructura relacional de los espacios, la apertura a una comunidad diversa y la existencia de dispositivos institucionales o simbólicos. Aquí se evidencia que, salvo el caso de Nüwa, la mayoría de las propuestas tienden a reproducir un paradigma funcionalista centrado en la misión técnica, sin atender suficientemente a los requerimientos de una vida colectiva estable. La privacidad, la convivencia, la organización política o la transmisión cultural siguen siendo aspectos subrepresentados en el diseño marciano. Esta carencia no solo limita la sostenibilidad social de los modelos, sino que reproduce una visión reduccionista del habitar como simple ocupación espacial.

La discusión de los resultados ha puesto de manifiesto que no existe aún una propuesta integral que aborde con igual solidez las tres dimensiones evaluadas. Cada proyecto destaca en aspectos puntuales, pero cojea en otros. Mars Ice House ofrece una experiencia sensorial cuidada, pero carece de una lógica operativa completa. Mars Habitat sobresale por su simplicidad técnica, pero no plantea una comunidad viable a largo plazo. MARSHA combina habitabilidad y logística, pero sin proyección urbana. Mars X House propone una célula eficiente y replicable, aunque limitada socialmente. Solo Nüwa aspira a una articulación sistémica completa, pero a costa de una viabilidad técnica hoy inalcanzable.

A lo largo del análisis ha quedado claro que la mayoría de las propuestas arquitectónicas para Marte se centran en resolver con solvencia los retos técnicos más inmediatos –como la presión, la radiación o la logística de construcción–, dejando en un segundo plano las condiciones sociales y simbólicas del habitar. Esta elección es comprensible: llegar a Marte y garantizar la supervivencia básica representa aún un desafío colosal. Sin embargo, no puede olvidarse que el asentamiento humano no es solo una cuestión de supervivencia, sino también de convivencia, identidad y proyección cultural.

La mayoría de los proyectos revisados, incluso aquellos que plantean una escala urbana como Nüwa, muestran una escasa atención al largo plazo en términos culturales o institucionales. Esto evidencia un sesgo tecnocrático todavía dominante en el imaginario extraplanetario, donde las soluciones espaciales están condicionadas por la urgencia operativa, pero no necesariamente acompañadas de una reflexión profunda sobre qué significa realmente habitar un nuevo mundo.

En este sentido, la arquitectura para Marte no debería limitarse a diseñar cápsulas autónomas, sino a prever estructuras capaces de crecer, transformarse y albergar comunidades diversas. A pesar de los avances, los modelos actuales siguen lejos de proponer escenarios donde se construya sentido común, memoria colectiva y pertenencia. Por ello, resulta fundamental planificar desde el inicio un proyecto preparado para la expansión social y simbólica, no solo para el despliegue técnico.

A mi parecer, no estamos tan lejos de llegar físicamente a pisar el planeta rojo. Las tecnologías de transporte, los sistemas de soporte vital y las estrategias de impresión in situ avanzan con firmeza. Lo que sí sigue estando lejos es la posibilidad real de sentir que Marte está **habitado. F**

## 8. Fuentes

### Bibliografía

1. Sagan, C. (1980). *Cosmos* (F. Simón, Trad.). Planeta.
2. Lefebvre, H. (1976). *La producción del espacio* (A. Valencia, Trad.). Ediciones Gustavo Gili. (Obra original publicada en 1974)
3. Howe, A. S. (2008). *Out of this world: The new field of space architecture*. Princeton Architectural Press.
4. Cockell, C. S. (2014). *Living at the limits: Habitat design in extreme environments*. Springer.
5. Donofrio, R. R., & Kirk, A. (2021). *Space Settlements: A Design Study for the 21st Century*. Applied Research & Design Publishing.
6. Haqq-Misra, J. (2014). The transformative value of liberating Mars. *New Space*, 2(1), 1-5. <https://doi.org/10.1089/space.2013.0020>
7. Bogdánov, A. (2013). *Estrella roja. Capitán Swing*. (Obra original publicada en 1908)
8. Bradbury, R. (2012). *Crónicas marcianas. Minotauro*. (Obra original publicada en 1950)
9. Porretta, D. (2021). *Arquitectura y espacio exterior: del hábitat orbital a la colonización marciana*. Ediciones Asimétricas.
10. Robinson, K. S. (2020). *Trilogía marciana (Marte rojo, Marte verde, Marte azul)*. Minotauro. (Obras originales publicadas entre 1992 y 1996)
11. Wells, H. G. (2021). *La guerra de los mundos*. Alianza Editorial. (Obra original publicada en 1898)
12. Sheehan, W. (1996). *The Planet Mars: A History of Observation and Discovery*. University of Arizona Press.
15. Tsioumis, K., & Langley, R. (2018). Design lessons from Antarctic research stations: Planning isolated, confined and extreme environments. *Journal of Human Performance in Extreme Environments*, 15(1). <https://doi.org/10.7771/2327-2937.1117>
16. Antonelli, P. (Ed.). (2007). *Design and the elastic mind. The Museum of Modern Art*.

17. Roy, L. (2016). Masdar City: The role of traditional architecture in sustainable urban development. *Journal of Green Building*, 11(4), 139-155.
18. NASA. (1970). *Apollo Expeditions to the Moon* (E. C. Ezell & L. N. Ezell, Eds.). NASA History Office. <https://www.hq.nasa.gov/alsj/a11/ApolloExpeditions.pdf>
19. NASA. (2021). Mars 2020 Perseverance Rover Mission Overview. <https://mars.nasa.gov/mars2020/mission/overview/>
20. NASA. (2008). Environmental Control and Life Support Systems (ECLSS). <https://www.nasa.gov>
21. ESA. (2001). The MIR Space Station. European Space Agency. <https://www.esa.int>
22. Manning, R., & Adler, M. (2014). Mars Science Laboratory Entry, Descent, and Landing System Overview. *Journal of Spacecraft and Rockets*, 51(4), 1062-1077. <https://doi.org/10.2514/1.A32763>
23. Zubrin, R., & Wagner, R. (1996). *The Case for Mars: The Plan to Settle the Red Planet and Why We Must*. Simon & Schuster.
24. Spencer, D. A., & Thurman, S. W. (2004). Mars aerobraking: A study of opportunities and challenges. *Acta Astronautica*, 54(6), 423-430. [https://doi.org/10.1016/S0094-5765\(03\)00168-2](https://doi.org/10.1016/S0094-5765(03)00168-2)
25. Musk, E. (2020). Making life multiplanetary. *New Space*, 8(2), 49-54. <https://doi.org/10.1089/space.2020.29013.emu>
26. Lin, T., & Bluethmann, W. (2019). Use of in-situ resources for Martian construction. NASA Technical Report.
27. Cesaretti, G., Dini, E., De Kestelier, X., Colla, V., & Pambaguian, L. (2014). Building components for an outpost on the Moon or Mars by in situ resources and 3D printing. *Acta Astronautica*, 93, 430-450. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2013.07.034>
28. Meurisse, A., Sperl, M., Cesaretti, G., & Pambaguian, L. (2018). Solar 3D printing of lunar regolith. *Acta Astronautica*, 152, 800-810. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2018.07.034>
29. Stuster, J. (2010). Behavioral Issues Associated with Long-Duration Space Expeditions: Review and Analysis of Astronaut Journals. NASA/TM-2010-216130.
30. Binsted, K., et al. (2021). Lessons from HI-SEAS: Design and habitability in analog Mars missions. *Aerospace*, 8(2), 31. <https://doi.org/10.3390/aerospace8020031>
31. Low, S. M., & Altman, I. (1992). Place attachment: A conceptual inquiry. In I. Altman & S. M. Low (Eds.), *Place Attachment* (pp. 1-12). Springer.
32. ESA. (s.f.). Gravity Loading Countermeasure Skinsuit (GLCS). European Space Agency. <https://www.esa.int>

33. SEArch+ & Clouds AO. (2015). Mars Ice House - 3D Printed Habitat for Mars. NASA 3D Printed Habitat Challenge. <https://www.marsicehouse.com>
34. AI SpaceFactory. (2019). MARSHA - 3D Printed Habitat on Mars. AI SpaceFactory. <https://spacefactory.ai/marsha>
35. Foster + Partners. (2015). Mars Habitat - Regolith 3D Printing for Extraterrestrial Construction. Foster + Partners Spaceport Design. <https://www.fosterandpartners.com/projects/mars-habitat/>
36. Yashar, M., & SEArch+. (2019). Mars X House - Finalist Proposal, NASA Centennial Challenge. Melodie Yashar. <https://www.melodie-yashar.com/marsxhouse>
37. ABIBOO Studio & SONet. (2021). Nūwa: A Sustainable City on Mars. ABIBOO Studio. <https://abiboo.com/projects/nuwa/>

### Procedencia de las ilustraciones

Figura 2.1 Imagen original elaborada por el autor, la composición toma como referencia conceptual la portada comercial de Crónicas marcianas (Bradbury, 1950), publicada en distintas ediciones por Minotauro y otras editoriales

Figura 2.2 Wells, H. G. (1898). La guerra de los mundos. [Imagen modificada por el autor a partir de una portada comercial recuperada de Amazon]. [https://m.media-amazon.com/images/I/71f2RiHskBL.\\_AC\\_UF1000,1000\\_QL80\\_.jpg](https://m.media-amazon.com/images/I/71f2RiHskBL._AC_UF1000,1000_QL80_.jpg)

Figura 2.3 Bradbury, R. (1950). Crónicas marcianas [Composición visual realizada por el autor a partir de diversas portadas comerciales]. Imagen original recuperada de: [https://media.licdn.com/dms/image/v2/D4D12AQEgfvRzHxZXQ/article-cover\\_image-shrink\\_720\\_1280/0/1725290221216](https://media.licdn.com/dms/image/v2/D4D12AQEgfvRzHxZXQ/article-cover_image-shrink_720_1280/0/1725290221216)

Figura 2.4 Imagen original elaborada por el autor, la composición toma como referencia visual la estación antártica Amundsen-Scott, administrada por la National Science Foundation de Estados Unidos

Figura 2.5 Imagen original realizada por el autor. La composición toma como referencia conceptual el diseño urbano y los principios de sostenibilidad aplicados en Masdar City (Foster + Partners, 2006-actualidad)

Figura 2.6 Imagen original realizada por el autor. La composición toma como referencia conceptual la arquitectura y organización funcional del proyecto Biosfera 2, desarrollado por la Universidad de Arizona

Figura 2.7 Imagen original realizada por el autor. La composición se inspira en la estructura y organización interna de la Estación Espacial Internacional (ISS), desarrollada por la NASA en colaboración con agencias espaciales internacionales.

Figura2.8 Imagen original realizada por el autor. La composición toma como referencia conceptual el rover Perseverance, desarrollado por la NASA como parte del programa Mars 2020.

Figura2.9 Imagen original realizada por el autor. La ilustración toma como referencia conceptual el diseño y funcionamiento de la nave Starship, desarrollada por SpaceX.

Figura2.10 Imagen original realizada por el autor. La representación está inspirada en el diseño del traje experimental Gravity Loading Countermeasure Skinsuit (GLCS), desarrollado por la Agencia Espacial Europea (ESA)

Figura3.1 Imagen original realizada por el autor. La composición se inspira en la estructura y organización interna de la Estación Espacial Internacional (ISS), desarrollada por la NASA en colaboración con agencias espaciales internacionales.

Figura4.1 Ilustración original realizada por el autor. El diseño está inspirado en mapas topográficos y geológicos del planeta Marte.

Figura5.1 Imagen original realizada por el autor. La composición se inspira en el proyecto Mars Science City, desarrollado por BIG (Bjarke Ingels Group) en colaboración con la Dubai Future Foundation

Figura5.2 Imagen oficial del proyecto MARSHA, desarrollado por AI SpaceFactory en el marco del NASA 3D Printed Habitat Challenge. Recuperada de la página oficial del estudio: <https://spacefactory.ai/marsha>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza con fines académicos no comerciales.

Figura5.3 Imagen oficial del proyecto MARSHA, desarrollado por AI SpaceFactory en el marco del NASA 3D Printed Habitat Challenge. Recuperada de la página oficial del estudio: <https://spacefactory.ai/marsha>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza con fines académicos no comerciales.

Figura5.4 Imagen oficial del proyecto MARSHA, desarrollado por AI SpaceFactory en el marco del NASA 3D Printed Habitat Challenge. Recuperada de la página oficial del estudio: <https://spacefactory.ai/marsha>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza con fines académicos no comerciales.

Figura5.5 Imagen oficial del proyecto MARSHA, desarrollado por AI SpaceFactory en el marco del NASA 3D Printed Habitat Challenge. Recuperada de la página oficial del estudio: <https://spacefactory.ai/marsha>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza con fines académicos no comerciales.

Figura5.6 Imagen oficial del proyecto MARSHA, desarrollado por AI SpaceFactory en el marco del NASA 3D Printed Habitat Challenge. Recuperada de la página oficial del estudio: <https://spacefactory.ai/marsha>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza con fines académicos no comerciales.

Figura5.7 Imagen oficial del proyecto MARSHA, desarrollado por AI SpaceFactory en el marco del NASA 3D Printed Habitat Challenge. Recuperada de la página oficial del estudio: <https://spacefactory.ai/marsha>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza con fines académicos no comerciales.

Figura5.8 Imagen oficial del proyecto MARSHA, desarrollado por AI SpaceFactory en el marco del NASA 3D Printed Habitat Challenge. Recuperada de la página oficial del estudio: <https://spacefactory.ai/mars-ha>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza con fines académicos no comerciales.

Figura5.9 Imagen oficial del proyecto MARSHA, desarrollado por AI SpaceFactory en el marco del NASA 3D Printed Habitat Challenge. Recuperada de la página oficial del estudio: <https://spacefactory.ai/mars-ha>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza con fines académicos no comerciales.

Figura5.10 Imagen oficial del proyecto Mars Ice House, diseñado por SEArch+ y Clouds AO como propuesta ganadora del NASA 3D Printed Habitat Challenge (2015). Recuperada del sitio web oficial del proyecto: <https://www.marsicehouse.com>. La imagen no ha sido modificada y se emplea exclusivamente con fines académicos.

Figura5.11 Imagen oficial del proyecto Mars Ice House, diseñado por SEArch+ y Clouds AO como propuesta ganadora del NASA 3D Printed Habitat Challenge (2015). Recuperada del sitio web oficial del proyecto: <https://www.marsicehouse.com>. La imagen no ha sido modificada y se emplea exclusivamente con fines académicos.

Figura5.12 Imagen oficial del proyecto Mars Ice House, diseñado por SEArch+ y Clouds AO como propuesta ganadora del NASA 3D Printed Habitat Challenge (2015). Recuperada del sitio web oficial del proyecto: <https://www.marsicehouse.com>. La imagen no ha sido modificada y se emplea exclusivamente con fines académicos.

Figura5.13 Imagen oficial del proyecto Mars Ice House, diseñado por SEArch+ y Clouds AO como propuesta ganadora del NASA 3D Printed Habitat Challenge (2015). Recuperada del sitio web oficial del proyecto: <https://www.marsicehouse.com>. La imagen no ha sido modificada y se emplea exclusivamente con fines académicos.

Figura5.14 Imagen oficial del proyecto Mars Ice House, diseñado por SEArch+ y Clouds AO como propuesta ganadora del NASA 3D Printed Habitat Challenge (2015). Recuperada del sitio web oficial del proyecto: <https://www.marsicehouse.com>. La imagen no ha sido modificada y se emplea exclusivamente con fines académicos.

Figura5.15 Imagen oficial del proyecto Mars Ice House, diseñado por SEArch+ y Clouds AO como propuesta ganadora del NASA 3D Printed Habitat Challenge (2015). Recuperada del sitio web oficial del proyecto: <https://www.marsicehouse.com>. La imagen no ha sido modificada y se emplea exclusivamente con fines académicos.

Figura5.16 Imagen oficial del proyecto Mars Ice House, diseñado por SEArch+ y Clouds AO como propuesta ganadora del NASA 3D Printed Habitat Challenge (2015). Recuperada del sitio web oficial del proyecto: <https://www.marsicehouse.com>. La imagen no ha sido modificada y se emplea exclusivamente con fines académicos.

Figura5.17 Imagen oficial del proyecto Mars Ice House, diseñado por SEArch+ y Clouds AO como propuesta ganadora del NASA 3D Printed Habitat Challenge (2015). Recuperada del sitio web oficial del proyecto: <https://www.marsicehouse.com>. La imagen no ha sido modificada y se emplea exclusivamente con fines académicos.

Figura5.18 Imagen oficial del proyecto Mars Habitat, desarrollado por el estudio Foster + Partners como propuesta de construcción mediante impresión 3D a partir de regolito marciano. Recuperada de la plataforma profesional Archello: <https://archello.com/story/33628/attachments/photos-videos/5>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza únicamente con fines académicos no comerciales.

Figura5.19 Imagen oficial del proyecto Mars Habitat, desarrollado por el estudio Foster + Partners como propuesta de construcción mediante impresión 3D a partir de regolito marciano. Recuperada de la plata-

forma profesional Archello: <https://archello.com/story/33628/attachments/photos-videos/5>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza únicamente con fines académicos no comerciales.

Figura5.20 Imagen oficial del proyecto Mars Habitat, desarrollado por el estudio Foster + Partners como propuesta de construcción mediante impresión 3D a partir de regolito marciano. Recuperada de la plataforma profesional Archello: <https://archello.com/story/33628/attachments/photos-videos/5>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza únicamente con fines académicos no comerciales.

Figura5.21 Imagen oficial del proyecto Mars Habitat, desarrollado por el estudio Foster + Partners como propuesta de construcción mediante impresión 3D a partir de regolito marciano. Recuperada de la plataforma profesional Archello: <https://archello.com/story/33628/attachments/photos-videos/5>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza únicamente con fines académicos no comerciales.

Figura5.23 Imagen oficial del proyecto Mars Habitat, desarrollado por el estudio Foster + Partners como propuesta de construcción mediante impresión 3D a partir de regolito marciano. Recuperada de la plataforma profesional Archello: <https://archello.com/story/33628/attachments/photos-videos/5>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza únicamente con fines académicos no comerciales.

Figura5.24 Imagen oficial del proyecto Mars Habitat, desarrollado por el estudio Foster + Partners como propuesta de construcción mediante impresión 3D a partir de regolito marciano. Recuperada de la plataforma profesional Archello: <https://archello.com/story/33628/attachments/photos-videos/5>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza únicamente con fines académicos no comerciales.

Figura5.25 Imagen oficial del proyecto Mars X House, desarrollado por SEArch+ y Melodie Yashar como propuesta finalista en el NASA 3D Printed Habitat Challenge. Recuperada del sitio web personal de la autora: <https://www.melodiyashar.com/marsxhouse>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos no comerciales.

Figura5.26 Imagen oficial del proyecto Mars X House, desarrollado por SEArch+ y Melodie Yashar como propuesta finalista en el NASA 3D Printed Habitat Challenge. Recuperada del sitio web personal de la autora: <https://www.melodiyashar.com/marsxhouse>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos no comerciales.

Figura5.27 Imagen oficial del proyecto Mars X House, desarrollado por SEArch+ y Melodie Yashar como propuesta finalista en el NASA 3D Printed Habitat Challenge. Recuperada del sitio web personal de la autora: <https://www.melodiyashar.com/marsxhouse>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos no comerciales.

Figura5.28 Imagen oficial del proyecto Mars X House, desarrollado por SEArch+ y Melodie Yashar como propuesta finalista en el NASA 3D Printed Habitat Challenge. Recuperada del sitio web personal de la autora: <https://www.melodiyashar.com/marsxhouse>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos no comerciales.

Figura5.29 Imagen oficial del proyecto Mars X House, desarrollado por SEArch+ y Melodie Yashar como propuesta finalista en el NASA 3D Printed Habitat Challenge. Recuperada del sitio web personal de la autora: <https://www.melodiyashar.com/marsxhouse>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos no comerciales.

Figura5.30 Imagen oficial del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet como propuesta de ciudad auto-

suficiente en Marte. Recuperada del artículo "Architecture of Nüwa by SONet" publicado en Sheep AI Support: <https://sheepairsupport.com/blog/architecture-of-nuwa-by-sonet>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos y no comerciales.

Figura5.31 Imagen oficial del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet como propuesta de ciudad auto-suficiente en Marte. Recuperada del artículo "Architecture of Nüwa by SONet" publicado en Sheep AI Support: <https://sheepairsupport.com/blog/architecture-of-nuwa-by-sonet>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos y no comerciales.

Figura5.32 Imagen oficial del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet como propuesta de ciudad auto-suficiente en Marte. Recuperada del artículo "Architecture of Nüwa by SONet" publicado en Sheep AI Support: <https://sheepairsupport.com/blog/architecture-of-nuwa-by-sonet>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos y no comerciales.

Figura5.33 Imagen oficial del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet como propuesta de ciudad auto-suficiente en Marte. Recuperada del artículo "Architecture of Nüwa by SONet" publicado en Sheep AI Support: <https://sheepairsupport.com/blog/architecture-of-nuwa-by-sonet>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos y no comerciales.

Figura5.34 Imagen oficial del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet como propuesta de ciudad auto-suficiente en Marte. Recuperada del artículo "Architecture of Nüwa by SONet" publicado en Sheep AI Support: <https://sheepairsupport.com/blog/architecture-of-nuwa-by-sonet>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos y no comerciales.

Figura5.35 Imagen oficial del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet como propuesta de ciudad auto-suficiente en Marte. Recuperada del artículo "Architecture of Nüwa by SONet" publicado en Sheep AI Support: <https://sheepairsupport.com/blog/architecture-of-nuwa-by-sonet>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos y no comerciales.

Figura5.36 Imagen oficial del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet como propuesta de ciudad auto-suficiente en Marte. Recuperada del artículo "Architecture of Nüwa by SONet" publicado en Sheep AI Support: <https://sheepairsupport.com/blog/architecture-of-nuwa-by-sonet>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos y no comerciales.

Figura5.37 Imagen oficial del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet como propuesta de ciudad auto-suficiente en Marte. Recuperada del artículo "Architecture of Nüwa by SONet" publicado en Sheep AI Support: <https://sheepairsupport.com/blog/architecture-of-nuwa-by-sonet>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos y no comerciales.

Figura5.38 Imagen oficial del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet como propuesta de ciudad auto-suficiente en Marte. Recuperada del artículo "Architecture of Nüwa by SONet" publicado en Sheep AI Support: <https://sheepairsupport.com/blog/architecture-of-nuwa-by-sonet>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos y no comerciales.

Figura5.39 Imagen oficial del proyecto Nüwa, desarrollado por ABIBOO Studio en colaboración con SONet como propuesta de ciudad auto-suficiente en Marte. Recuperada del artículo "Architecture of Nüwa by SONet" publicado en Sheep AI Support: <https://sheepairsupport.com/blog/architecture-of-nuwa-by-sonet>. La imagen no ha sido modificada y se utiliza exclusivamente con fines académicos y no comerciales.

