

MEMORIA TÉCNICA: PROYECTO MOON CAMP

Información Académica

Asignatura: Tecnología e Ingeniería I | Curso: 1º de Bachillerato

Equipo de Trabajo: Los Lunares

Integrantes: Rocío Delgado González,

Douae El Mamouni,

Ángel Núñez Cuéllar,

Ángel Siles Jiménez

Descripción del Proyecto

El proyecto Moon Camp se centra en el desarrollo de una infraestructura autosuficiente para albergar a 20 personas en la región del polo sur lunar. Nuestra base aprovecha la proximidad a cráteres en sombra perpetua para la extracción de hielo, implementando tecnologías de ISRU, ciclos avanzados de hidrógeno, paneles solares de arseniuro de galio (GaAs) de 2000 m² y un diseño de cúpulas semienterradas para garantizar la seguridad y operatividad de la misión permanente durante los ciclos de 28 días lunares.



INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

Diseño de una base lunar autosuficiente y segura, capaz de garantizar la supervivencia humana y operativa frente a las condiciones extremas del entorno lunar para futuras misiones de exploración espacial.

1.1. Justificación de la Misión:

- **Investigación y Desarrollo:** Testeo de nuevas tecnologías aplicables a futuras misiones a Marte.
- **Aprovechamiento de Recursos:** Implementación de ISRU para transformar hielo lunar en agua, oxígeno y combustible.
- **Expansión Humana:** Avance en la exploración espacial para ampliar los límites del conocimiento y la presencia humana fuera de la Tierra.

1.2. Análisis del Entorno Lunar:

Temperatura

Extremos críticos: **-248 °C** en cráteres y **123 °C** bajo sol directo. Gradiente térmico de **371 °C** que requiere materiales de alta resistencia estructural.

Atmósfera

Inexistente (**0 atm**). Supone la ausencia de escudo natural contra impactos de meteoritos y radiación ionizante solar.

Ciclo Solar

Periodo de **28 días terrestres** (14 días luz / 14 días oscuridad). Exige sistemas críticos de almacenamiento energético para la supervivencia nocturna.

2.DISEÑO Y MATERIALES

Ingeniería Estructural

El transporte de materiales desde la Tierra resulta prohibitivo debido a los elevados costes de lanzamiento por kilogramo. Para garantizar la viabilidad del proyecto, nuestra estrategia se basa en la autosuficiencia operativa, minimizando la dependencia logística terrestre.

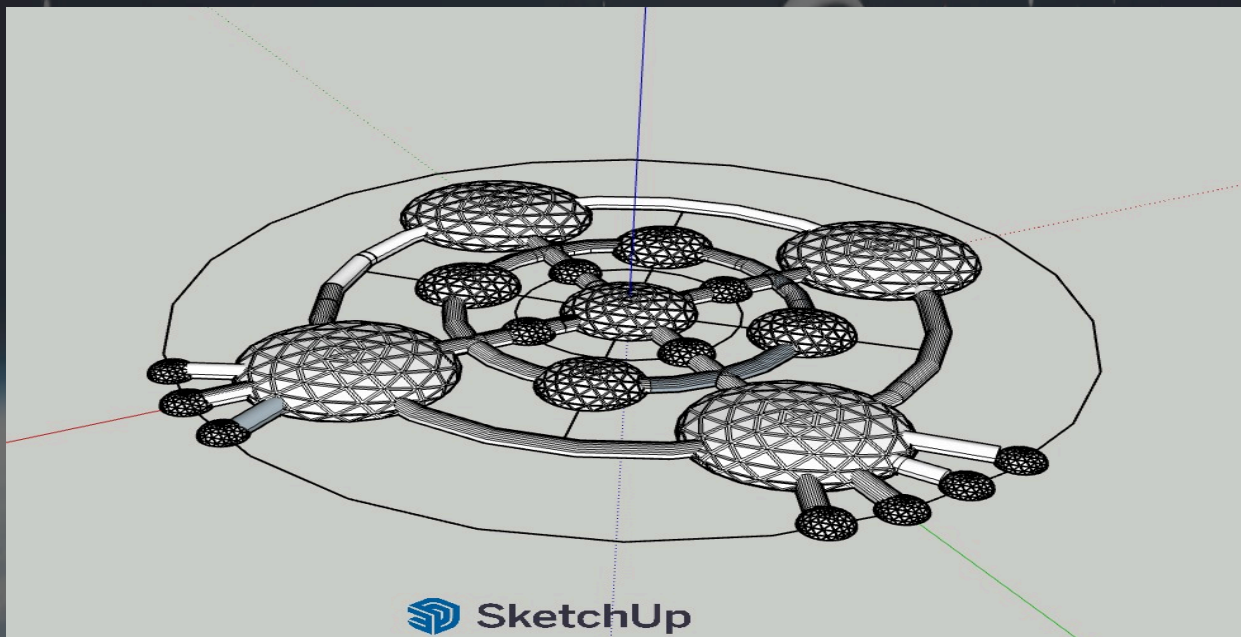
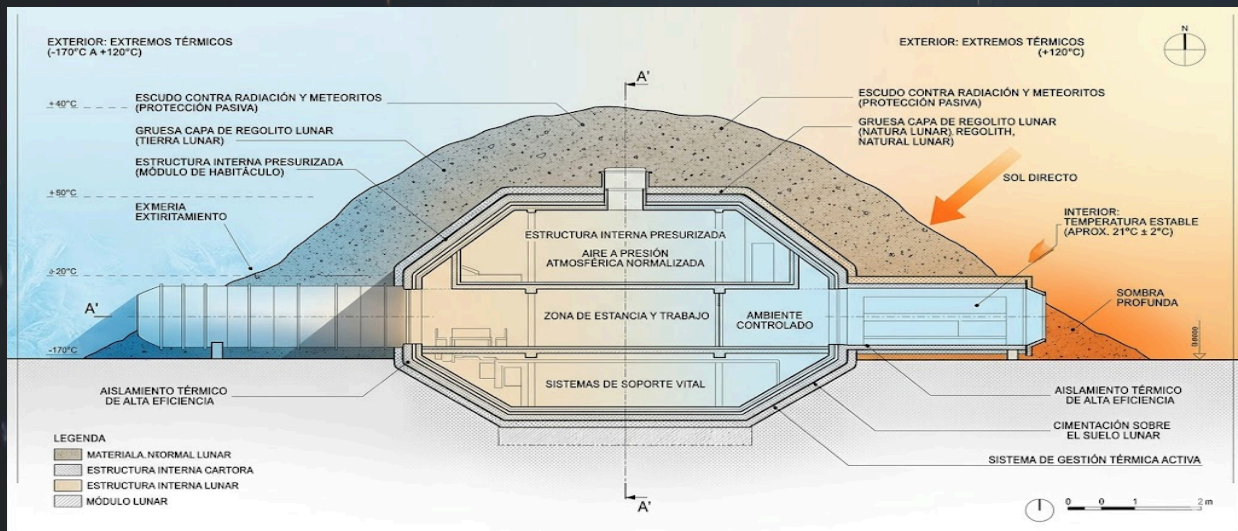
2.1. Estrategia de Construcción (ISRU):

Para optimizar los recursos, emplearemos la técnica de **Utilización de Recursos In-Situ (ISRU)**. El regolito lunar será nuestra materia prima fundamental, procesado mediante sistemas de fabricación aditiva (impresión 3D) para conformar las estructuras de protección exterior de la base.

2.2. Diseño Bioclimático:

La arquitectura propuesta se basa en **cúpulas semienterradas**, maximizando la eficiencia operativa mediante:

- **Protección radiológica:** Una capa superficial de regolito densificado actúa como blindaje pasivo contra la radiación solar y el impacto de micrometeoritos.
- **Estabilidad térmica:** Aprovechamiento de la inercia térmica del subsuelo lunar para amortiguar las fluctuaciones extremas de temperatura.
- **Integridad estructural:** La geometría esférica asegura una distribución uniforme de las tensiones mecánicas causadas por la presurización atmosférica interna.



Modelo arquitectónico 3D de una base lunar modular y escalable, compuesta por módulos hemisféricos interconectados mediante túneles presurizados. El diseño optimiza la distribución de cargas volumétricas y garantiza la protección frente al entorno lunar mediante fabricación automatizada.

3. CÁLCULO DE INSTALACIONES: ENERGÍA (Física Aplicada)

Para que la base sea habitable, debemos asegurar un suministro eléctrico constante tanto de día (luz solar) como de noche (oscuridad de 14 días terrestres).

3.1. Fundamento Teórico:

*La captación de energía solar se rige por la Ley del Inverso del Cuadrado, donde la intensidad de la radiación (I) disminuye proporcionalmente al cuadrado de la distancia al Sol (r). Además, la **Potencia Real** generada depende del **ángulo de incidencia** (θ): la eficiencia es máxima cuando los rayos caen perpendiculares ($\theta=0^\circ$).*

3.2. Cálculos del Proyecto: Utilizando un consumo estimado de **5 kW**

- **Fórmula:** $\text{Área} = P / (I_{\text{solar}} \cdot \cos(\theta) \cdot \eta)$
- **Cálculo:** $\text{Área} = 5000 / (1361 \cdot 0.707 \cdot 0.20) \approx 25.96 \text{ m}^2$ (Nota: Para una base de 20 personas con un consumo real de **260 kW**, necesitaríamos aproximadamente **2000 m**² de paneles de Arseniuro de Galio (GaAs)).



4. INSTALACIONES: SOPORTE VITAL (Electroquímica y Termodinámica)

3.1. Gestión de Recursos Críticos

3.1.1. SISTEMA DE AGUA

- Extracción: Hielo de cráteres en sombra perpetua (polos lunares)
- Procesamiento: Calentamiento y destilación del hielo
- Almacenamiento: Tanques criogénicos de 70 toneladas iniciales
- Distribución: Red de fontanería para consumo, riego y electrólisis
- Reciclaje: Sistema de tratamiento de aguas residuales para reutilización

3.1.2. SISTEMA DE OXÍGENO

- Producción: Electrólisis del agua ($\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}_2$)
- Almacenamiento: Tanques de presión a -183°C
- Distribución: Red de tuberías presurizadas a los módulos habitables
- Respaldo: Reservas de emergencia para 7 días sin producción
- Monitoreo: Sensores de O_2 en tiempo real en cada compartimento

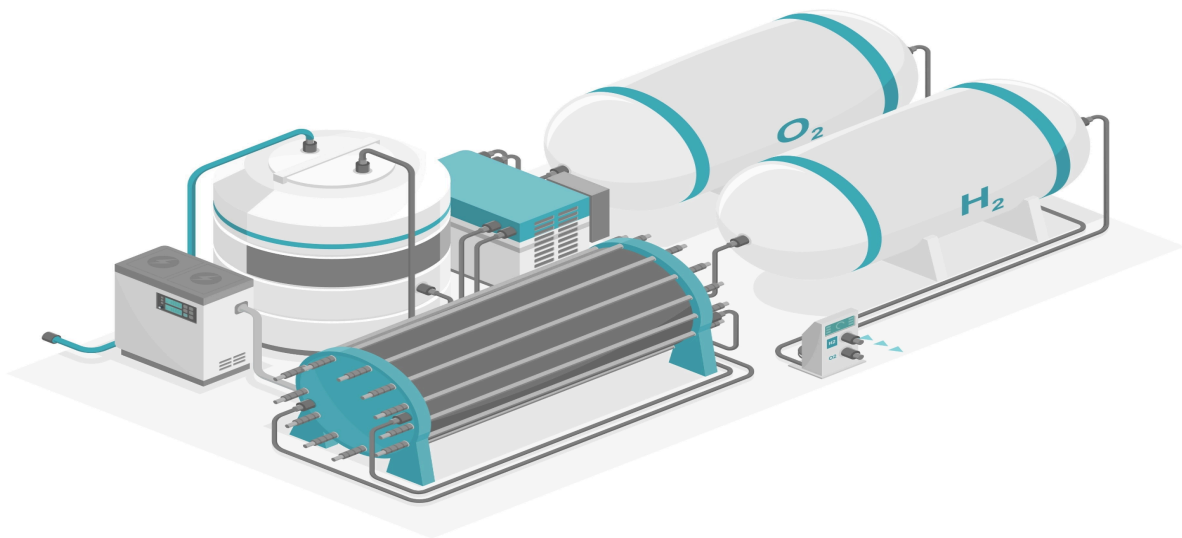
3.1.3. SISTEMA DE ENERGÍA

- Generación primaria: Paneles solares de GaAs (2000 m^2) con eficiencia del 32%
- Almacenamiento diurno: Baterías de iones de litio de alta capacidad
- Generación nocturna: Pila de combustible ($\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{energía}$)
- Distribución: Red eléctrica centralizada con reguladores de voltaje
- Consumo estimado: 150 kW promedio para 20 personas

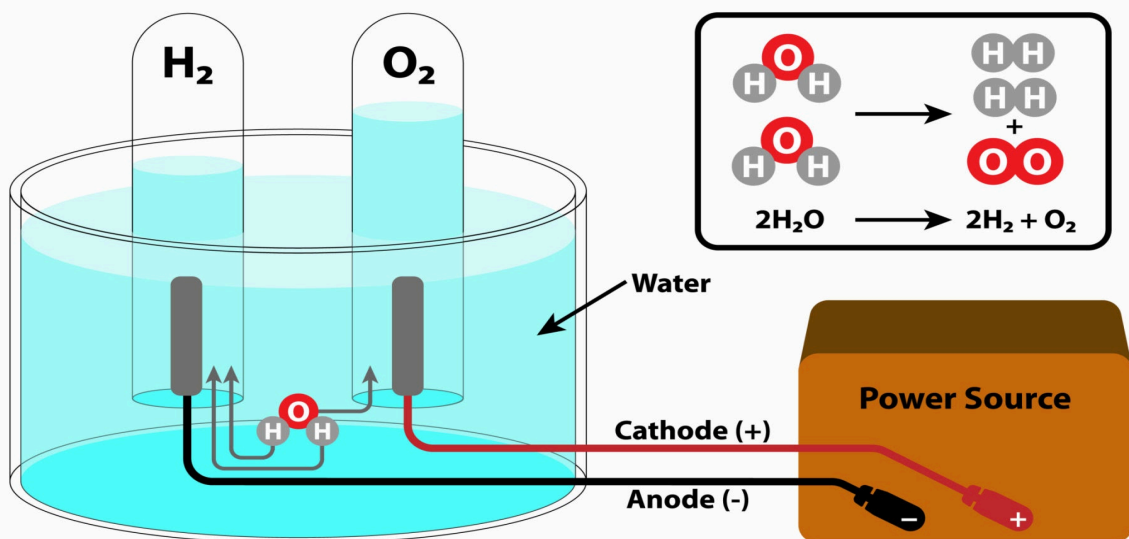
3.1.4. CONTROL AMBIENTAL

- Temperatura: Sistema de radiadores pasivos y activos (-20°C a $+25^\circ\text{C}$ interior)
- Presión: Mantenimiento de 1 atm mediante compresores y válvulas de alivio
- Humedad: Deshumidificadores para evitar condensación (40-60% HR)
- Calidad del aire: Filtros HEPA y sistemas de CO_2 scrubbing (absorción química)
- Circulación: Ventiladores para distribución uniforme del aire

Estos sistemas funcionan de forma interdependiente. El agua extraída alimenta el electrolizador, que produce oxígeno para respiración e hidrógeno para la pila de combustible. La energía generada alimenta todos los sistemas, creando un ciclo cerrado de autosuficiencia.



Electrolysis of Water



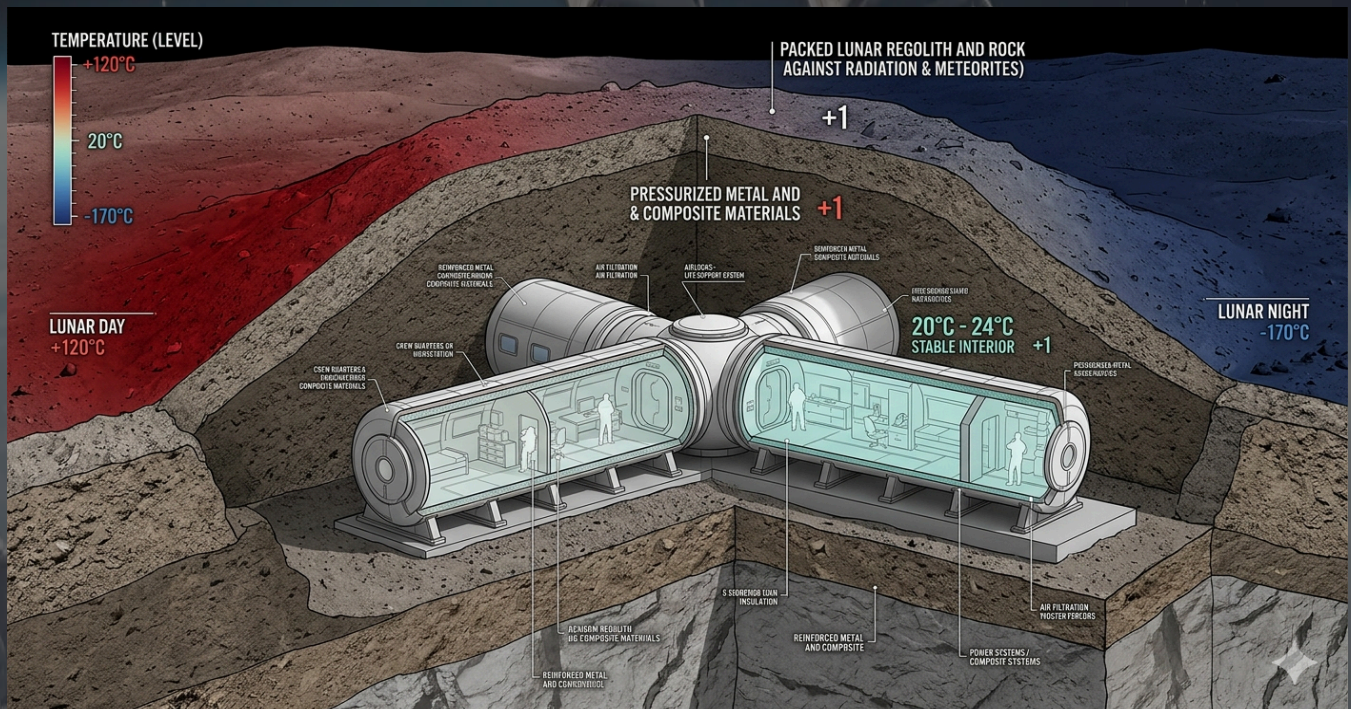
4.2. Ciclo del Hidrógeno: Para garantizar electricidad durante los 14 días de noche, usaremos

un sistema híbrido:

- **Día (Electrólisis):** Con el exceso de energía solar, separamos el agua: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$. El O_2 se usa para respirar y el H_2 se guarda en tanques criogénicos.
- **Noche (Pila de Combustible):** Combinamos el H_2 y el O_2 para generar electricidad y agua líquida, recuperando casi el 100% del recurso.

4.3. Fontanería y Saneamiento: La instalación parte de una bomba de agua central. El agua

circula por las habitaciones, cocina, laboratorios , los servicios (baños) y el huerto. Los desechos se envían a un almacén de desechos conectado a un incinerador con filtros para reciclar nutrientes.



PROTOTIPADO Y FABRICACIÓN

En esta fase se documenta el proceso de diseño digital y la preparación para la fabricación física del refugio lunar.

5.1. Diseño CAD



Vista técnica del emplazamiento de construcción lunar: estructura dómica multicapa en fase de ensamblaje mediante brazo robótico automatizado. En el plano posterior, se observan hábitats presurizados operativos, infraestructura de soporte metálico, personal técnico en superficie y la Tierra en el horizonte, contextualizando la escala del proyecto.

Para el diseño de la base, hemos dimensionado cada módulo en función de la superficie útil necesaria para una tripulación de 20 personas, utilizando la fórmula del área del círculo ($S=\pi \cdot r^2$) para obtener los radios de construcción.

A. Planos acotados de la base (Planta y Alzados)

El diseño se compone de cúpulas con los siguientes radios específicos extraídos de nuestros cálculos de superficie:

Edificio	Radio (m)	Área (m2)
Sala Común	8,92	250,0
Habitaciones	7,98	200,0
Huerto	6,90	149,6

Laboratorio	5,05	80,1
Almacén	4,37	60,0
Hospital	3,99	50,0
Servicios (Mín)	3,09	30,0
Servicios (Máx)	4,50	63,6

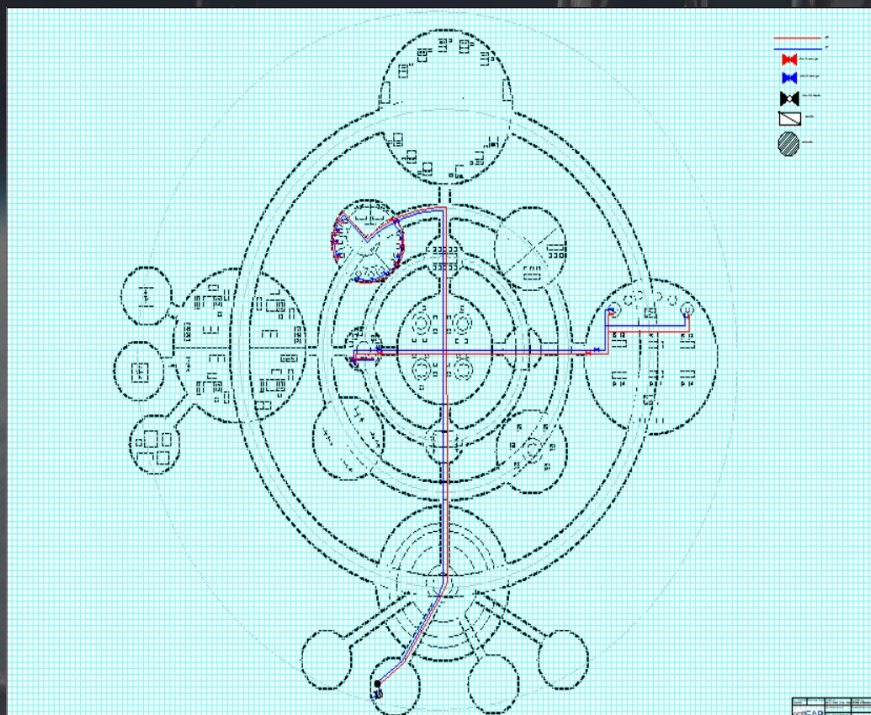
B. Planos de Instalaciones Técnicas

- **Fontanería:** La red nace en la **Instalación del agua**, conectando con la cocina, baños y el sistema de riego del huerto.
- **Electricidad:** La **Instalación eléctrica** centraliza la energía de los **2.000 m2 de paneles de GaAs** y la distribuye a los laboratorios y zonas comunes.
- **Saneamiento:** Conecta las zonas de residuos con el **almacén de desechos** y el incinerador para el reciclaje de nutrientes.

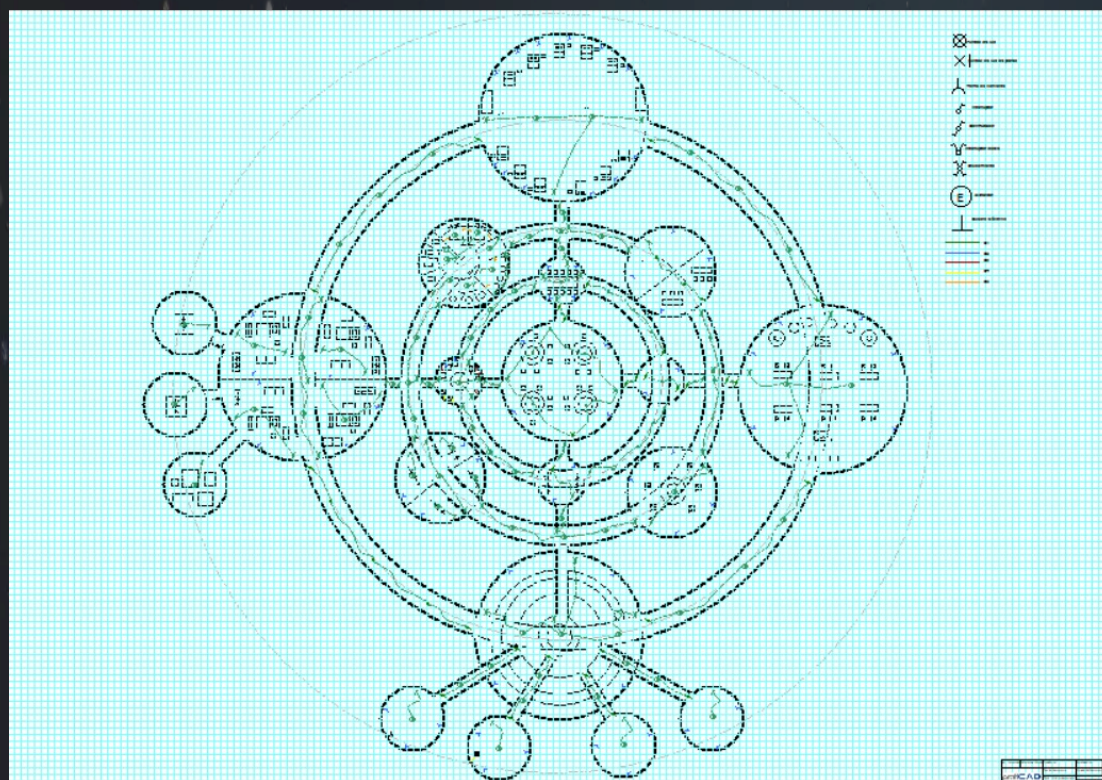


- Planos acotados de la base (Planta y Alzados)

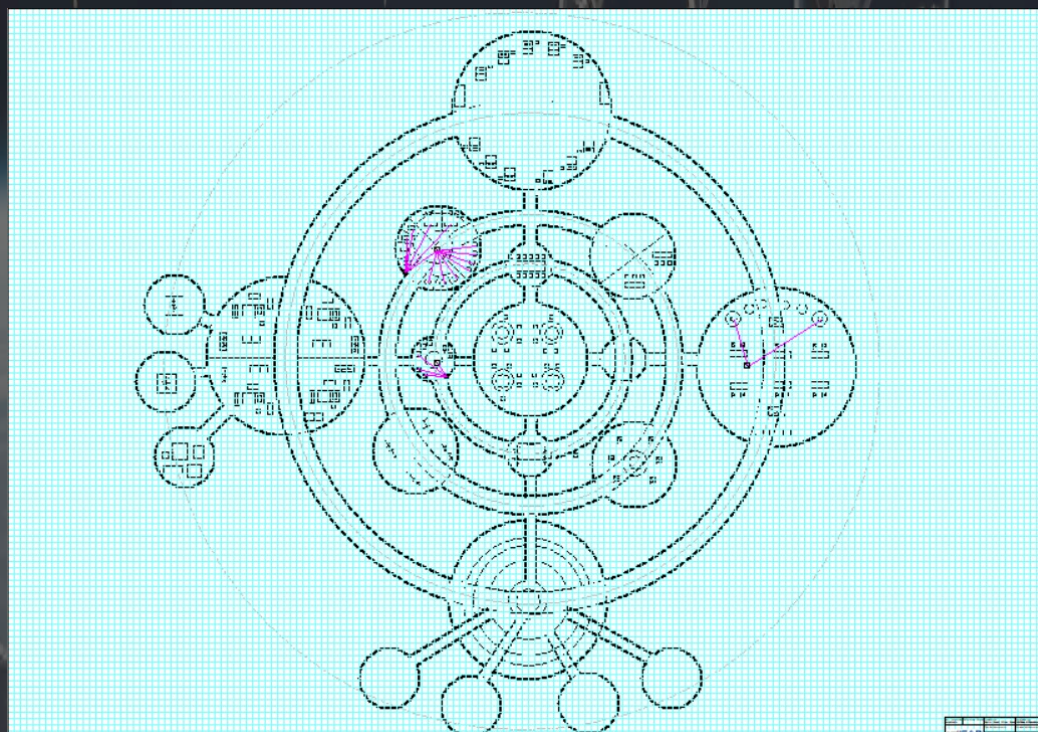
- Planos de la instalación de fontanería.



- Planos de la instalación de electricidad.



- Planos de la instalación de saneamiento.



Impresión 3D

Para la fabricación del prototipo físico, el diseño digital se procesa mediante un software de laminado para su construcción capa a capa, simulando la tecnología de construcción con regolito lunar.

- **Software de Laminado (Slicer):** Cura (o Prusa Slicer).
- **Parámetros de impresión:**
 - **Altura de capa:** 0.2 mm (Equilibrio óptimo entre detalle y tiempo de impresión).
 - **Densidad de relleno (Infill):** 15 - 20 % (Suficiente para dar resistencia estructural al modelo sin desperdiciar material).
 - **Material utilizado:** PLA gris, elegido para simular visualmente la apariencia del regolito lunar procesado por la impresora 3D de la base

6. PRESUPUESTO Y CONCLUSIONES

6.1. Estimación de Recursos y Costes de Proyecto

Recurso / Equipo	Justificación Técnica del Coste	Nivel de Coste
Paneles Solares (GaAs)	Celdas de Arseniuro de Galio de alta eficiencia (32%). Requiere una superficie masiva de 2000 m².	Muy Alto
Agua (Stock Inicial)	70 toneladas métricas iniciales. El coste está indexado directamente al peso por lanzamiento.	Muy Alto
Sistemas de Control	Electrónica de precisión para \$O_2\$ y presión con blindaje contra radiación ionizante.	Muy Alto

Pila de Combustible	Sistema híbrido de electrolizadores para soporte energético durante la noche lunar.	Muy Alto
Trajes Espaciales (EMU)	Unidades autónomas con soporte vital integrado y protección térmica multicapa.	Muy Alto
Impresora 3D (ISRU)	Tecnología avanzada para fabricación en vacío utilizando regolito lunar como materia prima.	Alto
Tanques Criogénicos	Almacenamiento de H_2 y O_2 bajo alta presión con protocolos de seguridad críticos.	Alto
Estructuras y Esclusas	Aleaciones ligeras de alta resistencia para el sellado hermético de los habitáculos.	Alto

6.2. Conclusión y Viabilidad del Proyecto

La convergencia de estas tecnologías convierte a establecer una presencia humana permanente en la Luna es uno de los desafíos tecnológicos más ambiciosos de nuestra era. Superar las condiciones extremas del entorno lunar —especialmente la prolongada noche lunar y la ausencia de una atmósfera protectora contra la radiación— resulta crítico para el éxito de cualquier misión.

Este proyecto demuestra que la viabilidad técnica es posible mediante la integración de sistemas avanzados. El ciclo del hidrógeno, gestionado por electrolizadores y pilas de combustible, asegura un suministro energético estable incluso en periodos de oscuridad. Asimismo, el uso de cúpulas protegidas, construidas mediante fabricación aditiva con regolito local, no solo garantiza la presurización necesaria para la vida, sino que proporciona un blindaje eficaz contra la radiación cósmica y los micrometeoritos.



La convergencia de estas tecnologías convierte a este proyecto en un modelo escalable para la exploración espacial. La adopción de recursos **ISRU** (utilización de recursos in situ) es el factor clave para reducir la dependencia logística de la Tierra y habilitar misiones de larga duración hacia Marte y más allá.

Más que un desafío de ingeniería, esta propuesta representa un paso fundamental para la humanidad. Consolidar esta base tecnológica es esencial para nuestra transición hacia una civilización multi planetaria, expandiendo las fronteras del conocimiento humano más allá de nuestro hogar terrestre.

