



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

**La propiedad de la Luna: Aspectos relativos a la organización
Aeronáutica Nacional e Internacional**

TRABAJO FINAL DEL

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AERONÁUTICA

REALIZADO POR

DIEGO GONZÁLEZ REDONDO

TUTORIZADO POR

FRANCISCA RAMÓN FERNÁNDEZ

VALENCIA, 22 DE ABRIL DE 2020

Resumen

En este trabajo se analiza los principales aspectos desde el punto de vista jurídico respecto a la titularidad de la Luna. Para ello hay que profundizar en por qué este astro es de interés general para la humanidad así como las diversas exploraciones sobre la Luna, así como su apropiación indebida por parte de algunas personas.

Primeramente se estudiará el interés de la humanidad por la Luna antes de la Carrera Espacial como durante. A continuación se estudiarán las diversas titularidades y la colonización de la Luna, con la finalidad de determinar si desde un punto de vista legal es lícito la adjudicación del satélite.

Después, se atenderá al estudio de la Firma del Tratado del Espacio, sobre todo en temas de compraventa, sucesión, ocupación... Le seguirá una recopilación de otros casos de adjudicación de astros celestes.

Para finalizar se expondrán una serie de conclusiones de si se considera a la Luna patrimonio de la humanidad o de si en un futuro puede llegar a ser ocupada por algún país.

Palabras clave: Luna, Tratado del Espacio, colonización, derecho, titularidad, propietario

Abstract

This paper analyzes the main aspects from the legal point of view regarding the ownership of the Moon. For this, it is necessary to deepen why this star is of general interest to humanity as well as the various explorations on the Moon, as well as its misappropriation by some people.

First, humanity's interest in the Moon will be studied before the Space Race as during. Next, the various ownership and colonization of the Moon will be studied, with the purpose of determining whether the satellite award is lawful from a legal point of view.

Then, the study of the Signature of the Space Treaty will be attended, especially in matters of sale, succession, occupation... A compilation of other cases of adjudication of celestial stars will follow.

Finally, a series of conclusions will be presented on whether the Moon is considered a World Heritage Site or if it can be occupied by any country in the future.

Key words: Moon, Space Treaty, colonization, law, ownership, owner.

Resum

En aquest treball s'analitza els principals aspectes des del punt de vista jurídic respecte a la titularitat de la Lluna. Per a això cal aprofundir en per què aquest astre és d'interès general per a la humanitat així com les diverses exploracions sobre la Lluna, així com la seva apropiació indeguda per part d'algunes persones.

Primerament s'estudiarà l'interès de la humanitat per la Lluna abans de la Cursa Espacial com durant. A continuació s'estudiaran les diverses titularitats i la colonització de la Lluna, amb la finalitat de determinar si des d'un punt de vista legal és lícit l'adjudicació de l'satèl·lit.

Després, s'atendrà a l'estudi de la Signatura de l'Tractat de l'Espai, sobretot en temes de compravenda, successió, ocupació ... Li seguirà un recull d'altres casos d'adjudicació d'astres celestes.

Per finalitzar s'exposaran una sèrie de conclusions de si es considera a la Lluna patrimoni de la humanitat o de si en un futur pot arribar a ser ocupada per algun país.

Paraules clau: Lluna, Tractat de l'Espai, colonització, dret, titularitat, propietari.

Índice General

INTRODUCCIÓN	8
OBJETIVOS.....	10
METODOLOGÍA	11
1 EVALUACIÓN HISTÓRICA DE LA OBSERVACIÓN Y EXPLORACIÓN DE LA LUNA ...	12
1.1 Observación y exploración de la Luna	13
1.1.1 Antes de los vuelos espaciales	13
1.1.2 Carrera espacial	15
1.2 Explotación lunar	20
1.2.1 Recursos.....	21
2 TITULARIDADES Y COLONIZACIÓN DE LA LUNA.....	27
2.1 Colonización de la Luna.....	31
2.1.1 Programas estadounidenses de colonización de la Luna	31
2.1.1.1 Proyecto Horizon.....	31
2.1.1.2 Proyecto Lunex.....	32
2.1.1.3 Proyecto JSC Moon Base	34
2.1.1.4 Proyecto Lunar Outpost	35
2.1.2 Programas soviéticos y rusos de colonización de la Luna	35
2.1.2.1 Base lunar Zvezda	35
2.1.2.2 Complejo Expedicionario Lunar	37
2.1.2.3 Energía Lunar Expedition	37
2.1.2.4 Lunar Glob	37

3	TRATADO DEL ESPACIO	39
3.1	Derecho espacial	39
3.1.1	Definición	39
3.1.2	Orígenes y desarrollo	39
3.1.3	Tratados internacionales	40
3.2	Tratado del Espacio	41
3.2.1	Artículos del Tratado del Espacio	42
3.2.2	Estados miembros	45
4	ACUERDO LUNA Y ADQUISICIÓN DE LA PROPIEDAD	46
4.1	Bases para la firma del Acuerdo	46
4.1.1	Ratificación del Acuerdo Luna	48
4.1.2	Disposiciones de la ley	48
4.1.3	Estado legal	50
4.2	Formas de adquisición de la propiedad	50
4.2.1	Adquisición por ocupación	51
4.2.2	Adquisición por donación	51
4.2.3	Adquisición por sucesión	52
4.2.4	Adquisición de contratos mediante la tradición	52
4.2.5	Adquisición por prescripción adquisitiva	53
5	TITULARIDAD DE OTROS CUERPOS CELESTES	55
5.1	Impuesto del Sol en España	55
5.2	Titularidad del Sol	56
	CONCLUSIONES	57
	PRESUPUESTO	59
	BIBLIOGRAFÍA	62
	ÍNDICE DE FIGURAS	69

Introducción

El derecho a poseer la Luna y otros astros es un tema bastante tratado en el ámbito jurídico sobre la legislación espacial vigente. Este tipo de trabajo resulta de interés a lo relativo de la asignatura "**Derecho espacial**" del Máster de Ingeniería Aeronáutica. Realizar un análisis del Tratado del Espacio así como comprobar que países lo han ratificado según sus intereses ha resultado muy interesante para entender la evolución de la carrera espacial.

En los siguientes capítulos se va a realizar una evaluación de diversos factores correspondientes a la propiedad de los astros celestes, en concreto el grueso del proyecto tratará sobre la Luna. Esto se realizará desde un punto de vista histórico como jurídico. Uno de los principales objetivos del trabajo es revisar el Tratado del Espacio así como el Acuerdo Luna para considerar si la Luna tiene dueño o puede llegar algún día a tenerlo.

Se hará un análisis sobre la legislación española que concierne a temas de adquisición de la propiedad. Se va a exponer junto con ejemplos de intentos de apropiación de la Luna.

Con el objetivo de estar en situación sobre el tema, el primer capítulo recoge algunos hechos históricos clave en la carrera espacial sobre la exploración lunar y su interés por el ser humano.

Con el mismo objetivo el siguiente capítulo desarrollará diversas situaciones en las cuales la Luna ha pasado a ser "propiedad" de determinados individuos. Este capítulo también incluirá el resumen de algunos programas estadounidenses y rusos para la colonización del astro celeste.

Justamente después, se incluye un capítulo que explica los principales acuerdos del Tratado del Espacio y el Acuerdo Luna. Se profundizará esta legislación junto con la legislación española en base a la adquisición de la propiedad, compraventa, sucesión, ocupación o herencia.

A continuación, se exponen otros ejemplos de la titularidad de distintos cuerpos celestes. Esto servirá para comparar estos casos con el caso de la titularidad de la Luna.

Para finalizar, se realizará un análisis de todo lo expuesto para obtener unas conclusiones relevantes para considerar la Luna patrimonio de la humanidad y de si en un futuro puede pasar a ser propiedad de algún país o de persona particular. También se analizará quién o quiénes pueden llegar a poseer la Luna

.

Objetivos

Los objetivos principales del presente trabajo en base a los aspectos jurídicos de la propiedad de la Luna son:

- Entender cómo se establece el Tratado del Espacio y el Acuerdo Luna y como se han ido desarrollando a lo largo de los años. También se relacionará esta legislación espacial con el Código Civil español en lo referente a la adquisición de propiedades-.
- Evaluar las deficiencias del Derecho espacial y realizar conclusiones sobre la propiedad de la Luna por el ser humano.
- Clarificar si la Luna puede ser propiedad de un Estado o no, y en cualquier caso explicar las razones

También hay unos objetivos secundarios, que están relacionados con los principales objetivos descritos en el párrafo anterior.

- Analizar el contexto histórico de la observación y posterior exploración lunar.
- Estudiar las posibles titularidades (independientemente que fueran legales o no) de la Luna y los programas de colonización por parte de los Estados Unidos y la Unión Soviética
- Analizar otros casos sobre la adquisición de astros celestes y compararlos con el caso principal de trabajo: la propiedad de la Luna.

Metodología

La elaboración de este trabajo se basa en la búsqueda, consulta y recopilación de distintas fuentes bibliográficas relacionadas con la observación y exploración lunar. También se destaca la búsqueda de información sobre temas jurídicos que indiquen a quién pertenece la Luna, esto último se discutirá analizando el Tratado del Espacio y el Acuerdo Luna.

Inicialmente se ha recopilado información sobre la historia de la observación y exploración de la Luna, antes de la carrera espacial como durante. Posteriormente se ha recogido información sobre las posibles titularidades que ha tenido la Luna y los intentos de colonización por parte de las grandes potencias espaciales.

A continuación, se analiza más detenidamente las leyes del Tratado del Espacio y el Acuerdo Luna que afectan a la propiedad de la Luna junto con las formas de adquisición de propiedades en base al Código Civil español.

Seguidamente se sigue el mismo procedimiento anterior buscando distintos ejemplos de apropiación de los astros celestes u utilización de ellos para realizar cierto tipo de negocio. Véase como un ejemplo, el caso del impuesto del Sol en España.

Por último, se realiza un análisis global de todo lo anterior para considerar si la Luna debe ser propiedad de algún estado o ciudadano de él o debe ser patrimonio de la Humanidad y toda la Humanidad puede beneficiarse de ella en un terreno científico y de investigación y no lucrarse para realizar negocio. Se tendrán que mencionar los argumentos favor y en contra de la apropiación de la Luna, así como unas conclusiones donde se clarifique este hecho.

1 Evaluación histórica de la observación y exploración de la Luna

La Luna es un cuerpo astronómico que orbita la Tierra como su único satélite natural. Es el quinto satélite más grande del sistema solar, y el mayor de los satélites que orbita alrededor de un planeta. La Luna es, después del satélite *Io* de Júpiter, el segundo satélite más denso del Sistema Solar entre aquellos cuyas densidades son conocidas. (William, 1997) Se formó hace unos 4.51 billones de años, no mucho después de la Tierra. La explicación más extendida sobre su formación es que la Luna se formó a partir de los escombros que quedaron después del impacto entre la Tierra y un cuerpo celeste del tamaño de Marte llamado *Theia*.

El satélite terrestre está en una rotación sincronizada con la Tierra, y por lo tanto siempre muestra el mismo lado a la Tierra (el lado cercano). El lado cercano está marcado por mares volcánicos oscuros que rellenen los espacios entre las brillantes tierras altas de la corteza y los cráteres del impacto. Después del Sol, la Luna es el objeto celeste más brillante del cielo de la Tierra. Su superficie es oscura, aunque comparada con el cielo nocturno parece brillante, con una reluctancia más alta que la del asfalto desgastado. (William, 1997) Su influencia gravitacional produce las mareas oceánicas y terrestres y el ligero alargamiento del día.

La distancia promedio orbital de la Luna es de 384402 km. Esta distancia es más o menos 30 veces el diámetro terrestre. Su tamaño aparente en el cielo terrestre es casi el mismo al del Sol, ya que la estrella es aproximadamente 400 veces la distancia y el diámetro de la Luna. Por lo tanto, la Luna cubre al Sol durante un eclipse solar total. Esto no seguirá ocurriendo en el futuro debido al incremento gradual de la distancia entre la Tierra y la Luna. (William, 1997)

La Luna se alcanzó por primera vez en Septiembre de 1959 por una nave sin tripulación de la Unión Soviética (*Luna 2*, Figura 1.1), seguido por un primer aterrizaje con éxito por *Luna 9* en 1966. (Harvey, 2006) El programa Apolo de los Estados Unidos ha logrado las únicas misiones tripuladas hasta la fecha, comenzando con la primera misión orbital tripulada del Apolo 8 en 1968, y seis aterrizajes tripulados entre 1969 y 1972. Estas misiones devolvieron rocas lunares que se utilizaron para desarrollar una comprensión geológica del origen de la Luna, su estructura interna y la historia más

reciente de la Luna. Desde 1972, la Luna ha sido visitada solo por aeronaves no tripuladas. (Harvey, 2006)

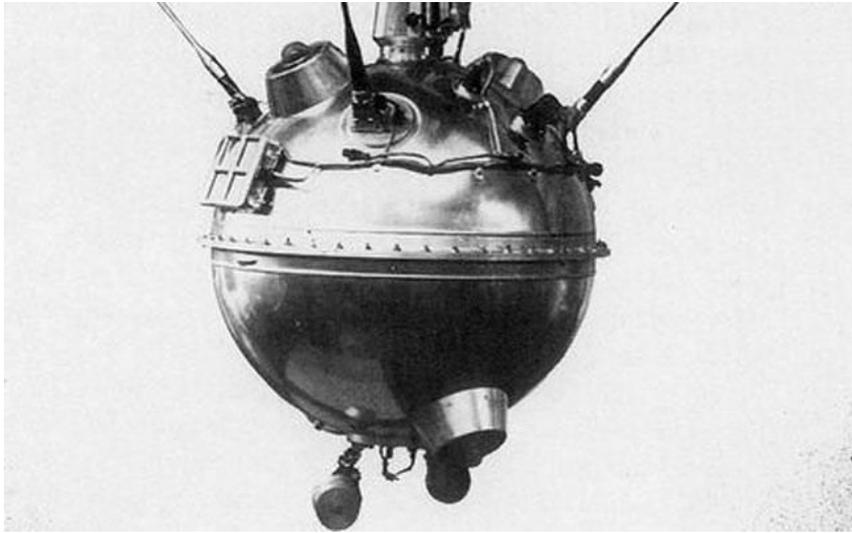


Figura 1.1 - Luna 2. <https://www.indiatoday.in/education-today/gk-current-affairs/story/luna2-340963-2016-09-14>, consultado el 3 de marzo de 2020.

Tanto la prominencia natural de la Luna en el cielo terrestre como su ciclo regular de fases han proporcionado referencias culturales e influencias para las sociedades y culturas humanas desde tiempos inmemoriales. Estas influencias se pueden encontrar en el lenguaje, los sistemas de calendario lunar, el arte y la mitología.

1.1 Observación y exploración de la Luna

1.1.1 Antes de los vuelos espaciales

El filósofo griego *Anaxagoras* (Curd, 2010) razonó que el Sol y la Luna eran rocas esféricas gigantes, y que la segunda reflejaba la luz de la primera. Su visión no religiosa del cielo fue la causa de su encarcelamiento y exilio. En su libro, *On the Face in the Moon's Orb*, *Plutarco* sugirió que la Luna tenía huecos profundos en los que la luz del Sol no alcanzaba a llegar y que las manchas no eran más que sombras de ríos o abismos profundos. También sugirió de la posibilidad de que la Luna estuviera habitada. *Aristarco* fue un paso más allá y calculó la distancia desde la Tierra, junto con su tamaño, obtuvo un valor de 20 veces el radio terrestre (el valor real es de 60 veces el radio de la Tierra).

Aunque los chinos de la dinastía *Han* creían que la Luna era la energía equivalente a *qi*, su teoría de "influencia radiante" reconocía que la luz de la Luna era simplemente un reflejo del Sol. Esto fue apoyado por pensadores convencionales como *Jing Fang* (Needham, 1986), que notó la esfericidad de la Luna. *Shen Kuo* de la dinastía *Song* creó la alegoría igualando a la Luna creciente y menguante a un balón de plata reflectante que cuando se humedecía con polvo blanco se veía desde un lado, similar a una media luna.

En el año 499 a.c, el astrónomo indio *Aryabhata*, mencionó en su libro, *Aryabhatiya* que el reflejo de la luz del sol es la causa detrás de la brillantez de la Luna. (Kern, 1874)

Habash al-Hasib al-Marwazi, un astrónomo persa, condujo varias observaciones en el observatorio de Bagdad entre el 825 y el 835 a.c. (Langermann, 1985) Gracias a estas observaciones, estimó que el diámetro de la Luna es de 3037 km y su distancia a la Tierra de 346345 km, el cual está cercano de los valores aceptados (Langermann, 1985). En el siglo XI, el físico islámico, *Alhazen*, investigó el claro de luna, lo que probó a través de la experimentación y concluyó correctamente que la luz del sol emite luz de aquellas partes de su superficie que impacta la luz del sol. (Schramm, 1964)

En la Edad Media, antes de la invención del telescopio, un número bastante grande de personas comenzó a reconocer a la Luna como una esfera, aunque la mayoría de las personas la consideraba totalmente lisa. (Anderson, Sjogren, & Schubert, 1996) En 1609, *Galileo Galilei* dibujó unos de los primeros dibujos de telescopio de la Luna en su libro *Siderius Nuncius* y observó que la Luna no era lisa si no que tenía montañas y cráteres. Más tarde en el siglo XVII, *Giovanni Battista Riccioli* y *Francesco Maria Grimaldi* dibujaron un mapa de la Luna y dieron los nombres a multitud de cráteres. En los mapas, las partes oscuras de la superficie de la Luna se llaman mares, y las partes brillantes se llamaban continentes.

Thomas Harriot, dibujó la primera representación telescópica de la Luna (como *Galileo*). El primer mapa de la Luna fue hecho por el cosmólogo y astrónomo belga *Michael Florent van Langren* (van der Krogt & Ormeling, 2014) en 1645. En 1647, *Hevelius* publicó *Selenographia*, el primer tratado dedicado totalmente a la Luna. La nomenclatura de *Hevelius*, aunque utilizada en los países protestantes hasta el siglo XVIII, fue reemplazada por el sistema publicado en 1651 por el astrónomo jesuita *Giovanni Battista Riccioli*, quien dio los nombres de los mares y las manchas telescópicas a las grandes manchas de la Luna a simple vista (ahora llamados cráteres) el nombre de filósofos y astrónomos. En 1753, el astrónomo croata y jesuita *Roger Joseph Boscovich* descubrió la ausencia de atmósfera en la Luna. En 1824 *Franz Von Gruithuisen* (Longshaw, 2018) explicó la formación de cráteres (Figura 1.2) como resultado de los impactos de meteoritos.

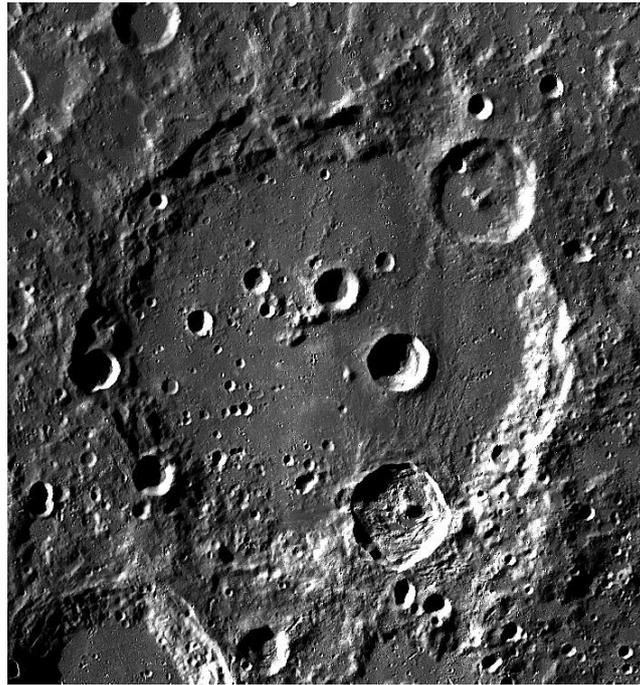


Figura 1.2 - Cráteres lunares. <http://www.astronoo.com/es/articulos/crateres-de-la-luna.html>, consultado el 3 de marzo de 2020.

La posibilidad de que la Luna contenga vegetación y esté habitada por selenitas fue considerada por un gran número de astrónomos incluso en las primeras décadas del siglo XIX. Entre 1843 y 1836, *Wilhelm Beer* y *Johann Heinrich Mädler* publicaron su cuarto volumen de *Mappa Selenographica* y el libro *Der Mond* en 1837, que establecieron firmemente la conclusión de que la Luna no tiene cuerpos de agua ni atmósfera apreciable.

1.1.2 Carrera espacial

La Guerra Fría inspiró a la "carrera espacial" entre la Unión Soviética y Estados Unidos poniendo un foco especial en la Luna. Esto permitió muchos descubrimientos científicos importantes, como las primeras fotografías de la cara oculta de la Luna en 1959 por la Unión Soviética, y culminó con el aterrizaje en la Luna en 1969 por parte de Estados Unidos.

El primer objeto artificial en alcanzar la Luna fue la nave soviética no tripulada *Luna 2*, (Biesbroek, 2000) la cual hizo un aterrizaje forzoso el 14 de Septiembre de 1959. El lado más alejado de la Luna fue la primera fotografía que se publicó por la sonda *Luna 3* de la Unión Soviética (Figura 1.3).

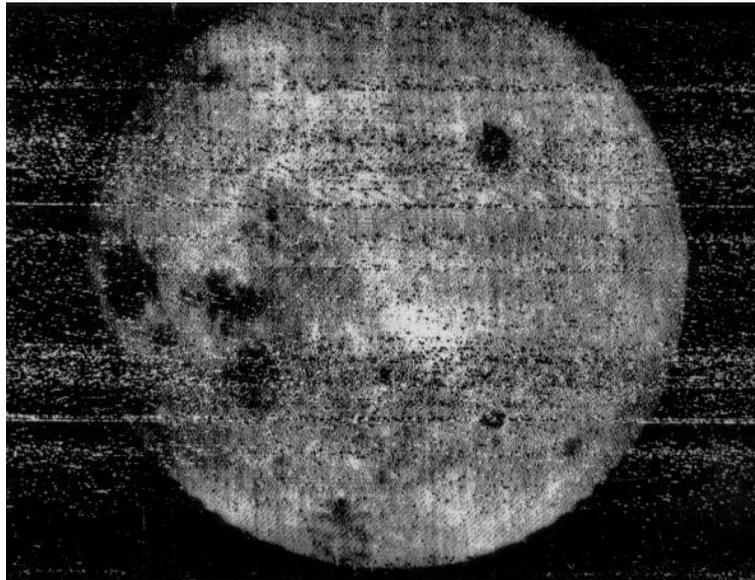


Figura 1.3 - Primera imagen de la cara oculta de la Luna realizada por la sonda Luna 3.
Fuente: <https://www.europapress.es/ciencia/misiones-espaciales/noticia-cumplen-60-anos-primeras-fotos-cara-oculta-luna-20191007112255.html>, consultado el 15 de febrero de 2020.

Las fotografías del lado oculto de la Luna mostraron que este lado carecía casi por completo de mares terrestres. *John F. Kennedy* propuso el aterrizaje tripulado en la Luna en un esfuerzo por competir con los éxitos soviéticos.

El 24 de Diciembre de 1968, la tripulación del *Apollo 8* fueron los primeros humanos en entrar en la órbita de la Luna y ver el lado oculto de la Luna en persona. El primer aterrizaje por humanos ocurrió el 20 de Julio de 1969. El primer humano en pisar superficie luna fue *Neil Armstrong*, comandante de la misión espacial *Apollo 11* (Figura 1.4). El primer robot que aterrizó en la superficie lunar fue el robot soviético *Lunokhod 1* el 17 de noviembre de 1970, como parte del programa *Lunokhod*. Hasta la fecha, el último humano en pisar superficie lunar fue *Eugene Cernan*, quien como parte de la misión *Apollo 17*, caminó sobre la Luna en diciembre de 1972. (Graves, 1972)



Figura 1.4 - Apollo 11. <https://actualidad.rt.com/actualidad/321229-manual-apollo-11-venderse-millones-dolares> , consultado el 3 de marzo de 2020.

Las muestras de rocas lunares fueron traídas a la Tierra por tres misiones lunares (*Luna 16, 20 y 24*) y las misiones *Apollo* desde la 11 hasta la 17 (exceptuando la misión *Apollo 13* que tuvo que abortar la misión).

Desde mediados de la década de 1960 hasta mediados de la década de 1970 hubo 65 aterrizajes en la Luna, pero después de *Luna 24* los aterrizajes en la Luna pararon de forma repentina. La Unión Soviética puso su foco de atención en Venus y los Estados Unidos en Marte, en los programas *Skylab* (Dietlein, 1977) y *Space Shuttle* (Figura 1.5).



Figura 1.5 - Space Shuttle. <https://www.space.com/11363-nasa-space-shuttle-replacement-30-years-anniversaries.html>, consultado el 9 de marzo de 2020

Antes de la carrera por la Luna, los Estados Unidos tuvieron proyectos para bases lunares científicas y militares (esta información será ampliada en el siguiente capítulo): el *Proyecto Lunex* y el *Proyecto Horizon*. Además de los aterrizajes tripulados, los programas soviéticos incluían la construcción de una base lunar con diversos propósitos "Zvezda", el primer proyecto detallado con maquetas desarrolladas de vehículos de expedición y módulos de superficie. (Shavers, y otros, 2004)

En 1990, Japón visitó la Luna con la nave espacial *Hiten*, llegando a ser el tercer país en poner un objeto en órbita alrededor de la Luna. La nave espacial lanzó sonda *Hagoromo* a la órbita lunar, pero el transmisor falló, evitando así un mayor uso científico de la nave espacial. En septiembre de 2007, Japón lanzó la nave espacial *SELENE*, con el objetivo de "obtener datos científicos sobre el origen y la evolución de la Luna y desarrollar tecnología para la futura exploración lunar" según la web oficial de JAXA. (Swinyard & Nakagawa, 2009)

La *ESA*, Agencia Espacial Europea, lanzó una pequeña sonda de bajo coste para orbitar alrededor de la Luna llamada *SMART 1* el 27 de septiembre de 2003. El objetivo de esta nave espacial era tomar imágenes tridimensionales de rayos x e infrarrojos de la superficie lunar. *SMART 1* entró en órbita lunar el 15 de noviembre de 2004 y

continúo haciendo observaciones hasta el 3 de septiembre de 2006, cuando se estrelló intencionadamente en la superficie lunar para estudiar el lugar del impacto. (Burchell, Robin-Williams, & Foing, 2010)

China ha comenzado el *Programa Chino para la Exploración Lunar* (Huang, 2013) y está investigando la posibilidad de usar la minería para obtener recursos lunares, buscando específicamente el isótopo helio-3 para usarlo como fuente de energía en la Tierra. China lanzó una nave espacial en órbita con la Luna *Chang'e 1* el 24 de octubre de 2007. Esta misión estaba planificada para un año y terminó por durar un año y cuatro meses. El 1 de marzo de 2009, esta nave se impactó contra la superficie lunar de manera intencionadamente. El 1 de octubre de 2010, China lanzó una nueva versión de esta nave espacial el *Chang'e 2*. El 14 de diciembre de 2013 aterrizó en la Luna una nueva versión, el *Chang'e 3* y se convirtió en el tercer país en conseguir aterrizar una nave espacial en la Luna. Esta nave espacial fue la primera en aterrizar suavemente en la superficie lunar desde *Luna 24* en 1976. Debido al éxito de esta misión, China lanzó el *Chang'e 4* el 7 de diciembre de 2018 al otro lado de la Luna, esta nave espacial aterrizó el 3 de enero de 2019.

La Agencia Espacial de la India, la Organización de Investigación Espacial de la India (*ISRO*), lanzó el *Chandrayaan-1*, un orbitador lunar no tripulado el 22 de octubre de 2008. (Goswami & Annadurai, 2011) Esta nave espacial tenía la intención de orbitar alrededor de la Luna durante dos años, con objetivos científicos para preparar un mapa tridimensional del lado cercano la Luna y realizar un mapeo químico de los minerales de la superficie lunar. El orbitador lanzó la sonda de Impacto contra la Luna el 14 de noviembre de 2008, convirtiéndose en el cuarto país en alcanzar la superficie lunar. Un logro muy importante de esta nave espacial fue el descubrimiento de la presencia generalizada de moléculas de agua en el suelo lunar. Esta misión fue seguida por *Chandrayaan-2* (Figura 1.6), que se lanzó el 22 de julio de 2019 y entró en órbita lunar el 20 de agosto de 2019. Esta nave también transportaba el primer módulo de aterrizaje y el rover de la India, los cuales se destruyeron por accidente. (Goswami & Annadurai, 2011)



Figura 1.6 - Cohete Chandrayaan-2. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49071239>, consultado el 7 de marzo de 2020.

La Organización de Defensa de Misiles Balísticos y la NASA lanzaron la misión *Clementine* en 1994, y *Lunar Prospector* en 1998. La NASA lanzó el Orbitador de Reconocimiento Lunar, el 18 de junio de 2009, que ha recogido imágenes de la superficie de la Luna. También llevaba el satélite de observación y detección de cráteres lunares (*LCROSS*), que investigó la posible existencia de agua en el cráter *Cabeus*.

La primera misión comercial a la Luna fue realizada por la Misión Manfred Memorial Moon, dirigida por *LuxSpace*, una filial de la empresa alemana *OHB AG*. La misión se lanzó el 23 de octubre del 2014 con la nave espacial de prueba china *Chang'e 5-T1*, unida a la etapa superior de un cohete *Long March*. La nave espacial 4M hizo un sobrevuelo de la Luna en una noche del 28 de octubre de 2014, después de lo cual entró en la órbita elíptica de la Tierra, excediendo su vida útil.

El módulo de aterrizaje *Beresheet* operado por Israel Aerospace Industries y Spacell impactó con la luna el 11 de abril del 2019 después de un intento fallido de aterrizaje. (Shyldkrot, Shmidt, Geron, & Kronenfeld, 2019)

1.2 Explotación lunar

Uno de los factores más influyentes para la exploración de la Luna por parte del ser humano es la gran cantidad de recursos naturales no explotados en el satélite natural de la Tierra.

La Luna posee importantes recursos naturales que podrían ser explotados en el futuro. (Crawford, 2015) Los recursos lunares potenciales pueden abarcar materiales

procesables como minerales, junto con estructuras geológicas como tubos de lava que, juntos, podrían permitir la habitabilidad de la Luna. El uso de recursos en la Luna puede proporcionar una significativa reducción del coste y el riesgo de la exploración lunar.

Los conocimientos sobre los recursos lunares obtenidos de las distintas misiones que se han llevado a cabo en la Luna, con el propósito de recoger muestras han mejorado en gran medida la comprensión del potencial para la utilización de recursos *in situ* (ISRU) en la Luna, pero ese conocimiento aún no es suficiente para justificar completamente el compromiso de grandes recursos financieros para implementar una campaña (Taylor & Martel, 2003) basada en la ISRU. La determinación de la disponibilidad de recursos impulsará la selección de sitios para el asentamiento humano.

Los materiales lunares podrían facilitar la exploración continua de la Luna misma, facilitar la actividad científica y económica en las proximidades de la Tierra y la Luna, o podrían importarse a la superficie de la Tierra donde contribuirían directamente a la economía global. (Crawford, 2015) El regolito (suelo lunar) es el producto más fácil de obtener; puede proporcionar protección contra la radiación y los micrometeoroides, así como también materiales de construcción y pavimentación mediante fusión. El oxígeno de los óxidos de regolito lunar puede ser una fuente de oxígeno metabólico y oxidante propulsor de cohetes. El hielo de agua puede proporcionar agua para la protección contra la radiación, soporte vital, oxígeno y materia prima para propulsores de cohetes. Los volátiles de los cráteres permanentemente sombreados pueden proporcionar metano (CH₄), amoníaco (NH₃), dióxido de carbono (CO₂) y monóxido de carbono (CO). Los metales y otros elementos para la industria local se pueden obtener de los diversos minerales que se encuentran en el regolito. (Johnson J. R., 1991)

Se sabe que la Luna es pobre en carbono y nitrógeno, y rica en metales y en oxígeno atómico, pero su distribución y concentraciones aún se desconocen. La exploración lunar revelará concentraciones adicionales de materiales económicamente útiles, y si se comprobarán si estos son económicamente explotables. (David, *Is Moon Mining Economically Feasible?*, 2015) Para que la utilización de recursos *in situ* (ISRU) (Anand M. C.-P., 2012) se aplique con éxito en la Luna, la selección del sitio de aterrizaje es imprescindible, así como la identificación de operaciones y tecnologías de superficie adecuadas.

La exploración desde la órbita lunar por parte de algunas agencias espaciales está en curso, y los módulos de aterrizaje y rovers están explorando recursos y concentraciones *in situ*.

1.2.1 Recursos

La energía solar, el oxígeno y los metales son recursos abundantes en la Luna. Los elementos que se sabe que están presentes en la superficie lunar incluyen, entre otros, hidrógeno (H), oxígeno (O), silicio (Si), hierro (Fe), magnesio (Mg), calcio (Ca), aluminio (Al), manganeso (Mn) y titanio (Ti). Entre los más abundantes están el

oxígeno, el hierro y el silicio. El contenido de oxígeno atómico en el regolito se estima en 45% en peso. (Phinney & Criswell, 1977)

- **Energía solar:** La luz del día en la Luna dura aproximadamente dos semanas, seguidas de aproximadamente dos semanas de noche, mientras que los dos polos lunares se iluminan casi constantemente. El polo sur lunar presenta una región con bordes de cráter expuestos a una iluminación solar casi constante, sin embargo, el interior de los cráteres está permanentemente protegido de la luz solar y retiene cantidades significativas de hielo de agua en su interior. Al ubicar una instalación de procesamiento de recursos lunares cerca del polo sur lunar, la energía eléctrica generada por la energía solar (Criswell, 2002) permitiría una operación casi constante cerca de las fuentes de hielo de agua.

El suelo lunar en sí podría ser procesado por un rover de tamaño mediano (200 kg más o menos) con la capacidad de calentar el regolito, la evaporación de los materiales semiconductores apropiados para la estructura de la célula solar directamente sobre el sustrato del regolito y la deposición de contactos metálicos e interconexiones para terminar un conjunto completo de células solares directamente en el suelo. (Mankins, 2001)

El sistema de fisión nuclear (Kulcinski, 1992) de *Kilopower* se está desarrollando para la generación confiable de energía eléctrica que podría permitir bases tripuladas de larga duración en la Luna, Marte y destinos más allá. Este sistema es ideal para ubicaciones en la Luna y Marte donde la generación de energía a partir de la luz solar es intermitente.

- **Oxígeno:** El contenido de oxígeno elemental en la Luna se estima en 45% en peso. (Taylor, y otros, 1993) El oxígeno a menudo se encuentra en minerales lunares ricos en hierro y vidrios como óxido de hierro. Se han descrito al menos veinte posibles procesos diferentes para extraer oxígeno del regolito lunar (McKay, 1996), y todos requieren un alto aporte de energía: entre 2-4 megavatios-años de energía para producir 1000 toneladas de oxígeno. Si bien la extracción de oxígeno de los óxidos metálicos también produce metales útiles, el uso de agua como materia prima no lo hace. (Allen, 1996)
- **Agua:** La evidencia acumulada de varios satélites orbitando alrededor de la Luna indica fuertemente que el hielo de agua está presente en la superficie (Urey, 1967) en los polos de la Luna, pero principalmente en la región del polo sur. Sin embargo, los resultados de estos conjuntos de datos no siempre están correlacionados. Se ha determinado que el área acumulada de la superficie lunar permanentemente sombreada es 13.361 km² en el hemisferio norte y 17.698 km² en el hemisferio sur, lo que da un área total de 31.059 km². Actualmente, se desconoce hasta qué punto cualquiera de estas áreas permanentemente sombreadas contienen hielo de agua y otros volátiles, por lo que se necesitan más datos sobre los depósitos de hielo lunar, su distribución, concentración, cantidad, disposición, profundidad, propiedades geotécnicas y cualquier otra característica. necesario para diseñar y desarrollar sistemas de extracción y procesamiento. (Carberry Mogan, y otros, 2017) Se monitoreó el impacto intencional de la nave espacial *LCROSS* en el cráter Cabeus para analizar el penacho de escombros resultante, y se concluyó que el hielo de agua debe estar en

forma de pequeños trozos de hielo (< 10 cm), discretos, distribuidos por todo el regolito. , o como una capa delgada sobre los granos de hielo. Esto, junto con las observaciones de radar mono estáticas, sugieren que el hielo de agua presente en las regiones de sombra de forma permanente de los cráteres polares lunares es poco probable que estar presente en forma de gruesas, depósitos de hielo puros.

Es posible que el agua (Anders, 1970) haya sido entregada a la Luna en escalas de tiempo geológicas por el bombardeo regular de cometas, asteroides y meteoritos portadores de agua o producida in situ de forma continua por los iones de hidrógeno (protones) del viento solar que impacta los minerales portadores de oxígeno.

El polo sur lunar presenta una región con bordes de cráter expuestos a una iluminación solar casi constante, donde el interior de los cráteres está permanentemente protegido de la luz solar, lo que permite la captura natural y la recolección de hielo de agua que podría extraerse en el futuro.

Moléculas de agua (H₂O) puede descomponerse en sus elementos, a saber, hidrógeno y oxígeno, y formar hidrógeno molecular (H₂) y oxígeno molecular (O₂) (Anand M. C.-P., 2012) para ser utilizado como bi-propulsor de cohetes o para producir compuestos para procesos de producción metalúrgica y química. Solo la producción de propelente, fue estimada por un panel conjunto de expertos industriales, gubernamentales y académicos, identificó una demanda anual a corto plazo de 450 toneladas métricas de propelente derivado de la luna que equivale a 2.450 toneladas métricas de agua lunar procesada, generando US\$ 2.4 mil millones de ingresos anuales. (David, 2020)

En 2018 la NASA informó de la presencia de bloques de hielo cerca de los polos del satélite terrestre (Figura 1.7). El agua se encuentra. Estos lugares donde se ha encontrado el hielo nunca reciben la luz solar y nunca se superan los -157°C.

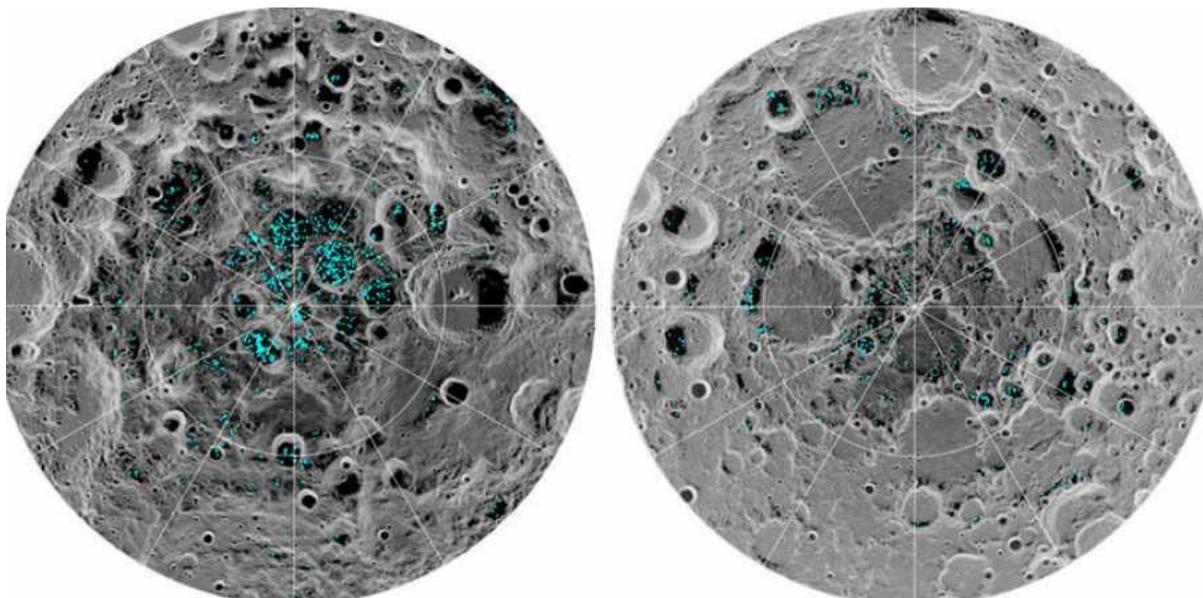


Figura 1.7 - Localización del hielo descubierto cerca de los polos de la Luna.

<https://www.rtve.es/noticias/20180821/existencia-agua-luna-demostrada-pruebas-directas-primera-vez/1782282.shtml>, consultado el 9 de marzo de 2020

- **Hidrógeno:** El viento solar implanta protones en el regolito, formando un átomo protonado, que es un compuesto químico de hidrógeno (H). Aunque el hidrógeno unido es abundante, quedan dudas sobre cuánto se encuentra en el subsuelo y escapa al espacio. Se necesitaría hidrógeno para la producción de propulsores, y tiene una multitud de usos industriales. Por ejemplo, el hidrógeno se puede usar para la producción de oxígeno mediante la reducción de hidrógeno de la ilmenita (un mineral óxido). (Sargeant, 2019)

Metales

Hay una gran cantidad de metales que pueden extraerse de la superficie lunar. (Phinney & Criswell, 1977)

- **Hierro:** El hierro libre es abundante dentro de los minerales de silicato y en el mineral de óxido ilmenita. (Crawford, 2015) La extracción requeriría bastante energía, pero se sospecha que algunas anomalías magnéticas lunares se deben a los restos de meteoritos ricos en Fe. Solo una mayor exploración in situ determinará si esta interpretación es correcta o no, y qué tan explotables pueden ser esos desechos de meteoritos.

El hierro libre también existe en el regolito (0.5% en peso) aleado naturalmente con níquel y cobalto y puede extraerse fácilmente mediante imanes simples después de la molienda. (Prado, 1998) Este polvo de hierro puede procesarse para fabricar piezas utilizando técnicas de pulvimetalurgia, (Prado, 1998) como la fabricación aditiva, la impresión 3D, la sinterización selectiva por láser (SLS), la fusión selectiva por láser (SLM) y la fusión por haz de electrones (EBM).

- **Titanio:** El titanio (Ti) se puede alear con hierro, aluminio, vanadio y molibdeno, entre otros elementos, para producir aleaciones fuertes y livianas para la industria aeroespacial. Existe casi por completo en el mineral ilmenita en el rango de 5-8% en peso. (Crawford, 2015) Los minerales de ilmenita también atrapan hidrógeno (protones) del viento solar, por lo que el procesamiento de la ilmenita también producirá hidrógeno, un elemento valioso en la Luna. (Prado, 1998) Los grandes basaltos de inundación en el lado cercano al noroeste (*Mare Tranquillitatis*) poseen algunos de los contenidos más altos de titanio en la Luna, albergan 10 veces más titanio que las rocas en la Tierra. (Gruener, 2019)
- **Aluminio:** El aluminio (Al) se encuentra con una concentración en el rango de 10-18% en peso, presente en un mineral llamado anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), (Prado, 1998) el miembro final de calcio de la serie (Crawford, 2015) de minerales del feldespato plagioclasa. El aluminio es un buen conductor eléctrico, y el polvo de aluminio atomizado también es un buen combustible sólido para cohetes cuando se quema con oxígeno. La extracción de aluminio también requeriría descomponerse.
- **Silicio:** El silicio (Si) es un metaloide abundante en todo el material lunar, con una concentración de aproximadamente el 20% en peso. Es de enorme importancia producir paneles solares para la conversión de la luz solar en electricidad, así como vidrio, fibra de vidrio y una variedad de cerámicas útiles. Lograr una pureza muy alta

para su uso como semiconductor es un gran desafío, especialmente en el entorno lunar. (Crawford, 2015)

- **Calcio:** El calcio (Ca) es el cuarto elemento más abundante en las tierras altas lunares, presente en los minerales de anortita ($CaAl_2Si_2O_8$). (Prado, 1998) Los óxidos de calcio y los silicatos de calcio no solo son útiles para la cerámica, sino que el calcio puro es flexible y un excelente conductor eléctrico en ausencia de oxígeno. La anortita es rara en la Tierra (Howie, 1992) pero es muy abundante en la Luna.

El calcio también se puede utilizar para fabricar células solares basadas en silicio, que requieren silicio lunar, hierro, óxido de titanio, calcio y aluminio.

- **Magnesio:** El magnesio (Mg) está presente en los magmas y en los minerales lunares piroxeno y olivina, por lo que se sospecha que el magnesio es más abundante en la corteza lunar inferior. El magnesio tiene múltiples usos como aleaciones para la industria aeroespacial, automotriz y electrónica. (Marvin, 1989)

Tierras raras

Los elementos de *tierras raras* se utilizan para fabricar todo desde vehículos eléctricos o híbridos, turbinas eólicas, dispositivos electrónicos y tecnologías de energía limpia. (Medeiros, 2017) A pesar de su nombre, los elementos de tierras raras son, con la excepción del *prometio*, relativamente abundantes en la corteza terrestre. Sin embargo, debido a sus propiedades geoquímicas, los elementos de tierras raras generalmente se dispersan y no se encuentran concentrados en minerales de tierras raras; Como resultado, los depósitos de mineral económicamente explotables son menos comunes. Existen grandes reservas en China, California, India, Brasil, Australia, Sudáfrica y Malasia, pero China representa más del 95% de la producción mundial de tierras raras. (Feinman, 2013)

Los estudios actuales muestran que todavía no hay suficientes elementos de tierras raras en la Luna, la NASA ve la extracción de minerales de tierras raras como un recurso lunar viable porque exhiben una amplia gama de elementos ópticos, eléctricos, industriales, propiedades magnéticas y catalíticas. (Crawford, 2015)

- **Carbono y nitrógeno:** El carbono (C) se necesita para la producción de acero lunar, pero está presente en el regolito lunar en pequeñas cantidades, contribuido por el viento solar y los impactos de micrometeoritos. (Pillinger, 1977)

El nitrógeno (N) se midió a partir de muestras de suelo lunar, y existe en forma de trazas a menos de 5 ppm. Fue encontrado como isótopos ^{14}N , ^{15}N y ^{16}N . Se requeriría carbono y nitrógeno fijo para las actividades agrícolas dentro de una biosfera sellada.

- **Regolito para la construcción:** El desarrollo de una economía lunar requerirá una cantidad significativa de infraestructura en la superficie lunar, que dependerá en gran medida de las tecnologías de utilización de recursos in situ (*ISRU*) para desarrollarse. Uno de los requisitos principales será proporcionar materiales de construcción para construir hábitats, contenedores de almacenamiento, plataformas de aterrizaje, carreteras y otra infraestructura. (Mackwell, 2019) El suelo lunar no procesado,

también llamado regolito, puede convertirse en componentes estructurales utilizables, a través de técnicas como la sinterización, el prensado en caliente, la licuación, el método de fundición de basalto, y la impresión en 3D. El vidrio y la fibra de vidrio son fáciles de procesar en la Luna, y se descubrió que las resistencias del material de regolito se pueden mejorar drásticamente utilizando fibra de vidrio, como 70% de fibra de vidrio de basalto y 30% de mezcla de PETG. Se han realizado pruebas exitosas en la Tierra utilizando algunos simuladores de regolitos lunares, incluyendo MLS-1 y MLS-2.

El suelo lunar, aunque representa un problema para las partes móviles mecánicas, se puede mezclar con nanotubos de carbono y epoxis en la construcción de espejos telescópicos de hasta 50 metros de diámetro. Varios cráteres cerca de los polos están permanentemente oscuros y fríos, un ambiente favorable para los telescopios infrarrojos. (Monitor, 2007)

Algunas propuestas sugieren construir una base lunar en la superficie utilizando módulos traídos de la Tierra y cubriéndolos con tierra lunar. El suelo lunar está compuesto de una mezcla de sílice y compuestos que contienen hierro que pueden fusionarse en un sólido similar al vidrio utilizando radiación de microondas.

La Agencia Espacial Europea, que trabajó en 2013 con una firma de arquitectos independiente, probó una estructura impresa en 3D que podría construirse con regolito lunar para su uso como base lunar. El suelo lunar impreso en 3D proporcionaría tanto "aislamiento de radiación como de temperatura. En el interior, un inflable ligero presurizado con la misma forma de cúpula sería el entorno de vida para los primeros pobladores lunares humanos". (Snapp, 2012)

A principios de 2014, la NASA financió un pequeño estudio en la Universidad del Sur de California para desarrollar aún más la técnica de impresión 3D de Contour Crafting. Las aplicaciones potenciales de esta tecnología incluyen la construcción de estructuras lunares de un material que podría consistir en hasta un 90 por ciento de material lunar con solo el diez por ciento del material que requiere transporte desde la Tierra. La NASA también está estudiando una técnica diferente que implicaría la sinterización del polvo lunar utilizando radiación de microondas de baja potencia (1500 vatios). El material lunar se uniría calentando a 1.200 a 1.500 °C (2.190 a 2.730 °F), algo por debajo del punto de fusión, para fusionar el polvo de nanopartículas en un bloque sólido que es similar a la cerámica, y no requeriría el transporte de un material aglutinante desde la Tierra.

2 Titularidades y colonización de la Luna

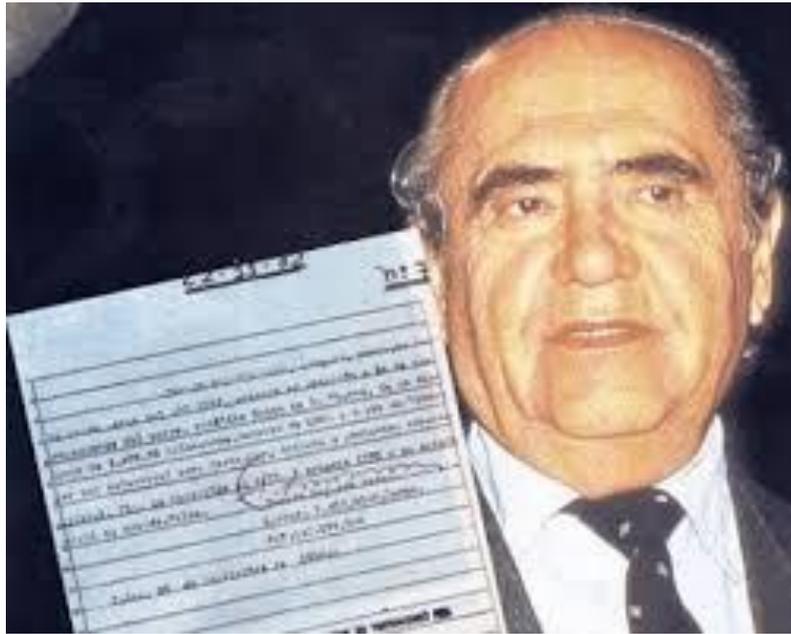
Todas las actividades que afectan al espacio exterior están regularizadas por un tratado internacional sobre el Derecho Espacial (que se analizará con más detenimiento en el siguiente capítulo).

A pesar de la firma de este Tratado han surgido algunas iniciativas que reclaman la propiedad de la Luna:

- Jenaro Gajardo Vera registró la propiedad de la Luna pagando 42000 pesos en 1954.
- Dennis Hope formalizó la "compra" de la Luna, dedicándose desde entonces a vender "parcelas" en el suelo lunar.

Jenaro Gajardo Vera

Jenaro Gajardo Vera fue un abogado, pintor y poeta chileno conocido por haberse proclamado, del 25 de septiembre de 1954 hasta su muerte, el dueño legal de la Luna.



*Figura 2.1 - Jenaro Gajardo Vera con el documento que le acredita como dueño de la Luna.
Fuente: <https://www.mundotkm.com/cl/virales/100161/la-increible-historia-de-jenaro-gajardo-el-chileno-que-se-convirtio-en-el-legitimo-dueno-de-la-luna>. Consultado el 15 de febrero de 2020.*

Ese mismo día Gajardo, ante notario, pidió que se dejara constancia de su declaración como dueño de la Luna (desde antes de 1857), una fórmula legal para sanear terrenos sin título de dominio. En la Figura 2.1 se puede ver a Jenaro con el documento legal que le acredita como dueño de la Luna.

La escritura (Figura 2.2) que certifica la propiedad de la Luna por parte de Jenaro, dice:

"Jenaro Gajardo Vera, abogado, es dueño, desde antes del año 1857, uniendo su posesión a la de sus antecesores, del astro, satélite único de la Tierra, de un diámetro de 3.475.00 kilómetros, denominada LUNA, y cuyos deslindes por ser esferoidal son: Norte, Sur, Oriente y Poniente, espacio sideral. Fija su domicilio en calle 1 oriente 1270 y su estado civil es soltero. Jenaro Gajardo Vera. Carné 1.487.45-K. Ñuñoa. Talca, 25 de septiembre de 1954". (J. Álvarez, 2020)

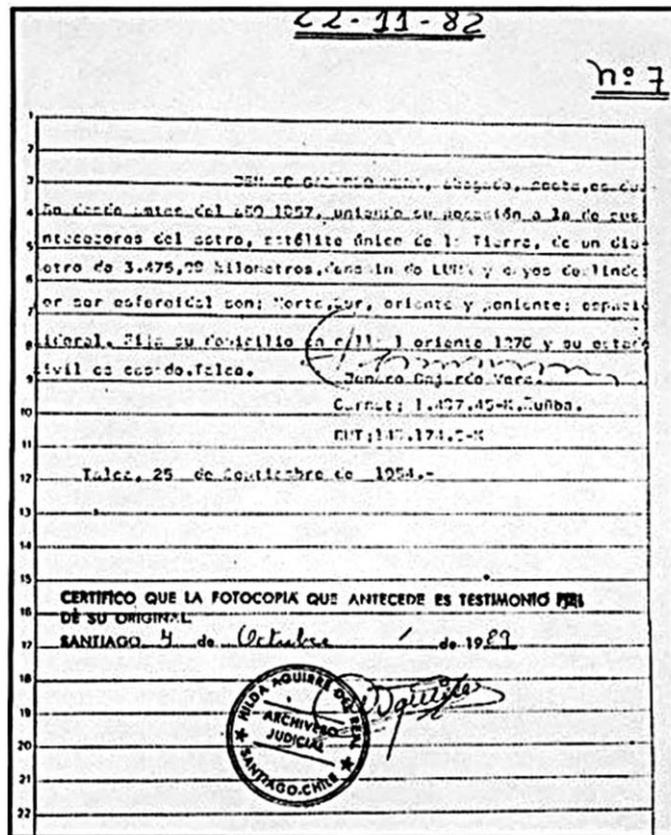


Figura 2.2 - Documento que certificó la propiedad de la Luna.

<https://lab.elmundo.es/hombre-en-la-luna/derecho-espacial.html>, consultado el 9 de marzo de 2020.

Los objetivos utilizados para inscribir la Luna como su propiedad fueron:

- Realizar un acto poético de protesta interviniendo en la selección de los posibles habitantes del satélite.
- Poder formar parte del Club Social Talca, para el cual era requisito de afiliación tener alguna propiedad.

En 1969, según cuenta la leyenda ya que no está recogido en ningún documento, Richard Nixon solicitó permiso a Jenaro para proceder al descenso de Aldrin, Collins y Armstrong al satélite lunar. (J. Álvarez, 2020)

“Solicito en nombre del pueblo de los Estados Unidos autorización para el descenso de los astronautas Aldrin, Collins y Armstrong en el satélite lunar que le pertenece” (J. Álvarez, 2020)

El dueño de la Luna valoró el gesto de Richard Nixon accediendo al alunizaje por parte de los astronautas estadounidenses.

“Solicito en nombre del pueblo de los Estados Unidos autorización para el descenso de los astronautas Aldrin, Collins y Armstrong en el satélite lunar que le pertenece” (J. Álvarez, 2020)

Dennis Hope

A pesar de que las Naciones Unidas promulgaran el Tratado del Espacio, que prohíbe que los gobiernos no puedan reclamar como suyo los distintos cuerpos celestes, este tratado no incluyó a particulares.

Por ello Dennis Hope, empresario estadounidense, que en 1980 alegó encontrar esta laguna en el derecho internacional por la cual podía reclamar la soberanía de la Luna. También aprovechó la ley de la era de los pioneros de Estados Unidos, que data de 1862, “Homestead Act”, que permite que una persona se apropie de parcelas sin dueño, siempre que la registre a su nombre y nadie presente una protesta u acción legal en el transcurso de ocho años.

Ha sido el primero en vender "parcelas lunares" después de enviar declaraciones tanto a los gobiernos de Estados Unidos, Rusia y las Naciones Unidas. Ha obtenido unas ganancias de 9 millones de dólares aproximadamente. (Hardwick, 2020)

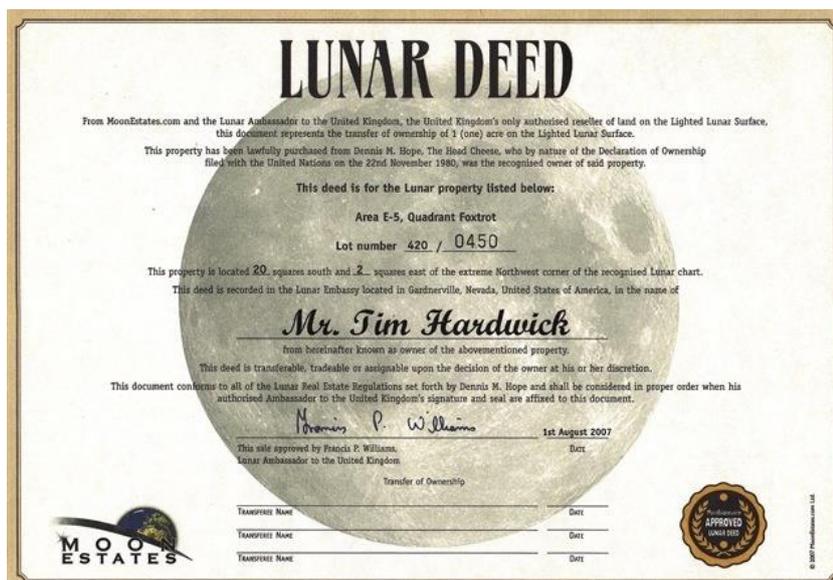


Figura 2.3 -Título de propiedad del fragmento lunar. Fuente:

<https://www.vice.com/es/article/yv574m/ive-owned-the-moon-since-1980>. Consultado el 15 de febrero de 2020.

El propietario más joven en poseer una parcela lunar es un recién nacido en Alemania mientras que la persona más mayor tiene 97 años. Hay muchos políticos que son propietarios como Jimmy Carter, Ronald Reagan y George W. Bush, cuyas parcelas fueron adquiridas por sus respectivos asistentes. La empresa de Dennis Hope, Lunar Embassy, tiene clientes en 193 países. El título que da el derecho a poseer una propiedad en la Luna se muestra en la Figura 2.3.

2.1 Colonización de la Luna

También ha habido planes sobre la colonización de la Luna por parte de la comunidad humana.

La noción de una colonia lunar se originó antes de la era espacial. En 1638, el obispo John Wilkins escribió Un discurso sobre un mundo nuevo y otro planeta, en el que predijo una colonia humana en la Luna. (Johnson & Leonard, 1985) Konstantin Tsiolkovsky (1857-1935), entre otros, también sugirió tal paso.

Desde la década de 1950 en adelante, científicos, ingenieros y otros han sugerido una serie de conceptos y diseños. En 1954, el escritor de ciencia ficción Arthur C. Clarke (Eckart & others, 1999) propuso una base lunar de módulos inflables cubiertos de polvo lunar para aislamiento. Una nave espacial, ensamblada en órbita terrestre baja, se lanzaría a la Luna, y los astronautas instalarían los módulos tipo iglú y un mástil de radio inflable. Los pasos posteriores incluirían el establecimiento de una cúpula permanente más grande; un purificador de aire a base de algas; un reactor nuclear para el suministro de energía; y cañones electromagnéticos para lanzar carga y combustible a buques interplanetarios en el espacio.

En 1959, John S. Rinehart sugirió que el diseño más seguro sería una estructura que podría "flotar en un océano de polvo estacionario", ya que, en el momento en que se describió este concepto, había teorías de que podría haber millas de profundidad océanos de polvo en la luna. El diseño propuesto consistía en un semicilindro con semicúpulas en ambos extremos, con un escudo de micrometeoroides colocado sobre la base.

LA NASA requiere de un incremento en 2020 de una cantidad de 1.6 billones, para realizar misiones tripuladas a la Luna en 2024 y que en 2028 la presencia humana en la Luna sea constante.

2.1.1 Programas estadounidenses de colonización de la Luna

2.1.1.1 Proyecto Horizon

El Proyecto Horizon (Ordway III, Sharpe, & Wakeford, 1988) fue un estudio de 1959 para determinar la viabilidad de construir una base científica/militar en la Luna, en un momento en que el Departamento del Ejército de los Estados Unidos, el Departamento de la Marina y el Departamento de la Fuerza Aérea tenían la responsabilidad total del programa espacial de los planes de los *EEUU*. La propuesta de proyecto establece los requisitos como:

Se requiere el puesto avanzado lunar para desarrollar y proteger los posibles intereses de los Estados Unidos en la Luna; desarrollar técnicas en la vigilancia de la tierra y el espacio desde la Luna, en la retransmisión de comunicaciones y

en operaciones en la superficie de la Luna; servir como base para la exploración de la luna, para una mayor exploración en el espacio y para operaciones militares en la Luna; y para apoyar investigaciones científicas en la Luna. (Logsdon, 2010)

Se pronosticó que el puesto de avanzada permanente será necesario para la seguridad nacional "lo antes posible" y costaría 6 mil millones de dólares. La fecha operativa del proyecto proyectada con doce soldados fue diciembre de 1966.

El Proyecto Horizon nunca llegó más allá de la etapa de factibilidad, siendo rechazado por el presidente *Dwight Eisenhower* cuando la responsabilidad principal del programa espacial de Estados Unidos fue transferida a la agencia civil de la NASA.

Se estimó que el Proyecto Horizon (Logsdon, 2010) requeriría de 147 primeros lanzamientos de cohetes *Saturno A-1* para elevar pequeños componentes de naves espaciales para ensamblar en órbita baja en una estación espacial de tanques gastados. Un vehículo lunar lanzado en un cohete *Saturno A-2* habría transportado hasta 16 astronautas a la vez a la base.

Esto fue en lugar de un superbooster de empuje de 12 millones de libras requerido para un vuelo lunar de ascenso directo, que posiblemente no podría desarrollarse a tiempo para el objetivo de despliegue en 1966. Wernher von Braun, jefe de ABMA, nombró a Heinz-Hermann Koelle para dirigir el equipo del proyecto de desarrollo de Saturno en el Arsenal de Redstone.

El bloque de construcción básico para el puesto avanzado serían tanques de metal cilíndricos, de 10 pies (3,0 m) de diámetro y 20 pies (6,1 m) de longitud.

Dos reactores nucleares se ubicarían en pozos para blindaje, y proporcionarían energía para la operación de los cuartos preliminares y para el equipo utilizado en la construcción de la instalación permanente. Los contenedores vacíos de carga y propulsores se ensamblarían y usarían para almacenar suministros a granel, armas y elementos esenciales para la vida.

Se usarían dos tipos de vehículos de superficie, uno para levantar, cavar y raspar, otro para viajes de mayor distancia necesarios para el transporte, reconocimiento y rescate. (Ordway III, Sharpe, & Wakeford, 1988)

Una antena parabólica liviana erigida cerca de los cuartos principales proporcionaría comunicaciones con la Tierra. Al final de la fase de construcción, los cuartos del campamento de construcción original se convertirían en un laboratorio de biociencia y física-ciencia.

2.1.1.2 Proyecto Lunex

El Proyecto *Lunex* fue un plan de la Fuerza Aérea estadounidense en 1958 para un aterrizaje tripulado en la Luna. Este programa fue anterior al Programa

Apollo. El plan final de la expedición lunar en 1961 fue para una base subterránea de Fuerza Aérea para 21 personas en territorio lunar para 1968 con un coste total de 7.5 billones de dólares. La principal diferencia entre esta misión y la misión *Apollo* fue el encuentro orbital. El vehículo *Lunex* (Marchand, 2013) (compuesto por un módulo de aterrizaje y un módulo de retorno) aterrizaría completamente en la superficie de la Luna mientras que en la misión *Apollo* involucraba un módulo de ascenso separado que dejaba conectado el módulo de comando y el módulo de servicio en órbita lunar con un solo astronauta. El plan original para el Programa *Apollo* era el ascenso directo similar al Programa *Lunex*.

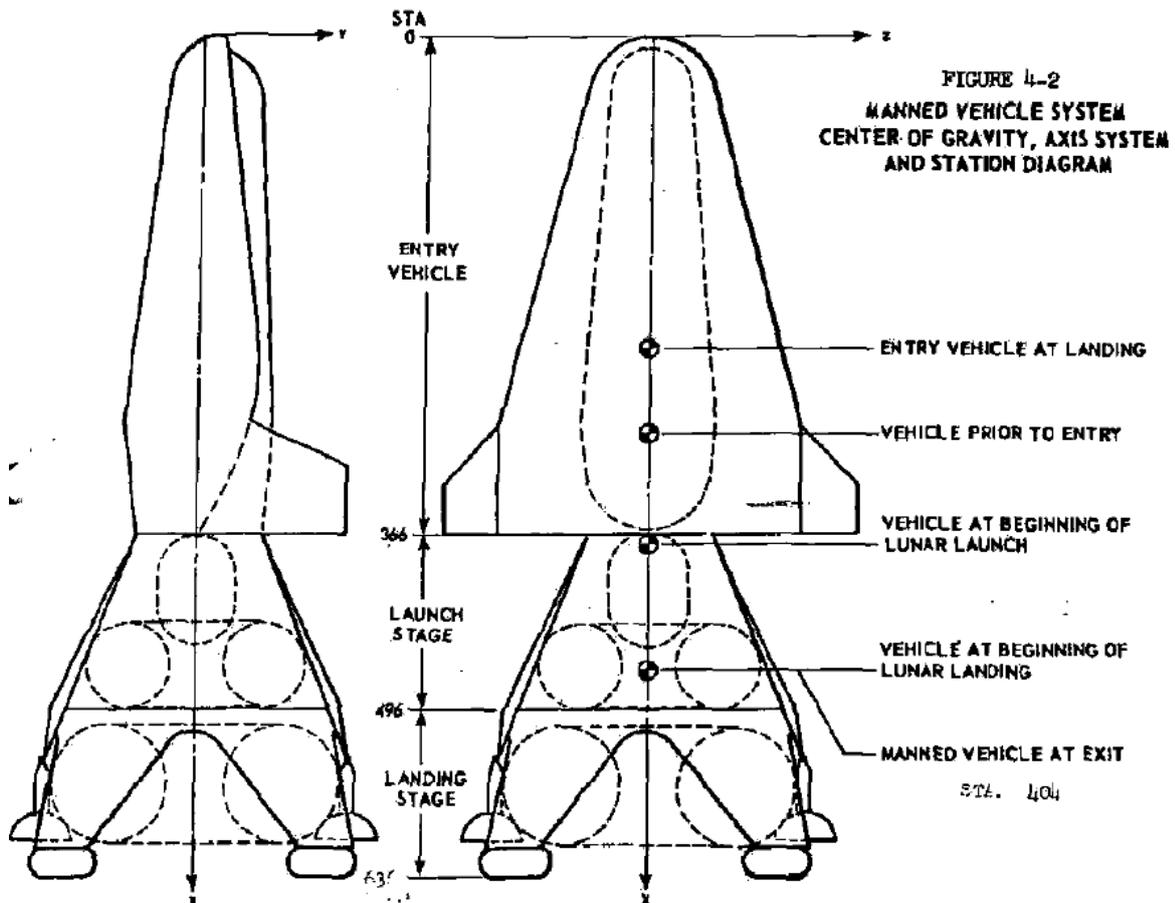


Figura 2.4 - Plano de la nave espacial LUNEX. Fuente:

https://www.wikiwand.com/en/Lunex_Project, consultada 15 de febrero de 2020

El uso del perfil (Figura 2.4) de ascenso directo se consideró el más prometedor porque eliminaba algunas de las complejidades del reencuentro en la órbita lunar que más tarde utilizaría el Programa *Apollo*: no habría necesidad de desarrollar técnicas de encuentro en el espacio. La desventaja era que la nave espacial *Lunex* sería mucho más pesada que el *Apollo* para transportar el combustible extra necesario para aterrizar toda la nave espacial en la Luna y devolverla a la órbita lunar. Debido a esto se necesitaría un cohete más grande para enviar el cohete a la Luna. (Foing, 1999)

Los principales problemas que surgieron fueron (Marchand, 2013):

- Reentrada a 11277.6 m/s, con la ruta de vuelo dentro de un ángulo de dos grados para evitar el sobrecalentamiento o saltarse la atmósfera de la Tierra. Este último no mataría a la tripulación directamente, pero dejaría la nave espacial de retorno a la Tierra en una órbita elíptica donde podrían estar expuestos a una radiación excesiva en los cinturones de Van Allen antes de la próxima oportunidad de reentrada.
- Desarrollo de la etapa de aterrizaje lunar, que tendría que hacer un aterrizaje de precisión con la cola primero en el lanzamiento del cohete.
- Desarrollo de la etapa de lanzamiento lunar, que no tenía capacidad de respaldo, por lo que debe ser extremadamente confiable y capaz de realizar un control automático en la superficie lunar, y capaz de poner a la tripulación en la órbita correcta para regresar a la Tierra.

2.1.1.3 Proyecto JSC Moon Base

En 1984, con el Space Shuttle (Hasan & Alshibli, 2010) en servicio, un equipo en el Centro Espacial Johnson hizo un estudio de factibilidad para el regreso a la Luna. Anticipó los estudios posteriores sobre el uso de la infraestructura planificada de la NASA: el Shuttle, un vehículo de elevación pesado derivado de Shuttle, una estación espacial y un vehículo de transferencia orbital, para construir una base lunar permanente de 18 tripulantes en algún momento entre 2005 y 2015.

El Space Shuttle debía haber transportado el módulo de aterrizaje lunar vacío de 21000 kilogramos y la carga útil a la estación espacial, donde se encontrarían con el módulo propulsor de 100 toneladas.

El primer objetivo fue la creación de un pequeño "campamento" tripulado de forma semipermanente en la superficie lunar en 2005-2006.

La NASA debía haber lanzado una estación espacial en órbita lunar en 2008-2009 para apoyar la creación de una base lunar permanentemente tripulada para 2009-2010.

Esta base de superficie operativa habría contenido una instalación minera ampliada, plantas piloto de procesamiento de materiales lunares y un laboratorio de investigación de agricultura lunar; La producción piloto de oxígeno y las instalaciones experimentales de minería habrían sido desembarcadas previamente.

2.1.1.4 Proyecto Lunar Outpost

Un Lunar Outpost es un concepto de la NASA sobre la presencia permanente o semi permanente de humanos en la Luna. La NASA ha solicitado en aumentar los fondos a 1.6 billones en 2020 para realizar una misión tripulada a la Luna, seguido de una presencia constante en 2028.

2.1.2 Programas soviéticos y rusos de colonización de la Luna

2.1.2.1 Base lunar Zvezda

El módulo de habitación principal de la base se entregaría primero a la Luna. (Wartenberg & Amadiou, 2002) Posteriormente se entregarían naves espaciales automáticas, incluido el rover Lunokhod, seguidas de una tripulación humana y más módulos. Para la seguridad de la tripulación, los módulos de habitación podrían haber sido cubiertos con regolito. Para permitir la exploración o el reposicionamiento de la base, es posible que los módulos de habitación se hayan instalado en el chasis de la rueda y se hayan acoplado múltiples para formar un tren móvil. La energía para la base habría sido proporcionada por baterías atómicas y un reactor nuclear.

Este proyecto fue ordenado por el jefe espacial soviético *Korolyov* al científico *Barmin*. El proyecto se llamó *DBL Lunar Base* en las especificaciones técnicas y *Zvezda* (Harvey, 2006) en los documentos del gobierno. De manera no oficial el proyecto se llamó *Barmingrad* por sus diseñadores. Se estudiaron diversos aspectos de la colonización lunar.

- Los objetivos de la base
- Un concepto sobre la construcción
- Pasos de la realización
- Equipamiento científico y construcción
- Posibles recambios militares

La unidad principal de la base era el módulo de la habitación. El plan consistía en 9 módulos separados. Los módulos tenían objetivos de control, laboratorio, vida, médicos y otros específicos. Cada módulo debía ser de 8.6 metros de longitud total y 3.3 m de diámetro y de 18 toneladas de peso. El módulo sería de 4.5 m de longitud inicial y se expendería hasta el tamaño real por un mecanismos de expansión y compresión de aire después del reparto.

El tren tenía una masa de 8 toneladas y sería operado por 4 cosmonautas y consistiría en módulos de remolque, vida, energía y perforación. El chasis de cada módulo tenía 8 ruedas con transmisión separada, cada una implementada en *Lunokhods* (un rover lunar soviético).

Los módulos de la base y el tren tenían 3 capas de protección contra micrometeoritos, calor y rayos ultravioleta. Entre las capas metálicas externa e interna había una espuma de poliestireno especial. El tren tenía un brazo manipulador que habría permitido la recolección de muestras de tierra sin el uso de trajes espaciales.

El agua habría sido extraída del suelo lunar por una reacción química. La oficina de *Lavochkin* (Schmidt, Slack, & O'Keefe, 2011) desarrolló, pero no probó una versión pequeña de dicha unidad. La base habría tenido una tripulación de 9 a 12.

El proyecto *Zvezda* no fue un programa separado sino parte del programa de expedición *N1-L3* para la década de 1970. Los primeros aterrizajes de cosmonautas se harían con el módulo de aterrizaje *LK Moon* de la nave espacial *L3*. (Skoog, Abramov, & Stoklitsky, 2002)

La realización del proyecto dependía de las partes clave del programa *N1-L3*: el lanzador superpesado *N-1*, cuyos 4 lanzamientos fallaron entre 1969 y 1972. Antes de la cancelación del programa Lunar tripulado soviético, el nuevo proyecto *N1F-L3M* fue propuesto para expediciones desde 1979 en adelante. Estos habrían tenido una duración más larga que los vuelos del *Apollo* y pueden haber llevado a la creación sucesora de la base lunar de *Zvezda* en la década de 1980. Además, se propuso entonces el nuevo Complejo Expedicionario Lunar *LEK* para el transporte a la Luna y la base lunar.

El nuevo jefe espacial soviético *Glushko* canceló el programa *N1-L3* en 1974, pero propuso el nuevo proyecto *Vulkan-LEK* para expediciones a la Luna, basado en un nuevo lanzador superpesado desarrollado por su oficina, pero este proyecto tampoco se realizó.

Las expediciones lunares y la construcción de una base lunar habrían requerido casi 50 mil millones de rublos (80 mil millones de dólares en 1997). (Harvey, 2006)

Todos los programas lunares soviéticos tripulados, incluida la base lunar de *Zvezda*, se habían clasificado como de alto secreto y solo se publicaron en la época *glasnost* desde 1990. Antes de este tiempo, la Unión Soviética negó oficialmente la existencia de estos programas, pero confirmó la existencia de cerca de la Tierra estaciones orbitales tripuladas y exploración de la Luna en naves espaciales robóticas. (Skoog, Abramov, & Stoklitsky, 2002)

2.1.2.2 Complejo Expedicionario Lunar

El Complejo Expedicionario Lunar *LEK* fue una expedición lunar y base lunar propuesta por *Valentin Glushko* en 1974 como respuesta soviética al programa *Apolo* de los Estados Unidos y como sucesor de la base lunar *Zvezda* que se basa en el programa cerrado de expedición lunar *N1-L3*. Si se implementó, se pretendía que fuera operativo en 1980 y se utilizara para la investigación científica y de ingeniería. (Siddiqi, 2001)

El proyecto *Vulkan-LEK* basado en el nuevo lanzador superpesado desarrollado en la oficina de *Glushko*.

El diseño de la base lunar consistió en una serie de módulos, (Harvey, 2006) que incluyen:

- *Lunokhod*, un rover lunar presurizado de 8 toneladas que se utilizará para construir la base y para las expediciones.
- El *LZM* (Módulo Laboratorio-Fábrica), un módulo presurizado de 15.5 toneladas que se utilizará para la producción de oxígeno y experimentos científicos.
- El *LZhM* (Módulo de habitación de laboratorio), módulo de habitación de 21.5 toneladas donde residían los cosmonautas.
- Una estación de energía nuclear para proporcionar electricidad.
- Un vehículo de transporte simple para transportar suministros hacia y desde una órbita lunar.

El proyecto fue cancelado en 1976 cuando la Academia de la Comisión de Ciencias destinó los recursos hacia proyectos añadiendo valor económico y restando el prestigio nacional.

2.1.2.3 Energía Lunar Expedition

Este proyecto fue iniciado por *Valentin Glushko* en 1988, cuyo objetivo era crear una base lunar usando el *Energia booster* (un cohete soviético). La base lunar iba a ser utilizada para recoger helio 3 de la superficie lunar. (Harvey, 2006)

2.1.2.4 Lunar Glob

Lunar Glob es un programa de exploración lunar desarrollado por una empresa muy cercana al gobierno, *Roscosmos*, para crear una base lunar robótica. Cuando fuese completado, el programa continuaría con tripulación en misiones lunares.

El programa se basa en planes que datan de 1997. Sin embargo, debido a la crisis financiera rusa de 1998, la primera misión del programa, el módulo de aterrizaje *Luna 25*, se suspendió, solo para ser revivida unos años más tarde. Inicialmente programado para su lanzamiento en 2012 por un cohete *Soyuz-2*, la primera misión se ha retrasado muchas veces, primero a 2014, luego a 2015 y 2016 y 2018 y 2019. *Roscosmos* aprobó un modelo del módulo de aterrizaje *Luna 25* en 2017. (Galimov, 2005)

A partir de septiembre de 2019, se planea lanzar *Luna 25* en 2021, *Luna 26* en 2024, *Luna 27* en 2025, *Luna 28* en 2025-2027, *Luna 29* en 2028 y *Luna 30* y *Luna 31* en 2030.

El programa *Luna-Glob* es una continuación del programa Luna de la Unión Soviética que envió al menos 24 orbitadores y aterrizadores entre 1959 y 1976 a la Luna, de los cuales quince tuvieron éxito. La última misión fue *Luna 24*, lanzada el 9 de agosto de 1976.

Inicialmente, la primera misión *Luna-Glob* (Rogatchevski, 2011) se planeó como orbitador con sensores de penetración en el suelo. Debían usarse cuatro penetradores de fabricación japonesa heredados del *Lunar-A*, cada uno de 45 kg, incluidos 14 kg para el penetrador propiamente dicho. Además, se planearon experimentos sísmicos, incluido el uso de cuatro penetradores, que golpearán la superficie lunar equipada para detectar señales sísmicas. Se espera que estos experimentos ayuden a aclarar el origen de la Luna. Se planea que dos de los penetradores aterricen cerca de los sitios de aterrizaje *Apollo 11* y *Apollo 12*, aprovechando los datos sísmicos reunidos allí desde 1969 hasta 1974. La carga útil del orbitador totalizará 120 kg e incluirá experimentos de astrofísica, monitores de polvo, sensores de plasma, incluida la carga útil de astronomía de LORD, diseñada para estudiar los rayos cósmicos de alta energía. (Mitrofanov, 2011)

Luna-Resurs (*Luna 27*) se planeó inicialmente como una misión conjunta de orbitador-rover (el orbitador debía ser el indio *Chandrayaan-2*) que habría presentado un ruso de 58 kg y un módulo de aterrizaje, como parte de la Red Lunar Internacional cancelada. Esta misión conjunta habría aterrizado en el polo sur de la Luna, examinaría un cráter y operaría por hasta un año. Debido a la pérdida del Fobos-Grunt en 2011, (Rogatchevski, 2011) que se planeó como una prueba para el sistema de aterrizaje, Rusia citó su incapacidad para proporcionar el módulo de aterrizaje y el vehículo explorador dentro del tiempo propuesto. Luego, India decidió desarrollar la misión lunar de forma independiente.

Se planeó en 2008 que *Luna-Glob*, un "campo de pruebas robótico", sería seguido por una base robótica, conocida en ruso como *Lunny Poligon*, o *Rango Lunar*, y esta base progresaría con la construcción de un edificio habitable que tendría varios componentes: estación de energía solar, estación de telecomunicaciones, estación tecnológica, estación científica, rover de investigación de largo alcance, área de aterrizaje y lanzamiento, y un satélite en órbita de telecomunicaciones.

3 Tratado del Espacio

3.1 Derecho espacial

3.1.1 Definición

El Derecho espacial es el conjunto de leyes que rigen las actividades relacionadas con el espacio, que abarca acuerdos, normas y principios internacionales y nacionales. Los parámetros de la ley espacial incluyen exploración espacial, responsabilidad por daños, uso de armas, esfuerzos de rescate, preservación ambiental, intercambio de información, nuevas tecnologías y ética. Otros ámbitos del Derecho, como el Derecho administrativo, el Derecho de propiedad intelectual, el Derecho de seguros, el Derecho ambiental, el Derecho penal y el Derecho comercial, también están integrados en el Derecho espacial.

3.1.2 Orígenes y desarrollo

El origen de Derecho espacial se remonta a 1919, con el derecho internacional reconociendo la soberanía de cada país sobre el espacio aéreo directamente sobre su territorio, que fue reforzado en la Convención de Chicago en 1944.

En Caltech en 1942, Theodore von Kármán y otros científicos de cohetes se unieron para formar la compañía de cohetes Aerojet con la ayuda del abogado Andrew G. Haley. Para brindar por la nueva corporación, Kármán dijo: "Ahora, Andy, haremos los cohetes; debes hacer la corporación y obtener el dinero. Más adelante tendrás que ver que nos comportamos bien en el espacio exterior. Después de todo, nosotros somos los científicos pero usted es el abogado, y debe decirnos cómo comportarnos de acuerdo con la ley y salvaguardar nuestra inocencia". (Haley, 1963) De hecho, veinte años más tarde Haley publicó el libro de texto fundamental, Ley espacial y gobierno. (Haley, 1963)

A partir de 1957 con la Carrera espacial, las naciones comenzaron a discutir sistemas para garantizar el uso pacífico del espacio exterior. Las discusiones

bilaterales entre los Estados Unidos y la URSS en 1958 dieron como resultado la presentación de cuestiones a la ONU para su debate. En 1959, la ONU creó la Comisión sobre los usos pacíficos del espacio ultraterrestre (COPUOS). COPUOS a su vez creó dos subcomités, el Subcomité Científico y Técnico y el Subcomité Jurídico. La Subcomisión de Asuntos Jurídicos de COPUOS ha sido un foro principal para el debate y la negociación de acuerdos internacionales relacionados con el espacio ultraterrestre.

En 1960, el Congreso Internacional de Astronáutica se reunió en Estocolmo y escuchó varias presentaciones, incluida una encuesta de opinión legal sobre jurisdicción extraterrestre realizada por Andrew G. Haley.

Resoluciones de la Asamblea General 1721 (XVI) y 1802 (XVII), ambas tituladas "Cooperación internacional en los usos pacíficos del espacio ultraterrestre", y la Resolución 1962 (XVIII), o una "Declaración de principios jurídicos que rigen las actividades de los Estados en la exploración y Uso del espacio exterior" se aprobó por unanimidad. Estos principios básicos formaron la base del Tratado del Espacio Ultraterrestre de 1963.

3.1.3 Tratados internacionales

Se han negociado y redactado cinco tratados internacionales en la COPUOS:

- Tratado del Espacio en 1967.
- Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre en 1968.
- Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales en 1972.
- Convenio sobre el registro de objetos lanzados al espacio Ultraterrestre en 1975.
- Acuerdo que gobierna las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes en 1979.

El Tratado del Espacio es el tratado más ampliamente adoptado con 104 miembros. El Tratado de rescate y convenio de registro son derivados del Tratado del Espacio. La ONU intentó con el Acuerdo Luna sustituir o complementar el Tratado del Espacio, sobre todo al elaborar las disposiciones del Tratado del Espacio con respecto a la apropiación de recursos y la prohibición de la soberanía territorial.

En este trabajo se analizarán el Tratado del Espacio y el Acuerdo Luna, los dos tratados que están más en contexto con la adquisición de propiedades y la soberanía territorial.

3.2 Tratado del Espacio

El Tratado del Espacio, es un acuerdo que sentó las bases del derecho espacial. Este Tratado surgió entre la firma de Estados Unidos, Reino Unido y la Unión Soviética el 27 de enero de 1967 y entró en vigor el 10 de octubre de dicho año.

Está formado por un conjunto de 17 artículos. Entre ellos prohíbe a los estados colocar armas de destrucción masiva en la órbita terrestre, instalarlas en la Luna o cualquier otro cuerpo celeste o colocarlas en el espacio exterior. Limita exclusivamente el uso de la Luna y otros cuerpos celestes para fines pacíficos y prohíbe expresamente su uso para probar armas de cualquier tipo, realizar maniobras militares o establecer bases militares. Esto último queda recogido en el artículo IV del tratado. Sin embargo, el tratado no prohíbe la colocación de armas convencionales en órbita, como el bombardeo cinético. El tratado también establece que la exploración del espacio ultraterrestre se realizará en beneficio de todos los países y que el espacio será libre para su exploración y uso por todos los estados.

El tratado prohíbe explícitamente a cualquier gobierno reclamar un recurso celestial como la Luna o un planeta. El artículo II del tratado establece que "el espacio ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, no está sujeto a apropiación nacional por reclamo de soberanía, por medio de uso u ocupación, ni por ningún otro medio". Sin embargo, el estado que lanza un objeto espacial conserva la jurisdicción y el control sobre ese objeto. El estado también es responsable por los daños causados por su objeto espacial. (Ramón Fernández, 2017)

Siendo principalmente un tratado de control de armas para un uso pacífico del espacio exterior, ofrece regulaciones insuficientes y ambiguas para actividades espaciales más nuevas como la minería lunar y de asteroides. Por lo tanto, queda bajo discusión si la extracción de recursos cae dentro del lenguaje prohibitivo de apropiación o si el uso abarca el uso comercial y la explotación. Buscando pautas más claras, las compañías privadas en los EEUU. Impulsaron al gobierno de los EEUU. Y legalizaron la minería espacial en 2015 al introducir la Ley de Competitividad de Lanzamiento Espacial Comercial de EEUU. De 2015. Legislaciones nacionales similares que legalizan la apropiación extraterrestre de recursos ahora están siendo replicadas por otras naciones, incluyendo Luxemburgo, Japón, China, India y Rusia. Esto ha creado una controversia sobre las demandas legales de minería con fines de lucro.

3.2.1 Artículos del Tratado del Espacio

A continuación se presenta un resumen de los artículos que conforman el Tratado del Espacio. (Dembling, 1967)

- **Artículo 1:** La exploración y el uso del espacio exterior, incluida la luna y otros cuerpos celestes, se llevarán a cabo en beneficio y en interés de todos los países, independientemente de su grado de desarrollo económico o científico, y serán competencia de toda la humanidad.
- **Artículo 2:** El espacio ultraterrestre, incluida la luna y otros cuerpos celestes, no está sujeto a la apropiación nacional por reclamo de soberanía, por medio de uso u ocupación, ni por ningún otro medio.
- **Artículo 3:** Los Estados Partes en el Tratado llevarán a cabo actividades de exploración y uso del espacio ultraterrestre, incluida la luna y otros cuerpos celestes, de conformidad con el derecho internacional, incluida la Carta de las Naciones Unidas, en aras de mantener la paz y la seguridad internacionales y Promover la cooperación y el entendimiento internacional.
- **Artículo 4:** Los Estados Partes en el Tratado se comprometen a no colocar en órbita alrededor de la tierra ningún objeto que lleve armas nucleares o cualquier otro tipo de armas de destrucción masiva, instalar tales armas en cuerpos celestes, o colocar dichas armas en el espacio ultraterrestre de cualquier otra manera. La luna y otros cuerpos celestes serán utilizados por todos los Estados Parte del Tratado exclusivamente con fines pacíficos. Se prohíbe el establecimiento de bases militares, instalaciones y fortificaciones, la prueba de cualquier tipo de armas y la realización de maniobras militares en cuerpos celestes. No se prohibirá el uso de personal militar para investigación científica o para cualquier otro propósito pacífico. El uso de cualquier equipo o instalación necesaria para la exploración pacífica de la luna y otros cuerpos celestes tampoco estará prohibido.
- **Artículo 5:** Los Estados Partes en el Tratado considerarán a los astronautas como enviados de la humanidad en el espacio ultraterrestre y les prestarán toda la asistencia posible en caso de accidente, angustia o aterrizaje de emergencia en el territorio de otro Estado Parte o en alta mar. Cuando los astronautas realicen dicho aterrizaje, serán devueltos de manera segura y rápida al estado de registro de su vehículo espacial.
- **Artículo 6:** Los Estados Partes en el Tratado tendrán la responsabilidad internacional de las actividades nacionales en el espacio ultraterrestre, incluida la luna y otros cuerpos celestes, ya sea que dichas actividades sean realizadas por agencias gubernamentales o por entidades no gubernamentales, y para asegurar que las actividades nacionales se

lleven a cabo en conformidad con las disposiciones establecidas en el presente Tratado. Las actividades de las entidades no gubernamentales en el espacio ultraterrestre, incluida la luna y otros cuerpos celestes, requerirán autorización y supervisión continua por parte del Estado Parte del Tratado correspondiente. Cuando las actividades se llevan a cabo en el espacio ultraterrestre, incluida la luna y otros cuerpos celestes, por una organización internacional, la responsabilidad del cumplimiento del presente Tratado correrá a cargo tanto de la organización internacional como de los Estados Parte del Tratado que participan en dicha organización.

- **Artículo 7:** Cada Estado Parte en el Tratado que lanza o procura el lanzamiento de un objeto al espacio exterior, incluida la luna y otros cuerpos celestes, y cada Estado Parte desde cuyo territorio o instalación se lanza un objeto, es internacionalmente responsable por daños a otro Estado Parte al Tratado o a sus personas naturales o jurídicas por dicho objeto o sus partes componentes en la Tierra, en el espacio aéreo o en el espacio exterior, incluida la luna y otros cuerpos celestes.
- **Artículo 8:** Un Estado Parte en el Tratado en cuyo registro se lleve un objeto lanzado al espacio ultraterrestre retendrá jurisdicción y control sobre dicho objeto, y sobre cualquier personal del mismo, mientras se encuentre en el espacio ultraterrestre o en un cuerpo celeste. La propiedad de los objetos lanzados al espacio exterior, incluidos los objetos aterrizados o construidos en un cuerpo celeste, y de sus partes componentes, no se ve afectada por su presencia en el espacio exterior o en un cuerpo celeste o por su regreso a la Tierra. Dichos objetos o componentes que se encuentren más allá de los límites del Estado Parte del Tratado en cuyo registro se encuentren serán devueltos a ese Estado Parte, que, previa solicitud, deberá proporcionar datos de identificación antes de su devolución.
- **Artículo 9:** En la exploración y el uso del espacio ultraterrestre, incluida la luna y otros cuerpos celestes, los Estados Partes en el Tratado se guiarán por el principio de cooperación y asistencia mutua y llevarán a cabo todas sus actividades en el espacio ultraterrestre, incluida la luna y otros cuerpos celestes, con el debido respeto a los intereses correspondientes de todos los demás Estados Partes en el Tratado. Los Estados Partes en el Tratado realizarán estudios sobre el espacio ultraterrestre, incluida la luna y otros cuerpos celestes, y realizarán una exploración de ellos para evitar su contaminación dañina y también cambios adversos en el medio ambiente de la Tierra como resultado de la introducción de materia extraterrestre y , en caso necesario, adoptará las medidas adecuadas a tal efecto. Si un Estado Parte en el Tratado tiene razones para creer que una actividad o experimento planeado por él o sus nacionales en el espacio ultraterrestre, incluida la luna y otros cuerpos celestes, causaría

interferencia potencialmente dañina con las actividades de otros Estados Parte en la exploración pacífica y El uso del espacio exterior, incluida la luna y otros cuerpos celestes, llevará a cabo consultas internacionales apropiadas antes de proceder con cualquier actividad o experimento. Un Estado Parte en el Tratado que tiene razones para creer que una actividad o experimento planeado por otro Estado Parte en el espacio ultraterrestre, incluida la luna y otros cuerpos celestes, causaría interferencia potencialmente dañina con actividades en la exploración pacífica y el uso del espacio ultraterrestre, incluyendo la luna y otros cuerpos celestes, pueden solicitar consultas sobre la actividad o el experimento.

- **Artículo 10:** A fin de promover la cooperación internacional en la exploración y el uso del espacio ultraterrestre, incluida la luna y otros cuerpos celestes, de conformidad con los propósitos de este Tratado, los Estados Partes en el Tratado considerarán sobre una base de igualdad cualquier solicitud de otros Estados Partes en el Tratado tendrán la oportunidad de observar el vuelo de los objetos espaciales lanzados por esos Estados.
- **Artículo 11:** Con el fin de promover la cooperación internacional en la exploración pacífica y el uso del espacio ultraterrestre, los Estados Partes en el Tratado que realizan actividades en el espacio ultraterrestre, incluida la luna y otros cuerpos celestes, acuerdan informar también al Secretario General de las Naciones Unidas como público y comunidad científica internacional, en la mayor medida posible y practicable, de la naturaleza, conducta, ubicación y resultados de tales actividades. Al recibir dicha información, el Secretario General de las Naciones Unidas debe estar preparado para difundirla de manera inmediata y efectiva.
- **Artículo 12:** Todas las estaciones, instalaciones, equipos y vehículos espaciales en la luna y otros cuerpos celestes estarán abiertos a los representantes de otros Estados Partes en el Tratado sobre una base de reciprocidad. Dichos representantes deberán notificar con anticipación razonable de una visita proyectada, a fin de que se realicen las consultas apropiadas y se puedan tomar las máximas precauciones para garantizar la seguridad y evitar interferencias con las operaciones normales en la instalación a visitar.
- **Artículo 13:** Las disposiciones de este Tratado se aplicarán a las actividades de los Estados Partes en el Tratado en la exploración y uso del espacio ultraterrestre, incluida la luna y otros cuerpos celestes, ya sea que un solo Estado Parte del Tratado realice estas actividades o conjuntamente con otros Estados, incluidos los casos en que se llevan a cabo en el marco de organizaciones intergubernamentales internacionales.

- **Artículo 14:** El presente Tratado estará abierto a la firma de todos los Estados. Cualquier Estado que no firme este Tratado antes de su entrada en vigor de conformidad con el párrafo 3 de este Artículo puede adherirse a él en cualquier momento.
- **Artículo 15:** Cualquier Estado Parte en el Tratado puede proponer enmiendas a este Tratado. Las enmiendas entrarán en vigencia para cada Estado Parte del Tratado que acepte las enmiendas una vez que sean aceptadas por la mayoría de los Estados Parte del Tratado y, posteriormente, para cada Estado Parte restante del Tratado en la fecha de su aceptación.
- **Artículo 16:** Cualquier Estado Parte en el Tratado puede notificar su retirada del Tratado un año después de su entrada en vigor mediante notificación escrita a los Gobiernos depositarios. Dicho retiro tendrá efecto un año después de la fecha de recepción de esta notificación.
- **Artículo 17:** El presente Tratado, cuyos textos en chino, español, francés, inglés y ruso son igualmente auténticos, se depositará en los archivos de los gobiernos depositarios. Los Gobiernos depositarios transmitirán copias debidamente certificadas de este Tratado a los Gobiernos de los Estados signatarios y adherentes.

3.2.2 Estados miembros

El Tratado del Espacio surgió debido a la firma de los Estados Unidos, Reino Unido y la Unión soviética el 27 de enero de 1967 y entró en vigor el 10 de octubre de 1967. En junio de 2019, 109 países han firmado y ratificado el Tratado, pero sin embargo 23 países han firmado pero no completaron la ratificación.

Un resumen de la incorporación de los distintos países al Tratado del Espacio está recogido en el siguiente sitio web (United Nations Office for Disarmament Affairs, 2020). Hay diversas fechas para las cuales los Estados miembros presentaron su firma según la ubicación, Londres, Moscú y Washington DC. También se indica si el Estado se convirtió en parte del Tratado mediante la firma y su posterior ratificación o mediante la sucesión de Estados después de la separación de alguna otra parte del Tratado.

4 Acuerdo Luna y adquisición de la propiedad

El Acuerdo que rige las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes (Acuerdo Luna) (United Nations: Office for Outer Space Affairs, 2020) es un tratado multilateral que convierte la jurisdicción de todos los cuerpos celestes a los países participantes: Por lo tanto las actividades se ajustarían al derecho internacional, incluida la Carta de las Naciones Unidas.

No ha sido ratificado por ningún estado que participe en vuelos espaciales humanos de lanzamiento propio o tenga planes de hacerlo (por ejemplo, Estados Unidos, la mayor parte de los estados miembros de la Agencia Espacial Europea, Rusia, República Popular de China y Japón) desde su creación en 1979, y por lo tanto tiene poca o ninguna relevancia en el derecho internacional. A partir de enero de 2019, 18 estados son partes del tratado.

4.1 Bases para la firma del Acuerdo

Antes de analizar el Acuerdo de la Luna hay que analizar la historia sobre la negociación del mismo.

Después de que se firmó el Tratado del Espacio en 1967, se siguió en 1968 con la convocatoria de las Naciones Unidas de UNISPACE, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Usos Pacíficos del Espacio Ultraterrestre. Fue la primera de una serie de conferencias patrocinadas por la ONU destinadas a crear un marco internacional de leyes para guiar el uso de los recursos del espacio ultraterrestre por parte de la humanidad. Sin embargo, los esfuerzos no fueron suficientes. (Wilson, Fordham Environmental Law Review, 2011)

Las negociaciones se extendieron durante 10 años más para crear en 1979 el Tratado de la Luna como un marco de leyes para desarrollar un régimen de procedimientos detallados, que era bastante impreciso como su artículo 11.5. Este artículo establece que la explotación de lo natural se regirá por un

régimen internacional que establecería los procedimientos apropiados. Para definir este régimen o leyes, se llevó a cabo una serie de conferencias patrocinadas por la ONU, pero no hubo consenso. El continuo desacuerdo se basa principalmente en el significado de "Patrimonio común de la humanidad" y en los derechos de cada país a los recursos naturales de la Luna. (Wilson, Fordham Environmental Law Review, 2011)

Los días 29 y 31 de julio de 1980, el Subcomité de Ciencia, Tecnología y Espacio, que era parte de la Comisión de Comercio, Ciencia y Transporte del Senado, celebró audiencias sobre el Tratado de la Luna. S. Neil Hosenball fue uno de los partidarios del tratado, e intentó comparar el Tratado de la Luna con los derechos mineros dentro de los Estados Unidos. Hosenball no tuvo éxito en su intento de convencer al comité de que Estados Unidos debería ratificar el Tratado de la Luna. La oposición, liderada por Leigh Ratiner de la Sociedad L-5, declaró que el Tratado de la Luna se oponía a los derechos de libre empresa y propiedad privada. Ratiner proporcionó una posible solución al Tratado de la Luna, y sugirió que debería haber reclamos legales a la Luna.

El último esfuerzo culminó en junio de 2018 después de ocho años de negociaciones, (Wilson, Fordham Environmental Law Review, 2011) cuando la Comisión de las Naciones Unidas sobre los usos pacíficos del espacio ultraterrestre (COPUOS) celebró una reunión de alto nivel que trató de lograr un consenso sobre un marco de leyes para desarrollo sostenible del espacio ultraterrestre, pero tampoco lo logró cuando S. Neil Hosenball, asesor general de la NASA y jefe negociador de Estados Unidos para el Tratado de la Luna, decidió que la negociación de las reglas del régimen internacional debería retrasarse hasta que se haya establecido la viabilidad de la explotación de los recursos lunares. (Beldavs, 2018)

Si no se pueden garantizar los derechos a los beneficios económicos, habrá poca o ninguna inversión privada. (O'Brien, 2018) Entonces, al buscar condiciones y pautas regulatorias más claras, (O'Brien, 2018) las compañías privadas en los EE. UU. Incitaron al gobierno de los EE. UU. Legislaciones nacionales similares que legalizan la apropiación extraterrestre de recursos ahora están siendo replicadas por otras naciones, incluyendo Luxemburgo, Japón, China, India y Rusia. (Senjuti, 2019) Si bien el tratado "nacional" permite explícitamente la minería comercial, otros expertos sostienen que estas nuevas leyes nacionales son incompatibles con el Tratado de la Luna y el derecho internacional consuetudinario. (Senjuti, 2019) Otros expertos afirman que el Tratado de la Luna sí permite la minería comercial, después de crear las regulaciones internacionales necesarias. Esto ha creado una controversia sobre las reclamaciones y los derechos mineros con fines de lucro.

Se observó que desde que se firmó el Tratado del Espacio Ultraterrestre de 1967, las tecnologías y la sociedad evolucionaron, lo que requiere una redefinición de los derechos y responsabilidades de los ciudadanos y los gobiernos por igual en el uso y desarrollo del espacio ultraterrestre. El objetivo principal declarado del Tratado de la Luna de 1979 es "proporcionar los principios legales necesarios para gobernar el comportamiento de los Estados, organizaciones

internacionales e individuos que exploran cuerpos celestes que no sean la Tierra, así como la administración de los recursos que la exploración puede producir". Propuso hacerlo haciendo que los Estados partes produjeran un "régimen internacional" que estableciera los procedimientos apropiados (Artículo 11.5).

4.1.1 Ratificación del Acuerdo Luna

El tratado se finalizó en 1979 y, después de cumplir la condición que requería de 5 estados participantes, entró en vigencia para las partes ratificantes en 1984. Desde enero de 2019, 18 Estados son partes del tratado, siete de los cuales ratificaron el acuerdo y el resto accedió. Cuatro estados adicionales han firmado pero no ratificado el tratado. La Sociedad L5 y otros se opusieron exitosamente a la ratificación del tratado por el Senado de los Estados Unidos.

En la Figura 4.1 se puede ver la lista de países que han ratificado el Acuerdo y son miembros (verde), la lista que lo han firmado (amarillo) y el resto de países que no lo han firmado (rojo)

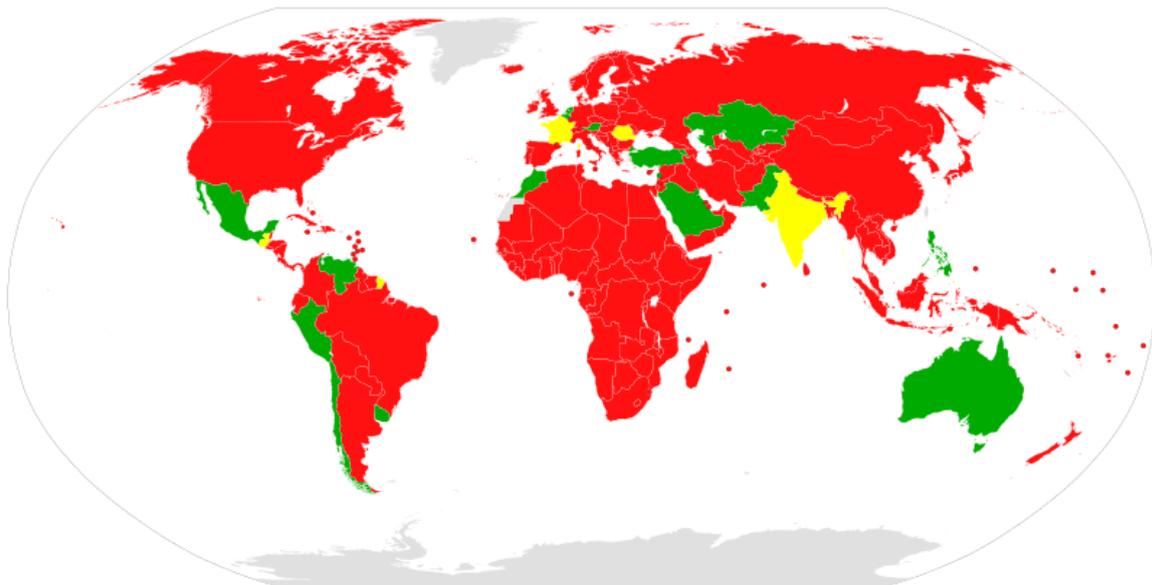


Figura 4.1 - Países que han ratificado el Acuerdo Luna. Fuente:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moon_Treaty_Participation.svg, consultada el 21 de marzo de 2020.

4.1.2 Disposiciones de la ley

El Tratado de la Luna propone establecer un "régimen internacional" o "marco de leyes" que se apliquen a la Luna y a otros cuerpos celestes dentro del Sistema Solar, incluidas las órbitas alrededor u otras trayectorias hacia ellos o alrededor de ellos. (Beldavs, 2018)

El Tratado de la Luna establece varias disposiciones esbozadas en 21 artículos (Nations, 2020). En el Artículo 1, el tratado declara que la Luna debe usarse en

beneficio de todos los estados y de todos los pueblos de la comunidad internacional. Reitera que los recursos lunares "no están sujetos a la apropiación nacional por reclamo de soberanía, por medio del uso u ocupación, o por cualquier otro medio". También expresa el deseo de evitar que la Luna se convierta en una fuente de conflicto internacional, por lo que los recursos deben utilizarse exclusivamente para fines pacíficos. Para esos fines, el tratado establece varias disposiciones, y algunas de ellas se desarrollan a continuación:

- Prohíbe cualquier uso militar de cuerpos celestes, incluyendo pruebas de armas, armas nucleares en órbita o bases militares. No se prohibirá el uso de personal militar para investigación científica o para cualquier otro propósito pacífico. (Artículo 3.4)
- Proporciona un marco de leyes para establecer un régimen de cooperación internacional, incluidos los procedimientos apropiados, para gobernar la explotación responsable de los recursos naturales de la Luna. (Artículo 11.5)
- Prohíbe alterar el equilibrio ambiental de los cuerpos celestes y exige que los estados tomen medidas para evitar la contaminación accidental de los ambientes de los cuerpos celestes, incluida la Tierra. (Artículo 7.1)
- El uso ordenado y seguro de los recursos lunares naturales con una distribución equitativa, por parte de todos los Estados miembros, de los beneficios derivados de esos recursos. (Artículo 11.7)
- La colocación de personal o equipo en la superficie del cuerpo celeste no creará un derecho de propiedad. (Artículo 11)
- Habrá libertad de investigación científica y exploración y uso en la Luna por cualquier parte firmante sin discriminación de ningún tipo. (Artículo 6) Se espera que las muestras obtenidas durante las actividades de investigación estén disponibles para la investigación en todos los países y comunidades científicas. (Artículo 6.2)
- Cualquier área o región que tenga un interés científico especial se designará como reserva científica internacional. (Artículo 7.3)
- Se deberá informar de inmediato a las Naciones Unidas y al público sobre cualquier fenómeno que pueda poner en peligro la vida o la salud humana, así como sobre cualquier indicio de vida extraterrestre. (Artículo 5.3)
- Los Estados firmantes del Acuerdo se asegurarán de que las entidades no gubernamentales bajo su jurisdicción participen en actividades en la Luna solo bajo la autoridad y supervisión continua del Estado firmante correspondiente. (Artículo 14)

- Todos los países informarán a las Naciones Unidas, así como al público, de sus actividades relacionadas con la exploración y el uso de la Luna. (Artículo 5)
- Cualquier estado que forme parte de este acuerdo puede proponer enmiendas al acuerdo. (Artículo 17)

Hay diferencias entre el Acuerdo Luna y el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, y son dos nuevos conceptos para abordar la explotación de los recursos naturales en el espacio ultraterrestre: aplicar el concepto de "patrimonio común de la humanidad" y tener a los países participantes producen un régimen que establece los procedimientos apropiados para la minería ordenada.

4.1.3 Estado legal

La imprecisión actual del acuerdo generó varias interpretaciones, y se cita como la razón principal por la que no fue ratificado por la mayoría de los países. (Tronchetti, 2017) El acuerdo fue ratificado por pocos países, lo que fue descrito como un fracaso (Listner, 2011) y sin resultados fructíferos. Solo India con capacidades de vuelo espacial independientes ha firmado (pero no ratificado) el tratado. Varios expertos en derecho espacial y economía creen que el tratado debería ofrecer disposiciones adecuadas contra cualquier compañía que adquiriera una posición de monopolio en el mercado mundial de minerales, evitando "la socialización de la Luna". (Nelson, 2010) Otro experto elogia el tratado como un marco legal germinal para desarrollar las leyes necesarias, en lugar de un conjunto completo de leyes detalladas.

El Tratado reitera la prohibición de la soberanía de "cualquier parte" del espacio, propone que la explotación de recursos se regirá por un régimen internacional (Artículo 11.5) (Nations, 2020), sin embargo, no se ha llegado a ningún consenso para establecer estas leyes. S. Neil Hosenball, asesor general de la NASA y jefe negociador de Estados Unidos para el Acuerdo Luna, sugirió en 2018 retrasar la negociación de las reglas de este régimen internacional hasta que se haya establecido la viabilidad de la explotación de los recursos lunares. Los problemas internacionales "probablemente" se resolverían durante el curso normal de la exploración espacial.

4.2 Formas de adquisición de la propiedad

Para analizar más en profundidad la legalidad de la apropiación de la Luna se va a analizar los distintos modos de adquisición de propiedades según el Código civil español.

El Artículo 609 del Código civil establece cuales son los modos de adquisición de una propiedad. Las distintas maneras de adquisición son (Comisión General de Codificación, 2020):

- Por ocupación
- Por la ley
- Por donación
- Por sucesión
- Por contratos a través de la tradición
- Por prescripción adquisitiva

4.2.1 Adquisición por ocupación

La parte del Código civil que resumen explica la adquisición por ocupación se recoge entre los Artículos 610 y 617. (Comisión General de Codificación, 2020)

Se adquieren por ocupación todos los bienes apropiables por su naturaleza que carecen de dueño, así como lo animales (objetos de caza o pesca), el tesoro oculto y las cosas muebles abandonadas. Sin embargo el derecho de la caza y pesca se rige por otro tipo de leyes.

Habrá que acudir al Artículo 351 si, la persona que por casualidad descubriese un tesoro oculto en propiedad ajena, para conocer el derecho sobre este tesoro. Y si el descubrimiento no fuera un tesoro y si un mueble, el descubridor debe restituirla a su anterior poseedor. Si este no fuera conocido, deberá entregarla la Alcalde del pueblo donde se hubiera realizado el hallazgo.

Si el hallazgo no pudiese conservarse sin deterioro o sin hacer gastos que disminuyan notablemente su valor, se venderá en subasta pública después de haber pasado 8 días desde el segundo anuncio sin haberse presentado el dueño, y se depositará su precio. Pasados dos años, a contar desde el día de la segunda publicación, sin haberse presentado el dueño, se adjudicará la cosa encontrada o su valor, al que la hubiese hallado. Tanto éste como el propietario estarán obligados, cada cual en su caso, a satisfacer los gastos. (Comisión General de Codificación, 2020)

Si el propietario se presentase a tiempo, estará obligado a abonar, a título de premio la décima parte de la suma o del precio de la cosa encontrada.

4.2.2 Adquisición por donación

La donación, definida por el Artículo 618 del Código civil, es el acto en que una persona dispone de un bien gratuitamente. El Artículo 619, realiza otra

acepción en el término de donación, es el bien que se le cede a una persona por sus méritos o por servicios prestados al donante sin que ello conlleve a una deuda exigible. (Comisión General de Codificación, 2020)

Sobre las personas que pueden realizar o recibir donaciones, en el Código civil se especifica que pueden realizar donaciones todos los que puedan contratar y disponer de sus bienes. Las donaciones se podrán aceptar por todos aquellos que no estén incapacitados por la ley.

Además las personas que no pueden contratar no podrán aceptar donaciones condicionales sin la intervención de sus representantes, esto excluye a las personas inhábiles, cuyas donaciones son nulas. Así como las donaciones realizadas a personas no nacidas pueden ser aceptadas por los que serían sus representantes.

Las donaciones de muebles se podrán hacer verbalmente o por escrito. La donación verbal requiere de la entrega inmediata del bien donado, es un requisito indispensable. Si esto no se cumpliera la donación debería ser por escrito.

La donación que se realice podrá comprender todos los bienes muebles del donante o lo necesario para vivir correspondiente a sus circunstancias y esa donación no podrá ser de bienes futuros que aún no sea propiedad del donante.

4.2.3 Adquisición por sucesión

El concepto de sucesión se refiere a ocupar el lugar que antes pertenecía a otra persona, y de manera especial, ingresar un heredero en lugar del fallecido. El heredero tendrá ciertas obligaciones en cuanto a los derechos y deberes del causante de dicha herencia.

La sucesión puede ser de dos tipos, (Faus, 2020) universal o particular. La universal se refiere a cuando una persona asume una gran cantidad de cosas en bloque sin necesidad de cumplimiento de formalidad alguna. Y la particular sería similar a la cesión de un crédito.

Independientemente de un tipo o de otro, la sucesión puede producirse como causa de la abdicación del titular de sus derechos, o por el fallecimiento de su titular.

La herencia está constituida por los derechos y obligaciones que deja una persona al morir, su patrimonio, que consta de una parte activa (bienes) y otra pasiva (deudas y obligaciones) (Comisión General de Codificación, 2020)

4.2.4 Adquisición de contratos mediante la tradición

Este tipo de adquisición se refiere en su mayoría a la compraventa, en el que una persona se obliga a entregar un bien a otra a cambio de un bien económico

o un signo que lo represente. Es de tipo consensual, bilateral y oneroso (Diputación Foral Bizkaia, 2020):

- Consensual: se produce por el acuerdo entre ambas partes.
- Bilateral: conlleva obligaciones recíprocas para ambas partes.
- Oneroso : supone una equivalencia de prestaciones entre comprador y vendedor.

4.2.5 Adquisición por prescripción adquisitiva

La prescripción adquisitiva o usucapión, puede definirse como la adquisición de una propiedad de manera continuada durante el tiempo y condiciones que fija la ley.

Pueden adquirir bienes por este medio las personas capaces para adquirirlos por los demás modos legítimos. Y los bienes susceptibles de prescripción deben estar en el comercio de los hombres (Artículo 1936 del Código civil).

Tradicionalmente se ha diferenciado entre dos tipos de usucapión:

- Usucapión ordinaria: si se posee con buena fe y a título justo según el Artículo 1940 del Código civil.
- Usucapión extraordinaria: si se posee sin necesidad de estos durante el plazo que determina la ley.

Al usucapiente (Moreno, 1972) no le afectan las limitaciones del anterior dueño y va a tener el derecho tal como venía siendo en el caso de la usucapión extraordinaria y tal como lo ha poseído en la ordinaria.

Que la usucapión sea pública exige que, desde el inicio de la posesión así como durante todo el tiempo de la misma se haga visiblemente y sin ocultación. Y se exige que la posesión sea ininterrumpida. El Código civil determina que una posesión se ve interrumpida para los efectos de la prescripción, natural o civilmente. La interrupción natural se produce por cualquier causa se cesa por un periodo de más de un año. La interrupción civil se produce por la citación judicial al poseedor. La citación judicial se considerará no válida:

1. Si fuera nula por falta de disposiciones legales.
2. Si la instancia caducase.
3. Si el poseedor fuese absuelto por la demanda.

La interrupción civil se produce también por el acto de conciliación y también por cualquier reconocimiento expreso que el poseedor hiciera del derecho del dueño. El principio básico de la usucapión lo establecen los artículos 462 y 1949

del Código civil. El primer artículo define que la posesión de las cosas inmuebles tiene sujeción a lo dispuesto por la Ley Hipotecaria. El segundo artículo establece que: “contra un título inscrito en el Registro de la Propiedad no tendrá lugar la prescripción ordinaria del dominio o derechos reales, en perjuicio de tercero, sino en virtud de otro título igualmente inscrito, debiendo empezar a correr el tiempo desde la inscripción del segundo” (Nations, 2020).

La figura del tercero hace referencia a la relación existente del contenido existente del propio Registro de la Propiedad y su ámbito. Este tercer implicado no puede verse afectado por los actos que no aparezcan en el Registro

La estimación del tiempo necesario para la prescripción tiene las siguientes reglas:

- El poseedor actual puede completar el tiempo necesario para la prescripción, uniendo al suyo el de su causante.
- Se presume que el poseedor actual, que lo hubiera sido en época anterior, ha continuado siéndolo durante el tiempo intermedio, salvo prueba en contrario.

El tiempo para realizar la prescripción por la posesión no interrumpida de los bienes muebles será de tres años con buena fe. Mientras que la prescripción del dominio de las cosas muebles será de seis años. La prescripción por la posesión de bienes inmuebles será de diez años entre presentes y veinte entre ausentes. (Artículo 1955 y 1957 del Código civil).

5 Titularidad de otros cuerpos celestes

A lo largo de la historia más cuerpos celestes han visto afectado su estado legal, a parte de la Luna. En este capítulo se mostrarán algunos ejemplos.

5.1 Impuesto del Sol en España

El impuesto del Sol no hace referencia a la titularidad del Sol explícitamente si no a utilizar la energía solar, que producirían los hogares de forma autónoma y con su propia instalación, para obtener beneficios económicos. Este impuesto surgió en octubre de 2015 que el nuevo gobierno derogó en 2018, por considerarlo injusto y abusivo.

El argumento utilizado para su creación fue la injusticia que supondría para el resto de consumidores que los autoconsumidores no pagasen por el mantenimiento del sistema, ya que si se enganchasen a la red para cuando no hubiera sol pudieran seguir recibiendo energía, deberían contribuir a su mantenimiento. Este argumento no convenció a muchos y sus opositores consideraron que era un impuesto para que las eléctricas no perdieran dinero. Esta materia llegó hasta el Tribunal Supremo, que desestimó la demanda ya que consideró que no existía dicho impuesto del sol, si no que era un impuesto para mantener el sistema. Este impuesto no afectaba a la mayoría de hogares españoles, ya que estaban exentos los grupos de hasta 10 kilovatios de potencia contratada. Se asegura que esto provocaba que la gente no auto consumiese por miedo a posibles ampliaciones de la ley. (Ledo, 2020)

El día 5 de octubre de 2018 se derogó finalmente esta ley y se pasaba a reconocer el derecho a autoconsumir energía eléctrica sin cargos, y al autoconsumo compartido. Eso permitiría tener toda la cubierta llena de placas solares si no se tiene sitio en casa.

5.2 Titularidad del Sol

Ángeles Durán, la mujer gallega que se considera a sí misma como la dueña del Sol (gracias a un documento notarial) llevó a los tribunales a eBay porque ha bloqueado la venta de parcelas de la estrella del Sistema Solar. Este bloqueo se debe a que la empresa de Luxemburgo considera que se trata de un bien intangible, algo que Ángeles niega ya que los rayos del Sol se pueden “tocar y se sienten”.

Antes de que se llevará a cabo el bloqueo, la “dueña” del Sol llevo a cabo su primer objetivo de vender 100 parcelas, comenzando la venta 1 euro y sin poner objeción a su venta ya que el envío es 100% gratuito y sin restricciones. Todas las parcelas están numeradas así que no cabe la posibilidad de que dos personas compren el mismo terrero de la estrella. Los compradores recibirán un certificado que les garantiza la propiedad de dicha zona del Sol. (EFE, 2020)

Ángeles recibió la idea de Dennis Hope, actualmente el “propietario de la luna”, que se dedica a la venta de parcelas en el satélite.

Conclusiones

Hay que poner en claro tres situaciones para comprender completamente la situación actual y futura de la Luna y sus recursos.

Es necesario estudiar con detenimiento el Acuerdo Luna de 1979, explicado en el capítulo 4 del presente trabajo. Es parcialmente cierto que la pregunta clave de como este Acuerdo planeó hacer cumplir el principio del Patrimonio Común de la Humanidad no se responde completamente, pero obvio hacer hincapié en el mismo texto del tratado (artículo 11) que un sistema similar al que rige el área de los fondos marinos se tiene que establecer tan pronto como sea posible para la explotación futura de los recursos lunares. Una autoridad lunar y una empresa lunar funcionarían en el mismo contexto que el régimen del área de los fondos marinos profundos; un sistema paralelo de explotación destinado a distribuir las ganancias de los recursos naturales de la Luna.

Uno de los principales problemas que existen es que solo 18 países han firmado y ratificado el Acuerdo Luna y ninguna de los principales países con capacidad espacial se ha unido al Acuerdo. Hasta día de hoy el Tratado de la Luna no es una fuente legal y válida relacionada con la Luna y sus recursos. El documento pasaría a ser un documento legal y válido en el derecho internacional cuando las verdaderas naciones que tienen capacidad espacial firmen y ratifiquen el Acuerdo. Por lo tanto para efectos jurídicamente vinculantes debe abordarse el Tratado del Espacio Ultraterrestre de 1967, el cual ha sido firmado y ratificado por un gran número de países incluidos aquellos que tienen una gran capacidad espacial.

Todo esto conduce al segundo punto necesario para comprender el estado legal de la Luna. Como se señaló, los defectos del Tratado del Espacio Ultraterrestre son varios y hay una gran falta de desarrollo en muchos de ellos. La ausencia de una definición adecuada de “provincia humana”, una idea de primitiva del patrimonio común de la humanidad, hace que este concepto sea confuso y abierto a diferentes interpretaciones. Además el Tratado no reconoce el hecho de que los esfuerzos privados también pueden participar en la exploración espacial (tal vez el ejemplo más claro de la actualidad es SPACE X), y solo se dirige a los partidos estatales y las organizaciones intergubernamentales internacionales sin la opción de construir una autoridad para tratar estos asuntos. Surgen dos escenarios del hecho de que el tratado del Espacio es el marco legal en todos los temas en los que la Luna está involucrada:

- 1) Un país procede a realizar satisfactoriamente la extracción de helio-3 y, sin tener en cuenta el principio de “provincia humana”, mantiene las ganancias para sí mismo.
- 2) Una empresa privada, que no es una entidad válida según la ley espacial, lleva a cabo un proyecto de extracción que no está subordinado a ninguna autoridad que no sea su propio gobierno.

Es por esto que el Tratado del Espacio Ultraterrestre es, con mucho, un marco menos que ideal para la Luna y sus recursos, al menos en lo que concierne al principio del patrimonio común de la humanidad.

A pesar de todo, tanto el Acuerdo Luna de 1979 como el Tratado del Espacio Ultraterrestre de 1967 son hitos importantes en el futuro de la ley espacial. Sin embargo, todo esto conduce al tercer punto, relacionado con la aplicación práctica de estos marcos. Es cierto que el futuro de la humanidad no está restringido a la superficie de nuestro propio planeta. Es natural pensar que la Luna es solo nuestro próximo destino, pero no debería ser el último. Algún día, los trabajos realizados en la redacción de ambos cuerpos jurídicos se volverán esenciales para un mayor desarrollo del derecho internacional del espacio. Todavía hay mucho trabajo por hacer para desarrollar una forma eficiente de prospeccionar la Luna.

La cuestión de que el Patrimonio Común de la Humanidad sea una figura legal ideal para la Luna y sus recursos dependerá en gran medida de la situación geopolítica del mundo. Solo cuando las nuevas tecnologías estén disponibles, los países se verán obligados a abordar esta situación legal. Sin embargo, parece probable que se espere una colaboración de los estados debido a la enorme cantidad de recursos que probablemente se requieren para los esfuerzos de minería a gran escala en la Luna. Debido al potencial del helio-3 como fuente de energía, es realmente en interés de toda la humanidad que se respeten plenamente los principios del patrimonio común de la humanidad.

Presupuesto

Finalidad y consideraciones

Esta sección tiene como finalidad mostrar los gastos que puede llevar la realización de un trabajo de fin de master de esta índole. Estos gastos incluyen los costes de materiales y recursos humanos empleados. La moneda utilizada es el euro (EUR). Se aplicarán las tarifas vigentes o si no se realizaría una estimación.

Desglose de costes

Los costes asociados a la investigación bibliográfica.

	Tiempo (h)	Coste Unitario (€/h)	Coste Total (€)
Estudiante	120	12	1440

Tabla 1 - Costes sobre la búsqueda de información

Los costes asociados al desplazamiento del autor son los siguientes.

	Tiempo (h)	Coste Unitario (€/h)	Coste Total (€)
Viajes a Valencia	4	20	80

Tabla 2 - Costes asociados a los desplazamientos

Seguidamente se calculan los costes asociados a la redacción por parte del trabajo como a la lectura y revisiones del mismo por el tutor del trabajo.

	Tiempo (h)	Coste Unitario (€/h)	Coste Total (€)
Estudiante	250	14	3500
Tutor TFM	10	30	300
Total			3800

Tabla 3 - Costes asociados a la redacción del trabajo y su posterior revisión

Por último se tiene en cuenta el equipo y electricidad utilizados a la hora de elaborar el trabajo.

	Tiempo (h)	Coste Total (€)
Electricidad	370	6
Ordenador	370	650
Total		656

Tabla 4 - Costes asociados al material utilizado

Para finalizar se adjunta una tabla resumen que recoge todo lo anterior. Con esto se calcula el coste bruto y justamente después se calcularía el coste total neto y el -IVA del total de los productos.

	Investigación	Desplazamiento	Redacción	Material	Total bruto
Coste (€)	1440	80	3800	656	5976

Tabla 5 - Coste total bruto

La siguiente tabla representa el coste total neto del trabajo.

	Total bruto (€)	IVA (21%) (€)	Total neto (€)
Coste (€)	5976	1254.96	7230.96

Tabla 6 - Coste total neto

Bibliografía

Allen, C. C. (1996). Oxygen extraction from lunar soils and pyroclastic glass. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 101, 26085-26095.

Anand, M. C.-P. (2012). A brief review of chemical and mineralogical resources on the Moon and likely initial in situ resource utilization (ISRU) applications. *Planetary and Space Science*, 42-48.

Anand, M. T. (2014). Understanding the origin and evolution of water in the Moon through lunar sample studies. In *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematica* (p. 372). Physical and Engineering Sciences.

Anders, E. (1970). Water on the moon? *Science*, 1309-1310.

Anderson, J., Sjogren, W., & Schubert, G. (1996). Galileo gravity results and the internal structure of Io. *Science*, 272(5262), 709-712.

Beldavs, V. (2018). *Simply fix the Moon Treaty*. Riga: The Space Review.

Biesbroek, R. (2000). Ways to the Moon. *European Space Agency Bulletin*, 92-99.

Burchell, M., Robin-Williams, R., & Foing, B. (2010). The SMART-1 lunar impact. *Icarus*, 207(1), 28-38.

Carberry Mogan, S., Kurzrok, A., Anand, A., Ben Hamida, S., Buhler, P., Crews, D., . . . others. (2017). 2017 Caltech Space Challenge-Lunarport: Lunar Extraction for Extraterrestrial Prospecting (LEEP). *AIAA SPACE and Astronautics Forum and Exposition*, (p. 5375).

Comisión General de Codificación. (2020, Febrero 17). *iberley*. Retrieved from Los modos de adquirir la propiedad: <https://www.iberley.es/temas/modos-adquirir-propiedad-60245>

Comisión General de Codificación. (2020, Febrero 18). *iberley*. Retrieved from TITULO I. DE LA OCUPACIÓN: https://www.iberley.es/legislacion/real-decreto-24-julio-1889-publica-codigo-civil-7499513?ancla=118668#ancla_118668

Comisión General de Codificación. (2020, Febrero 18). *iberley*. Retrieved from TITULO II. DE LA DONACIÓN: <https://www.iberley.es/legislacion/real-decreto-24-julio-1889-publica-codigo-civil-7499513/23>

Comisión General de Codificación. (2020, Febrero 18). *iberley*. Retrieved from TITULO III. DE LAS SUCESIONES: <https://www.iberley.es/legislacion/real-decreto-24-julio-1889-publica-codigo-civil-7499513/24>

Crawford, I. (2015). Lunar resources: A review. *Progress in Physical Geography*, 39(2), 137-167.

Criswell, D. (2002). Solar power via the moon. *Industrial Physicist*, 12-15.

Curd, P. (2010). *Anaxagoras of Clazomenae: fragments and testimonia: a text and translation with notes and essays*. Toronto: University of Toronto Press.

David, L. (2015). Is Moon Mining Economically Feasible? *Space.com*.

David, L. (2020, Enero 15). *Space.com*. Retrieved from Moon Mining Could Actually Work, with the Right Approach: <https://www.space.com/moon-mining-space-exploration-report.html>

Dembling, P. G. (1967). The evolution of the outer space treaty. *Journal of Air Law and Commerce*, 419-456.

Dietlein, L. F. (1977). *Skylab: a beginning*. Houston: NASA.

Diputación Foral Bizkaia. (2020, Febrero 20). *Gure Gid*. Retrieved from ¿Cómo se adquiere la propiedad de bienes inmuebles?: https://www.bizkaia.eus/ogasuna/faq/faq_detalle.asp?idregistro=900001129&Idioma=CA&Tem_Codigo=4935&IdEtiquetaBuscar=317&pant=listado

Eckart, P., & others. (1999). *Lunar base handbook*. McGraw-Hill Primis Custom Pub.

Edit, M. (1995). *Colonization of the Moon*.

EFE. (2020, Marzo 12). *El Mundo*. Retrieved from La gallega 'dueña' del sol lleva a eBay a los tribunales por bloquear la venta de parcelas del astro rey.: <https://www.elmundo.es/espana/2015/06/03/556f1ebb268e3ea7438b4580.html>

Faus, M. (2020, Febrero 18). *v|lex Información jurídica inteligente*. Retrieved from Concepto y clases de sucesión: <https://practicos-vlex.es/vid/concepto-clases-sucesion-657250033>

Feinman, M. (2013). *Mining the final frontier: keeping Earth's asteroid mining ventures from becoming the next gold rush*. Pittsburgh: Pittsburgh Journal of Technology Law & Policy.

Foing, B. V. (1999). Lunar Explorers Society: Goals and Activities. *Earth, Moon, and Planets*, 533-538.

Galimov, E. M. (2005). Luna-Glob project in the context of the past and present lunar exploration in Russia. *Journal of earth system science*, 40-50.

- Goswami, J. (2009). *Chandrayaan-1: India's first planetary science mission to the moon*. Current science.
- Goswami, J., & Annadurai, M. (2011). Chandrayaan-2 mission. *Lunar and Planetary Science Conference*, 42, p. 2042.
- Graves, C. A. (1972). *Apollo experience report: Mission planning for Apollo entry*. Washington DC: NASA.
- Gruener, J. E. (2019). *The Lunar Northwest Nearside: The Prize is Right Before Your Eyes*. Londres: LPI Contributions.
- Haley, A. (1963). *Space Law and Government*. Tacoma: Appleton-Century-Crofts.
- Hardwick, R. (2020, Febrero 15). *Vice*. Retrieved from Dennis M. Hope es el dueño de la luna desde 1980 porque él lo dice: <https://www.vice.com/es/article/yv574m/ive-owned-the-moon-since-1980>
- Harvey, B. (2006). *Soviet and Russian lunar exploration*. Nueva York: Springer Science & Business Media.
- Hasan, A., & Alshibli, K. (2010). Discrete element modeling of strength properties of Johnson Space Center (JSC-1A) lunar regolith simulant. *Journal of Aerospace Engineering*, 23(3), 157-165.
- Hillje, E. R. (1967). *Entry flight aerodynamics from Apollo mission AS-202*. NASA.
- Howie, R. A. (1992). *An introduction to the rock-forming minerals*. Nueva York: Longman.
- Huang, J. (2013). *The ginger-shaped asteroid 4179 toutatis: New observations from a successful flyby of Chang'e-2*. Pekín: Scientific reports.
- J. Álvarez, R. (2020, Febrero 5). *Jenaro, el dueño de la Luna*. Retrieved from El Mundo: <https://lab.elmundo.es/hombre-en-la-luna/derecho-espacial.html>
- Johnson, J. R. (1991). Remote sensing of potential lunar resources: 1. Near-side compositional properties. *Journal of Geophysical Research: Planets*,, 96-100.
- Johnson, S., & Leonard, R. (1985). Evolution of concepts for lunar bases. *Lunar bases and space activities of the 21st century*, (p. 47).
- Kern, H. (1874). *The Aryabhatiya: with the commentary Bhatadipika of Paramadigvara*. Londres: EJ Brill.
- Kulcinski, G. L. (1992). Fusion Power from Lunar Resources. *Fusion Technology*, 2221-2229.
- Langermann, Y. (1985). The Book of Bodies and Distances of Habash al-Hās\=\\ib. *Centaurus*, 28(2), 108-128.

Ledo, S. (2020, Marzo 02). *elPeriódico*. Retrieved from La breve historia del 'impuesto al sol': <https://www.elperiodico.com/es/mas-innovacion/20181017/la-breve-historia-del-impuesto-al-sol-7093609>

Listner, M. (2011). The Moon Treaty: failed international law or waiting in the shadows? *The Space Review*, 25-28.

Logsdon, J. M. (2010). John F. Kennedy and the Race to the Moon. In J. M. Logsdon, *In John F. Kennedy and the Race to the Moon* (pp. 223-244). Nueva York: Palgrave Macmillan.

Longshaw, N. (2018). *Franz von Paula Gruithuisen (1774-1852) and the 'Lost City in the Moon*. Munich: Journal of the British Astronomical Association.

Mackwell, S. J. (2019). *Lunar ISRU 2019: Developing a New Space Economy Through Lunar Resources and Their Utilization*. Columbia: Maryland.

Mankins, J. C. (2001). Space solar power: a major new energy option? *Journal of Aerospace Engineering*, 38-45.

Marchand, P. B. (2013). Progress of the LUNEX5 Project. *Proceedings of SRF2013*, (pp. 133-136). Paris.

Marvin, U. B. (1989). Cordierite-spinel troctolite, a new magnesium-rich lithology from the lunar highlands. *Science*, 925-928.

McKay, D. &. (1996). Hydrogen reduction of lunar materials for oxygen extraction on the moon. *Aerospace Sciences Meeting and Exhibit*, (p. 488). Reno.

Medeiros, C. A. (2017). Transforming natural resources into industrial advantage: the case of China's rare earths industry. *Brazilian Journal of Political Economy*, 504-526.

Mitrofanov, I. G. (2011). Science Program of Lunar Landers of "Luna-Glob" and "Luna-Resource" Missions. *Lunar and Planetary Science Conference*, 25-31.

Monitor, T. S. (2007). *Lunar Dirt Factories? A look at how regolith could be the key to permanent outposts on the moon*. Londres: The Space Monitor.

Moreno, A. M. (1972). *Posesión y usucapión: estudio de la posesión que conduce a la usucapión en el Código civil español*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Nations, U. (2020, Febrero 25). *Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies*. Retrieved from United Nations - Office for Outer Space Affairs: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/moon-agreement.html>

Needham, J. (1986). Mathematics and the Sciences of the Heavens and Earth. Science and Civilization in China. *Caves Books*.

- Nelson, T. G. (2010). The Moon Agreement and Private Enterprise: Lessons from Investment Law. *Journal of International & Comparative Law*, 16-20.
- O'Brien, D. (2018). Why it's a bad idea to weaken the Moon Treaty. *Space Review*, 50-62.
- Ordway III, F., Sharpe, M., & Wakeford, R. (1988). Project Horizon: An early study of a lunar outpost. *Acta Astronautica*, 17(10), 1105-1121.
- Phinney, W., & Criswell, D. (1977). Lunar resources and their utilization. *3rd Conference on Space Manufacturing Facilities*, (p. 537).
- Pillinger, C. T. (1977). *The chemistry of carbon in the lunar regolith. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences.*
- Pop, V. (2001). The men who sold the Moon: science fiction or legal nonsense? *Space Policy*, 17(3), 195-203.
- Pop, V. (2001). *The men who sold the Moon: science fiction or legal nonsense?* Space Policy.
- Pop, V. (2008). *Who owns the moon?: extraterrestrial aspects of land and mineral resources ownership* (Vol. 4). Springer Science & Business Media.
- Prado, M. (1998). *Permanent Projects to Employ Resources of the Moon and Asteroids Near Earth in the Near Term*. Bangkok: Fong Tong Enterprise Company.
- Ramón Fernández, F. (2017). *Derecho Espacial Teoría y Prácticas*. Valencia: Tirant lo Blanch.
- Rogatchevski, A. (2011). Space Exploration in Russian and Western Popular Culture. In A. Rogatchevski, *In Soviet Space Culture* (pp. 251-265). Londres: Palgrave Macmillan.
- Sargeant, M. (2019). Experimental Development And Testing Of The Reduction Of Ilmenite For A Lunar ISRU Demonstration With PROSPA. *50th Lunar and Planetary Science Conference*, (p. 4). Londres.
- Schmidt, L., Slack, K., & O'Keefe. (2011). *Space Flight Resource Management for ISS Operations*. Anchorage: NASA .
- Schramm, M. (1964). Ibn al-Haythams Weg zur Physik. In J. J. Toomer, *Islamic & Related Cultures* (pp. 463-470). The University of Chicago Press Journals: Chicago.
- Senjuti, M. (2019). If space is 'the province of mankind', who owns its resources? *The Observer Research Foundation*, 42-46.
- Shavers, M., Zapp, N., Barber, R., Wilson, J., Qualls, G., Toupes, L., . . . Cucinotta, F. (2004). Implementation of ALARA radiation protection on the ISS

through polyethylene shielding augmentation of the Service Module Crew Quarters. *Advances in Space Research*, 34(6), 1333-1337.

Shyldkrot, H., Shmidt, E., Geron, D., & Kronenfeld, J. (2019). The First Commercial Lunar Lander Mission: Beresheet. *Astrodynamics Specialist Conference* (p. 13). Portland: AAS.

Siddiqi, A. A. (2001). Rocket Engines from the Glushko Design Bureau-1946-2000. *Journal of the British Interplanetary Society*, 56-60.

Skoog, A. I., Abramov, I. P., & Stoklitsky, A. Y. (2002). The Soviet-Russian space suits a historical overview of the 1960's. *Acta Astronautica*, 45-50.

Snapp, A. T. (2012). *Planning a Lunar Base Exhibit Design Contest*. Worcester: Worcester Polytechnic Institute.

Swinyard, B., & Nakagawa, T. (2009). The space infrared telescope for cosmology and astrophysics: SPICA A joint mission between JAXA and ESA. *Experimental Astronomy*, 23(1), 193.

Taylor, G., & Martel, L. (2003). Lunar prospecting. *Advances in Space Research*, 31(11), 2403-2412.

Taylor, L., Jerde, E., McKay, D., Gibson, M., Knudsen, C., & Kanamori, H. (1993). Production of O₂ on the Moon: A lab-top demonstration of ilmenite reduction with hydrogen. *Lunar and Planetary Science Conference*, 24.

Tronchetti, F. (2017). *Current International Legal Framework Applicability to Space Resource Activities*. Viena: Space Law Symposium .

United Nations Office for Disarmament Affairs. (2020, Febrero 25). Retrieved from Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies: http://disarmament.un.org/treaties/t/outer_space

United Nations: Office for Outer Space Affairs. (2020, Febrero 25). Retrieved from Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/intromoon-agreement.html>

Urey, H. C. (1967). Water on the Moon. *Nature*, 216, 216.

van der Krogt, P., & Ormeling, F. (2014). Michiel Florent van Langren and lunar naming. *Els noms en la vida quotidiana. Actes del XXIV Congrés Internacional d'ICOS sobre Ciències Onomàstiques. Annex*, 1851-1868.

Wartenberg, H., & Amadiou, P. (2002). ATv: Rendezvous with ISS. *On Station*, 11, 17-19.

William, L. (1997). *Fundamentals of Geophysics*. Cambridge: Cambridge: Cambridge University Press.

Wilson, J. (2011). *Fordham Environmental Law Review*. Berkeley: The Berkeley Electronic Press.

Wilson, J. (2011). Regulation of the Outer Space Environment Through International Accord: The 1979 Moon Treaty. In *Fordham Environmental Law Review*.

Índice de figuras

Figura 1.1 - Luna 2. <https://www.indiatoday.in/education-today/gk-current-affairs/story/luna2-340963-2016-09-14>, consultado el 3 de marzo de 2020. ... 13

Figura 1.2 - Cráteres lunares. <http://www.astronoo.com/es/articulos/crateres-de-la-luna.html>, consultado el 3 de marzo de 2020. 15

Figura 1.3 - Primera imagen de la cara oculta de la Luna realizada por la sonda Luna 3. Fuente: <https://www.europapress.es/ciencia/misiones-espaciales/noticia-cumplen-60-anos-primeras-fotos-cara-oculta-luna-20191007112255.html>, consultado el 15 de febrero de 2020. 16

Figura 1.4 - Apollo 11. <https://actualidad.rt.com/actualidad/321229-manual-apollo-11-venderse-millones-dolares> , consultado el 3 de marzo de 2020. 17

Figura 1.5 - Space Shuttle. <https://www.space.com/11363-nasa-space-shuttle-replacement-30-years-anniversaries.html>, consultado el 9 de marzo de 2020 18

Figura 1.6 - Cohete Chandrayaan-2. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-49071239>, consultado el 7 de marzo de 2020. 20

Figura 1.7 - Localización del hielo descubierto cerca de los polos de la Luna. <https://www.rtve.es/noticias/20180821/existencia-agua-luna-demostrada-pruebas-directas-primera-vez/1782282.shtml>, consultado el 9 de marzo de 2020 23

Figura 2.1 - Jenaro Gajardo Vera con el documento que le acredita como dueño de la Luna. Fuente: <https://www.mundotkm.com/cl/virales/100161/la-increible-historia-de-jenaro-gajardo-el-chileno-que-se-convirtio-en-el-legitimo-dueno-de-la-luna>. Consultado el 15 de febrero de 2020. 28

Figura 2.2 - Documento que certificó la propiedad de la Luna. <https://lab.elmundo.es/hombre-en-la-luna/derecho-espacial.html>, consultado el 9 de marzo de 2020..... 29

Figura 2.3 -Título de propiedad del fragmento lunar. Fuente: <https://www.vice.com/es/article/yv574m/ive-owned-the-moon-since-1980>. Consultado el 15 de febrero de 2020. 30

Figura 2.4 - Plano de la nave espacial LUNEX. Fuente: https://www.wikiwand.com/en/Lunex_Project, consultada 15 de febrero de 2020 33

Figura 4.1 - Países que han ratificado el Acuerdo Luna. Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moon_Treaty_Participation.svg, consultada el 21 de marzo de 2020. 48