



COLECCIÓN

¿CÓMO FUNCIONA?

¿CÓMO FUNCIONA EL ESPACIO?

Juan Guillermo Rivera Berrío



DESCUBRE
LO DESCONOCIDO



EXPLORA
SIN LÍMITES



COMPRENDE
EL UNIVERSO



INSPIRA
EL FUTURO

iCartesiLibri

¿Cómo funciona el espacio?

Juan Guillermo Rivera Berrío

Fondo Editorial RED Descartes



Córdoba (España)

2026

¿Cómo funciona el espacio?

Autor:

Juan Guillermo Rivera Berrío

Código JavaScript para el libro: [Joel Espinosa Longi](#), [IMATE](#), UNAM.
Recursos interactivos: [DescartesJS](#), [Herramientas de IA](#), ChatGPT y Gemini.

Fuentes: [Lato](#) y [UbuntuMono](#)

Imagen de portada: ilustración generada por GPT Image 2

Red Educativa Digital Descartes

Córdoba (España)

descartes@proyectodescartes.org

<https://proyectodescartes.org>

Proyecto iCartesiLibri

<https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/index.htm>

ISBN: 978-84-10368-56-9



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons 4.0 internacional: Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual.

Tabla de contenido

Prefacio	4
Introducción	7
¿Cómo funciona una estrella?	10
¿Cómo funciona una galaxia?	18
¿Cómo funciona un agujero negro?	28
¿Cómo funciona una nebulosa?	36
¿Cómo funciona una misión espacial?	44
¿Cómo funciona un telescopio espacial?	52
¿Cómo funciona un traje espacial?	60

Prefacio

Comprender el mundo comienza con una pregunta sencilla, pero profundamente poderosa: **¿cómo funciona?** Desde la curiosidad de un niño que observa el cielo por primera vez hasta el interés de un estudiante o un investigador por descubrir las leyes que gobiernan el universo, esa pregunta ha impulsado algunos de los mayores avances de la humanidad.

Este libro hace parte de la colección **¿Cómo funciona?**, una serie de obras concebidas para acercar el conocimiento científico y tecnológico a lectores de todas las edades mediante explicaciones claras, rigurosas y visualmente atractivas. Cada volumen de la colección explora un tema específico, descomponiéndolo en sus principios fundamentales para mostrar, paso a paso, los procesos que hacen posible el funcionamiento de los fenómenos que nos rodean.

En esta ocasión, el protagonista es el espacio: un escenario inmenso donde nacen y mueren estrellas, evolucionan galaxias, se forman nebulosas, viajan las misiones espaciales y operan algunos de los instrumentos científicos más extraordinarios construidos por el ser humano. A lo largo de estas páginas descubrirás cómo funcionan estos fascinantes elementos del cosmos, apoyándote en explicaciones accesibles, ilustraciones de alta calidad, animaciones, simulaciones y recursos interactivos que enriquecen la experiencia de aprendizaje.

Más que un libro tradicional, esta obra ha sido concebida como un libro digital interactivo, en el que el lector puede explorar conceptos mediante escenas dinámicas desarrolladas con tecnologías educativas modernas, complementadas con recursos de inteligencia artificial y materiales multimedia. Este enfoque permite transformar la lectura en una experiencia activa, favoreciendo la comprensión de conceptos

que, en muchas ocasiones, resultan difíciles de visualizar únicamente con texto.

La colección **¿Cómo funciona?** tiene como propósito despertar la curiosidad, fomentar el pensamiento científico y demostrar que los fenómenos más complejos pueden comprenderse cuando se explican de manera ordenada, visual y cercana. Cada capítulo responde a una pregunta concreta, construyendo un recorrido que invita a explorar, experimentar y descubrir.

Esperamos que este libro no solo responda muchas de tus preguntas sobre el universo, sino que también despierte otras nuevas. Porque la ciencia avanza gracias a quienes nunca dejan de preguntar **cómo funciona** el mundo que los rodea.

Bienvenido a este viaje por el universo y a la colección **¿Cómo funciona?**, donde cada página es una invitación a descubrir el fascinante mecanismo que hace posible nuestro mundo y todo lo que existe más allá de él.

Juan Guillermo Rivera Berrío

2026

¿CÓMO FUNCIONA EL ESPACIO?

El espacio no es vacío: es un sistema dinámico que sostiene galaxias, estrellas, planetas y la vida misma.



1 NATURALEZA

El espacio-tiempo es el tejido del universo.

- Une todo lo que existe.
- Puede curvarse.
- Se expande.



2 EXPANSIÓN

El universo se expande desde el Big Bang.

- Más galaxias.
- Más distancia.
- Más tiempo.



3 FUERZAS FUNDAMENTALES

Las fuerzas gobiernan el comportamiento cósmico.

- Gravedad
- Electromagnetismo
- Nuclear fuerte
- Nuclear débil

¿POR QUÉ IMPORTA?

Entender el espacio es entender nuestro origen, nuestro presente y nuestro futuro.

- Búsqueda de vida.
- Tecnología e innovación.
- Exploración sin límites.

4 CUERPOS CELESTES



Estrellas, planetas, lunas y asteroides interactúan.

- Órbitas estables.
- Gravedad mutua.
- Sistemas dinámicos.

5 MATERIA Y ENERGÍA



La materia forma estructuras; la energía las transforma.

- Estrellas nacen.
- Estrellas mueren.
- Ciclos cósmicos.

6 RADIACIÓN CÓSMICA



La radiación viaja por el espacio transportando información y energía.

- Luz de estrellas lejanas.
- Rayos cósmicos.
- Señales del Big Bang.



7 EXPLORACIÓN HUMANA

Observamos, exploramos y descubrimos.

- Telescopios avanzados.
- Misiones espaciales.
- Nuevos horizontes.

DATOS RÁPIDOS



EDAD DEL UNIVERSO

13.800
millones de años



TAMAÑO OBSERVABLE

93.000
millones de años luz



GALAXIAS CONOCIDAS

+2
billones



TEMPERATURA CÓSMICA

2,7 K
(-270,45 °C)



VELOCIDAD DE EXPANSIÓN

68 km/s/Mpc
constante de Hubble

COMPARATIVAS CÓSMICAS



TIERRA

12.742 km
diámetro



SOL

1.392.700 km
diámetro



VÍA LÁCTEA

100.000
años luz



UNIVERSO OBSERVABLE

93.000
millones de años luz

ESCALA DEL ESPACIO



Introducción



Figura 1. Introducción

Desde los albores de la humanidad, la inmensidad estrellada que se desplegaba sobre nuestras cabezas ha sido fuente de asombro, misterio y una insaciable curiosidad. Hemos levantado la vista hacia la bóveda celeste y nos hemos preguntado: ¿qué es este vasto océano oscuro salpicado de luces parpadeantes? ¿Cómo se formó? ¿Qué leyes rigen su funcionamiento? Desentrañar los secretos del espacio es embarcarse en un viaje épico a través de la

ciencia, la física y la imaginación, un camino que nos lleva desde las partículas subatómicas hasta las estructuras cósmicas más colosales.

El espacio, en su concepción más elemental, no es un vacío absoluto, sino un lienzo tridimensional, el escenario donde se desarrollan todos los fenómenos del universo. Es el lugar donde las galaxias danzan, las estrellas nacen y mueren, y los planetas trazan sus órbitas. Para comprender su funcionamiento, debemos primero abrazar la idea de que está gobernado por principios fundamentales, leyes que, hasta donde sabemos, son universales. Una de las fuerzas más influyentes y que define gran parte de la estructura del cosmos es la **gravedad**.

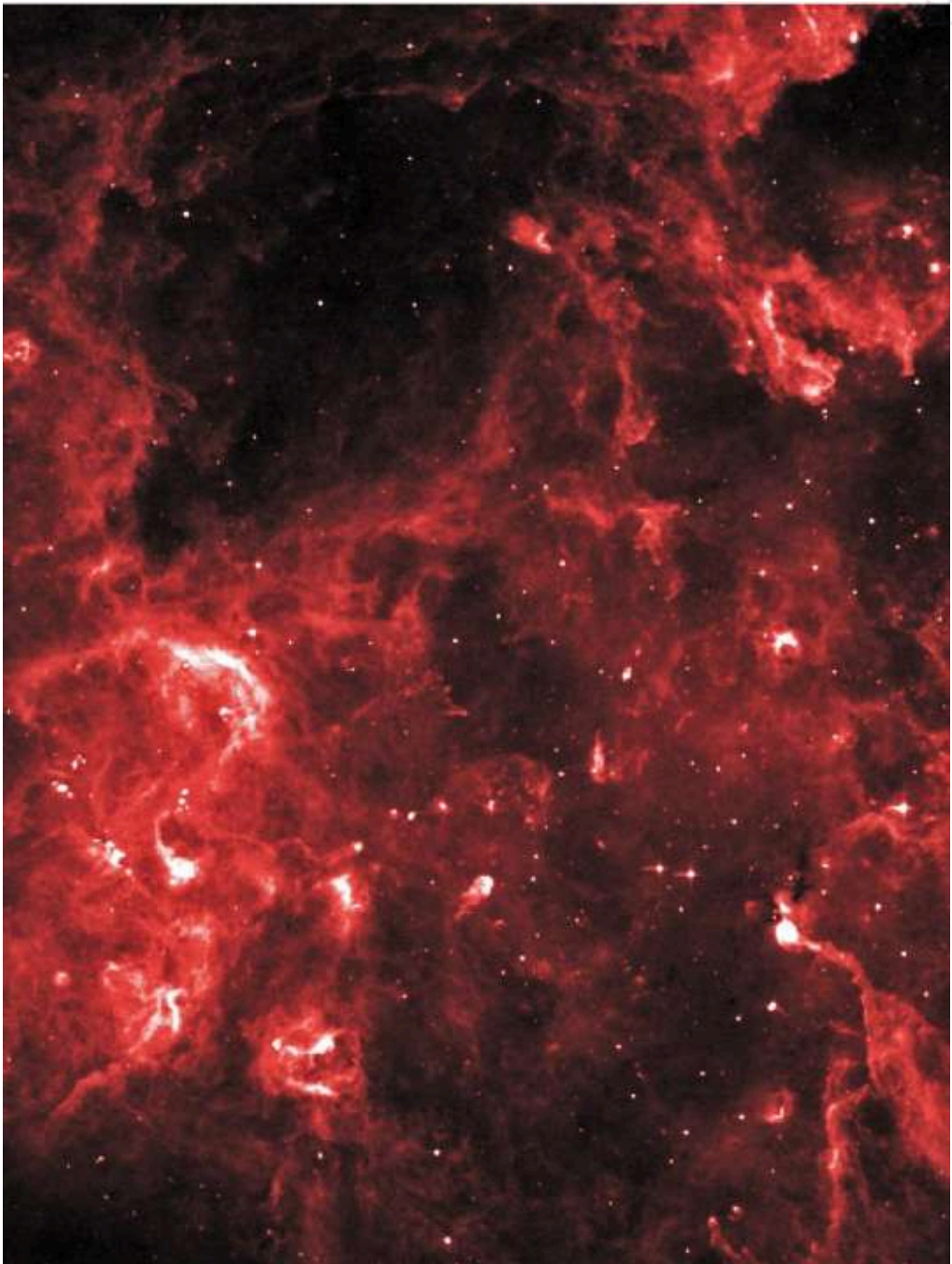
La gravedad, esa fuerza invisible que nos mantiene aferrados a la Tierra y que dicta el movimiento de los astros, se describe de manera elocuente a través de la teoría de la relatividad general de Albert Einstein. Esta revolucionaria visión nos presenta la gravedad no como

una fuerza en el sentido tradicional, sino como una **deformación del espacio-tiempo** causada por la presencia de masa y energía. Imagina una sábana tensa sobre la que colocas una bola pesada; la sábana se hunde, y cualquier objeto más pequeño que rueda cerca de ella seguirá la curvatura, simulando la atracción gravitatoria.

$$G_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

Esta ecuación, conocida como las **ecuaciones de campo de Einstein**, es el corazón de la relatividad general. Nos dice que la geometría del espacio-tiempo (representada por el lado izquierdo de la ecuación) está determinada por la distribución de materia y energía (representada por el lado derecho). En términos sencillos, la materia le dice al espacio-tiempo cómo curvarse, y el espacio-tiempo le dice a la materia cómo moverse. Comprender estas ecuaciones es crucial para entender cómo funcionan las órbitas planetarias, la formación de agujeros negros e incluso la expansión del propio universo.

Además de la gravedad, otras fuerzas fundamentales como el **electromagnetismo** y las fuerzas nucleares (fuerte y débil) también juegan roles vitales en el funcionamiento del espacio a diferentes escalas. La luz que nos llega de las estrellas es un fenómeno electromagnético, y los procesos que ocurren en el interior de las estrellas, como la fusión nuclear, están gobernados por las fuerzas nucleares. A medida que exploramos el espacio, desentrañamos la interconexión de estas fuerzas y cómo interactúan para dar forma a la increíble diversidad de fenómenos que observamos en el cosmos.



Cygnus X alberga muchas agrupaciones estelares jóvenes ([NASA](#)).

¿Cómo funciona una estrella?

Las estrellas son gigantescas esferas de gas, principalmente hidrógeno y helio, que brillan intensamente debido a procesos nucleares que ocurren en su núcleo. Imagina un horno cósmico donde la presión y la temperatura son tan extremas que los átomos de hidrógeno chocan y se fusionan para formar átomos de helio. Este proceso, conocido como **fusión nuclear**, libera una enorme cantidad de energía en forma de luz y calor.



Figura 2. Así funciona una estrella.

LAS ESTRELLAS SON GIGANTESCAS ESFERAS DE GAS



COMPOSICIÓN

- Hidrógeno y Helio principalmente.



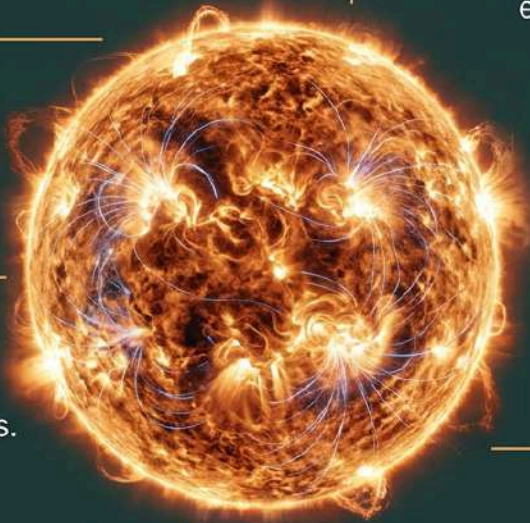
FUENTE DE ENERGÍA

- Fusión Nuclear en el núcleo.



TAMAÑO

- Enormes, mucho más grandes que planetas.



CICLO DE VIDA

- Desde Nebulosas hasta Supernovas o Enanas Blancas.



TEMPERATURA Y COLOR

- Las más calientes son azules, las más frías rojas.



#F4A460



#2F4F4F



#FFFFFF



Figura 3. Las estrellas son gigantescas esferas de gas.

Esta energía viaja desde el núcleo de la estrella hacia su superficie, tardando miles o incluso millones de años en hacerlo. Una vez en la superficie, la energía se irradia al espacio, lo que percibimos como la luz de las estrellas. La cantidad de energía liberada se rige por la famosa ecuación de Einstein, que relaciona la masa y la energía:

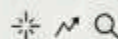
$$E = mc^2$$

donde E es la energía, m es la masa convertida y c es la velocidad de la luz.

La **fusión nuclear** en el núcleo de una estrella sigue una serie de reacciones. El proceso principal para estrellas como nuestro Sol se conoce como la **cadena protón-protón**. En ella, cuatro núcleos de hidrógeno (protones) se combinan gradualmente para formar un núcleo de helio. Durante este proceso, una pequeña cantidad de masa se convierte en energía, según la ecuación de Einstein, que luego es liberada.

LA FUSIÓN EN EL NÚCLEO DE LA ESTRELLA

CLEANIA EDITORIAL



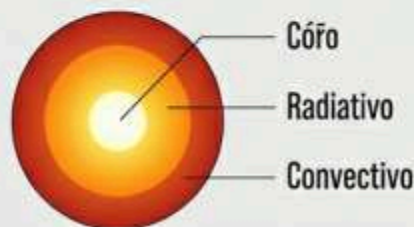
Cadena Protón-Protón



Efectos de la Fusión

- ⚡ Creación de energía
- ☀ Estabilidad de la estrella

Estructura Estelar



NUCLEAR E UNA ESTRELLA



La **presión gravitatoria** que tiende a colapsar la estrella hacia adentro se contrarresta por la **presión de radiación** generada por la energía de la fusión nuclear. Este delicado equilibrio entre la gravedad y la presión de radiación es lo que mantiene a una estrella estable durante miles de millones de años, brillando constantemente. Sin embargo, cuando una estrella agota su combustible nuclear, este equilibrio se rompe, dando lugar a diferentes destinos evolutivos.

COMPARATIVO: ESTRELLA ROJA

ELEMENTO A Estrella Roja

ANATOMÍA

Tamaño y Volumen



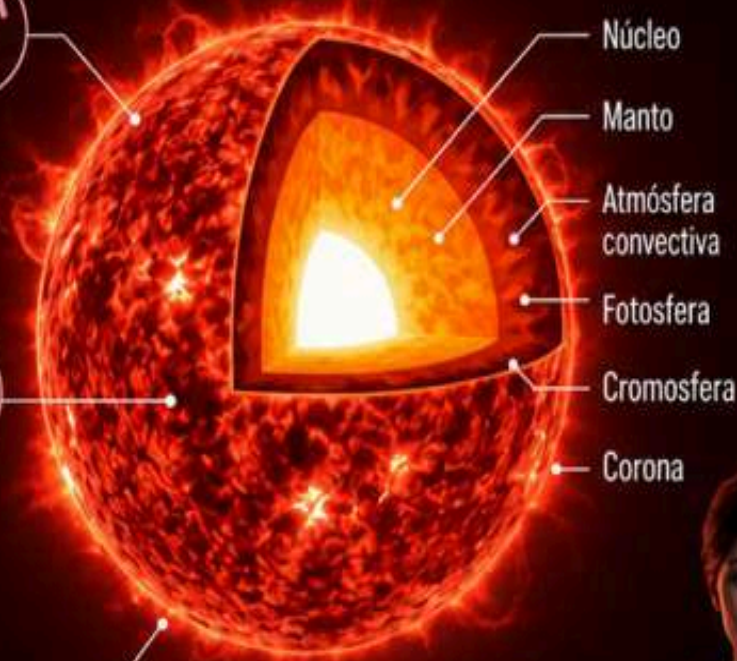
Comparar con el Sol, tomando como referencia el tamaño y volumen del Sol.

Temperatura

Es una estrella fría en comparación con el Sol (aprox. 3.000 K).

Estado Evolutivo

Se encuentra en una etapa evolutiva avanzada, como una gigante roja o supergigante.



ELEMENTO A

Estrella Roja

Temperatura	Tempe
Mayor	Ma
Muy grande	Ra
Millones - miles de millones de años	Vida
Hidrógeno, helio y elementos pesados	Compo
	Cuando



Ambos tipos de estrellas representan etapas diferentes en la vida estelar.

JA Y ESTRELLA ENANA BLANCA

ELEMENTO B

Enana Blanca

ANATOMÍA



Densidad Excepcional

Un remanente estelar extremadamente denso con muy alto peso específico (densidad comprimida).



Brillo y Composición

La luminosidad disminuye y su composición es principalmente carbono y/o oxígeno.



Origen

Remanente de una estrella que fue de baja a media masa en su etapa principal.

ELEMENTO B

Enana Blanca

Temperatura = 20.000 - 100.000 K

Tamaño Menor

Edad Muy pequeño

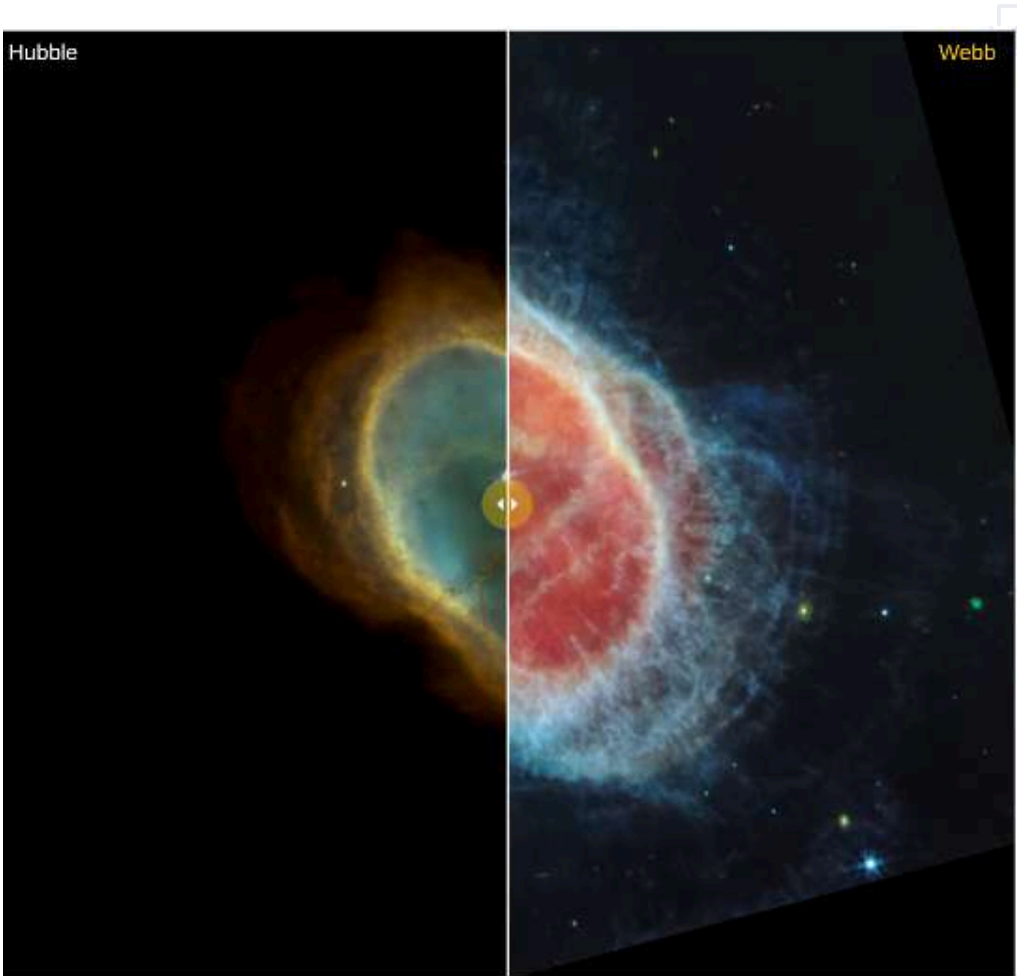
Vida útil Miles de millones de años

Composición Carbono y oxígeno

telar y aportan elementos clave para comprender la evolución del universo.

El final de una estrella agonizante

La siguiente escena interactiva, diseñada con DescartesJS, permite apreciar una estrella tenue en el centro de la nebulosa Anillo del sur (NGC 3132).



En la siguiente página presentamos la constelación de Orión mostrando en el centro una alineación perfecta de tres supergigantes azules brillantes (Las Tres Marías): Alnitak (ζ Orionis), Alnilam (ϵ Orionis) y Mintaka (δ Orionis).



¿Cómo funciona una galaxia?

Las galaxias son vastos conglomerados de estrellas, gas interestelar, polvo cósmico y materia oscura, unidos por la **fuerza de gravedad**. Imagina un océano cósmico donde cada estrella es un pequeño faro, y el espacio entre ellas, aunque parezca vacío, está lleno de materia difusa y misteriosa. Nuestro Sol, por ejemplo, es solo una de los cientos de miles de millones de estrellas que componen nuestra propia galaxia, la Vía Láctea. La gravedad es el arquitecto principal de estas estructuras colosales, atrayendo todo hacia un centro común y definiendo sus formas y movimientos.



LAS GALAXIAS SON VASTOS CONGLOMERADOS

1



¿QUÉ SON?

Inmensos sistemas de estrellas, gas, polvo y materia oscura unidos por la gravedad.



3

FORMACIÓN

Nacen de nubes primordiales de gas y polvo tras el Big Bang, evolucionando durante miles de millones de años.



2

TIPOS DE GALAXIAS

Se clasifican en **espirales**, **elípticas**, **lenticulares** e **irregulares** según su forma.



Spiral



Elíptical



Irregular

4

SISTEMA SOLAR

VÍA LÁCTEA

Nuestra galaxia, una espiral barrada que contiene el Sistema Solar, con unos 100-400 mil millones de estrellas.

5



CÚMULOS Y SUPER CÚMULOS

Las galaxias se agrupan en vastas estructuras a gran escala a lo largo del Universo.

Figura 5. Las galaxias son vastos conglomerados.

La mayoría de las galaxias se clasifican en tres tipos principales según su forma: **espirales**, **elípticas** e **irregulares**. Las galaxias espirales, como la nuestra, tienen brazos curvos que se extienden desde un bulbo central. Las elípticas son más redondeadas y carecen de estructuras definidas en espiral, y las irregulares, como su nombre indica, no presentan una forma regular discernible. Esta diversidad morfológica se debe a factores como la historia de formación de la galaxia, las colisiones con otras galaxias y la cantidad de gas y polvo disponibles para la formación estelar.

El movimiento dentro de una galaxia es fascinante. Las estrellas no están estáticas; orbitan alrededor del centro galáctico. Sin embargo, la velocidad a la que las estrellas giran en los bordes de una galaxia es sorprendentemente alta, mucho mayor de lo que cabría esperar si solo consideramos la materia visible. Esta discrepancia llevó a los científicos a postular la existencia de la

CLASIFICACIÓN DE LAS GALAXIAS

Organizar galaxias por su morfología y estructura



ELÍPTICAS (E)

- Forma elipsoidal
- Sin estructura interna visible
- Poco gas y polvo
- Estrellas viejas

ESPIRALES

- Disco plano
- Bulbo central
- Brazos espirales
- Formación de estrellas
- Normales (S)

- Brazos plano y jovenes
- Estrellas poco y polvo

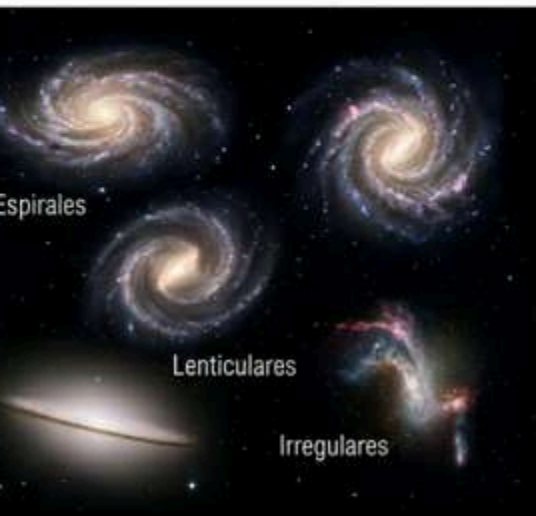
LENTICULARES (SO, SBO)

- Bulbo y disco sin brazos definidos
- Transición entre elípticas y espirales

IRREGULARES

- Sin forma definida
- Caóticas por colisiones
- Ricas en gas y estrellas jóvenes

DE LAS GALAXIAS ALAXIAS



(S, SB)

- o y giratorio
- al
- irales desarrollados
- estelar activa
- Barradas (SB)

Disco plano y giratorio

Brazos blue jóvenes

RES (Irr)

- definida ni simétrica
- interacciones
- as y
- venas

materia oscura, una sustancia invisible que ejerce gravedad pero no interactúa con la luz.

La distribución de masa en una galaxia, que incluye tanto la materia bariónica (la materia ordinaria de la que estamos hechos) como la materia oscura, dicta las velocidades orbitales. Si consideramos una galaxia con una distribución de masa que solo incluye las estrellas y el gas visible, las velocidades orbitales v de las estrellas a una distancia r del centro se predecirían según la ley de gravitación universal. Sin embargo, las observaciones indican que la curva de rotación galáctica, que grafica la velocidad orbital frente a la distancia, no decae como se esperaría.

De hecho, las curvas de rotación de las galaxias sugieren que la masa está distribuida de manera mucho más extendida de lo que se ve. La **materia oscura** parece formar un halo masivo que rodea la parte visible de la galaxia. La influencia de este halo de materia oscura es crucial para mantener unidas a las galaxias y explicar sus movimientos a gran escala.

NGC 7678, una galaxia con un brazo particularmente prominente, ubicada aproximadamente a 164 millones de años luz de distancia en la constelación de Pegasus
25 de marzo de 2021



Siguiente

La ecuación de movimiento de una estrella en órbita, considerando la gravedad total, podría ser conceptualmente representada por la segunda ley de Newton aplicada a un sistema gravitatorio complejo, donde la fuerza gravitatoria total F_g es la suma de las contribuciones de la materia visible y la materia oscura.

$$\sum F_g = ma$$

Donde F_g es la fuerza gravitatoria dominante que causa la aceleración a de la estrella.

La comprensión de cómo funciona una galaxia es, en gran medida, un estudio de la **gravedad** en acción, manifestada a escalas cósmicas monumentales, donde la materia visible solo es una fracción de la realidad gravitacional.

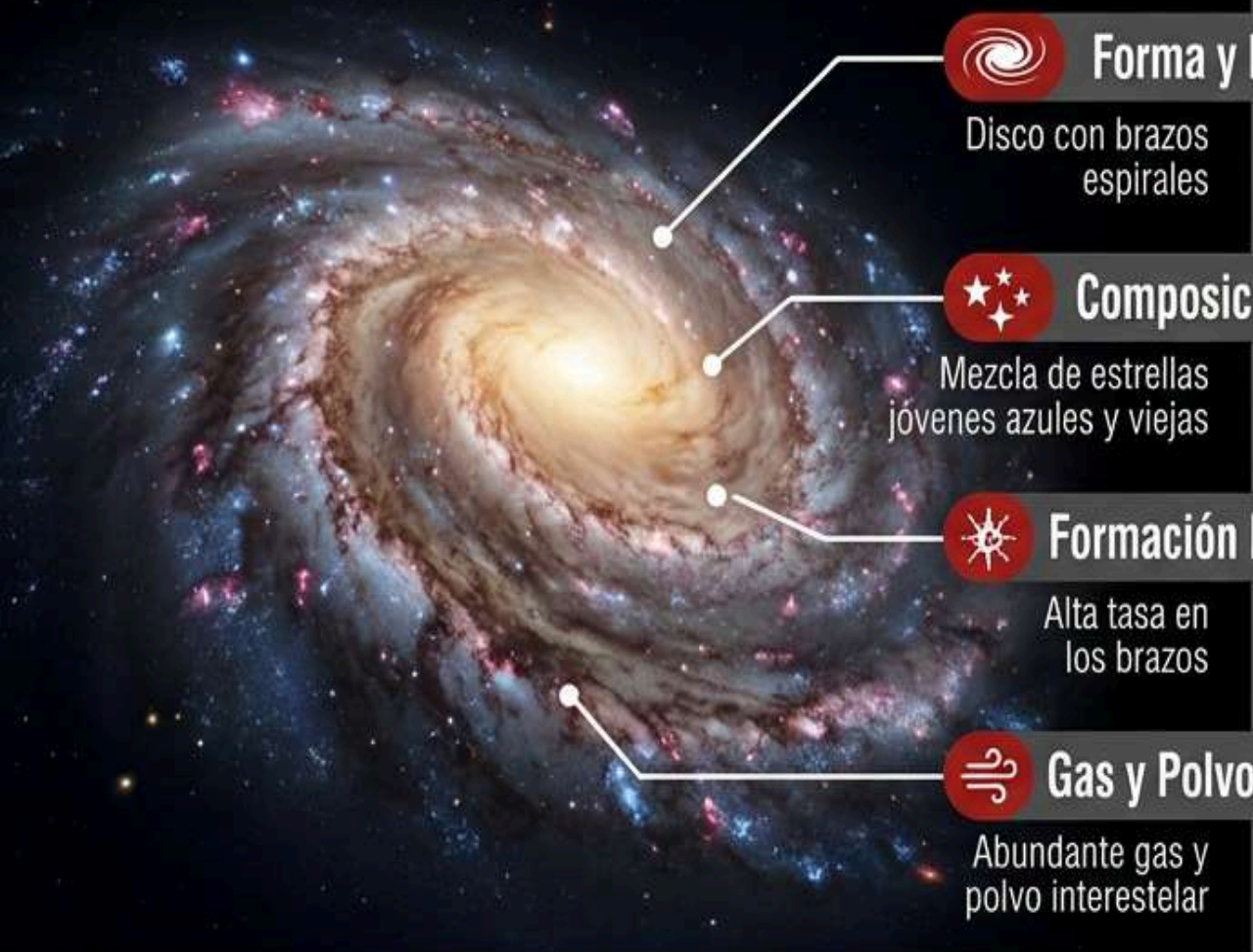


Figura 6. NGC 4414, una típica galaxia espiral en la constelación Coma Berenices.

COMPARATIVO

Galaxia espiral y galaxia elíptica

Elemento A: Galaxia Espiral



Forma y

Disco con brazos
espirales



Composic

Mezcla de estrellas
jóvenes azules y viejas



Formación

Alta tasa en
los brazos



Gas y Polvo

Abundante gas y
polvo interestelar

Color Paleta



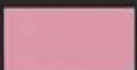
#A31D1D



#FFFFFF



#5C5C5C



#E2A3B7

Tipografía

Bold Sans-serif condensed,
and clean& clean



#A31D1D



#FFFFFF



#5C5C5C



#E2A3B7

Elemento B: Galaxia Elíptica

Estructura

Elipsoidal, uniforme

Composición Estelar

Predominantemente
estrellas viejas, maduras

Formación Estelar Activa

Muy baja
o nula

Medio Interestelar

Extremadamente
bajo en gas y polvo

Brutalist

Calidad
8K, Cinematic. lightning
cinematic lighting



El Quinteto de Stephan

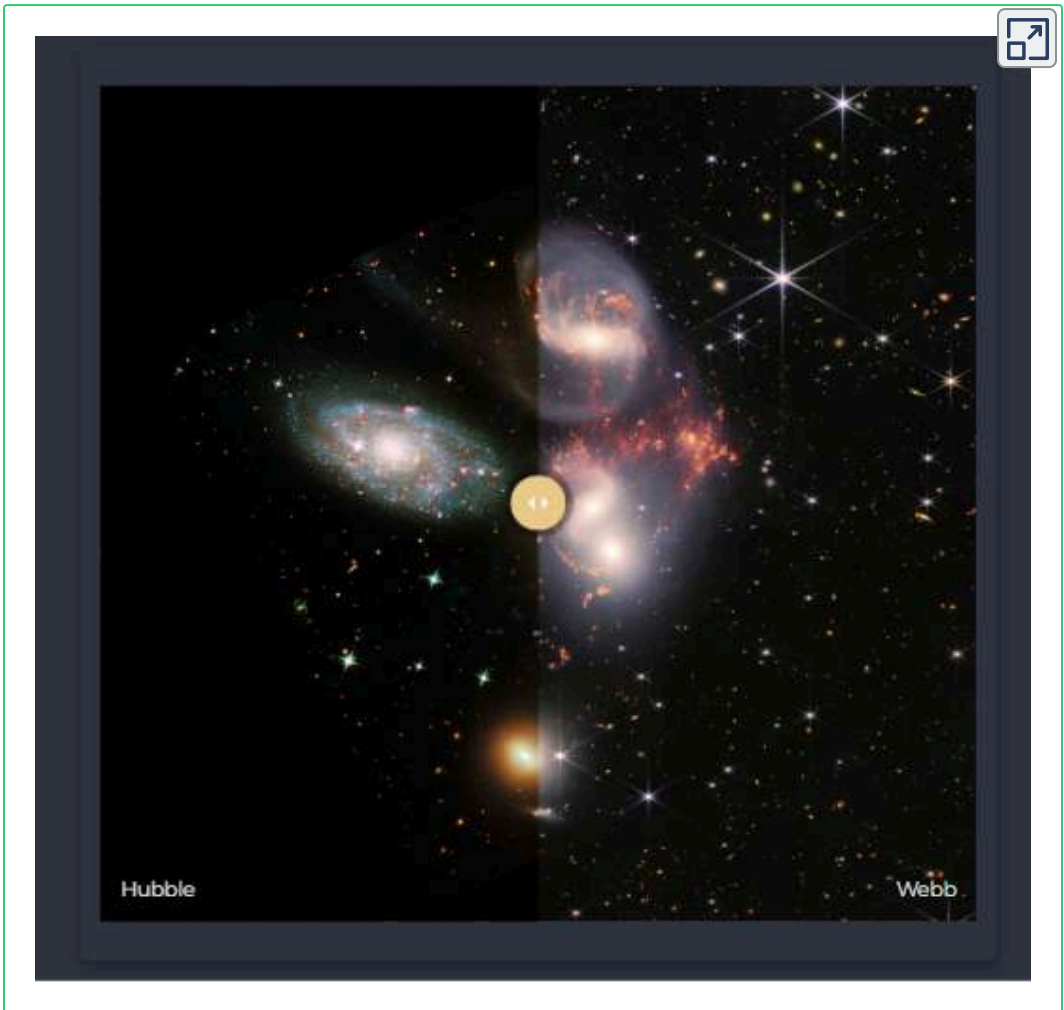
El Quinteto de Stephan es un grupo de cinco galaxias situado en la constelación de Pegasus, grupo descubierto por Édouard Stephan en 1877 (<https://webbtelescope.org/>):

Un enorme mosaico del Quinteto de Stephan es la imagen más grande hasta la fecha del Telescopio Webb. Contiene más de 150 millones de píxeles y está construido a partir de casi 1000 archivos de imagen independientes. La agrupación visual de cinco galaxias fue capturada por la cámara de infrarrojo cercano (NIRCam) y el instrumento de infrarrojo medio (MIRI) de Webb.

Con su poderosa visión infrarroja y su resolución espacial extremadamente alta, Webb muestra detalles nunca antes vistos en este grupo de galaxias. Cúmulos brillantes de millones de estrellas jóvenes y regiones de brotes estelares de nacimiento de estrellas frescas adornan la imagen. Más dramáticamente, el instrumento MIRI del Webb captura enormes ondas de choque cuando una de las galaxias, NGC 7318B, atraviesa el cúmulo. Estas regiones que rodean al par central de galaxias se muestran en los colores rojo y dorado.

Esta imagen compuesta de NIRCam-MIRI utiliza dos de los tres filtros MIRI para mostrar y diferenciar mejor el polvo caliente y la estructura dentro de la galaxia. MIRI ve una clara diferencia de color entre el polvo de las galaxias y las ondas de choque entre las galaxias que interactúan. Juntas, las cinco galaxias del Quinteto de Stephan también se conocen como *Hickson Compact Group 92 (HCG 92)*. Aunque se llama un "quinteto", solo cuatro de las galaxias están realmente juntas y atrapadas en una danza cósmica. La quinta y más a la izquierda, llamada NGC 7320, está en primer plano en comparación con las otras cuatro. NGC 7320 reside a 40 millones de años luz de la Tierra, mientras que las otras cuatro galaxias (NGC 7317, NGC 7318A, NGC 7318B y NGC 7319) están a unos 290 millones de años luz de distancia.

[John Christensen](#) nos ofrece una escena interactiva, que nos permite comparar la imagen del Webb con la del Hubble:



El Quinteto es un “laboratorio” fantástico para estudiar los procesos fundamentales para todas las galaxias. Grupos apretados como este pueden haber sido más comunes en el universo primitivo cuando su material sobrecalentado que caía pudo haber alimentado agujeros negros muy energéticos llamados cuásares. Incluso hoy en día, la galaxia superior del grupo, NGC 7319, alberga un núcleo galáctico activo, un agujero negro supermasivo que acumula material de forma activa.

¿Cómo funciona un agujero negro?

Imagina una estrella colosal, mucho más masiva que nuestro Sol. Cuando estas estrellas llegan al final de sus vidas, agotan su combustible nuclear y dejan de generar la energía que contrarrestaba la fuerza de su propia gravedad. La gravedad, entonces, gana la batalla de forma aplastante. La estrella comienza a colapsar sobre sí misma, comprimiéndose en un punto increíblemente pequeño y denso. Este colapso no se detiene hasta que toda la masa de la estrella se concentra en un volumen de tamaño nulo, creando lo que conocemos como una **singularidad**.



Figura 7. Así funciona un agujero negro.

AGUJERO NEGRO: UNA ESTRELLA COLOSAL



¿QUÉ ES UN AGUJERO NEGRO?

Región del espacio-tiempo donde la gravedad es tan intensa que nada puede escapar, ni siquiera la luz.



FORMACIÓN: EL COLAPSO DE UNA ESTRELLA

Se forma cuando estrellas masivas agotan su combustible nuclear y colapsan bajo su propia gravedad, comprimiéndose hasta un punto de densidad extrema.



CARACTERÍSTICAS CLAVE

- **Punto Horizonte** (Horizonte de eventos): límite que marca el punto de no retorno.
- **Singularidad:** punto central donde la materia tiene una densidad infinita y las leyes de la física, tal como las conocemos, dejan de ser válidas.



EFFECTOS DE LA GRAVEDAD EXTREMA

- **Lente gravitacional:** deforma la luz de objetos lejanos, creando imágenes distorsionadas.
- **Disco de acreción:** materia que gira alrededor del agujero negro se calienta y emite radiación intensa antes de caer en él.



TIPOS DE AGUJEROS NEGROS



- **Estelares:** formados por el colapso de estrellas masivas. Se encuentran en el centro de algunas galaxias.



- **Supermasivos:** millones o miles de millones de veces más masivos que el Sol. Se hallan en el centro de casi todas las galaxias.



A pesar de su nombre, los agujeros negros no son "agujeros" en el espacio, sino regiones extremadamente densas con una gravedad que deforma el espacio-tiempo.



Dato: Los agujeros negros no pueden verse directamente, pero su existencia se confirma por sus efectos en su entorno.



Figura 8. Agujero negro: una estrella colossal.

La **singularidad** es el corazón de un agujero negro, un punto donde las leyes de la física tal como las conocemos dejan de tener sentido. Alrededor de esta singularidad se encuentra una frontera invisible llamada el **horizonte de sucesos**. Este horizonte es el punto de no retorno: si algo, incluso la luz, cruza esta frontera, nunca podrá escapar de la atracción gravitatoria del agujero negro. La fuerza de gravedad en el horizonte de sucesos es tan intensa que su velocidad de escape supera la velocidad de la luz, que es la velocidad máxima permitida en el universo.

Podemos entender la intensidad de la gravedad con la famosa ecuación de Einstein, $E = mc^2$, que relaciona la energía (E), la masa (m) y la velocidad de la luz (c). En un agujero negro, una cantidad masiva de energía está concentrada en un volumen infinitesimal. La curvatura del espacio-tiempo alrededor de esta concentración de masa se vuelve extrema. De hecho, la gravedad se interpreta en la relatividad

LOS AGUJEROS NEGROS

¿QUÉ ES UN AGUJERO NEGRO?

Un agujero negro es una región del espacio con una gravedad tan intensa que nada, ni siquiera la luz, puede escapar de su atracción.

EFFECTOS UN AGUJERO NEGROS

Los agujeros negros atraen a los objetos cercanos y los atraen hacia su centro de gravedad.



La agujero negro del asteroide es una forma de agujero negro que se forma cuando un asteroide se comprime demasiado.

FORMACIÓN DE AGUJEROS NEGROS

COLAPSO ESTELAR



Colapso para
estelar

Colapso
de agujero
negro

EFFECTOS GRAVITATORIOS

El lente gravitacional distorsiona la luz de fondo.



La luz bender a través de la curva del espacio-tiempo



Tiempo normal en el reloj



La dilatación temporal es extrema cerca del horizonte.



Dilatación extrema del tiempo

MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

Observación de compañeras



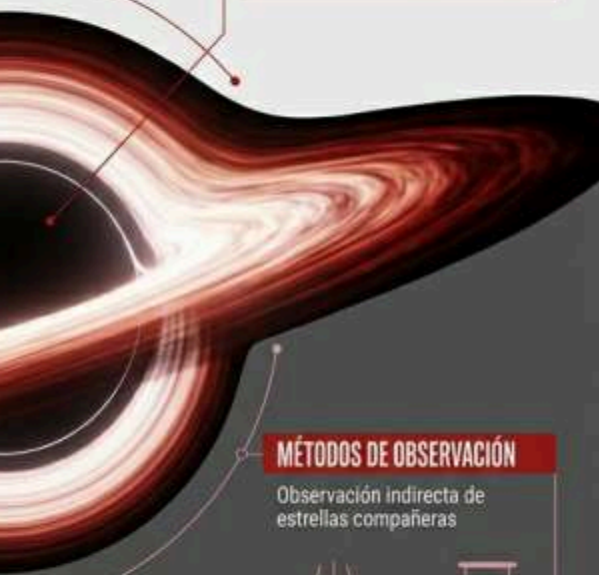
Detección de gravitacional

AGUJEROS NEGROS

AGUJEROS NEGROS



ANATOMÍA DE UN AGUJERO NEGRO



MÉTODOS DE OBSERVACIÓN

Observación indirecta de estrellas compañeras



OBSERVACIÓN

Indirecta de estrellas



general como una deformación del tejido del espacio-tiempo causada por la masa y la energía. Cuanta más masa y más comprimida esté, mayor será la curvatura.

La **intuición** detrás del horizonte de sucesos se puede visualizar pensando en una corriente de agua muy fuerte. Si te acercas a una cascada, habrá un punto donde la corriente sea tan rápida que, incluso nadando con todas tus fuerzas en dirección opuesta, serás arrastrado irremediabilmente. El horizonte de sucesos es ese punto crítico en el espacio-tiempo alrededor de la singularidad. No es una superficie física, sino un límite matemático definido por el punto donde la velocidad de escape iguala a la velocidad de la luz.

$$v_{escape} = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

En esta fórmula, v_{escape} es la velocidad de escape, G es la constante gravitacional universal, M es la masa del objeto (en

este caso, el agujero negro) y r es la distancia desde el centro del objeto. Cuando la masa M es lo suficientemente grande o la distancia r es lo suficientemente pequeña, v_{escape} superará la velocidad de la luz c . Para un agujero negro, la distancia r en la que esto ocurre se llama radio de Schwarzschild y define la ubicación del horizonte de sucesos.

Los agujeros negros no son "agujeros" en el sentido literal de un vacío, sino regiones del espacio-tiempo con una gravedad inmensamente poderosa. Son objetos astronómicos fascinantes que juegan un papel crucial en la evolución de las galaxias y el universo en su conjunto, atrayendo materia y energía hacia sí mismos, y distorsionando el espacio y el tiempo a su alrededor de maneras extraordinarias.

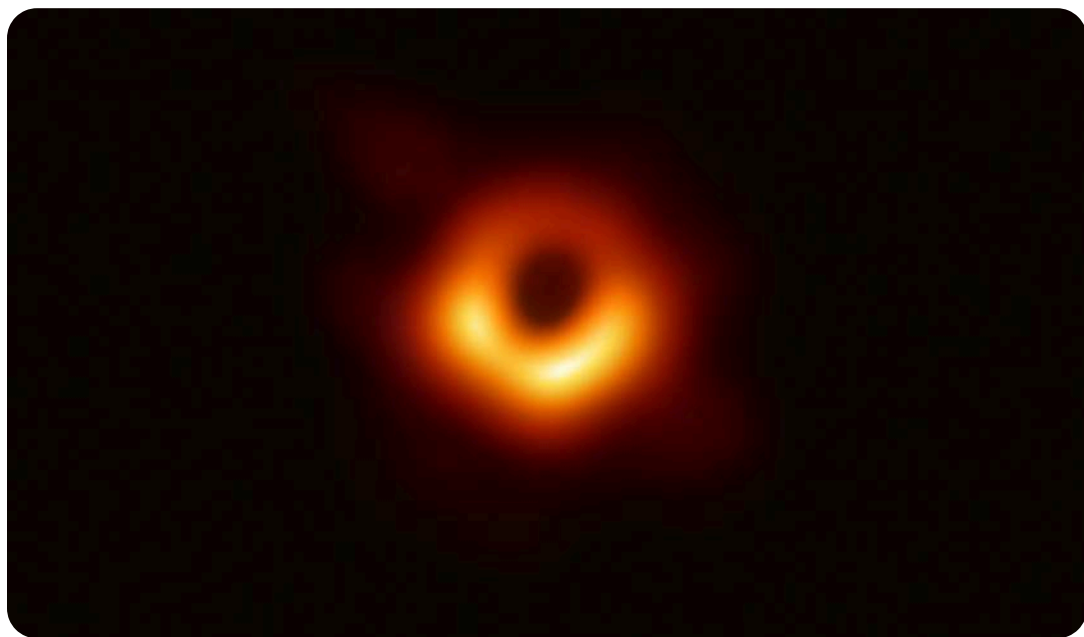


Figura 9. La primera imagen de un agujero negro se obtuvo a partir de observaciones del centro de la galaxia M87 realizadas por el Telescopio del Horizonte de Eventos. La imagen muestra un anillo brillante formado por la curvatura de la luz debido a la intensa gravedad que rodea a un agujero negro con una masa 6.500 millones de veces mayor que la del Sol. Crédito: Colaboración de *Event Horizon Telescope* ([NASA](#)).

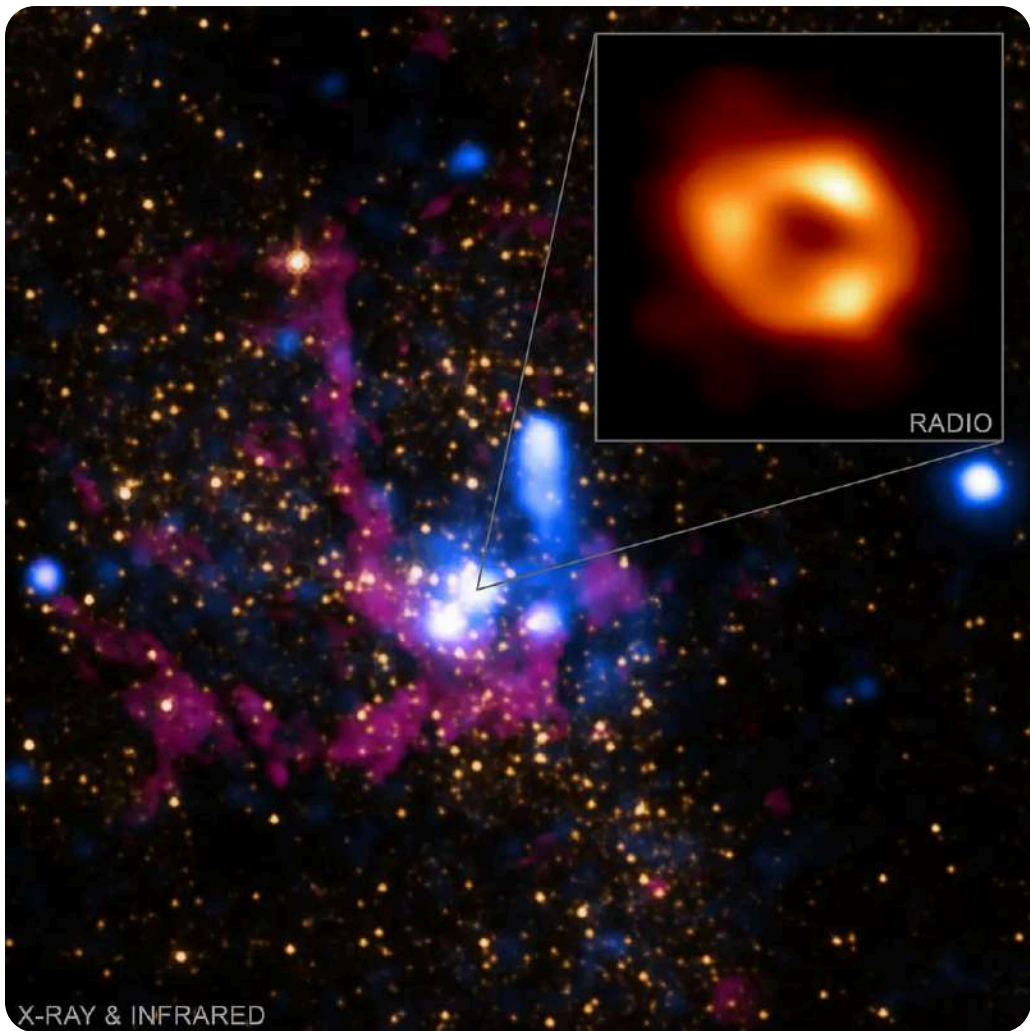


Figura 10. Varios telescopios, incluido Chandra, observaron el agujero negro gigante de la Vía Láctea simultáneamente con el Telescopio del Horizonte de Eventos (EHT). Este esfuerzo conjunto permitió comprender mejor lo que ocurre más allá del campo de visión del EHT ([NASA](#))¹.

¹ El panel principal de este gráfico contiene datos de rayos X del telescopio Chandra (en azul) que muestran gas caliente expulsado de estrellas masivas cerca del agujero negro. Dos imágenes de luz infrarroja en diferentes longitudes de onda, obtenidas por el Telescopio Espacial Hubble de la NASA, muestran estrellas (en naranja) y gas frío (en púrpura).

COMPARATIVO Agujeros negro

ELEMENTO A (ESTELAR)



1. MASA ESTELAR

~3 - 100 Ms



2. ORIGEN

COLAPSO DE ESTRELLA MASIVA (SUPERNOVA)



3. UBICACIÓN

GALAXIAS, EN CÚMULOS O BINARIAS



4. TAMAÑO (Horizonte de Sucesos)

KILÓMETROS
(~30 km por 10 Ms)



5. EMISIONES

CHORROS MÁS PEQUEÑOS,
BINARIAS DE RAYOS X



6. INFLUENCIA

AFECTA ESTRELLAS CERCANAS

COMPARACIÓN DE ESCALA

Planeta Tierra

os estelares y supermasivos

ELEMENTO B (SUPERMASIVO)



1. MASA SUPERMASIVA

Millones a Miles de Millones Ms



2. ORIGEN TEMPRANO

CRECIMIENTO EN EL UNIVERSO PRIMITIVO, FUSIONES



3. UBICACIÓN

EXCLUSIVAMENTE NÚCLEOS GALÁCTICOS



4. TAMAÑO

MILLONES-BILLONES DE KM (Mayor que el Sistema Solar)



5. CHORROS GIGANTES

FUENTE DE CUÁSARES, IMPACTO GIGANTE



6. INFLUENCIA

INFLUYE EN LA FORMACIÓN DE GALAXIAS

DE HORIZONTE DE SUCESOS



Radio del Sistema Solar



¿Cómo funciona una nebulosa?

Una nebulosa es una vasta nube de gas y polvo interestelar, un verdadero semillero cósmico donde nacen las estrellas. A pesar de su apariencia etérea y a menudo bellísima, estas formaciones son increíblemente densas en comparación con el vacío que las rodea. Están compuestas principalmente por hidrógeno y helio, los elementos más abundantes en el universo, junto con trazas de elementos más pesados y, crucialmente, pequeñas partículas de polvo. La gravedad es el arquitecto principal de las nebulosas; es la fuerza que, a lo largo de millones de años, comienza a agrupar estas partículas de gas y polvo.



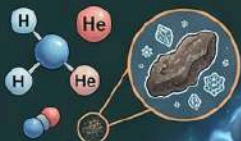
Figura 11. Así funciona una nebulosa.

'UNA NEBULOSA ES UNA VASTA NUBE DE GAS Y POLVO'

DESCUBRIENDO LAS CUNAS DEL COSMOS

¿QUÉ SON?!

COMPUESTAS DE HIDRÓGENO, HELIO Y POLVO INTERESTELAR.



FÁBRICA ESTELAR

ORIGEN DE ESTRELLAS

EL GAS SE CONDENSA POR LA GRAVEDAD PARA FORMAR NUEVAS ESTRELLAS.

RESTOS DE ESTRELLAS

LAS ESTRELLAS QUE MUEREN EXPULSAN GAS Y POLVO, CREANDO NUEVAS NEBULOSAS.

TIPOS DE NEBULOSAS

NEBULOSAS DE EMISIÓN:
(Brillan por luz estelar interna)

NEBULOSAS DE REFLEXIÓN:
(Reflejan luz estelar cercana)

NEBULOSAS OSCURAS:
(Bloquean la luz de atrás)

NEBULOSAS PLANETARIAS:
(Restos de estrellas similares al Sol)

EXPLORANDO EL ESPACIO PROFUNDO

APRENDIENDO ASTRONOMÍA
CIENCIA PARA TODOS

Figura 12. Una nebulosa es una vasta nube de gas y polvo.

El proceso de formación estelar dentro de una nebulosa comienza cuando una región particularmente densa de la nube colapsa bajo su propia gravedad. Este colapso puede ser iniciado por diversos factores, como la onda de choque de una supernova cercana o la colisión entre nebulosas. A medida que la materia se concentra, la presión y la temperatura en el centro de la región colapsante aumentan drásticamente. Imagina comprimir un globo de aire: cuanto más lo aprietas, más caliente se vuelve el aire dentro. En el caso de una nebulosa, esta compresión es masiva.

Cuando la temperatura y la presión en el núcleo de la región colapsante alcanzan un umbral crítico, se desencadena un proceso fundamental en el universo: la **fusión nuclear**. En este punto, los núcleos de hidrógeno se fusionan para formar helio, liberando una cantidad inmensa de energía en forma de luz y calor. Esta liberación de energía, gobernada por la famosa ecuación de Einstein, $E = mc^2$, detiene el colapso

LAS NEBULOSAS CUNAS DE PLANETAS

1 EL COLAPSO DE UNA NEBULOSA

Una perturbación inicial, como una onda de choque, provoca que regiones densas dentro de la nebulosa colapsen bajo su propia gravedad.



A medida que la nube colapsa, se fragmenta en núcleos estelares más pequeños, aumentando su densidad y temperatura.



Acreción de polvo



Protoestrella

3 DE PLANETESIMALES A PLANETAS

Pequeñas partículas de polvo se unen mediante colisiones y fuerzas electrostáticas para formar cuerpos cada vez mayores llamados planetesimales.

Estos planetesimales luego colisionan violentamente y se fusionan para formar embriones planetarios y, finalmente, planetas rocosos o gigantes gaseosos.



Embrión planetario

AS: NETAS

LA BELLEZA DE LOS VIVEROS

ESTELARES: Este documento editorial explora cómo las vastas nubes de gas y polvo, llamadas nebulosas, son los lugares de nacimiento de nuevos sistemas solares. Comprender estos procesos es fundamental para la astrofísica moderna.

Editorios: ■ ■ ■

Documentario
editorial

2 FORMACIÓN DE DISCOS PROTOPLANETARIOS

La conservación del momento angular hace que la nube en colapso se aplane y comience a girar, formando un disco protoplanetario alrededor de la joven protoestrella.



gravitatorio y da lugar al nacimiento de una estrella.

$$E = mc^2$$

Donde E es la energía liberada, m es la masa que se convierte en energía y c es la velocidad de la luz.

Las nebulosas no son todas iguales; se clasifican principalmente en dos tipos:

Nebulosas de emisión: Son nubes de gas ionizado por la radiación ultravioleta de estrellas jóvenes y calientes cercanas. El gas ionizado emite luz en longitudes de onda específicas, lo que les da sus característicos colores vibrantes.

Nebulosas de reflexión: Son nubes de polvo que reflejan la luz de estrellas cercanas. El color que percibimos depende de la longitud de onda de la luz estelar y de cómo el polvo la dispersa.

Además de ser cunas de estrellas, las nebulosas son también

los lugares donde se forman los planetas. El material restante de la nube que no fue absorbido por la estrella en formación se agrupa en un disco protoplanetario alrededor de la nueva estrella. Las colisiones y la atracción gravitatoria de estas partículas hacen que se agrupen gradualmente, formando primero planetesimales y luego planetas. Por lo tanto, las nebulosas son la fuente de la materia prima para la creación tanto de estrellas como de sus sistemas planetarios.



Figura 13. Esta imagen puede parecer un globo ocular espeluznante, ¡pero en realidad es una nebulosa! El Telescopio Espacial Spitzer de la NASA capturó esta imagen de la Nebulosa Helix, que se encuentra en la constelación de Acuario. Crédito de imagen: NASA/JPL-Caltech/Universidad de Arizona.

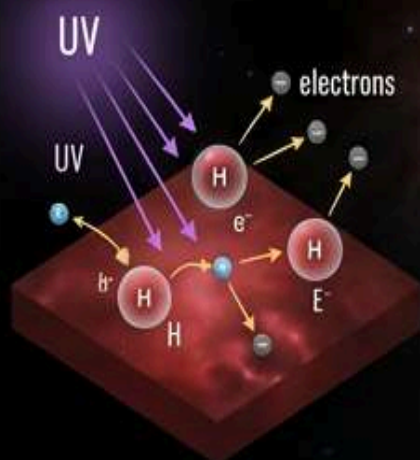


Animación de la Nebulosa de Carina, realizada por el autor con el editor DescartesJS.

COMPARATIVO Nebulosa

ELEMENTO A (EMISIÓN)

IONIZACIÓN POR RADIACIÓN UV



NEBULOSA
DE EMISIÓN

EFICIENCIA DE DISPERSIÓN DE LUZ ESTELAR

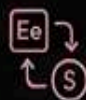
60%

40%



GENERACIÓN DE LUZ

Emisión: Gas ionizado por estrellas calientes (Brillo Propio)
Reflexión: Luz dispersada por polvo interestelar



COMPOSICIÓN PRINCIPAL

Emisión: Gas (HII , O, S), Electrones
Reflexión: Partículas de polvo (Silicio)



COLOR CARACTERÍSTICO

Emisión: Rojo (H-alpha), Verdes, etc. (Líneas discretas)
Reflexión: Azul predominantemente (Espectro continuo)



ESTRELLAS ASOCIADAS

Emisión: Estrellas OB jóvenes, calientes
Reflexión: Estrellas brillantes, no neces

as de emisión y reflexión

ELEMENTO B (REFLEXIÓN)

NEBULOSA
DE REFLEXIÓN

DISPERSIÓN DE LA LUZ ESTELAR

CONTENIDO DE GAS IONIZADO vs. DENSIDAD DE POLVO



IONIZADO



DENSIDAD DE POLVO

ASTRÓNOMO
OBSERVADOR
EXPERTO

fibras
atos, Carbono)



ENTORNO GALÁCTICO

Emisión: Regiones HII, formación estelar activa
Reflexión: Nubes moleculares polvorientas

s, emisoras de UV
ariamente calientes



EJEMPLOS FAMOSOS

Emisión: M42 (Orion), Carina
Reflexión: Pléyades (NGC 1435), IC 2118



¿Cómo funciona una misión espacial?

Una misión espacial es una empresa monumental que requiere una planificación meticulosa y la colaboración de innumerables expertos. Todo comienza con un **objetivo claro**, ya sea enviar astronautas a la Estación Espacial Internacional, explorar un planeta distante o desplegar un satélite. Este objetivo define el tipo de nave espacial necesaria, su trayectoria y las tecnologías que se emplearán. La fase de diseño y construcción es crítica, donde se desarrollan los componentes individuales, desde el robusto **casco** de la nave hasta los delicados **instrumentos científicos**, asegurando que cada pieza pueda soportar las rigurosas condiciones del espacio, como el vacío, las temperaturas extremas y la radiación.



Figura 14. Así funciona una misión espacial.

MISIÓN ESPACIAL

PREPARACIÓN Y LANZAMIENTO

Integración de carga útil y pruebas de sistemas finales. Carga de combustible y revisión de protocolos de seguridad antes del despegue.



ASCENSIÓN Y SEPARACIÓN DE ETAPAS

Los propulsores (boosters) y las primeras etapas se separan una vez agotados, siguiendo una trayectoria precisa.



INSERCIÓN EN ÓRBITA O TRAYECTORIA

Nave en órbita estable alrededor de la Tierra o en trayectoria de transferencia hacia otro cuerpo celeste.



FASE DE TRÁNSITO Y NAVEGACIÓN

Viaje entre cuerpos celestes, ajustes de trayectoria (maniobras de corrección de curso), y comunicaciones periódicas.



DESPLIEGUE DE Sonda Y OPERACIONES

Una sonda espacial o satélite despliega sus paneles solares y extiende sus antenas e instrumentos para operar.



MISIÓN CIENTÍFICA Y DATOS

Recopilación de datos, toma de imágenes y mediciones. Transmisión de la información a la Tierra mediante señales.



Figura 15. Así funciona una misión espacial.

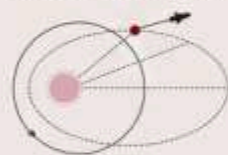
El lanzamiento es uno de los momentos más emocionantes y desafiantes. Se utilizan **cohetes propulsores** de varias etapas para superar la fuerza de gravedad de la Tierra. Cada etapa del cohete se enciende y se consume, luego se desprende para reducir el peso y permitir que las siguientes etapas aceleren la nave espacial a velocidades cada vez mayores. La **trayectoria de lanzamiento** se calcula con una precisión asombrosa, teniendo en cuenta la rotación de la Tierra y la órbita deseada. Una vez en el espacio, la nave espacial ya no está sometida a la misma influencia gravitatoria constante que en la Tierra, lo que le permite seguir rutas calculadas sin la necesidad de propulsión continua, a menudo aprovechando la gravedad de otros cuerpos celestes, un concepto conocido como **manio- bra de honda gravitatoria**.

Una vez en su destino o en su órbita operativa, la nave espacial comienza su **misión principal**. Esto puede implicar una variedad de actividades:

NAVEGACIÓN

EL ARTE DE VIAJAR ENTRE ESTRELLAS

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

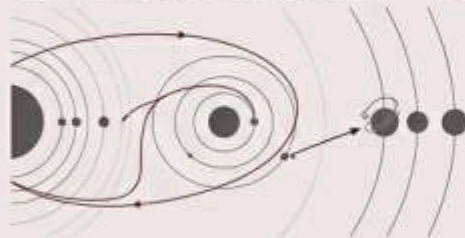


ARTOS ORBITALES Y KEPLER ANÁLISIS Y ORBITAS



	22	40h
	DISTANCIA	CONTINENTAL
	22	30%
	VELOCIDAD	RETRON
	950 - 100	km
	16000	km
	EFICIENCIA	CLASIFICACIÓN

DETERMINACIÓN DE TRAYECTORIA



4.000
MÉTODOS
200.000
CÁLCULO
20.9%
PRECISIÓN

COMUNICACIONES DE ESPACIO PROFUNDO



35,300 km ²	3.25
DISTANCIA DE SOLAR SEÑAL	DETABA
14,900 km	39.5
DISTANCIA DE COMBUSTIBLE	EFICIEN

ON ESPACIAL

ESTRELLAS

ORBITA ELÍPTICAS
ORBITA PARABÓLICAS
ELÍPTICAS
PARABÓLICAS

SISTEMAS DE GUIADO



ESTELARES

40 IM
SENTORES

23%
COMBUSTIBLES



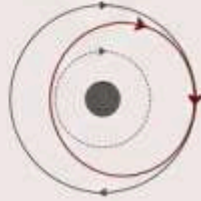
INERCIALES

35.3 IM
SENTORES

8.1%
INERCIALES

MANIOBRAS ORBITALES

TRANSFERENCIA DE HOHMANN



ASISTENCIA GRAVITATORIA



EFEECTO GRAVITATORIA

%
DE CÁLCULO

-MEX

%
PRECISIÓN

m³
ALGOR DE SEÑAL

%
CIA REOBETIAL

Explorer-experto
en modsim



Observación científica: Captura de imágenes de alta resolución, análisis de atmósferas planetarias, estudio de campos magnéticos o detección de señales de radio del universo.

Transporte de carga útil: Despliegue de satélites de comunicaciones, telescopios espaciales o incluso misiones robóticas de aterrizaje en otros mundos.

Exploración tripulada: Las misiones tripuladas, como las de la NASA o la ESA, implican el envío de astronautas al espacio para realizar investigaciones, experimentos en microgravedad y mantenimiento de infraestructuras espaciales como la Estación Espacial Internacional.

La **navegación espacial** es una disciplina fascinante que se basa en principios de la mecánica celeste. La órbita de una nave espacial se rige por las leyes de Kepler, que describen el movimiento de los planetas alrededor del Sol. La **velocidad orbital** es crucial; si una nave se mueve demasiado lento, la

gravedad la hará caer de nuevo a la Tierra. Si va demasiado rápido, escapará de la órbita y continuará hacia el espacio profundo. La ecuación fundamental para la velocidad orbital en una órbita circular alrededor de un cuerpo masivo es:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

donde G es la constante gravitacional universal, M es la masa del cuerpo masivo (por ejemplo, la Tierra) y r es el radio de la órbita.

La comunicación con una nave espacial en el espacio profundo es otro desafío técnico. Se utilizan **antenas parabólicas** gigantes en la Tierra, como las de la Red de Espacio Profundo (Deep Space Network) de la NASA, para enviar y recibir señales. Estas señales viajan a la velocidad de la luz, pero debido a las enormes distancias, los retrasos en la comunicación pueden ser de minutos o incluso horas, lo que requiere que las misiones autónomas sean capaces de tomar decisiones por sí mismas. La **telemetría**, datos sobre el estado de la nave (temperatura, nivel de combustible, estado de los sistemas), y los **comandos** para dirigir sus acciones, son enviados y recibidos constantemente.

Finalmente, la **finalización de la misión** puede tener diversos desenlaces. Algunas misiones pueden ser diseñadas para durar décadas, transmitiendo datos continuamente. Otras pueden tener un ciclo de vida más corto, culminando en misiones de aterrizaje controladas (en la Luna o Marte, por ejemplo), desorbitación para quemarse en la atmósfera terrestre, o simplemente ser dejadas en una órbita segura al final de su vida útil. Cada etapa, desde el diseño hasta el final, es un testimonio de la **ingeniería avanzada** y la **curiosidad humana** por explorar lo desconocido.



Este vídeo recopilatorio muestra los momentos más destacados de la misión Apolo 11 (1969), desde el despegue en Florida hasta la partida de la Luna (crédito: [NASA](#)).



Figura 16. Lanzamiento de Artemis II. Cuatro astronautas a bordo de la nave espacial Orion de la NASA, sobre el cohete SLS, despegaron el miércoles 1 de abril de 2026 (crédito: [NASA](#)).

COMPARATIVO Misiones



MOTORES Y PROPULSIÓN



VS



AVANCES EN EFICIENCIA Y REUTILIZACIÓN

Motores de alto empuje
(hidrógeno/queroseno)

VS

Motores modulares de
metano/oxígeno líquido
(reutilizables)



VEHÍCULO DE LANZAMIENTO



VS



ESCALA Y ARQUITECTURA

El cohete más potente
(desechable)

VS

Cohetes con capacidad
de aterrizaje vertical
y reutilización



NAVE ESPACIAL (CÁPSULA)



VS



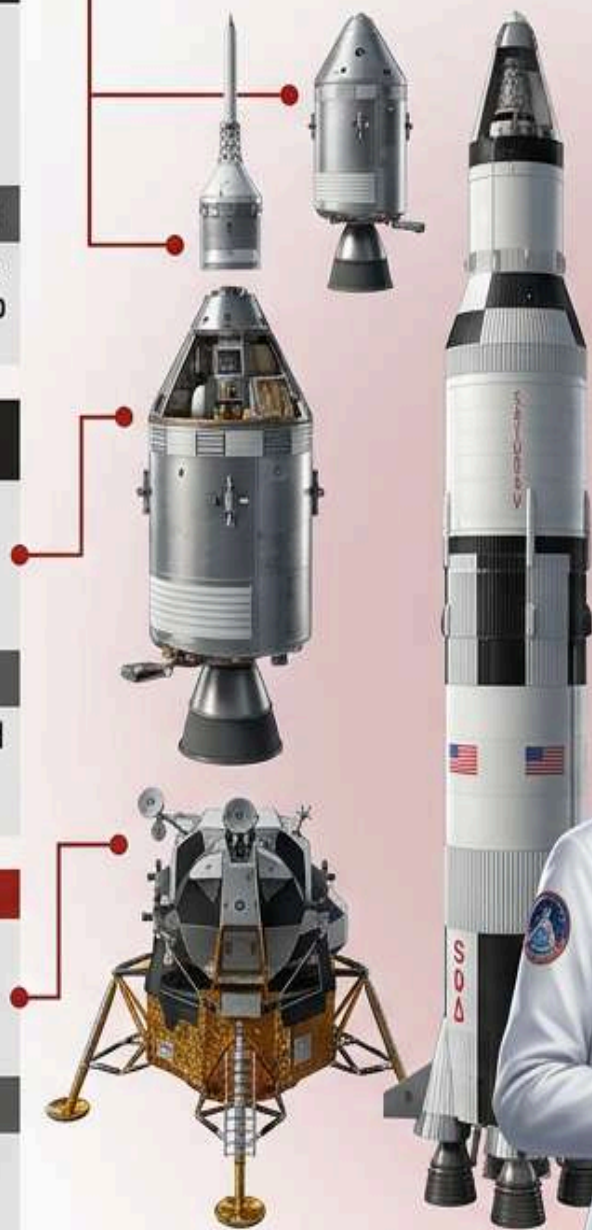
DISEÑO Y CAPACIDAD

Cápsula cónica para
tres astronautas

VS

Cápsula modular para
hasta siete, con
pantallas táctiles

Elemento A (Apollo)



Elemento A (Apollo)

Apolo y misiones Space X

Elemento B (SpaceX)



Elemento B (SpaceX)



MÓDULOS DE ATERRIZAJE / HÁBITATS



VS



OBJETIVOS Y FLEXIBILIDAD

Aterrizaje lunar
específico (LEM)

Transporte interplanetary
VS
versátil y masivo



SISTEMAS DE VIDA Y SOPORTE



VS



TECNOLOGÍA DE SOPORTE VITAL

Sistemas de bucle
cerrado para misiones
cortas

Mayor redundancia,
VS
reciclaje de agua y aire
para viajes largos

CONTROL Y NAVEGACIÓN

VS



AUTOMATIZACIÓN Y SOFTWARE

Control de vuelo
con intervención
humana

Sistemas de control
VS
totalmente autónomos
y redundantes con IA

¿Cómo funciona un telescopio espacial?

Imagina que quieres ver las estrellas, pero la atmósfera de la Tierra, aunque vital para nosotros, actúa como una manta que distorsiona y absorbe parte de la luz de los objetos celestes. Los **telescopios espaciales** son la solución genial: se lanzan al vacío, por encima de esa capa de interferencias, para obtener una visión clara y sin obstáculos del cosmos. Su principal ventaja radica en poder observar longitudes de onda que la atmósfera terrestre bloquea, como los rayos ultravioleta, infrarrojos o rayos X, revelando así aspectos del universo que de otra manera nos serían invisibles.



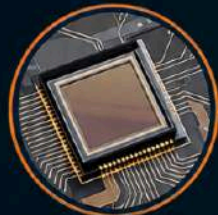
Figura 17. Así funciona un telescopio espacial.

TELESCOPIO ESPACIAL

EXPLORA EL UNIVERSO PROFUNDO DESDE EL ESPACIO



DETALLE DE SEGMENTO HEXAGONAL



SENSORES DE IMAGEN INFRARROJA

ESPEJO PRIMARIO

Espejo de berilio recubierto de oro

ENSAMBLAJE DEL PARASOL

Escudo térmico

ESPEJO SECUNDARIO

METAS CIENTÍFICAS

FORMACIÓN DE PRIMERAS GALAXIAS

Estudia la formación de las primeras galaxias, la evolución de las estructuras cósmicas y la emisión de luz de las estrellas más antiguas.

EVOLUCIÓN ESTELAR Y EXOPLANETAS

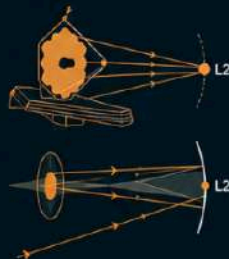
Analiza cómo nacen y evolucionan las estrellas, y estudia la composición y atmósfera de exoplanetas potencialmente habitables.

CARACTERIZACIÓN DE ATMÓSFERAS PLANETARIAS

Investiga la composición química, temperatura y otros elementos de las atmósferas de planetas dentro y fuera de nuestro sistema solar.

¿CÓMO FUNCIONA?

Espejo de berilio recubierto de oro



El telescopio se encuentra en el punto de Lagrange L2, donde la gravedad del Sol y la Tierra se balancean, permitiéndole observar sin interferencias térmicas ni luminicas (estilo Octante).

INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS (ISIM)

BUS DE LA NAVE ESPACIAL

PANEL SOLAR

UBICACIÓN

Punto de Lagrange L2

Una región del espacio donde las fuerzas gravitacionales del Sol y la Tierra permiten que el telescopio permanezca estable y alineado con la Tierra.



TAMAÑO Y CAPACIDAD

El diámetro del espejo primario es de 6,5 metros.



6,5 metros

OBSERVACIÓN DESDE LA TIERRA VS. ESPACIO

Al estar fuera de la atmósfera terrestre, el telescopio obtiene imágenes más nítidas y precisas sin las distorsiones de la atmósfera.

COMPARACIÓN CON OTROS TELESCOPIOS

Diámetro del espejo 6,5 m (Telescopio espacial James Webb)	Diámetro del espejo 2,4 m (Hubble)	Diámetro del espejo 10 m (Telescopio Keck)	Observación desde el espacio Sin interferencias atmosféricas

Figura 18. Explora el universo profundo desde el espacio.

La mayoría de los telescopios espaciales se basan en el principio de **óptica de espejos**, similar a los telescopios terrestres más potentes. Utilizan un espejo primario grande, generalmente parabólico, para recolectar la mayor cantidad de luz posible de objetos distantes. Esta luz se refleja luego en un espejo secundario, que la dirige hacia un punto focal donde se encuentran los instrumentos de detección. Estos instrumentos pueden ser cámaras digitales sensibles o espectrógrafos, encargados de registrar la información de la luz y desglosarla en sus diferentes componentes. La calidad de la imagen depende enormemente del tamaño y la precisión del espejo primario, así como de la ausencia de vibraciones y el control térmico.

La **radiación electromagnética** que llega a los telescopios espaciales abarca todo el espectro, desde las ondas de radio hasta los rayos gamma. Cada tipo de radiación nos cuenta una historia diferente sobre el universo. Por ejemplo, la luz visible nos muestra la forma y el brillo de las

EL TELESCOPIO E HUBBLE

UN ÍCONO DE LA ASTRONOMÍA Y LA CIENCIA

INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS



WFC3 (CÁMARA DE CAMPO ANCHO 3)



Imágenes de alta resolución en visible, ultravioleta e infrarrojo.
(E): ondas.
(E): nebulosas, galaxias)



COS (ESPECTRÓGRAFO DE ORIGENES CÓSMICOS)



Analiza la luz ultravioleta para estudiar gas intergaláctico y la evolución de galaxias.



ACS (CÁMARA AVANZADA PARA SONDEOS)

Mapas detallados del universo profundo y cúmulos de galaxias.

EXPERTO CIENTÍFICO

Profesional líder encargado de analizar los datos obtenidos, asegurando la precisión de los hallazgos y dirigiendo las investigaciones astronómicas.

EXPERTO CIENTÍFICO

Es el control de la misión y la planificación de las observaciones. Se llevan a cabo para optimizar el rendimiento del telescopio.

CÓMO FU



ÓPTICA
Espejo primario de 2,4 metros
espejo secundario (Sistema

GRANDES DESCUBRIMIENTOS Y LOGROS

EDAD DEL UNIVERSO

Medición precisa de aproximadamente 13,8 mil millones de años.



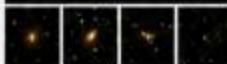
ENERGÍA OSCURA Y EXPANSIÓN

Evidencia de la expansión acelerada del universo debido a la energía oscura.



GALAXIAS PRIMITIVAS

Observación de las galaxias más antiguas y lejanas (Hubble Deep Field).



AGUJEROS NEGROS SUPERMASIVOS

Confirmación de su existencia en el centro de la mayoría de las galaxias.



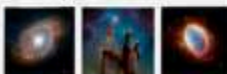
EXOPLANETAS Y DISCOS PROTOPLANETARIOS

Imágenes de discos formadores de planetas y análisis de atmósferas.



IMÁGENES ICÓNICAS

Fotos impresionantes de nebulosas (ej. Pilares de la Creación), cúmulos y más.



NCIONA

os y
Cassegrain).

PANELES SOLARES

Generan energía para todos los sistemas del telescopio.



COMUNICACIONES

Antenas transmiten datos a la Tierra.



galaxias, mientras que los rayos X y gamma provienen de fenómenos extremadamente energéticos como agujeros negros y supernovas. Los telescopios espaciales están diseñados para ser sensibles a rangos específicos de este espectro. El **telescopio espacial Hubble**, por ejemplo, opera principalmente en luz visible, ultravioleta y una porción del infrarrojo cercano, brindándonos imágenes icónicas.

Para capturar estas señales débiles, los detectores a bordo de los telescopios espaciales deben ser increíblemente sensibles. Se utilizan **sensores CCD (Charge-Coupled Device)**, similares a los de las cámaras digitales modernas, pero mucho más sofisticados. Estos sensores convierten los fotones de luz en una señal eléctrica que luego es digitalizada y procesada. El **tiempo de exposición** es crucial; cuanto más tiempo se expone el detector a la luz, más débiles son los objetos que se pueden detectar. Por ello, telescopios como el Hubble pueden

pasar horas o incluso días apuntando a una pequeña región del cielo para capturar los detalles más sutiles.

La ausencia de atmósfera no solo permite una imagen más nítida, sino que también es fundamental para la **astronomía de alta energía**. Las partículas y la radiación de alta energía provenientes del espacio son bloqueadas por la atmósfera terrestre. Telescopios como el **Chandra X-ray Observatory** están diseñados específicamente para detectar rayos X, permitiéndonos estudiar los entornos calientes y violentos alrededor de los agujeros negros, las estrellas de neutrones y las galaxias activas. Para ello, utilizan espejos con geometrías especiales, a menudo llamados **espejos de incidencia rasante**, que reflejan los rayos X con ángulos muy pequeños.

La **ingeniería y el diseño** de un telescopio espacial son asombrosamente complejos. Deben ser capaces de operar en el vacío extremo, con temperaturas que varían drásticamente y estar protegidos de la radiación cósmica. La **estabilización** es clave para mantener el telescopio apuntando con precisión a su objetivo durante largos períodos de tiempo. Esto se logra mediante sistemas de **ruedas de reacción** y **propulsores de control de actitud**, que realizan ajustes minúsculos y constantes para compensar cualquier movimiento. Además, los telescopios espaciales a menudo son reparables y actualizables, como demostraron las misiones de servicio al Hubble, extendiendo su vida útil y mejorando sus capacidades.

En la siguiente página presentamos dos videos. el primer video se presenta una animación que compara las dimensiones de los telescopios Hubble y Webb. A continuación, se muestra una simulación en la que se aprecia el despliegue del Webb iniciando desde su lanzamiento.

Haz clic en el botón, para iniciar el **Video**



Haz clic en el botón, para iniciar el **Video**



COMPARATIVO Telescopio

Elemento A (Hubble)



Rango de Ondas



VS



Luz Visible, UV,
Infrarrojo Cercano

Infrarrojo Cercano y Medio
(Capacidad Profunda)



Tamaño del Espejo



VS



Espejo de
2.4 metros

Espejo de
6.5 metros



Ubicación y Órbita



VS

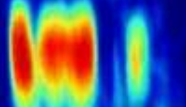


Órbita Baja Terrestre
(~570 km)

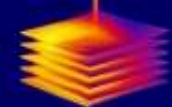
Punto L2 de Lagrange
(~1.5 millones de km)



Tecnología y Escudo Solar

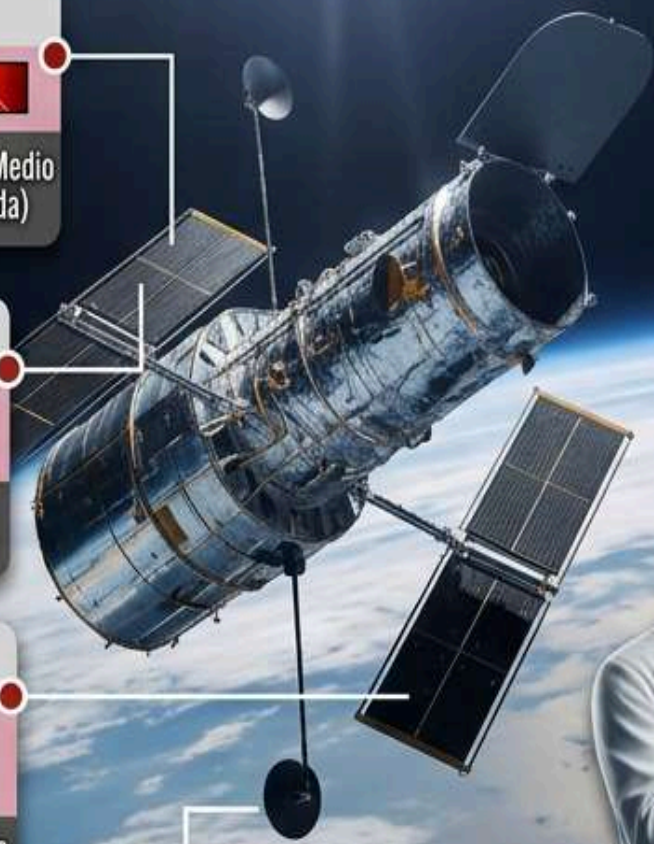


VS



Mantenimiento
(Misiones de Servicio)

Escudo Solar de 5 Capas
(Mantenimiento Imposible)



io Hubble y James Webb

Elemento B (James Webb)



Tamaño del Espejo



Espejo de
2.4 metros

VS



Espejo de
6.5 metros



Ubicación y Órbita



Órbita Baja Terrestre
(~570 km)

VS



Punto L2 de Lagrange
(~1.5 millones de km)



Objetivos Científicos Principales

VS

Galaxias Cercanas,
Supernovas,
Evolución Estelar

Formación de Primeras
Galaxias, Exoplanetas,
Orígenes del Universo

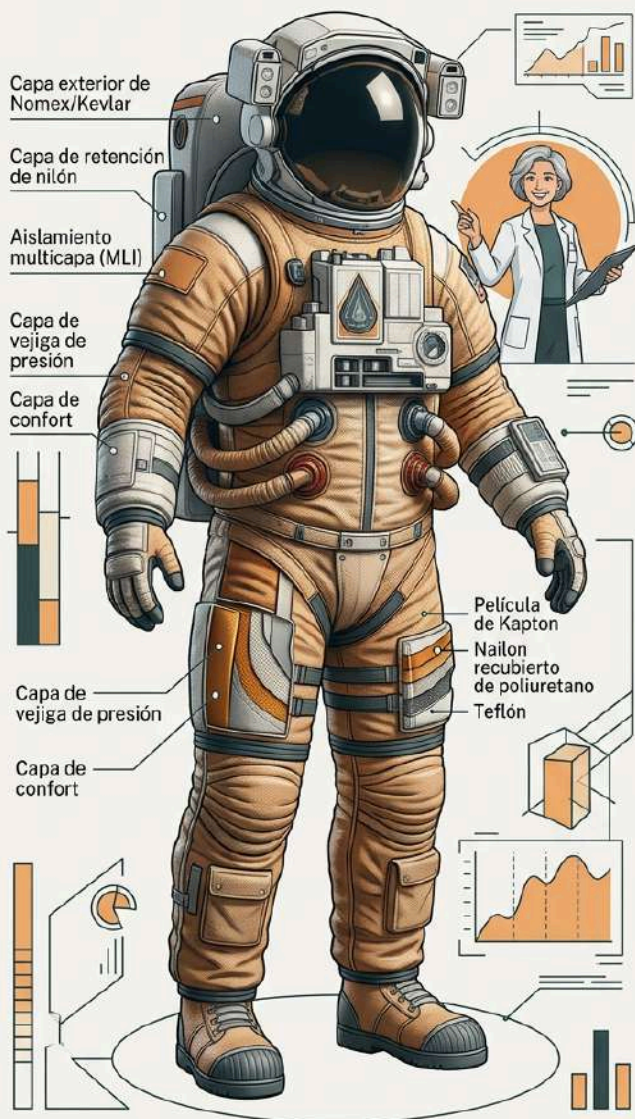
¿Cómo funciona un traje espacial?

Un traje espacial es mucho más que un simple atuendo; es una **mini-nave espacial personal** diseñada para mantener a los astronautas con vida y funcionales en el ambiente hostil del espacio. Su función principal es crear un **entorno habitable y controlado** que proteja al usuario de las condiciones extremas que existen fuera de la Tierra. Imagina la Tierra como una burbuja de aire que nos protege, pues el traje espacial hace las veces de esa burbuja en el vacío.



Figura 19. Así funciona un traje espacial.

TRAJE ESPACIAL



1.



PROTECCIÓN TÉRMICA:

Múltiples capas de aislamiento (MLI) resisten temperaturas extremas de calor y frío solar.

2.



2. SISTEMA DE SOPORTE VITAL PORTÁTIL (PLSS):

Suministra oxígeno, regula la presión y elimina el dióxido de carbono y la humedad.

3.



3. MOVILIDAD Y MOVIMIENTO:

Articulaciones flexibles y rodamientos permiten el movimiento en brazos, piernas y cintura.

4.



4. COMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA:

Antenas de radio y unidades de visualización conectan al astronauta con el control de la misión.

PROPÓSITO: EDUCACIÓN ASTRONÓMICA. UN LOGRO DE LA INGENIERÍA PARA EL ESPACIO

Figura 20. Así funciona un traje espacial.

La atmósfera dentro de un traje espacial está cuidadosamente regulada. Se proporciona **oxígeno a presión constante**, similar a la que respiramos en la Tierra, pero a un nivel de presión ligeramente inferior para evitar la descompresión explosiva. Esta mezcla gaseosa se renueva continuamente para eliminar el dióxido de carbono exhalado por el astronauta y mantener un nivel óptimo de oxígeno. Además, la temperatura es un factor crítico; el traje cuenta con un sistema de enfriamiento y calefacción para mantener al astronauta a una temperatura corporal confortable, ya que en el espacio las fluctuaciones térmicas pueden ser extremas, pasando de temperaturas gélidas a abrasadoras dependiendo de la exposición al Sol.

El traje espacial también es un escudo contra los peligros del vacío. La **presión externa en el espacio es prácticamente cero**, lo que significa que sin un traje, los fluidos corporales del astronauta hervirían instantáneamente. El traje mantiene una **presión interna artificial** que contrarresta

EL TRAJE ESCUDO

"Guía Técnica de la NASA para la Supervivencia en el Espacio"

SOPORTE VITAL



Recirculación de O₂

Proporciona oxígeno al astronauta y elimina el dióxido de carbono exhalado para mantener la respiración.



Control Térmico

Mantiene una temperatura interna constante y cómoda, protegiendo contra el calor y el frío extremos.



Presurización

Crea una presión de aire interna segura para proteger al astronauta del vacío del espacio.



Suministro de Agua

Proporciona agua potable esencial para la hidratación y el funcionamiento de los sistemas de enfriamiento del traje.

CASCO

- 1 Visor Solar Dorado
- 2 Sistema de Comunicaciones
- 3 Luces de Tarea

GUANTES

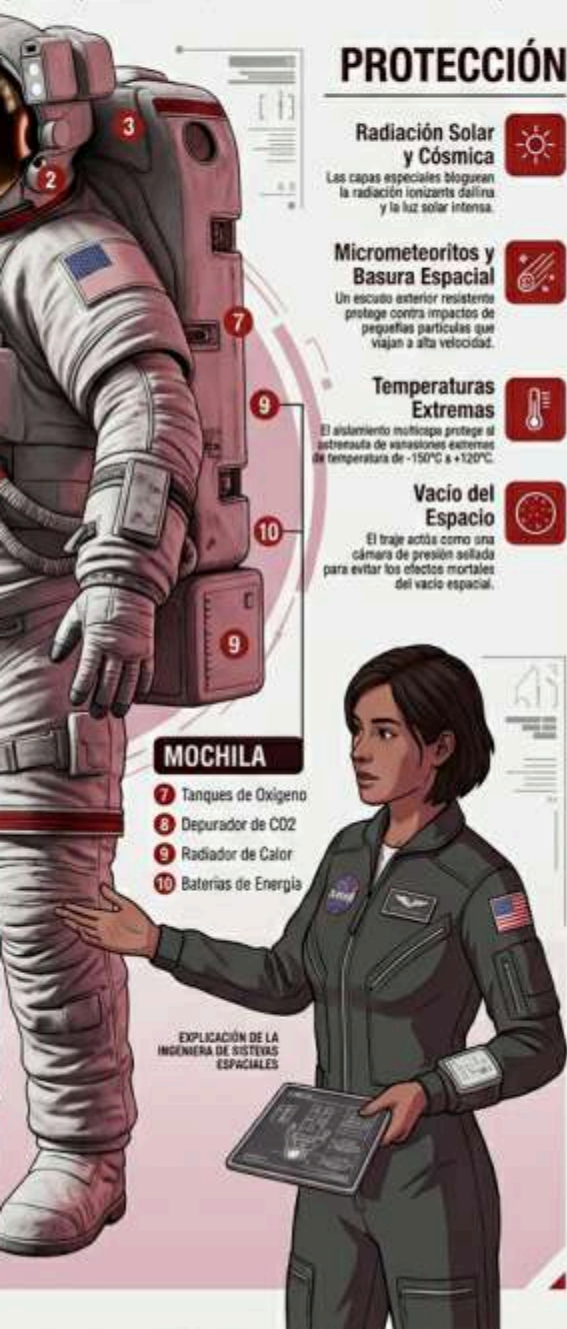
- 4 Movilidad Articulada
- 5 Capas de Presión
- 6 Calentadores Integrados

EXPLICACIÓN DE LA INGENIERÍA DE SISTEMAS ESPACIALES

High fidelity 3D render:
Detailed features,
Cutaway render:
Outline.

ESPACIAL: O VITAL

espacio" (educacional, estrictamente terminado en Spanish

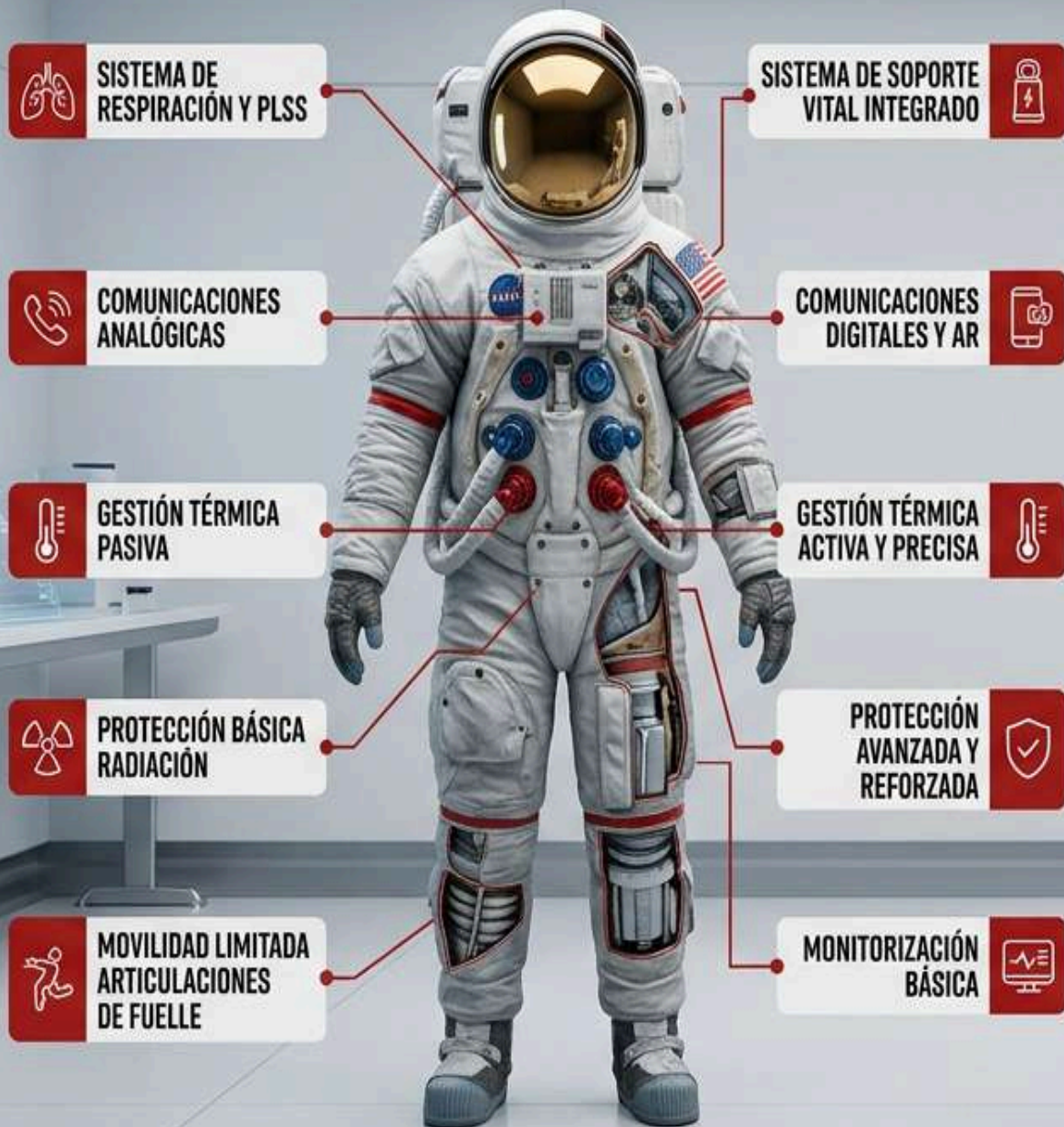


esta amenaza. Además, protege de la **radiación solar y cósmica**, que es mucho más intensa fuera de la atmósfera terrestre. La visera del casco, por ejemplo, está recubierta con capas de oro y otros materiales para reflejar la radiación y proteger los ojos del intenso brillo solar.

Para el movimiento y la movilidad, los trajes espaciales son maravillas de la ingeniería. Incorporan **articulaciones y sistemas de soporte** que permiten a los astronautas mover sus brazos y piernas con relativa libertad, a pesar de la rigidez de las capas presurizadas. La comunicación es otro aspecto vital; cada traje está equipado con un sistema de radio integrado para que los astronautas puedan hablar entre sí y con el control de misión en la Tierra. Finalmente, para tareas fuera de la nave, como caminatas espaciales, los trajes proporcionan sistemas de **soporte vital autónomos**, incluyendo baterías y tanques de oxígeno, para permitir horas de operación independiente.

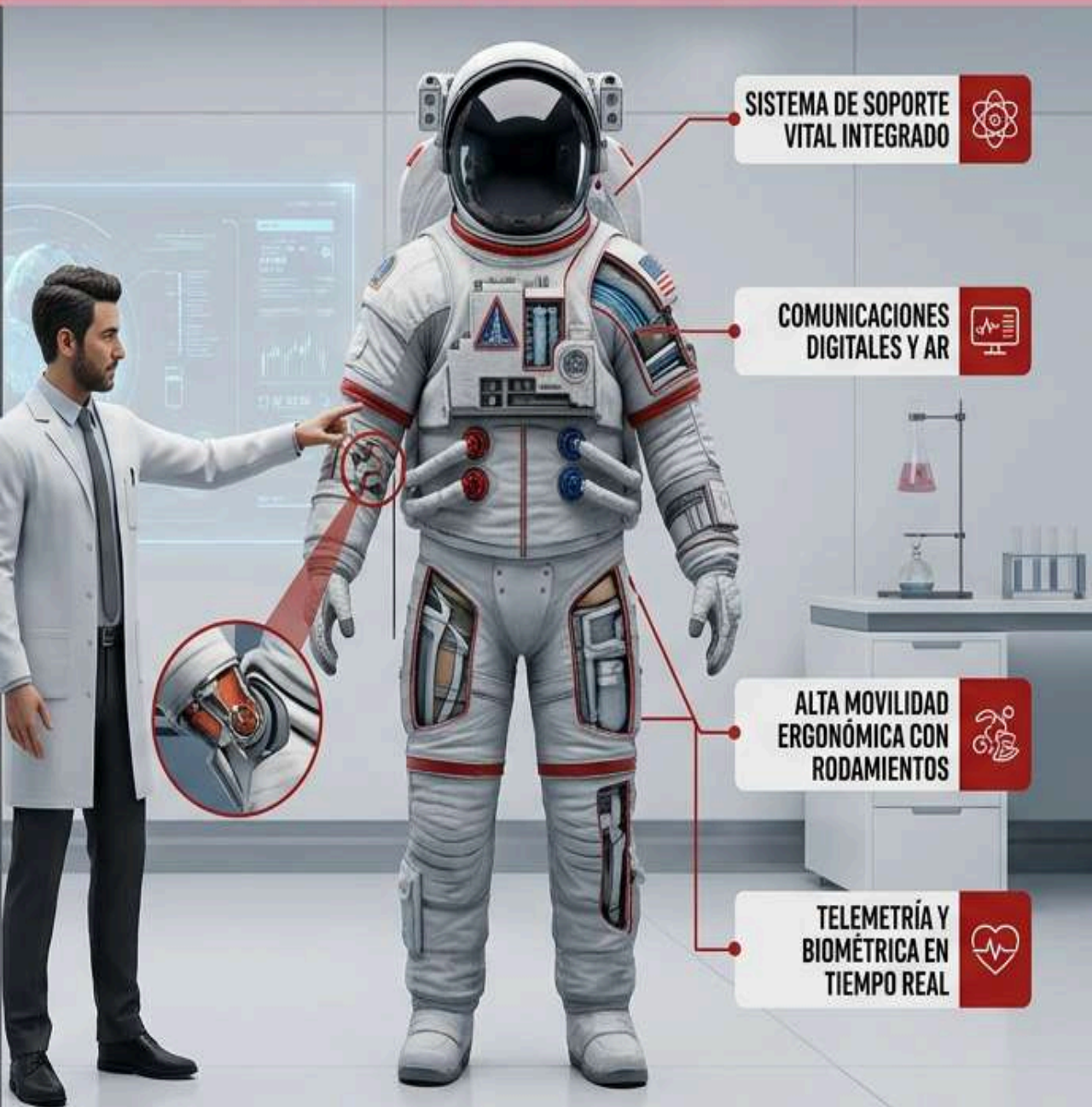
COMPARATIVO Traje A

ELEMENTO A (RETRO) - TRAJE APOLO 11



Apolo 11 y traje actual

ELEMENTO B (MODERNO) - TRAJE ACTUAL



**SISTEMA DE SOPORTE
VITAL INTEGRADO**



**COMUNICACIONES
DIGITALES Y AR**



**ALTA MOVILIDAD
ERGONÓMICA CON
RODAMIENTOS**



**TELEMETRÍA Y
BIOMÉTRICA EN
TIEMPO REAL**





