

Apollo XIII (El éxito de un fracaso)

Autoría: Carlos González Pintado

TIPO	PÁGINAS	IDENTIFICADOR
Historia de la exploración espacial	69-81	TDL-76-2021-069-081

RESUMEN DOCUMENTAL

Reconstrucción técnica de la misión Apollo XIII, cuyo alunizaje fue abortado después de la explosión de un tanque de oxígeno. El artículo describe el lanzamiento, la emergencia, las decisiones de la tripulación y del control de misión y las soluciones que permitieron el regreso seguro. La parte final examina la cadena de problemas técnicos y de pruebas del sistema de oxígeno que desembocó en el accidente.

PALABRAS CLAVE

Apollo 13 · NASA · exploración espacial · misión lunar · ingeniería · accidente · gestión de crisis

CITA BIBLIOGRÁFICA

Carlos González Pintado. «Apollo XIII (El éxito de un fracaso)». Torre de los Lujanes, n.º 76, 2021, pp. 69-81. ISSN 1136-4343.



Apollo XIII (El éxito de un fracaso)

Por *Carlos González Pintado*

Comienzo y fallo

Era la séptima misión tripulada del Programa Apollo y la tercera que iba a aterrizar en la Luna.

Se lanzó el 11 de abril de 1970 a las **13:13** (*hora de Houston*). El aterrizaje en la Luna se abortó debido a la ruptura de un tanque de oxígeno dos días después del lanzamiento, el **13** de abril. El módulo de servicio y el de mando quedaron totalmente inoperativos.



A pesar de todos los problemas causados por la carencia de energía, la pérdida de climatización, la escasa reserva de agua potable y la necesidad de reparar el sistema de extracción de dióxido de carbono, la tripulación volvió a salvo a la Tierra el 17 de abril y fueron recuperados por el *USS Iwo Jima*.

Las tripulaciones principal y de reserva eran:

Principal:

Posición	Astronauta
Comandante	James A. Lovell, Jr.
Piloto del CM	T. Kenneth Mattingly II
Piloto del LM	Fred W. Haise, Jr.



Reserva:

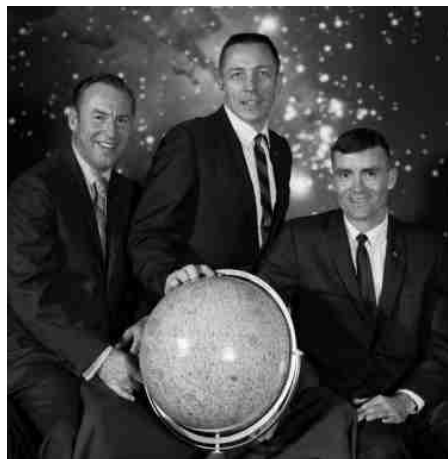
Posición	Astronauta
Comandante	John W. Young
Piloto del CM	John L. Swigert
Piloto del LM	Charles M. Duke, Jr.



Ken Mattingly estaba seleccionado originalmente como piloto del CM. Siete días antes del lanzamiento, uno de los hijos de Charles Duke cogió el sarampión y esto expuso a las dos tripulaciones al virus ya que se entrenaban juntos. Mattingly no había pasado la enfermedad de niño y se suponía que no era inmune. Tres días antes del lanzamiento, recomendado por el médico del vuelo, Swigert

pasó a la tripulación principal. De esta manera, la tripulación final fue: *Lovell, Swigert y Haise*.

Mattingly nunca mostró síntomas de haber cogido el sarampión y fue asignado como piloto del CM de la tripulación de Young que, posteriormente, tripuló el Apollo XVI (*la quinta misión en aterrizar en la Luna*).



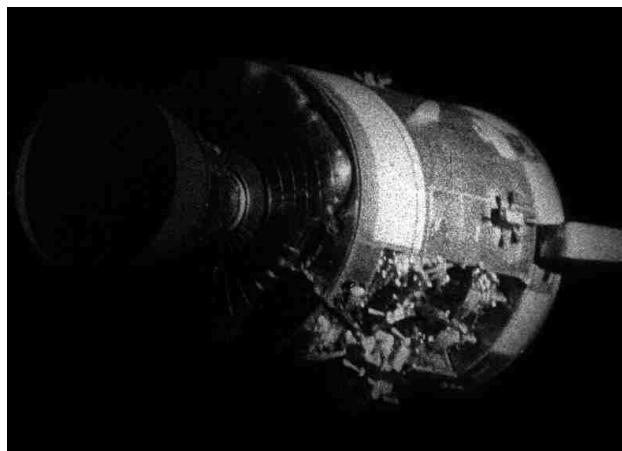
La misión del Apollo XIII era explorar el área de *Fra Mauro*. En su interior, un cráter de 80 km de diámetro tenía un interés geológico especial ya que se creía que se había formado con las eyecciones del impacto que formó el *Mare Imbrium*.

Esta expedición empezó con un pequeño incidente durante el lanzamiento cuando el motor central de la segunda etapa se apagó dos minutos antes de tiempo. Los cuatro motores exteriores siguieron encendidos más tiempo para compensar el menor empuje y el vehículo entró en una órbita nominal.

Aproximadamente a 322.000 km de la Tierra se realizó una transmisión de TV desde el CM justo antes del periodo de descanso, tras la cual el Control de Houston pidió que se activaran los agitadores de los tanques de oxígeno e hidrógeno para homogeneizar el contenido y obtener lecturas de presión más fiables. (*Este procedimiento se ejecutaba de forma periódica en todos los vuelos*). Unos 93" después, la tripulación oyó un potente sonido como de explosión, seguido de una fuerte vibración y fluctuaciones de energía. Los astronautas pensaron que un asteroide había impactado en el LM.

Pero la realidad era que el tanque de oxígeno 2, uno de los dos dentro del módulo de servicio había experimentado una ruptura

debido a una subida de presión que pasó por encima del límite de seguridad. Debido a esta situación, el tanque se rompió y el oxígeno se expandió rápidamente llenando la zona donde las células de combustible estaban localizadas. (*Sector 4*).



La presión, que seguía aumentando, arrancó las tuercas de sujeción del panel de aluminio que cubría el Sector 4, lanzando al exterior el resto del oxígeno y las piezas rotas de la estructura.

Esta segunda ruptura probablemente causó algunos daños a la antena que se estaba usando en ese momento para comunicarse con el Control, de ahí la interrupción de 1,8 segundos con la Estación terrena que seguía el Apollo en ese momento. El sistema automáticamente actuó cambiando de antena y el problema se corrigió por sí solo. En los 3 minutos siguientes, la onda expansiva forzó que las células de combustible 1 y 3 se cerraran y solo quedara operativa la 2.

Además, bien un conducto del tanque 1 desarrolló una fuga o su válvula de paso falló pero, durante los siguientes 130 minutos, el oxígeno del tanque empezó a salir al espacio hasta que el tanque se vació y dejó todo el módulo de servicio sin ningún oxígeno.

Como las células de combustible combinan LOX y LH₂ (oxígeno e hidrógeno líquidos) para generar electricidad y producir agua, la 2 finalmente se desactivó dejando todo el módulo de mando con la limitada energía que podían producir las baterías. La tripulación se

vio forzada a apagarlo completamente y usar el módulo lunar como bote salvavidas.

Este procedimiento se había sugerido previamente durante una simulación de entrenamiento pero no se consideró un escenario válido. Esta solución, sin embargo, hizo posible el rescate de la tripulación.

El fallo del SM dio al traste con el plan de aterrizar en la Luna e inició la puesta en marcha de los protocolos para un retorno a la Tierra. Los planes de aborto existentes, que databan de 1966, fueron evaluados; la solución más rápida era un aborto directo pero requería el uso del motor del SM para obtener el necesario cambio de velocidad que colocara la nave en la trayectoria adecuada. Este plan tenía la ventaja de una vuelta rápida a casa y, además, usando menores cantidades de combustible pero se desechó por las siguientes razones:

- Debía haberse hecho en una fase más temprana del viaje, antes de que la nave entrara en la influencia gravitacional de la Luna y esto ya había ocurrido cuando surgió el problema.
- No existía un modo práctico de obtener energía eléctrica para encender el motor.
- Había dudas de que el motor reaccionara de manera normal ya que pudo haber sido dañado por la ruptura del tanque de oxígeno.

Por estas razones, el Director de Vuelo Gene Kranz y su adjunto Chris Kraft decidieron por una vuelta circum-lunar, usando la gravedad de la Luna y acelerando la nave, durante su paso por la cara oculta, para ponerles en la trayectoria adecuada para su regreso a la Tierra.

La nave exhibía un comportamiento extraño. La información angular y de velocidad que aportaban las Estaciones de tierra,

haciendo seguimiento en modo automático, diferían grandemente de los cálculos de vectores de trayectoria que predecían los sistemas de guía y navegación de Houston, GSFC (*Centro de Vuelos Espaciales de Goddard*) y el Cabo.

La ruptura del panel exterior actuó como el encendido de un motor empujando la nave fuera de su curso nominal. De manera que la primera prioridad era restablecer el curso correcto con un encendido de los motores de propulsión del módulo lunar. El resultado fue adecuado e inmediato pero no definitivo porque la fuga del tanque número 1 seguía actuando como un motor y cambiaba constantemente la trayectoria, así que las correcciones eran muy frecuentes. Después de 130 minutos, el tanque finalmente se vació y los cambios de trayectoria cesaron. Una vez que el curso correcto se había restablecido, el motor de descenso se usó, tras la Luna, para obtener la velocidad que puso el vehículo en la ruta correcta hacia la Tierra, y ya solo se usó dos veces más en maniobras de corrección.

Los consumibles del módulo lunar habían sido calculados para mantener dos personas durante solo dos días y no a tres personas durante cuatro días. El oxígeno era el menor de los problemas ya que dicho módulo tenía suficiente para re-presurizar la cápsula después de cada actividad lunar. Pero a diferencia del CSM que usaba células de combustible que producían electricidad y agua potable, el módulo lunar usaba baterías de óxido de plata, y la energía eléctrica y el agua (*usada para enfriar los motores y para beber*) sí eran, obviamente, consumibles críticos.

Para ser capaces de mantener el soporte vital y el sistema de comunicaciones operativo durante el retorno, el consumo de energía del bote salvavidas se redujo al mínimo posible.

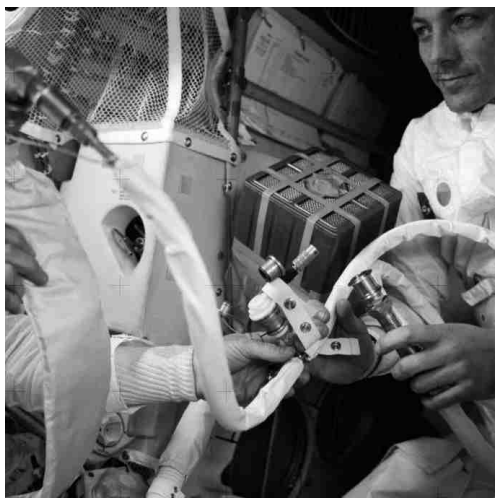
La cantidad limitada de hidróxido de litio que se usaba para eliminar el dióxido de carbono era un problema más serio. Las reservas internas de LiOH del módulo lunar no eran suficientes para mantener a la tripulación durante el retorno, y el remanente estaba fuera de alcance, en la etapa de descenso del mismo.



El módulo de mando tenía una adecuada cantidad de cajas de LiOH pero había una incompatibilidad entre ambos módulos. Los ingenieros del control idearon un sistema para acoplar las cajas cúbicas del módulo de

mando con las cilíndricas del módulo lunar y transmitieron el procedimiento a la tripulación. Los astronautas llamaron a este invento *el buzón de correo*.

Aún quedaban dos correcciones de trayectoria por hacer. Primero, la ventana de reentrada que llevaban situaba el amerizaje en el océano Indico donde no había barcos americanos de recogida y, segundo, la cápsula llegaría a la atmosfera con un ángulo de reentrada tan pequeño que probablemente rebotara al espacio. El motor del módulo lunar se usó de nuevo dos veces para corregir ambos pequeños problemas.



Otro problema que había que resolver era que había que encender el módulo de mando de nuevo. El controlador de Vuelo John Aaron, con la ayuda del astronauta Mattingly y un grupo de ingenieros y diseñadores, trabajaron en un nuevo protocolo para dotarle de la suficiente energía a pesar del escaso margen restante y del tiempo extremadamente corto de que disponían.

El proceso fue muy complejo porque, junto con otros problemas, la bajísima temperatura dentro del módulo de mando había condensado el vapor de agua existente en gotas de agua que cubrían todas las superficies sólidas. Había una seria preocupación de que los sistemas eléctricos tuvieran problemas o fallos debido al exceso de humedad. Afortunadamente no los hubo principalmente gracias a las extensivas mejoras hechas en la circuitería eléctrica como resultado de las lecciones aprendidas del fuego del Apollo I.

Según se acercaban a la Tierra, desacoplaron el módulo de servicio y sacaron varias fotografías para usarlas durante análisis posteriores. Al fotografiar el daño, la tripulación se sorprendió viendo que el panel del Sector 4 había desaparecido por completo. Los analistas de tierra también estuvieron de acuerdo que la antena había sido dañada.



Finalmente, la tripulación desacopló el módulo lunar, *Aquarius*, quedando solo el módulo de mando, *Odyssey*, para la reentrada en la atmósfera.

Una reentrada atmosférica normal tiene un periodo de corte de comunicaciones, causado por ionización de la atmósfera alrededor del módulo, que dura unos cuatro minutos. La posibilidad de que la protección térmica pudiera haber sido dañada por la ruptura del panel de cobertura de la sección 4 preocupaba a todos durante este periodo

de ausencia de comunicaciones. Para empeorar el ambiente, duró 33” más de lo normal. Sin embargo, el Odyssey re-estableció contacto de radio y amerizó en el Pacífico Sur, al sudoeste de Samoa y a solo 6,5 km del barco de recuperación.

La tripulación estaba en buenas condiciones físicas salvo por Haise, que padecía una infección de riñón por la falta de agua.

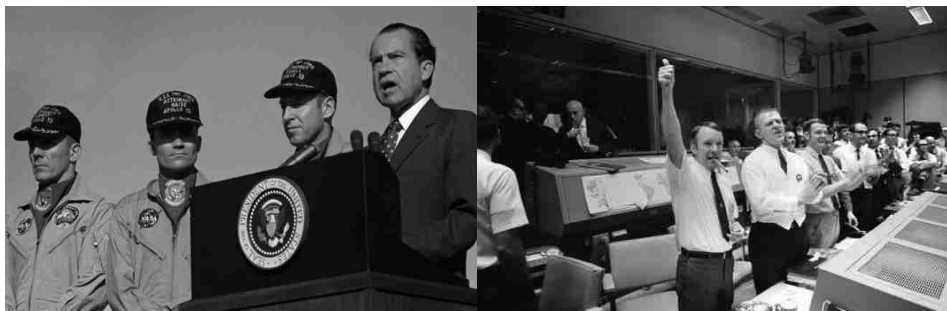
Tras el problema inicial, el análisis mostraba que las probabilidades de devolver a los tres astronautas a casa a salvo eran muy pequeñas pero que se incrementaría usando la opción de vuelta



reducida; con esta opción solo dos astronautas volverían vivos. El Director de Vuelo, Gene Kranz dijo que no había otra opción que traer a los tres de vuelta a la Tierra y, así, puso a todos a trabajar en esa dirección.

Nadie durmió durante los siguientes cuatro días buscando algún tipo de solución. Después de un trabajo agotador, las probabilidades de vuelta se habían incrementado a más del 50%.

Mucha gente clasificó este vuelo como un fracaso total, pero el final feliz solo puede clasificarse como un éxito absoluto y fue una demostración de ingenio, imaginación, conocimiento y perseverancia.



Hechos

Asignación de Tripulación

Durante el Programa Apollo el procedimiento estándar de rotación de tripulaciones fue establecido. Siguiendo este plan, la tripulación del Apollo XIII debería haber sido la de reserva asignada al Apollo X y así, el comandante hubiera sido el veterano astronauta de los programas Mercury y Gemini, L. Gordon Cooper. La tripulación sería:

- L. Gordon Cooper, Jr (*Comandante*)
- Donn F. Eisele (*Piloto del Módulo de Mando*)
- Edgar D. Mitchell (*Piloto del Módulo Lunar*)

Sin embargo, no era la intención de Deke Slayton (*Director de tripulaciones de vuelo*) el incluir a Cooper y Eisele en otras misiones ya que ambos tenían conflictos con la administración NASA por motivos diferentes. (*Cooper por su escaso interés en el entrenamiento y Eisele por incidentes durante el Apollo VII y por tener una aventura extra marital*). Slayton les asignó como tripulación de reserva para el Apollo X debido a la ausencia de astronautas con experiencia de vuelo, así que presentó la asignación siguiente a la jefatura:

- Alan B. Shepard, Jr (*Comandante*)
- Stuart A. Roosa (*Piloto del Módulo de Mando*)
- Edgar D. Mitchell (*Piloto del Módulo Lunar*)

Pero en este caso, y por primera vez, la recomendación de Slayton fue rechazada por la administración que pensó que Shepard necesitaba más entrenamiento para incluirle en un viaje lunar ya que recientemente había sido intervenido quirúrgicamente debido a un problema de equilibrio que le había mantenido en tierra desde el *Mercury Redstone 3*, en 1961. Finalmente, la tripulación asignada fue la misma que la que había sido reserva del vuelo histórico del Apollo XI.

Resultados del comité de investigación

Esta misión tuvo varios *pequeños incidentes* que, de alguna manera, contribuyeron a la cuasi pérdida de la misión y la tripulación:

- a. Durante las pruebas iniciales, en la plataforma de lanzamiento, surgió una duda de un tanque súper-crítico de Helio de la etapa de aterrizaje del módulo lunar que parecía tener problemas de aislamiento. La solución (¿?) fue cambiar el plan de vuelo y entrar en el módulo lunar tres horas antes de lo previsto para comprobar la presión del tanque. Finalmente, durante el viaje de vuelta, el tanque falló y expelió el helio al espacio causando una desestabilización de la cápsula. Haise hizo horas extra para recuperar la orientación adecuada.
- b. El tanque de oxígeno 2 estaba originalmente instalado en el Apollo X y se reemplazó para implementar modificaciones, durante las cuales fue dañado. Después de ser reparado y probado en fábrica, se instaló en el Apollo XIII.
- c. En 1965, al vehículo Apollo se le instalaron una serie de mejoras, una de las cuales incluía el cambio del voltaje aplicado a los

calentadores de 28 a 65 V DC; este cambio no se implementó en los interruptores termales.

- d. Otro dato, durante las pruebas de lanzamiento, los tanques de oxígeno se purgan al 50% y mientras que el tanque 1 no tuvo problemas, el 2 no bajaba de 92%. La limpieza de los conductos de purga y la válvula usando gas a alta presión no funcionó así que se decidió llevar el O² a punto de ebullición con los calentadores. Esta solución funcionó pero los calentadores estuvieron encendidos durante 8 horas causando que la protección de Teflón se degradara debido al exceso de temperatura.
- e. Como los interruptores habían estado trabajando a 65 V DC (*37 más de lo nominal*) durante tanto tiempo, los contactos se fundieron y los calentadores permanecieron encendidos permanentemente, aumentando la presión y causando, finalmente, el fallo.