



Desde cero

Notas del docente

Objetivos de aprendizaje

Los estudiantes

- Describirán y explicarán cómo la estructura y la forma del material, el peso y la distribución del peso influyen en el rendimiento de un avión de papel.
- Diseñarán y realizarán una investigación estructurada sobre el diseño de un avión de papel.
- Compararán y contrastarán diferentes diseños de aviones de papel para crear una justificación de por qué un avión vuela más lejos que los demás.

Descripción general de la investigación

Los estudiantes aprenderán que los ingenieros de la NASA deben tener en cuenta varios factores a la hora de diseñar la próxima generación de aeronaves sostenibles. Los equipos de estudiantes explorarán el impacto del diseño de la aeronave en la distancia de vuelo probando diseños de aviones de papel. Los estudiantes continuarán su investigación probando el efecto de añadir peso, así como la distribución de ese peso, en la distancia de vuelo de sus aviones de papel.

Nota: algunos estudiantes de 5.º y 6.º grado pueden necesitar ayuda con algunas partes de esta actividad, mientras que algunos estudiantes avanzados de 8.º grado necesitarán un mayor desafío. Modificar según las necesidades de los estudiantes.

Seguridad

Recuerde a los estudiantes que deben practicar la seguridad en el laboratorio:

- Usar protección para los ojos en todo momento durante las pruebas de vuelo de aviones de papel para su grupo y otros grupos que trabajan cerca.
- Estar atento a las personas que pasan por o cerca de su área de prueba designada para aviones de papel.
- Los aviones de papel nunca deben lanzarse a los demás. Al realizar las pruebas de vuelo, asegúrese de que el camino esté despejado.
- Sea consciente de su entorno y muévase con cuidado por la sala cuando vea el trabajo de otros equipos.

Preparación de la investigación

- Lea las Notas para el educador y el Folleto para el Estudiante para familiarizarse con la actividad.
- Lea la hoja de contexto de la NASA al final de las Notas del Educador para obtener información de referencia útil sobre el trabajo actual de la NASA en materia de aviación.
- Tenga videos precargados para la presentación.

Grados 5 a 8

Ritmo sugerido

120 a 180 minutos o 2 a 3 sesiones de clase (divididas por fases)

Materiales

- Utensilio para escribir
- Papel
- Varilla de medición o rueda de medición
- Sujetadores de papel, centavos u otros materiales utilizados para poner peso al avión de papel
- Regla
- Cinta liviana (p. ej., cinta transparente)
- Protección para los ojos
- Palos de manualidades, sorbetes, varillas de agitación, brochetas, tallos de chenilla u otros materiales disponibles para crear estructuras de soporte para el ala rediseñada
- Balanza (opcional)
- Transportador (opcional)

Estándares nacionales STEM

- MS-PS2-5 and MS-PS2-4
- MS-ETS1-3
- NGSS Ciencia e Ingeniería, Práctica 3
- CCSS.MATH.CONTENT.8.SP.A.1



Ilustración de la aeronave X-57 totalmente eléctrica de la NASA. (NASA Langley/Laboratorio de Conceptos Avanzados, AMA, Inc.)

- Haga copias del Folleto para el Estudiante (una por equipo).
- Identifique un lugar seguro donde los estudiantes puedan probar sus diseños de aviones de papel. Marque previamente el área de prueba en incrementos de 100 cm; se recomienda un rango de medición de 1000 cm (10 m) a 2500 cm (25 m)
- Haga que los estudiantes investiguen en Internet sobre los aviones de papel para que se familiaricen con los diferentes estilos, las diferentes clasificaciones y lo que se puede esperar de los diferentes diseños.
- Considere la posibilidad de que cada estudiante o equipo utilice un color de papel diferente.

Presentar la investigación

- Explique a los estudiantes que la investigación aeronáutica de la NASA incluye el diseño, la construcción y el vuelo de aviones experimentales, que suelen denominarse “aviones en X”. Estos aviones en X superarán los límites de lo tecnológicamente posible, y uno de los principales objetivos recientes ha sido contribuir a que la aviación sea más respetuosa con la Tierra.
- Muestre el video “Acelerando hacia nuevos horizontes de la aviación”, disponible en <https://youtu.be/Yfr6WDFN7d0>.
- Demuestre cómo hacer y volar un avión de papel:
 - Paso 1: Doble una hoja de papel de 8,5 x 11 pulgadas por la mitad a lo largo.
 - Paso 2: Doble cada mitad por la mitad de nuevo, hacia el exterior del papel.
 - Paso 3: Pida a los estudiantes que predigan si el avión volará y, de ser así, qué tan bien lo hará.
 - Paso 4: Vuela el avión de papel.



Presentar la investigación

? Identificar el problema

- Mantenga el avión de demostración a la vista de los estudiantes.
- Organice a los estudiantes en parejas o grupos de tres para que discutan sus observaciones iniciales.
 - ¿El avión de papel voló como se predijo?
 - ¿Qué tan bien voló el avión?
 - ¿Por qué el avión de papel voló como lo hizo?
 - ¿Tiene alguna suposición sobre por qué el avión de papel funcionó o voló como lo hizo?
 - ¿En qué se parece o se diferencia la forma del avión de papel de los aviones reales?
 - ¿Qué mejoras se podrían hacer para que el avión vuele mejor?
- Pida a los estudiantes que utilicen los siguientes sitios web para investigar las ventajas de la propulsión eléctrica. Los estudiantes pueden trabajar individualmente o en pequeños grupos, o pueden hacer un rompecabezas.
 - Tecnología LEAP de la NASA: Propulsión Eléctrica Distribuida. <https://youtu.be/hhL2-Lykl9s>
 - Tecnologías de propulsión eléctrica. <https://www.nasa.gov/feature/electric-propulsion-technologies>
 - Beneficios. <https://www1.grc.nasa.gov/aeronautics/eap/eap-overview/benefits-2/>
- Pida a los estudiantes que comenten lo que han aprendido.

🔍 Explorar lo conocido y lo desconocido

- Durante la Fase 1, los estudiantes probarán tres diseños de aviones de papel para determinar cuál volará más lejos.
- Determine si los estudiantes trabajarán individualmente o en pequeños equipos de dos o tres. Se recomiendan equipos pequeños; sin embargo, algunos estudiantes pueden trabajar mejor de forma independiente.
- Los estudiantes pueden turnarse para volar, medir y registrar datos.

Fase 1: diseño general

- Los estudiantes deben planificar el diseño de sus aviones de papel para una distancia máxima. Los estudiantes pueden consultar las instrucciones paso a paso provistas para construir diferentes tipos de aviones de papel, o pueden elegir construir los suyos propios. Asegúrese de que los estudiantes no elijan un diseño que sea demasiado difícil de doblar. Considere limitar las opciones de diseño para minimizar el tiempo de construcción y cualquier frustración que los estudiantes puedan experimentar en esta fase.
- Pida a los estudiantes que sigan estos pasos para construir y probar sus aviones de papel:
 - Paso 1: elige tres diseños diferentes de aviones de papel. Las instrucciones para cinco diseños diferentes están disponibles al final de esta guía, pero puede usar otros diseños si lo prefiere.
 - Paso 2: predice qué diseño volará más lejos y cuál volará la distancia más corta.
 - Paso 3: haz los tres diseños diferentes de aviones de papel que has elegido. Asegúrate de utilizar el mismo tipo de papel para los tres.
 - Paso 4: para cada diseño de avión de papel, haz tres vuelos de prueba. Mide y registra cada distancia al centímetro entero más cercano en una tabla (consulta la Tabla de distancia recorrida). La distancia se calcula desde el punto del suelo en el que el avión salió de la mano del piloto hasta el lugar en el que toca el suelo por primera vez. Es posible que los estudiantes necesiten un miembro del equipo en la línea de vuelo para marcar el lugar donde aterriza el avión. Recuerde a los estudiantes que deben realizar el lanzamiento de la misma manera en cada prueba, utilizando la misma fuerza y dirección.

Tabla de distancias recorridas (ejemplo)

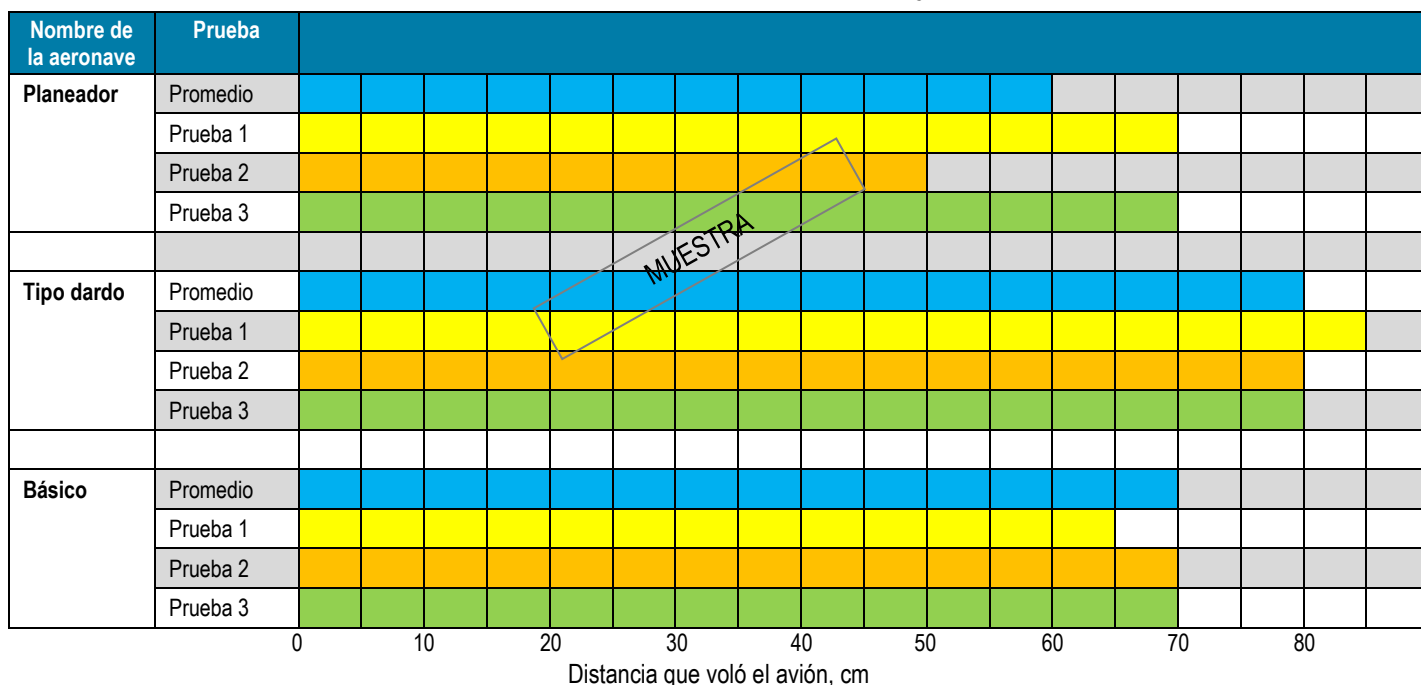
Nombre de la aeronave	Distancia recorrida, cm			Total de los tres pruebas	÷	Número de pruebas	=	Distancia promedio recorrida (redondeada al cm más cercano)
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3					
Planeador	77	57	62	196	÷	3	=	65
Tipo dardo	84	80	81	245	÷	3	=	82
Básico	66	69	72	207	÷	3	=	69

- Paso 5: para cada diseño de avión de papel, calcula la distancia media recorrida en los tres ensayos (en centímetros enteros).

$$\text{Promedio} = \frac{\text{Distancia 1} + \text{Distancia 2} + \text{Distancia 3}}{3 \text{ (Número de pruebas)}}$$

- Paso 6: grafica los resultados de los tres ensayos y la media de cada avión de papel. Se recomienda un gráfico de barras. Revisa el ejemplo a continuación.

Gráfico de barras de distancia recorrida (ejemplo)



- Una vez realizados los ensayos y calculados los datos, pida a los estudiantes que respondan a las siguientes preguntas:
 - ¿Tu predicción fue correcta?
 - ¿Qué características contribuyeron al éxito del avión que voló más lejos?
 - ¿Cómo podría mejorar el avión que volara la distancia más corta?

Fase 2: peso y distribución del peso

- En esta fase de la actividad, los estudiantes aprenderán el efecto del peso y la distribución del peso en el vuelo de uno de sus aviones de papel.
- Pida a los estudiantes que lean el siguiente artículo de la página web y, a continuación, dirija un debate sobre los pros y los contras del uso de las baterías y los aviones eléctricos.
 - Aviones eléctricos (baterías incluidas). <https://climate.nasa.gov/news/2482/electric-airplanes-batteries-included/>
- Pida a los estudiantes que sigan estos pasos para añadir peso y probar sus aviones de papel:
 - Paso 1: elige uno de los tres diseños utilizados en la Fase 1. Explica qué diseño elegiste y por qué.
 - Paso 2: elige un objeto (por ejemplo, monedas de un centavo, sujetapapeles u otros materiales de tamaño similar) que puedas fijar al avión como unidad de peso estándar. Los sujetapapeles son fáciles de colocar y no pesan mucho. Los centavos pesan más, lo que significa que no necesitarás muchos, pero es posible que tengas que fijarlos con cinta adhesiva.
 - Paso 3: crea una tabla para registrar el número de elementos añadidos frente a la distancia recorrida. A continuación se presenta una tabla de muestra.

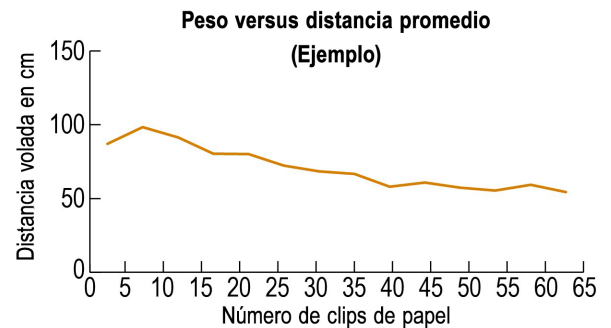
Distancia recorrida con peso añadido (ejemplo)

Total de artículos agregados	Distancia recorrida, cm			Pruebas totales	÷	Número de pruebas	=	Distancia promedio recorrida (redondeada al cm más cercano)
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3					
0	85	86	90	261	÷	3	=	87
5	95	97	103	295	÷	3	=	98
10	90	92	92	274	÷	3	=	91
15	80	82	79	241	÷	3	=	80

- Paso 4: crea una sección de datos cualitativos en tus notas (observaciones no relacionadas con los números). En esta sección, registrarás dónde colocaste el peso en el avión de papel y harás observaciones sobre cómo la colocación (distribución) del peso afecta al rendimiento general del avión. También puedes hacer dibujos o añadir fotos en la sección de datos cualitativos.
- Paso 5: vuela el avión sin ningún tipo de peso (es decir, sin añadir ningún elemento). Mide y registra la distancia, al centímetro entero más cercano, para el vuelo de cada uno de los tres ensayos.
- Paso 6: Agrega peso al avión en incrementos consistentes. Cuanto más ligero sea el objeto, más tendrá que añadir a la vez (por ejemplo, un céntimo a la vez, cinco sujetapapeles a la vez). Después de cada adición, haz volar el avión y luego mide y registra la distancia del vuelo durante tres ensayos. Continúa añadiendo peso al avión hasta que este ya no vuele, sino que caiga al suelo como una pelota lanzada.
- Paso 7: Promedia los ensayos utilizando la fórmula que se muestra a continuación y luego grafica tus datos.

$$\text{Promedio} = \frac{\text{Distancia 1} + \text{Distancia 2} + \text{Distancia 3}}{3 \text{ (Número de pruebas)}}$$

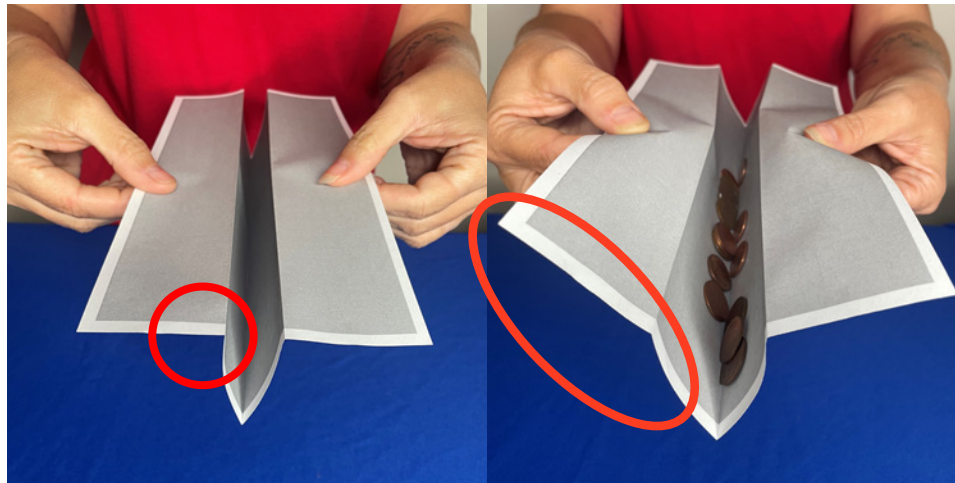
El gráfico será un diagrama de dispersión o un gráfico de líneas (véase el ejemplo de la derecha) que harás en tu cuaderno o en una computadora.



- Paso 8 (opcional): si todavía tienes tiempo, elige una cantidad media de peso que ya haya volado con éxito. Experimenta con la distribución del peso colocando ese número específico de elementos en diferentes lugares del avión de papel (por ejemplo, todos en la parte delantera, todos en la parte trasera, o repartidos uniformemente por todas partes). Usa la sección de datos cualitativos en tus notas para registrar dónde has añadido peso. Anota también tus observaciones sobre cómo la colocación (distribución) del peso afectó al rendimiento general del avión. Siéntete libre de hacer un dibujo o tomar fotos.
- Una vez realizados los ensayos y calculados los datos, pida a los estudiantes que respondan a las siguientes preguntas:
 - ¿Aumentó o disminuyó la distancia del avión la primera vez que se añadió peso? ¿Por qué?
 - ¿La distancia del avión ha variado constantemente a lo largo de la actividad? Si es así, ¿por qué?
 - ¿La distribución del peso tuvo algún impacto en la forma en que voló el avión? Si es así, ¿por qué?
 - ¿Por qué los asientos de un avión comercial se distribuyen a lo largo de todo el fuselaje (o cuerpo) de un avión en lugar de estar todos en la parte delantera o trasera?
 - ¿Por qué algunas compañías aéreas cobran por cada pieza de equipaje que se sube al avión?

Fase 3: integridad estructural

- En esta fase, los estudiantes estudiarán la estructura de su avión. Los estudiantes no volarán este avión de papel, pero estudiarán el diseño de las alas y la capacidad de la estructura del material para soportar el peso. Los estudiantes añadirán materiales de soporte estructural (por ejemplo, palos de manualidades, varillas de agitación o cartón) a las alas o al fuselaje para soportar el peso añadido. Los estudiantes cambiarán el diseño estructural para simular diferentes propiedades de los materiales.
- Comparta los siguientes videos con los estudiantes y dígales que deben estar preparados para discutir la importancia y los beneficios de las alas estables, los materiales compuestos y la cinta termoplástica.
 - X-56: El futuro del vuelo—Parte 1: Controles activos. Mire desde la marca de tiempo 0 a 3:36. https://youtu.be/igR1_grUQyl
 - NASA | Método de procesamiento de cintas y compuestos termoplásticos avanzados. <https://youtu.be/U0hFnkrDjy4> (1:28 min.)
- Pida a los estudiantes que sigan estos pasos:
 - Paso 1: Elige un diseño de avión de los tres diseños de la Fase 1. Rehazlo si es necesario.
 - Paso 2: sujeta el avión por los bordes de las alas durante toda esta fase, como se muestra en el ejemplo siguiente. Agrega algunos pesos a la vez, observando la “caída” o hundimiento de las alas. La mejor manera de describir la caída es “donde el ángulo del ala se encuentra con el fuselaje” (el cuerpo del avión).



- Ten en cuenta que cuando se añade peso al fuselaje, el ángulo entre el ala y el fuselaje ya no es de 90° . Las propiedades del material utilizado son incapaces de soportar el peso, y el avión no es capaz de mantener su forma.
- Paso 3: elige una cantidad de peso para que el avión de papel aguante en el fuselaje y coloca el peso en las siguientes zonas, haciendo observaciones de la caída después de cada colocación: hacia la parte delantera, repartido uniformemente, y luego hacia la parte trasera.
- Paso 4: documenta tus observaciones en la sección de datos cualitativos de tu cuaderno de estudiante, describiendo el número/tipo de pesos o el peso total añadido y la caída o hundimiento resultante de las alas. A continuación se presenta una tabla de ejemplo. Para este paso, registra tus observaciones en la columna de diseño original. La columna de diseño mejorado se utilizará en el Paso 7.

Tabla de observaciones cualitativas (ejemplo)

Número/tipo de peso o Peso añadido, g	Observaciones cualitativas (p. ej., descripción de la caída)	
	Diseño original	Diseño mejorado
2 centavos (5 g)	Sin caída notable	Definitivamente no hay caída en absoluto
5 centavos (12,5 g)	Ligera caída, definitivamente notable	Aproximadamente la mitad de la caída que originalmente

MUESTRA

- Paso 5: haz una lluvia de ideas sobre cómo asegurar y estabilizar el ala en el punto de unión con el fuselaje utilizando materiales comunes (por ejemplo, palos de manualidades, sorbetes, varillas de agitación, brochetas, tallos de chenilla).
- Paso 6: realiza las mejoras en tu avión. Ten en cuenta los resultados de las pruebas de peso anteriores para que el avión no sea demasiado pesado.
- Paso 7: Repite las pruebas de los pasos 3 y 4 utilizando tu diseño mejorado. Asegúrate de documentar los resultados igual que antes, utilizando la columna de diseño mejorado de tu tabla de observaciones cualitativas.
- Pida a los estudiantes que respondan las siguientes preguntas:
 - ¿Por qué el avión de papel empezó a perder su forma cuando se le añadió peso al fuselaje?
 - ¿Qué ocurrió con la estructura del avión cuando añadiste materiales de apoyo (ya que no pudiste cambiar las propiedades del papel)?
- Consulta la foto de ejemplo. Ten en cuenta que cuando se añade peso al fuselaje, el ángulo entre el ala y el fuselaje ya no es de 90° . Las propiedades del material utilizado son incapaces de soportar el peso, y el avión no es capaz de mantener su forma. Si el mismo diseño estuviera hecho de láminas de metal en lugar de papel, podría soportar los centavos sin que se cayeran, pero sería demasiado pesado para volar.

Generar posibles soluciones

- Los equipos seleccionarán un avión de papel de la Fase 1 para rediseñarlo o modificarlo de manera que vuele más lejos que en la Fase 1. Haga que los equipos de estudiantes sigan estos pasos para generar posibles soluciones:
 - Paso 1: selecciona un avión de papel de la Fase 1 para rediseñarlo o modificarlo para que vuele más lejos que en la Fase 1.
 - Paso 2: reflexiona sobre tus datos de las Fases 1 a 3 y haz una lluvia de ideas sobre lo que haría falta para que un avión de papel volara mejor de lo que lo hacía originalmente. Puedes utilizar los recursos de la NASA en esta actividad o el sitio web NASA.gov para que te ayuden a dar ideas.
 - Paso 3: dibuja o escribe los cambios que quieres hacer y el motivo de los mismos.
 - Paso 4: escribe una justificación para cada uno de los cambios propuestos basándote en tus datos y/o en los recursos de la NASA.
 - Paso 5: haz una predicción de la distancia que volará el avión mejorado con respecto al anterior.

Considerar las consecuencias

- Haga que los equipos de estudiantes lleven a cabo las soluciones propuestas y que luego determinen si sus predicciones fueron acertadas.
 - Paso 1: haz el diseño de avión de papel que elegiste en la Fase 1.
 - Paso 2: aplica las modificaciones propuestas.
 - Paso 3: haz volar el avión de papel para ver si vuela como estaba previsto. Realiza pequeños ajustes necesarios y vuelve a probar. Al igual que antes, haga la prueba volando 3 veces, tomando las medidas al centímetro más cercano y registrándolas después de cada prueba.

Distancia recorrida por un avión diseñado por estudiantes

Nombre de la aeronave	Distancia recorrida, cm			Total de los tres pruebas	÷	Número de pruebas	=	Distancia promedio recorrida, cm
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3					
					÷	3	=	






- Paso 4: calcula la distancia promedio volada en las tres pruebas.
- Paso 5: Compara con los resultados de la Fase 1 para el plano original para ver si la distancia ha mejorado. Determina si la predicción fue precisa. Está preparado para presentar todos los materiales.

Presentar los hallazgos

Pida a los estudiantes que:

- Presenten gráficos, discutan los datos cualitativos y hablen de su nuevo avión diseñado.
- Defiendan por qué hicieron los cambios que hicieron y discutan si los cambios funcionaron o no.
- Expliquen los puntos fuertes y débiles del diseño.
- Publiquen su trabajo para que lo vean los demás equipos.

Evaluación

Aprendizaje basado en problemas Paso	Principiante (0)	Aprendiz (1)	Calificado (2)	Experto (3)	Nivel de conocimiento del estudiante (Puntaje)
 Identificar el problema	El estudiante no identifica el problema.	El estudiante identifica incorrectamente el problema.	El estudiante identifica parte del problema.	El estudiante identifica completa y correctamente el problema.	
 Explorar lo conocido y lo desconocido	El estudiante no identifica los conocimientos y las incógnitas.	El estudiante identifica de manera incompleta lo conocido y lo desconocido.	El estudiante identifica lo conocido y lo desconocido utilizando la experiencia, pero no utiliza recursos.	El estudiante identifica por completo lo conocido y lo desconocido utilizando la experiencia y los recursos.	
 Generar posibles soluciones	El estudiante no hace una lluvia de ideas.	El estudiante genera una solución posible.	El estudiante proporciona dos soluciones.	El estudiante proporciona tres o más soluciones posibles.	
 Considerar las consecuencias	El estudiante no identifica ninguna consecuencia.	El estudiante determina consecuencias inexactas o irrelevantes.	El estudiante identifica las consecuencias con precisión.	El estudiante identifica las consecuencias con precisión y proporciona una justificación.	
 Presentar los hallazgos	El estudiante no comunica los resultados.	Estudiante comparte resultados aleatorios	El estudiante comparte resultados organizados, pero los resultados están incompletos	El estudiante comparte resultados detallados y organizados con el grupo.	
Total					

Referencia

Actividad aeronáutica F-16 Avión de papel Falcon.

https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/aero_teacher_activity_guide_printable.docx

Ampliaciones

- Los estudiantes pueden desafiar a los miembros de su familia a un concurso de construcción de aviones. Anime a los estudiantes a compartir los resultados, los datos y las imágenes con los demás estudiantes.
- En la fase 3 se pueden utilizar transportadores para medir la “caída” o el ángulo donde se unen el ala y el fuselaje.
- Los estudiantes pueden diseñar sus propios aviones en X. <https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/design-your-own-x-plane-v4.pdf>
- Los estudiantes pueden buscar otros materiales compuestos que la NASA está investigando.
- Pida a los estudiantes que aporten sugerencias a los expertos de la NASA sobre cómo lograr una aviación sostenible con un avión fuerte pero ligero. Los estudiantes pueden
 - Dibujar un diseño de la aeronave.
 - Proporcionar detalles o sugerencias sobre cómo hacer que el avión sea ligero.
 - Rediseñar piezas para un mejor rendimiento.
 - Rediseñar para una máxima distribución del peso.
- Incluya cualquier otra idea o sugerencia para mejorar el rendimiento.

Recursos

Aeronáutica de la NASA | Día de la Tierra 2021. https://youtu.be/Tb2j_Ndhq-8

El futuro de las aeronaves de ala fija (ver extractos: 2:24 a 6:13 y 10:09 a 15:12). <https://youtu.be/24EFpyv13aw>

X-57 Maxwell. <https://www.nasa.gov/specials/X57/>

Sistemas Eficientes de Transporte Aéreo. <https://www.nasa.gov/feature/sistemas-de-transporte-aereo-eficientes>

La NASA apunta a una aviación respetuosa con el clima. <https://www.nasa.gov/aeroresearch/nasa-aims-for-climate-friendly-aviation>

Contexto de la NASA

En los próximos 10 años, la NASA demostrará

- Los primeros sistemas de propulsión híbridos-eléctricos de alta potencia para grandes aviones de transporte
- Alas de avión largas y delgadas de gran eficacia
- Nuevas técnicas de fabricación a gran escala de materiales compuestos
- Tecnologías avanzadas de motores basadas en las innovaciones de la NASA

Propulsión híbrida-eléctrica

Tenemos autos eléctricos, ¿por qué no tenemos todavía aviones eléctricos?

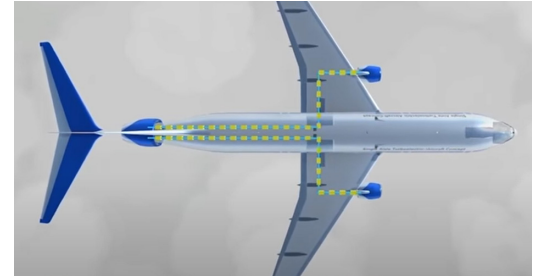
Peso. Aunque un auto más liviano puede tener una mayor autonomía que uno más pesado, el peso es menos preocupante para los autos porque los vehículos terrestres no tienen que luchar contra la gravedad. Cuanto más pesada es una aeronave, más potencia necesita para volar. Uno de los muchos objetivos del diseño de cualquier avión es mantener el peso al mínimo. Cuanto más ligero es una aeronave, menos combustible necesita para volar y más carga útil puede transportar.

Calor. En los sistemas de alimentación actuales, el 20% de la energía se disipa en forma de exceso de calor que hay que refrigerar.

Una aeronave eléctrica de un solo pasillo fabricado con las tecnologías actualmente disponibles sería, en última instancia, demasiado pesado para volar y requeriría peso y energía adicionales para refrigerar sus componentes. En pocas palabras, el avión sería ineficiente. La NASA está desarrollando nuevas tecnologías, como motores, convertidores, disyuntores, baterías y sistemas de refrigeración para mantener los componentes refrigerados y minimizar el peso y la pérdida de calor.

La NASA está liderando la evolución hacia la madurez de la propulsión híbrida-eléctrica para las aeronaves, un desarrollo que cambiará la forma de propulsión de la aviación. La propulsión híbrida-eléctrica es un área de desarrollo apasionante que utiliza motores alimentados por combustible, ventiladores accionados eléctricamente o una combinación de ambos sistemas para propulsar la aeronave durante varias fases del vuelo. Piensa en un auto híbrido volador.

Centrarse en la propulsión electrificada de las aeronaves contribuye a los ambiciosos objetivos de investigación de vuelo de la NASA. Ya se han convertido varios laboratorios para ayudar a explorar las máquinas, los accionamientos y los subsistemas necesarios para la propulsión eléctrica, híbrida-eléctrica y turboeléctrica a gran escala.



La investigación del Centro de Investigación Glenn de la NASA sobre la propulsión electrificada de las aeronaves ofrece nuevas posibilidades para reducir el consumo de combustible y energía.

Ala transónica reforzada con armadura

La NASA está probando en tierra una prometedora y revolucionaria configuración de ala transónica reforzada con armadura (TTBW) que alcanzará niveles de eficiencia aerodinámica mucho más altos que los posibles con los aviones actuales.

Agregar vigas a las alas ayuda a sostenerlas, lo que permite que sean más largas que las alas convencionales. Esto ayuda a reducir la resistencia, lo que significa que el avión quema menos combustible mientras vuela. Históricamente, las alas inclinadas aumentan la estabilidad del avión. También reducen las turbulencias cuando se vuela a diferentes velocidades y pueden hacerse delgadas para reducir la fricción del flujo de aire sobre las alas. https://youtu.be/Wqh_ihyKpQY



Las alas transónicas reforzadas con armadura pueden ayudar a reducir el consumo de combustible hasta en un 10%. (NASA)

Tecnologías avanzadas de fabricación de materiales compuestos

Los ingenieros también están desarrollando materiales compuestos avanzados y tecnologías de motor avanzadas basadas en las innovaciones de la NASA. Muchos de los componentes externos de los aviones se construyen con aleaciones metálicas, aunque los compuestos de materiales como la fibra de carbono y una variedad de resinas de fibra de vidrio son cada vez más populares a medida que mejora la tecnología. Las nuevas técnicas de la NASA para la fabricación a gran escala de materiales compuestos revolucionarán el futuro de la aviación.



Las tecnologías innovadoras harán que la visión de la NASA de un vuelo eficiente pase de la ciencia ficción a la realidad. (NASA)

Desde cero

Folleto para el Estudiante

Tu investigación

Trabajarás en equipos para explorar cómo la estructura y la forma del material, el peso y la distribución del peso influyen en el rendimiento de un avión de papel. Comenzarás explorando el impacto del diseño de la aeronave en la distancia de vuelo probando diseños de aviones de papel. Continuarás tu investigación probando el efecto del peso y la distribución del peso en la distancia de vuelo de tu avión de papel. Para concluir tu investigación, observarás la importancia de las propiedades de los materiales en la aviación sostenible.

? Identificar el problema

- Observa el avión de papel pilotado por tu docente.
- En grupo, discute y escribe las respuestas a estas preguntas:
 - ¿El avión de papel voló como se predijo?
 - ¿Qué tan bien voló el avión?
 - ¿Por qué el avión de papel voló como lo hizo?
 - ¿Tiene alguna suposición sobre por qué el avión de papel funcionó o voló como lo hizo?
 - ¿En qué se parece o se diferencia la forma del avión de papel de los aviones reales?
 - ¿Qué mejoras se podrían hacer para que el avión vuele mejor?
- Utiliza los siguientes sitios web para explorar las ventajas de la propulsión eléctrica. Prepárate para compartir tus conclusiones.
 - Tecnología LEAP de la NASA: Propulsión Eléctrica Distribuida. <https://youtu.be/hhL2-Lykl9s>
 - Tecnologías de propulsión eléctrica. <https://www.nasa.gov/feature/electric-propulsion-technologies>
 - Beneficios. <https://www1.grc.nasa.gov/aeronautics/eap/eap-overview/benefits-2/>

🔍 Explorar lo conocido y lo desconocido

- Durante la Fase 1, prueba tres diseños de aviones de papel para determinar cuál volará más lejos.
- Si se trabaja en equipo, hay que turnarse para pilotar el avión, medir la distancia y registrarla.

⚠ Seguridad

Usar protección para los ojos en todo momento durante las pruebas de vuelo de aviones de papel para su grupo y otros grupos que trabajan cerca. Estar atento a las personas que pasan por o cerca de su área de prueba designada para aviones de papel.

Fase 1: diseño general

- Paso 1: elige tres diseños diferentes de aviones de papel. Las instrucciones para cinco diseños diferentes están disponibles al final de esta guía, pero puede usar otros diseños si lo prefiere.
- Paso 2: predice qué diseño volará más lejos y cuál volará la distancia más corta.
 - Más lejos _____
 - Más cerca _____
- Paso 3: haz los tres diseños diferentes de aviones de papel que has elegido. Asegúrate de utilizar el mismo tipo de papel para los tres.
- Paso 4: prueba cada avión tres veces en el área designada. Mide cada distancia al centímetro entero más cercano y registra los datos en la tabla de distancias recorridas.

- Lanza el avión de la misma manera, utilizando la misma cantidad de fuerza y lanzándolo en la misma dirección para cada ensayo.
- Calcula la distancia del avión desde el punto del suelo en el que salió de la mano del piloto hasta el punto en el que toca por primera vez el suelo.
- Es posible que necesites un miembro del equipo en la línea de vuelo para marcar el lugar donde aterriza el avión.

Tabla de distancia recorrida

Nombre de la aeronave	Distancia recorrida, cm			Total de los tres pruebas	÷	Número de pruebas	=	Distancia promedio recorrida (redondeada al cm más cercano)
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3					
					÷	3	=	
					÷	3	=	
					÷	3	=	

- Paso 5: para cada uno de los tres diseños, calcula la distancia media recorrida en los tres ensayos (redondea al centímetro entero más cercano).

$$\text{Promedio} = \frac{\text{Distancia 1} + \text{Distancia 2} + \text{Distancia 3}}{3 \text{ (Número de pruebas)}}$$

- Paso 6: grafica los resultados de los tres ensayos y la media de cada avión de papel. Se recomienda un gráfico de barras.

Gráfico de barras de distancia recorrida

Nombre de la aeronave	Prueba																
	Promedio																
	Prueba 1																
	Prueba 2																
	Prueba 3																
	Promedio																
	Prueba 1																
	Prueba 2																
	Prueba 3																
	Promedio																
	Prueba 1																
	Prueba 2																
	Prueba 3																

0 10 20 30 40 50 60 70 80

Distancia que voló el avión, cm

Preguntas de la fase 1

- ¿Tus predicciones fueron correctas?
- ¿Qué características contribuyeron al éxito del avión que voló más lejos?
- ¿Cómo podría mejorar el avión que volara la distancia más corta?

Fase 2: peso y distribución del peso

- Lee “Aviones eléctricos (baterías incluidas)”. <https://climate.nasa.gov/news/2482/electric-airplanes-batteries-included/>
- Toma notas sobre las ventajas y desventajas del uso de la batería y prepárate para discutir las con todo el grupo.

En esta fase de la actividad, observarás el efecto del peso y la distribución del peso en el vuelo de uno de tus aviones de papel. Registra todas las observaciones realizadas en la sección de datos cualitativos que harás en tu cuaderno. Los datos cualitativos son cosas que se observan que son importantes pero que no siempre encajan en un gráfico. No todo lo que observas es medible, pero tus observaciones son datos importantes y deben registrarse.

- Paso 1: elige uno de los tres diseños que utilizaste en la Fase 1. Los científicos e ingenieros harían su elección basándose en los datos recogidos. Puedes hacer tu elección comparando la distancia media recorrida por tus tres aviones de la fase 1.
 - Explica qué diseño elegiste y por qué.

El diseño elegido es el _____ . Elegí este porque _____ .

- Paso 2: elige un objeto (por ejemplo, monedas de un centavo, sujetapapeles u otros materiales de tamaño similar) que puedas fijar al avión como unidad de peso estándar. (En el Paso 6, irás añadiendo peso al avión en incrementos a medida que pruebes la distancia que puede volar el avión). Los sujetapapeles son fáciles de colocar y no pesan mucho. Los centavos pesan más, lo que significa que no necesitarás muchos, pero es posible que tengas que fijarlos con cinta adhesiva.
- Paso 3: en tu cuaderno, crea una tabla para registrar tus datos. Aquí se proporciona una tabla de muestra, pero necesitarás más filas para la tabla que cree en su cuaderno.

Distancia recorrida con peso añadido (ejemplo)

Total de artículos agregados	Distancia recorrida, cm			Pruebas totales	÷	Número de pruebas	=	Distancia promedio recorrida (redondeada al cm más cercano)
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3					
0	85	86	90	261	÷	3	=	87
5	95	97	103	295	÷	3	=	98
10	90	92	92	274	÷	3	=	91
15	80	82	79	241	÷	3	=	80

- Paso 4: crea una sección de datos cualitativos en tu cuaderno (observaciones no relacionadas con los números). En esta sección, registrarás dónde colocaste el peso en el avión de papel y harás observaciones sobre cómo la colocación (distribución) del peso afecta al rendimiento general del avión. También puedes hacer dibujos o añadir fotos en la sección de datos cualitativos.
- Paso 5: vuela el avión sin ningún tipo de peso (es decir, sin añadir ningún elemento). Mide y registra la distancia, al centímetro entero más cercano, para el vuelo de cada uno de los tres ensayos.
- Paso 6: Agrega peso al avión en incrementos consistentes. Cuanto más ligero sea el objeto, más tendrá que añadir a la vez (por ejemplo, un céntimo a la vez, cinco sujetapapeles a la vez). Después de cada adición, haz volar el avión y luego mide y registra la distancia del

Dato curioso

La NASA está liderando la nación para abrir rápidamente una nueva era en los viajes aéreos llamada Movilidad Aérea Avanzada, o AAM. En el futuro, las aeronaves eléctricas de despegue y aterrizaje vertical (eVTOL) podrían servir de taxis aéreos para los habitantes de las ciudades y zonas circundantes de todo el país, añadiendo otro modo de transporte para trasladar personas y mercancías.



Más información en:

<https://www.nasa.gov/centers/armstrong/features/aam-plans-for-vertiports.html>

Esquina profesional

Danielle Koch es ingeniera aeroespacial en la NASA y llama a su trabajo “un viaje de ingeniería”. Dirige un equipo de ingenieros que estudian formas de reducir el ruido de los motores diseñando, construyendo y probando nuevas piezas que puedan instalarse en el motor de un avión para realizar esta tarea. Descubre cómo utiliza la naturaleza para inspirar sus diseños acústicos en los aviones.



Más información en:

<https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/danielle-koch-ms-online.pdf>

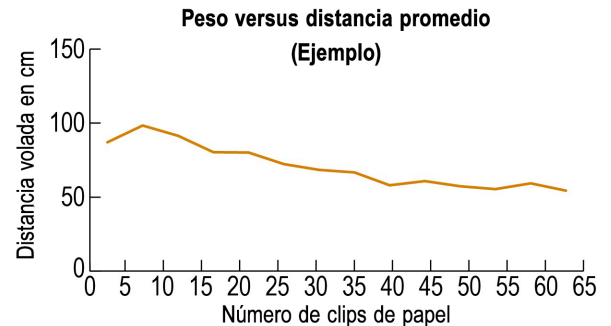
vuelo durante tres ensayos. Continúa añadiendo peso al avión hasta que este ya no vuele, sino que caiga al suelo como una pelota lanzada.

- Paso 7: Promedia los ensayos utilizando la fórmula que se muestra a continuación y luego grafica tus datos.

$$\text{Promedio} = \frac{\text{Distancia 1} + \text{Distancia 2} + \text{Distancia 3}}{3 \text{ (Número de pruebas)}}$$

- El gráfico será un diagrama de dispersión o un gráfico de líneas que harás en tu cuaderno o en una computadora. Consulta la página siguiente para ver un ejemplo de gráfico lineal.

- Paso 8 (opcional): si todavía tienes tiempo, elige una cantidad media de peso que ya haya volado con éxito. Experimenta con la distribución del peso colocando ese número específico de elementos en diferentes lugares del avión de papel (por ejemplo, todos en la parte delantera, todos en la parte trasera, o repartidos uniformemente por todas partes). Usa la sección de datos cualitativos en tus notas para registrar dónde has añadido peso. Anota también tus observaciones sobre cómo la colocación (distribución) del peso afectó al rendimiento general del avión. Siéntete libre de hacer un dibujo o tomar fotos.



Preguntas de la fase 2

- ¿Aumentó la distancia del avión la primera vez que se añadió peso? Si es así, ¿por qué?
- ¿La distancia del avión ha variado constantemente a lo largo de la actividad? Si es así, ¿por qué?
- ¿La distribución del peso tuvo algún impacto en la forma en que voló el avión? Si es así, ¿por qué?
- ¿Por qué los asientos de un avión comercial se distribuyen a lo largo de todo el fuselaje en lugar de estar todos en la parte delantera o trasera?
- ¿Por qué algunas compañías aéreas cobran por cada pieza de equipaje que se sube al avión?

Fase 3: integridad estructural

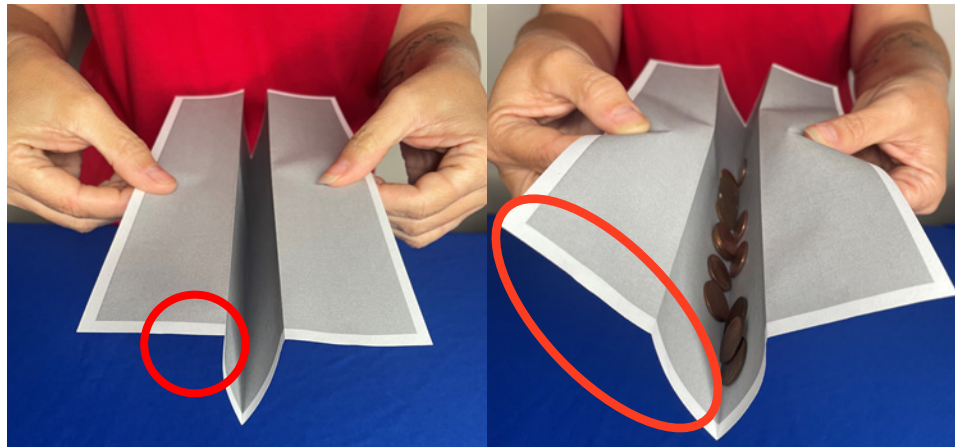
En esta fase, observarás la estructura de un avión. No volarás tu avión de papel, pero investigarás el diseño del ala y lo bien que la estructura del material puede soportar el peso y la distribución del peso. Tu equipo diseñará materiales de soporte estructural (por ejemplo, palos de manualidades, varillas de agitación, cartón, etc.) y los añadirá a las alas o al fuselaje para soportar el peso añadido. Cambiarás el diseño estructural para simular diferentes propiedades de los materiales.

Verás dos videos. Prepárate para discutir la importancia de las alas estables y la importancia de los nuevos materiales compuestos.

- X-56: El futuro del vuelo—Parte 1: Controles activos. Mire desde la marca de tiempo 0 a 3:36. https://youtu.be/igR1_grUQyl
- NASA | Método de procesamiento de cintas y compuestos termoplásticos avanzados. <https://youtu.be/U0hFnkrDjy4> (1:28 min.)

Sigue estos pasos para investigar la distribución del peso y el diseño estructural:

- Paso 1: Elige un diseño de avión de los tres diseños de la Fase 1. Rehazlo si es necesario.
- Paso 2: sujeta el avión por los bordes de las alas durante toda esta fase, como se muestra en el ejemplo siguiente. Agrega algunos pesos a la vez, observando la “caída” o hundimiento de las alas. La mejor manera de describir la caída es “donde el ángulo del ala se encuentra con el fuselaje” (el cuerpo del avión).



- Ten en cuenta que cuando se añade peso al fuselaje, el ángulo entre el ala y el fuselaje ya no es de 90°. Las propiedades del material utilizado son incapaces de soportar el peso, y el avión no es capaz de mantener su forma.
- Paso 3: elige una cantidad de peso para que el avión de papel aguante en el fuselaje y coloca el peso en las siguientes zonas, haciendo observaciones de la caída después de cada colocación: hacia la parte delantera, repartido uniformemente, y luego hacia la parte trasera.
- Paso 4: documenta tus observaciones en la sección de datos cualitativos de tu cuaderno de estudiante, describiendo el número/tipo de pesos o el peso total añadido y la caída o hundimiento resultante de las alas. Aquí se presenta una tabla de ejemplo. Para este paso, registra tus observaciones en la columna de diseño original. La columna de diseño mejorado se utilizará en el Paso 7.

Tabla de observaciones cualitativas (ejemplo)

Número/tipo de peso o Peso añadido, g	Observaciones cualitativas (p. ej., descripción de la caída)	
	Diseño original	Diseño mejorado
2 centavos (5 g)	Sin caída notable	Definitivamente no hay caída en absoluto
5 centavos (12,5 g)	Ligera caída, definitivamente notable	Aproximadamente la mitad de la caída que originalmente

- Paso 5: haz una lluvia de ideas sobre cómo asegurar y estabilizar el ala en el punto de unión con el fuselaje utilizando materiales comunes (por ejemplo, palos de manualidades, sorbetes, varillas de agitación, brochetas, tallos de chenilla).
- Paso 6: realiza las mejoras en tu avión. Ten en cuenta los resultados de las pruebas de peso anteriores para que el avión no sea demasiado pesado.
- Paso 7: Repite las pruebas de los pasos 3 y 4 utilizando tu diseño mejorado. Asegúrate de documentar los resultados igual que antes, utilizando la columna de diseño mejorado de tu tabla.

Preguntas de la fase 3

- ¿Por qué el avión de papel empezó a perder su forma cuando se le añadió peso al fuselaje?
- ¿Qué ocurrió con la estructura del avión cuando añadiste materiales de apoyo (ya que no pudiste cambiar las propiedades del papel)?

Generar posibles soluciones

En equipo, reflexionen sobre los datos de las fases anteriores y hagan una lluvia de ideas sobre lo que haría falta para que un avión de papel volara más lejos que los aviones de la Fase 1.

- Paso 1: selecciona un avión de papel de la Fase 1 que rediseñarás o modificarás para que vuele más lejos que en la Fase 1.
- Paso 2: reflexiona sobre tus datos recopilados de las Fases 1 a 3 y haz una lluvia de ideas sobre lo que haría falta para que un avión de papel volara mejor de lo que lo hacía originalmente. Puedes utilizar los recursos de la NASA en esta actividad o del sitio web NASA.gov para que te ayuden a dar ideas.
- Paso 3: dibuja o escribe los cambios que quieres hacer y el motivo de los mismos.

- Paso 4: escribe una justificación para cada uno de los cambios propuestos basándote en tus datos y/o en los recursos de la NASA.
- Paso 5: haz una predicción de la distancia que volará el avión mejorado con respecto al anterior.

?? Considerar las consecuencias

Realiza un seguimiento de la solución propuesta y determina si tus predicciones son acertadas.

- Paso 1: haz el diseño de avión de papel que elegiste en la Fase 1.
- Paso 2: aplica las modificaciones propuestas.
- Paso 3: haz volar el avión de papel para ver si vuela como estaba previsto. Realiza pequeños ajustes necesarios y vuelve a probar. Al igual que antes, haga la prueba volando tres veces, tomando las medidas al centímetro más cercano y registrándolas después de cada prueba.

Distancia recorrida por un avión diseñado por estudiantes

Nombre de la aeronave	Distancia recorrida, cm			Total de los tres pruebas	÷	Número de pruebas	=	Distancia promedio recorrida, cm
	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3					
					÷	3	=	

- Paso 4: calcula la distancia promedio volada en las tres pruebas.
- Paso 5: Compara con los resultados de la Fase 1 para el plano original para ver si la distancia ha mejorado. Determina si la predicción fue precisa. Está preparado para presentar todos los materiales.

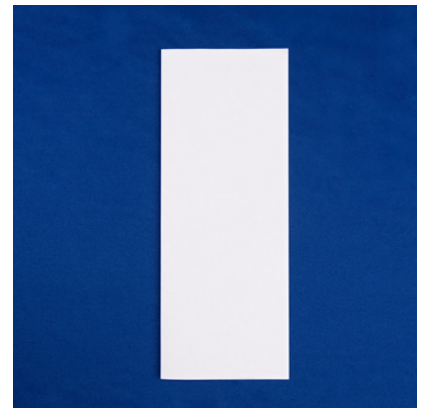
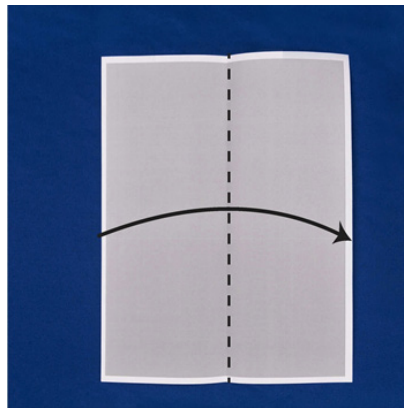
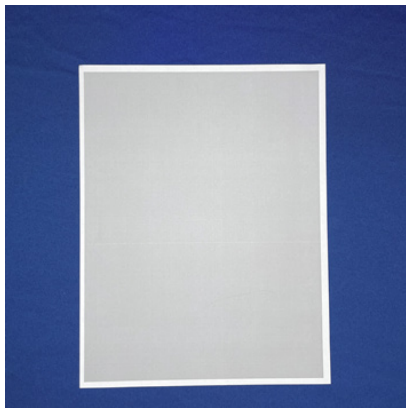
Presentar los hallazgos

Prepárate para

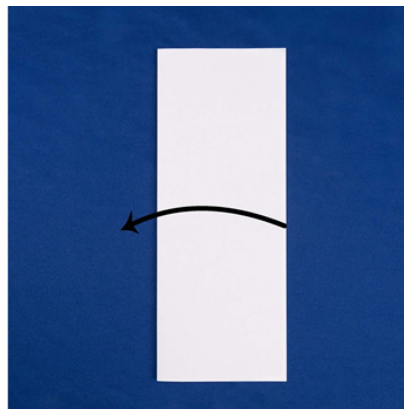
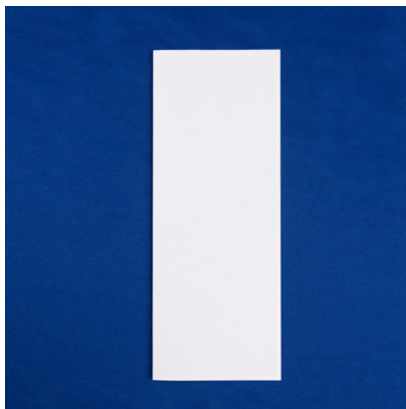
- Presentar gráficos, discutir los datos cualitativos y hablar de tu nuevo avión diseñado.
- Defender por qué hiciste los cambios que hiciste y discutir si los cambios funcionaron o no.
- Expliquen los puntos fuertes y débiles del diseño.
- Publicar y compartir tu trabajo en un área determinada para que otros equipos lo vean.

Diseños de aviones de papel

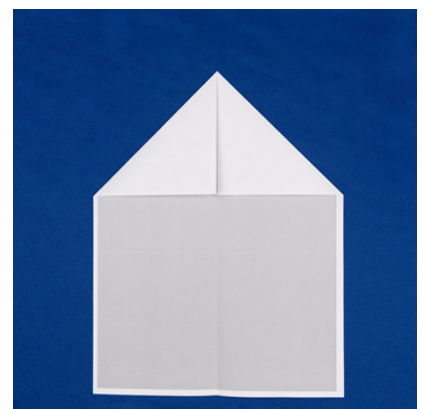
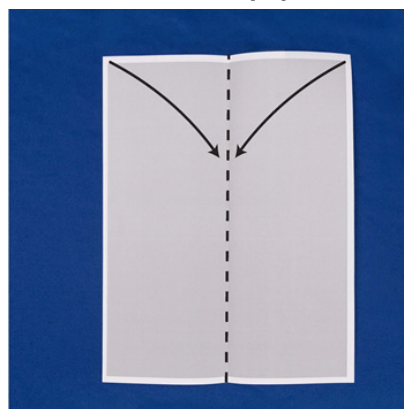
Básico



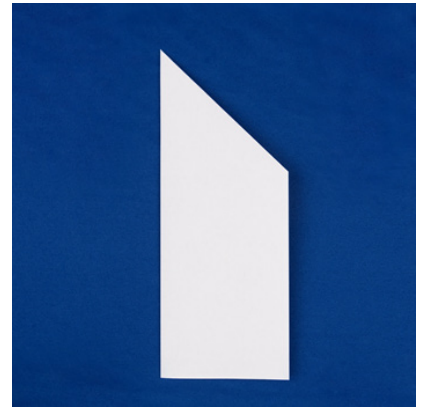
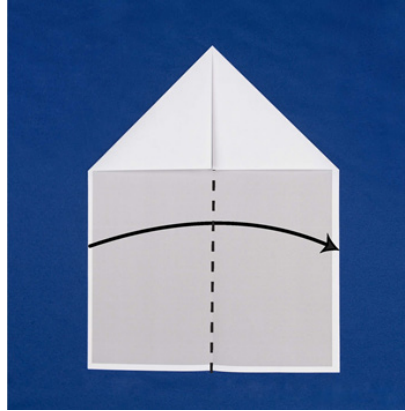
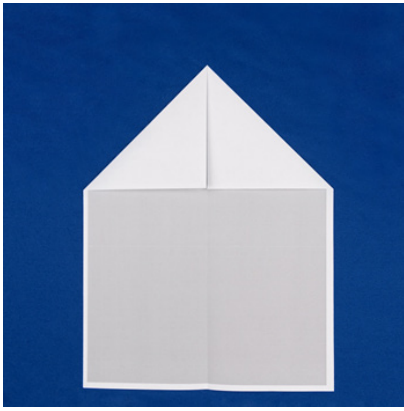
Dobla el papel por la mitad a lo largo.



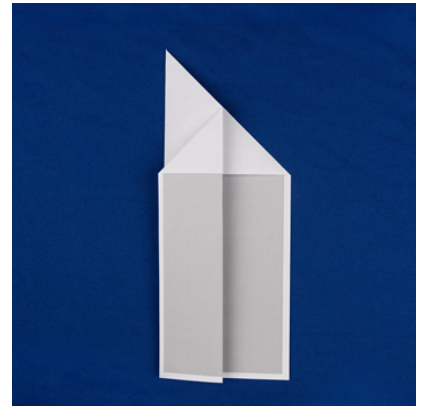
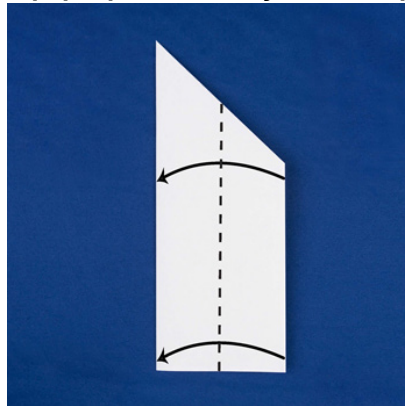
Desdobra el papel.



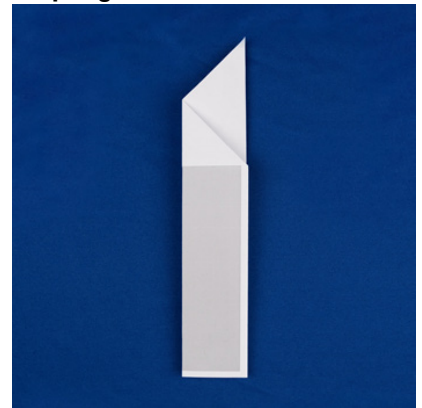
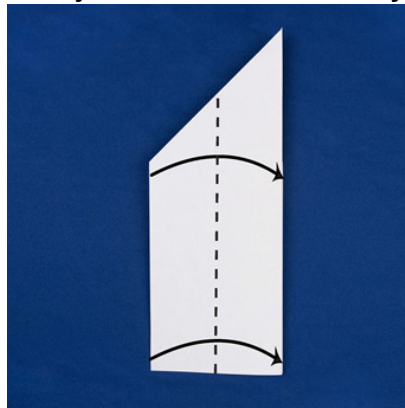
Dobla las dos esquinas hacia la línea central y marca el pliegue.



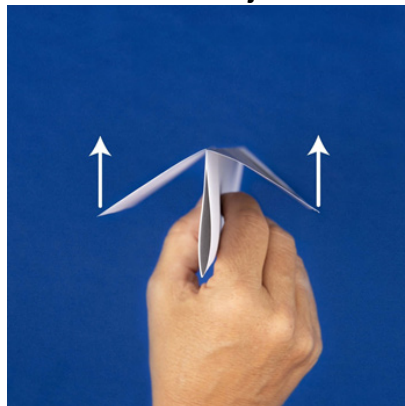
Dobla el papel por la mitad y marca el pliegue.



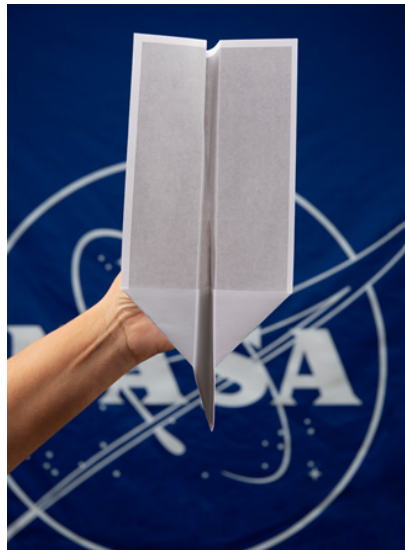
Dobla un ala hacia abajo hasta el borde inferior y marca el pliegue.



Voltea el papel. Dobla la otra ala hacia abajo hasta el borde y marca el pliegue.



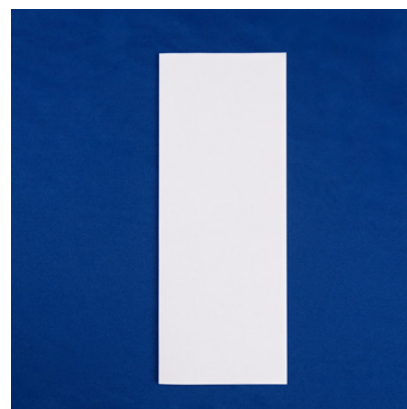
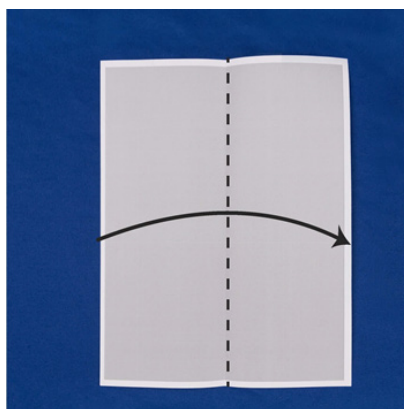
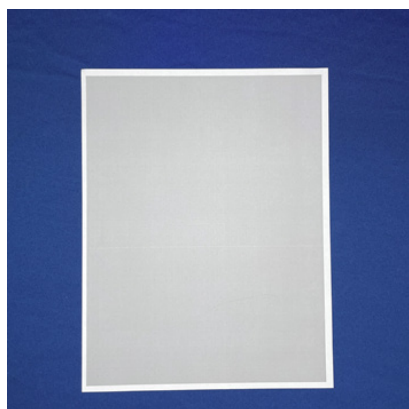
Toma el avión de papel por la base e inclina las alas hacia arriba para crear un ángulo diedro.



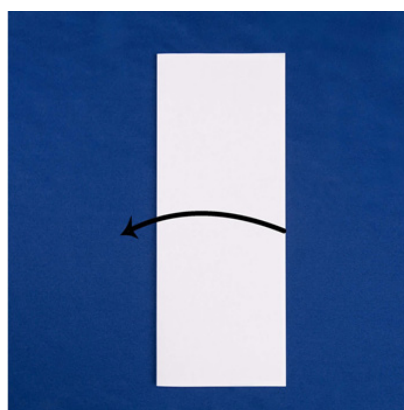
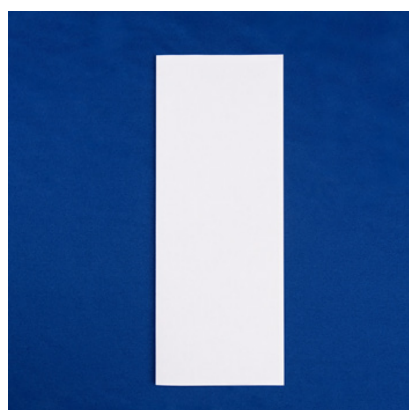
¡Listo para volar!



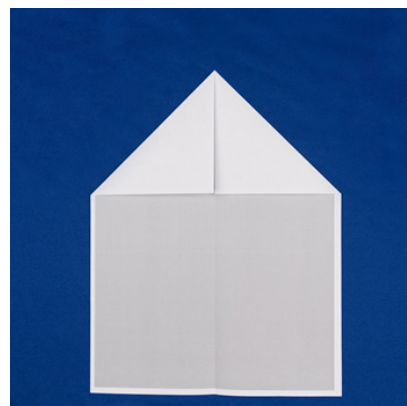
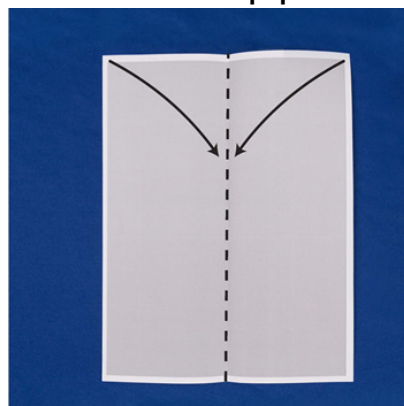
Tipo dardo



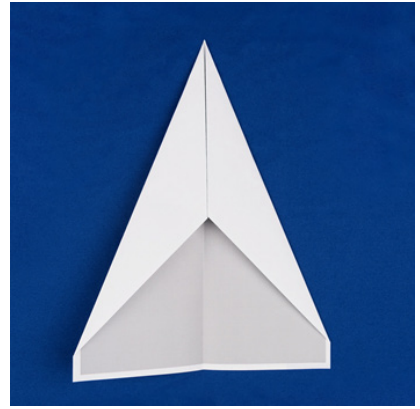
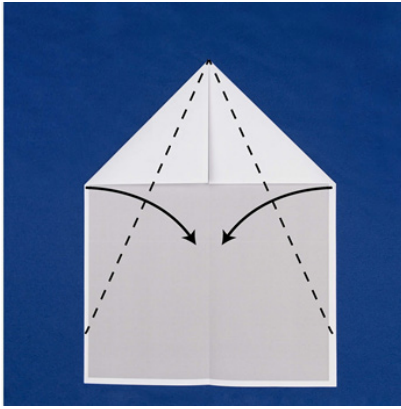
Dobla el papel por la mitad a lo largo.



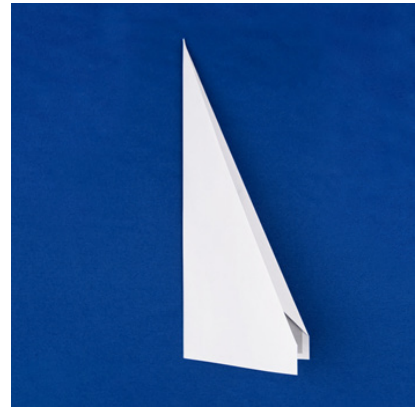
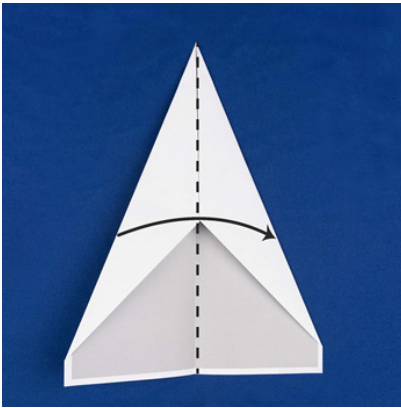
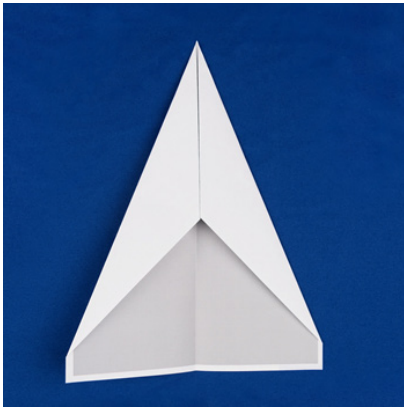
Desdobra el papel.



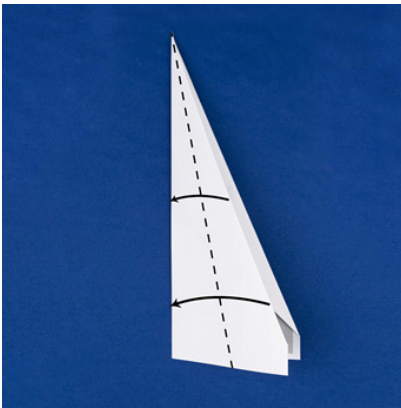
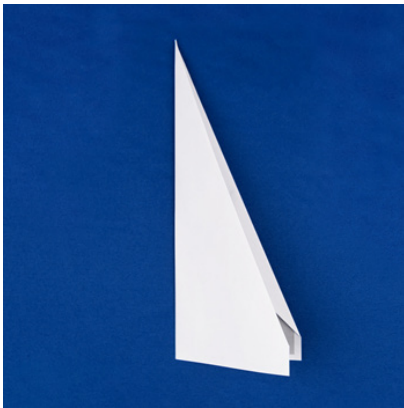
Dobla las dos esquinas hacia la línea central y marca los pliegues.



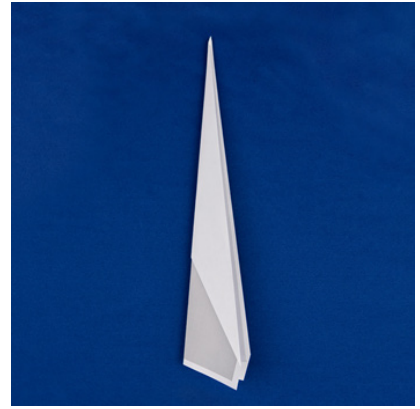
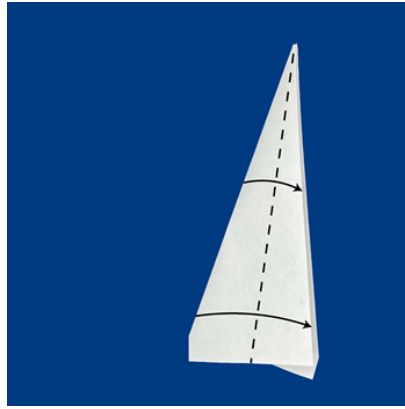
Dobla los bordes superiores diagonales hacia la línea central en ambos lados. Marca los pliegues.



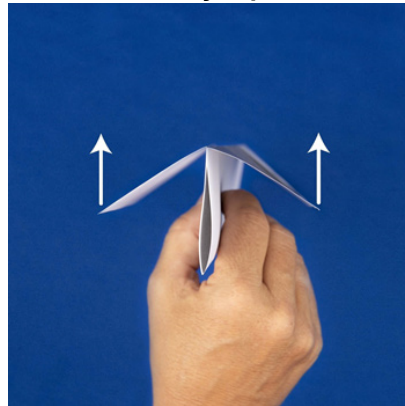
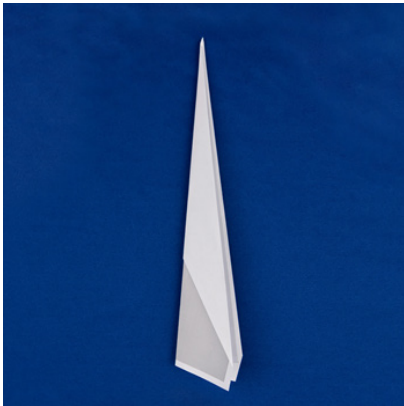
Dobla el papel por la mitad y marca el pliegue.



Dobla un lado hacia atrás, de modo que el borde derecho del plano se alinee uniformemente con el borde izquierdo. Marca el borde doblado.



Voltea y repite.



Toma el avión de papel por la base e inclina las alas hacia arriba para crear un ángulo diedro.



¡El dardo está listo para volar!

Avión en X y Avión en X giratorio

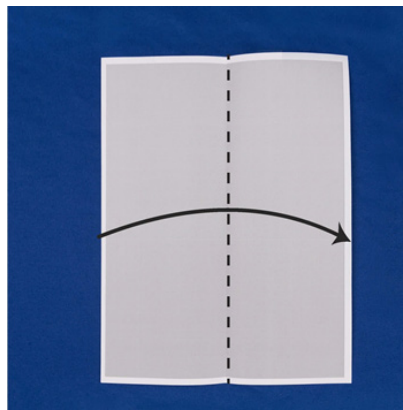
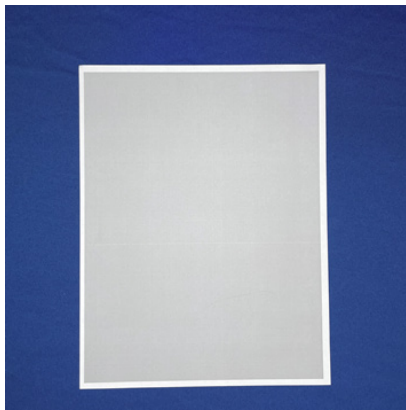
... solo un paso más después del avión en X para crear el avión en X giratorio



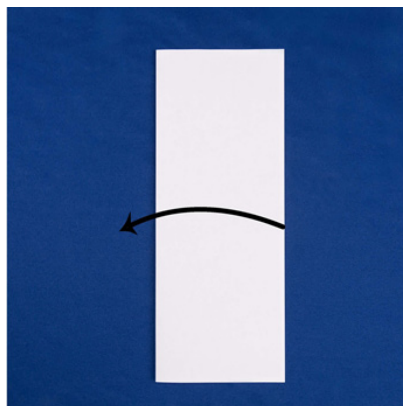
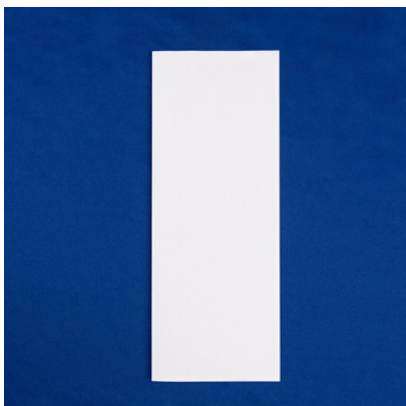
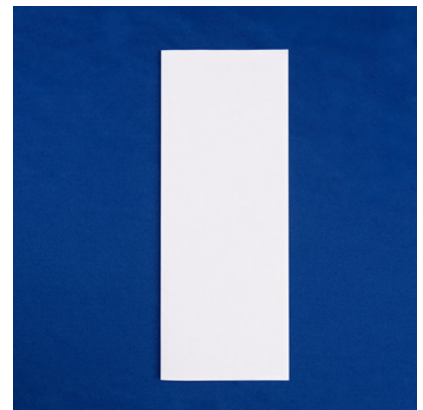
Avión en X



Avión en X giratorio



Dobla el papel por la mitad a lo largo.

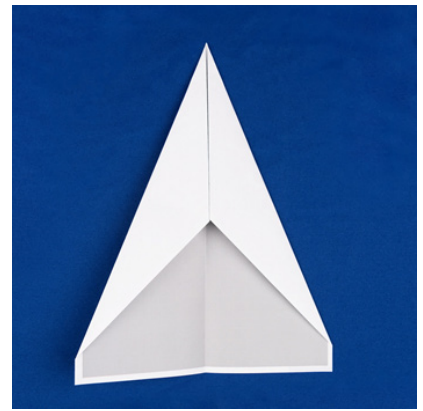
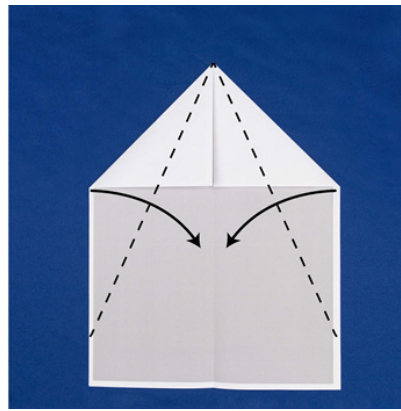
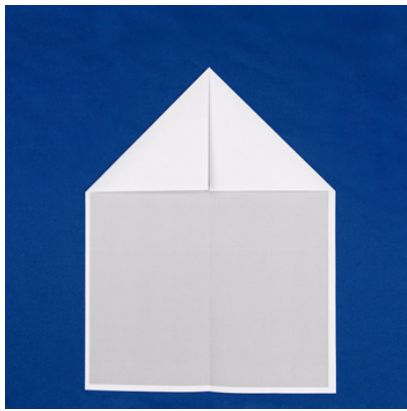


Desdobra el papel.

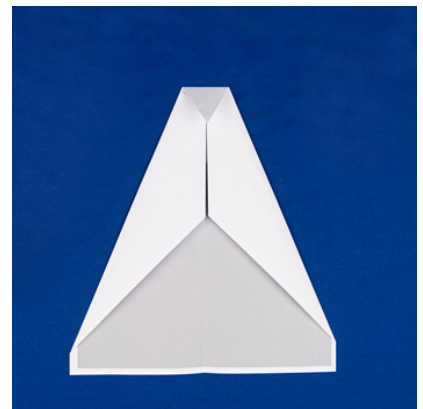
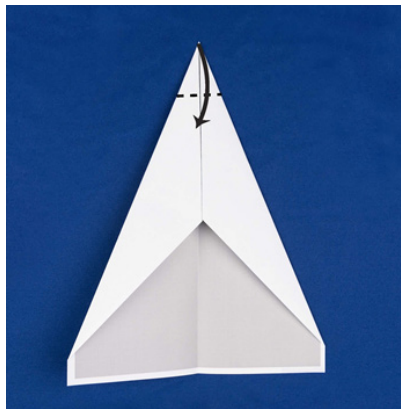
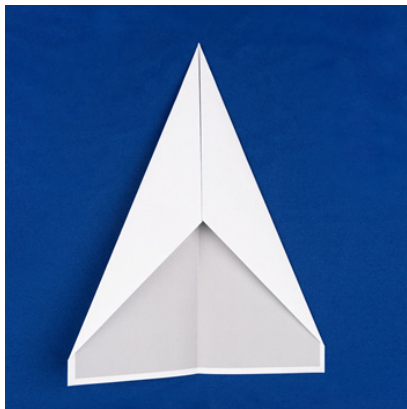




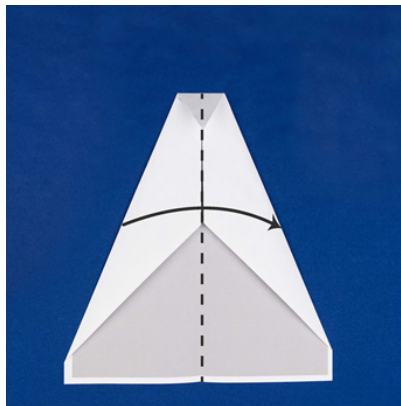
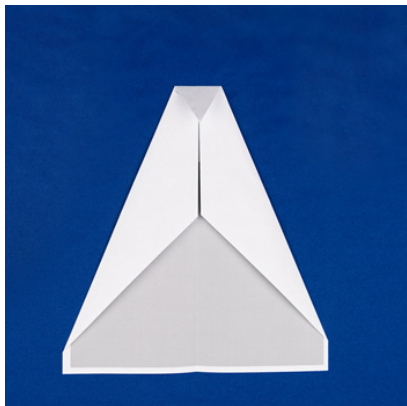
Dobla las dos esquinas hacia la línea central y marca los pliegues.



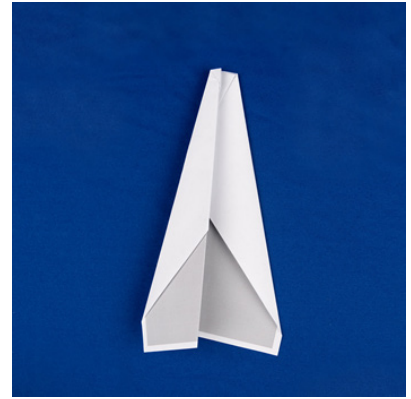
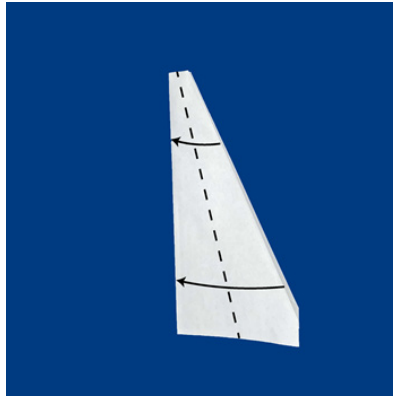
Dobla el borde superior diagonal hacia la línea central en ambos lados y marca los pliegues.



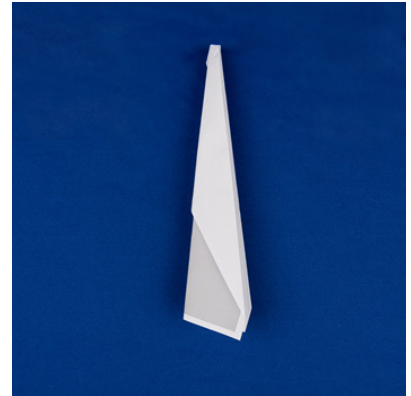
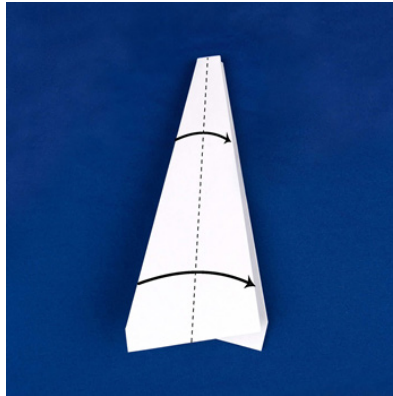
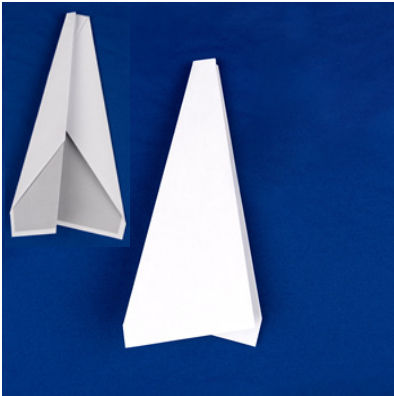
Dobla la punta hacia abajo y haz un pliegue.



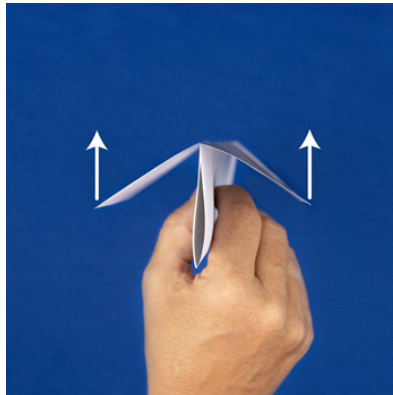
Dobla el avión por la mitad, luego haz un pliegue.



Dobla un lado hacia atrás, de modo que el borde derecho del plano se alinee uniformemente con el borde izquierdo, luego haz un pliegue.



Voltea y repite.

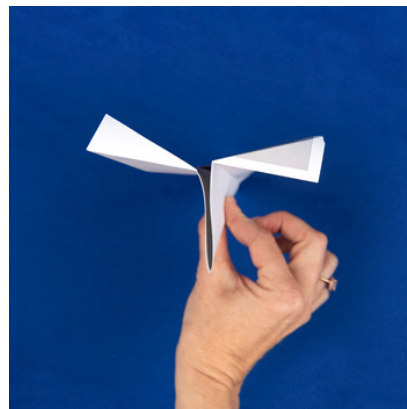


Toma el avión de papel por la base e inclina las alas hacia arriba para crear un ángulo diedro.

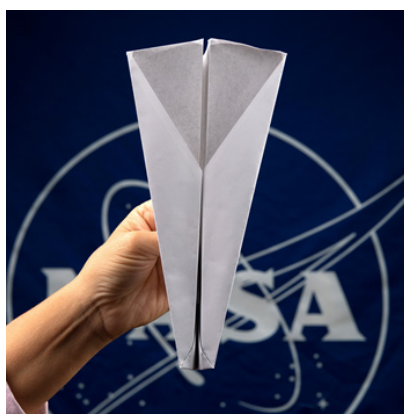


¡El avión en X está listo para volar!

Solo se necesita un paso más para hacer el avión en X giratorio:

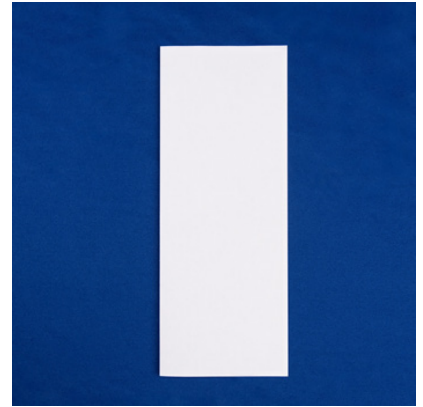
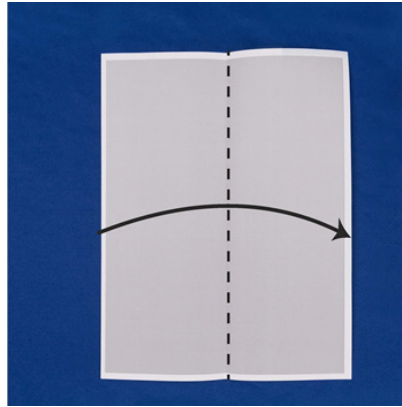
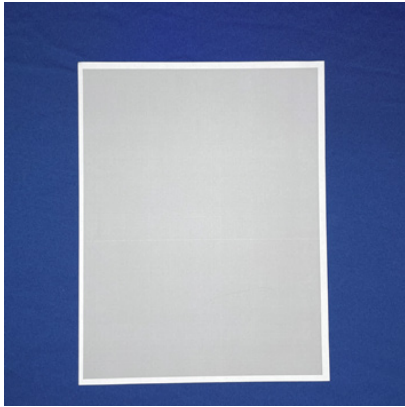


Para el avión en X giratorio, dobla una esquina trasera hacia abajo y una esquina trasera hacia arriba.

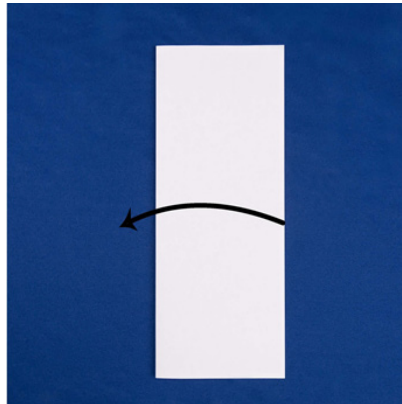
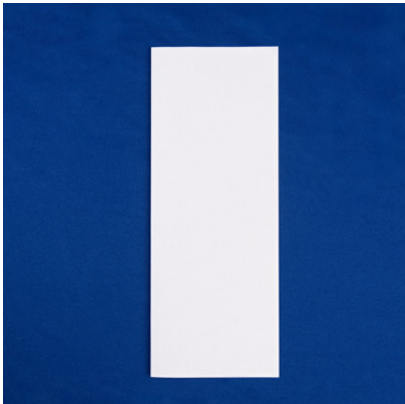


¡El avión en X giratorio está listo para volar!

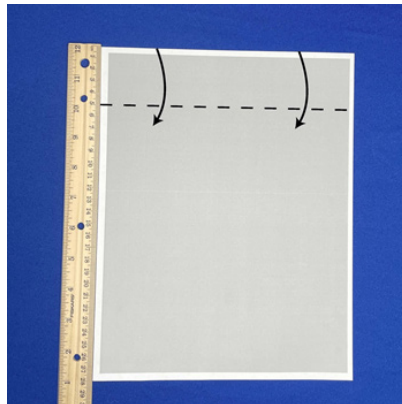
Planeador



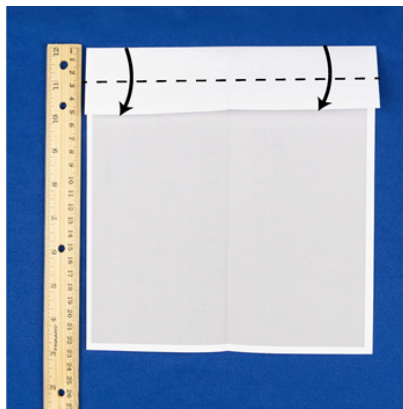
Dobla el papel por la mitad a lo largo.



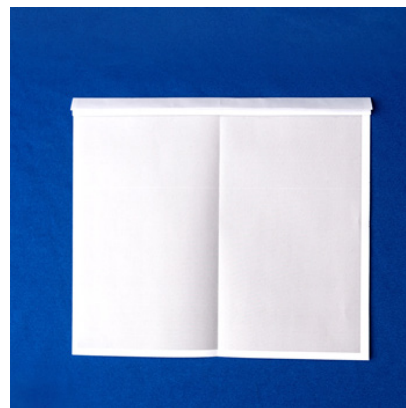
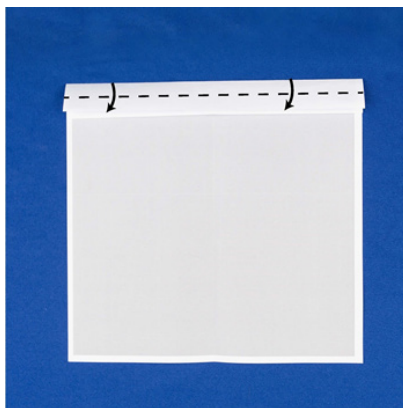
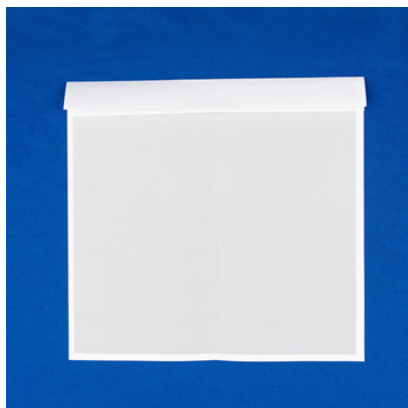
Desdobra el papel.



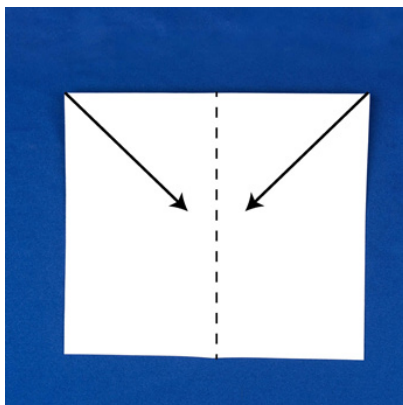
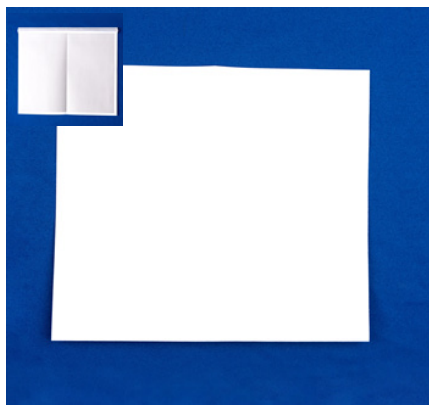
Dobla el borde superior 5 cm hacia abajo y luego marca el pliegue.



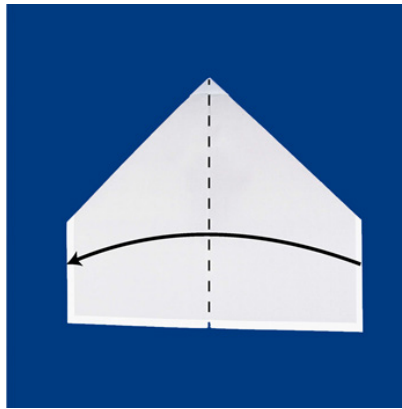
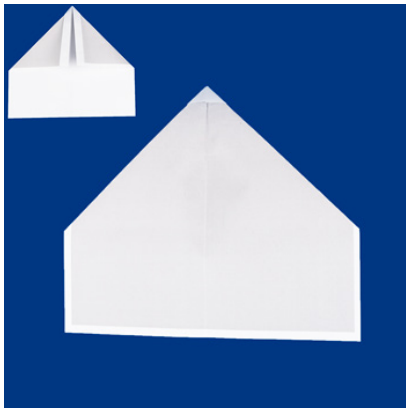
Dobla el nuevo borde superior para que se encuentre con el borde que acabas de doblar y luego haz un pliegue.



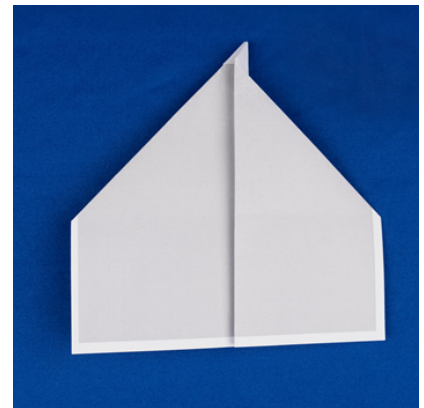
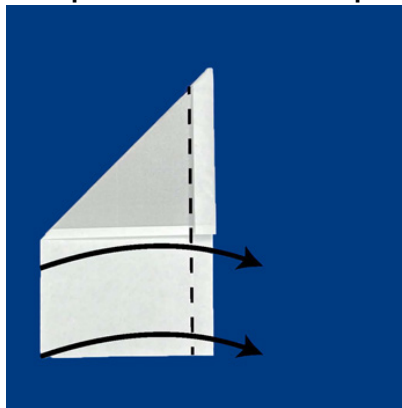
Repite el paso anterior, doblando el nuevo borde superior hacia el borde que acabas de doblar.



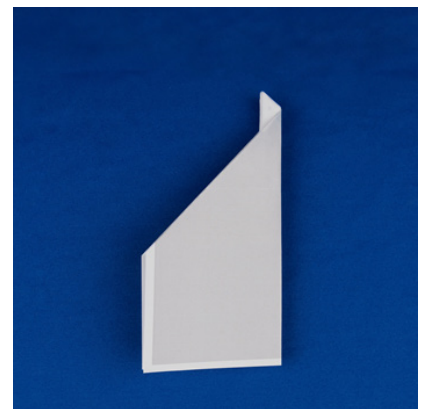
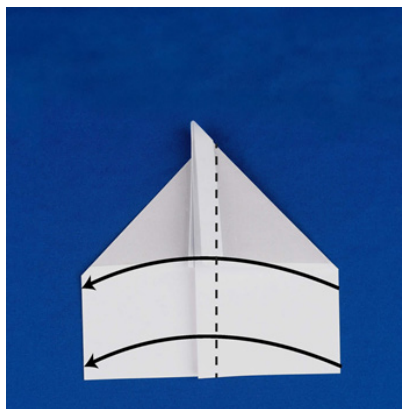
Voltea el papel. Dobla las esquinas superiores hacia la línea central. Usa una regla si es necesario para hacer un doblez pronunciado.



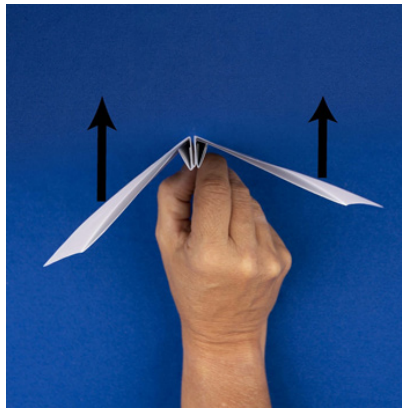
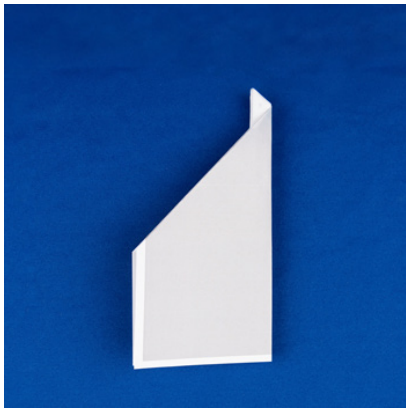
Gira hacia la parte delantera. Dobla por la mitad.



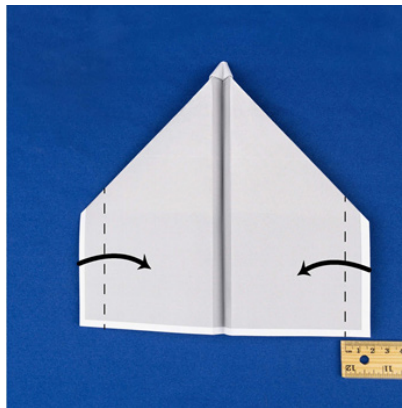
Dobla uno de los lados hacia atrás, utilizando los bordes doblados como guía para saber dónde doblar el ala.



Voltea el papel. Dobla el otro lado hacia atrás, utilizando los bordes doblados como guía para saber dónde doblar la otra ala.



Toma el avión de papel por la base e inclina las alas hacia arriba para crear un ángulo diedro.



Dobla ambos bordes del ala 1,5 cm hacia arriba desde el borde.



¡El planeador está listo para volar!