

Diseño, Construcción y Lanzamiento de Cohetes con Aire a Presión



Jesús Enrique Mesa Alonso

Departamento de tecnología I.E.S. La Orotava- Manuel Glez. Pérez

Diseño, construcción y lanzamiento de cohetes con aire a presión

Índice

Introducción	3
Construcción del cohete.....	4
Materiales.....	4
Procedimiento	4
Estabilidad del cohete	6
Seguridad.....	8
Lanzador de cohetes	8
Esquema general de construcción	9
Apliquemos la física	10
Tiro parabólico	10
Lanzamiento vertical.....	12
Actividades	13
Actividades para 4º ESO y Bachillerato.....	13
Actividades por niveles.....	14
Actividad cohetes comerciales.....	15
Actividades detalladas sobre los datos recogidos, 2º pmar.....	16
Webgrafía recomendada	18
Modelos de cohetes para imprimir.....	19

Introducción

Los cohetes de papel son pequeños y relativamente simples de construir, y pueden alcanzar distancias de vuelo de 50 metros o más, permitiendo a los estudiantes realizar competiciones en términos de altura o distancia, dependiendo del espacio disponible. El diseño, construcción y lanzamiento de cohetes nos permitirá trabajar interdisciplinariamente los siguientes aspectos:

- Técnicas de construcción desde el área de tecnología. El alumno debe seguir todos los pasos del método de proyectos y presentar la memoria final del mismo.
- Fomenta la creatividad al diseñar los cohetes y decorarlos para que sean visualmente llamativos o utilizar distintos materiales.
- Lleva a la práctica conceptos de física relacionados con las ecuaciones del movimiento y hacer cálculos de la velocidad inicial, altura alcanzada, y comprobar cuál es el mejor ángulo de lanzamiento. También permitirá calcular la ecuación de la trayectoria seguida por el cohete.
- Introduce los conceptos de aerodinámica.
- El análisis de los datos obtenidos permitirá el cálculo de variables estadísticas y el cálculo de errores en un contexto real.
- Por último, todo lo anterior brinda una magnífica oportunidad de adentrar al alumnado en las tareas que realiza un científico, pues debe diseñar un cohete a partir de principios teóricos, realizar un experimento al lanzar el cohete y finalmente, analizar los resultados, obtener conclusiones e identificar aquellos aspectos que se pueden mejorar.

Para saber más de cohetes, observemos estos tres vídeos

- 100 vuelos exitosos.
https://www.youtube.com/watch?v=Q_s_7iTydYU
- Cómo no aterrizar un cohete.
<https://www.youtube.com/watch?v=bvim4rsNHkQ>
- Lanzamiento de pequeños cohetes.
<https://youtu.be/udsP0BcBaCo>.

Se suministra también una presentación on-line para que resume lo que se recoge a continuación y que se ha utilizado para su visionado en el aula.

<https://view.genial.ly/5fc3855745f1430d9d71dead/presentation-diseno-construccion-y-lanzamiento-de-cohetes>

Construcción del cohete

Antes de construir nuestro cohete, visualiza el siguiente vídeo, responde a estas preguntas y saca tus propias conclusiones.

<https://youtu.be/4EB-uFEKFm0>

- ¿Qué has observado?
- ¿Cómo se podría mejorar el cohete?

Materiales

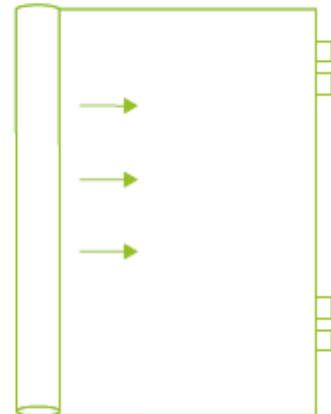
- Dos hojas de papel tamaño A4
- Tijeras
- Cinta adhesiva
- Plastilina o masilla

Procedimiento

El objetivo a la hora de construir un cohete consiste en minimizar el arrastre (la resistencia del aire). El arrastre depende principalmente de la velocidad pero también, del área de la superficie frontal del cohete y de su forma, consideraciones muy importantes cuando se diseña un cohete.

Cuerpo del cohete

1. Enrolla una hoja de papel en forma de un cilindro para formar el cuerpo del cohete. Para ello debes ayudarte de un trozo de tubo del diámetro aproximado del tubo del lanzador.
2. Sella uno de los extremos abiertos del cilindro con cinta adhesiva, para hacer el frente del cohete. Revisa que el sello no tenga fugas de aire soplando al interior del cilindro.



Formando la punta del cohete

1. De la otra pieza de papel corta un círculo con un diámetro de 7.5 cm y luego corta del círculo un sector de aproximadamente 90 grados.
2. Dobla el resto de la pieza de papel para formar un cono. Más adelante se colocará un pedazo pequeño de plastilina o masilla en la punta del cono, por dentro, antes de ajustar el cono al extremo sellado del cuerpo del cohete con cinta adhesiva, pero sólo cuando hayas entendido los conceptos de aerodinámica que se explican más adelante.

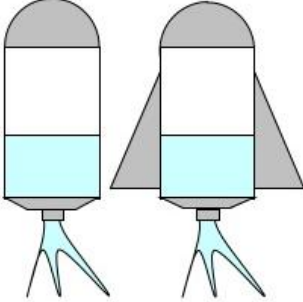


Construcción de los alerones

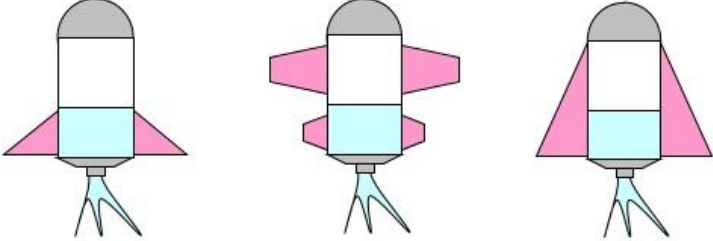
Es el momento de colocarle alerones a nuestro cohete, pero nos debemos hacer varias preguntas antes

- ¿Dónde los colocamos?
- ¿Qué forma deben tener los alerones?
- ¿Cuántos alerones ponemos?

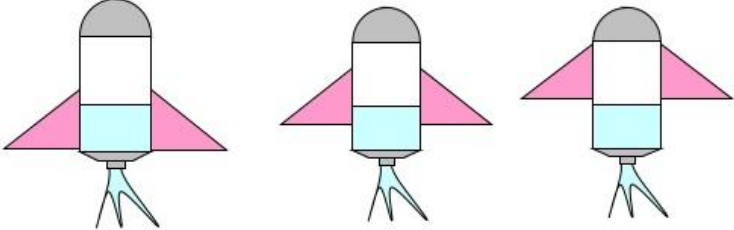
Le ponemos alas o no?



Si alas, de qué tipo?



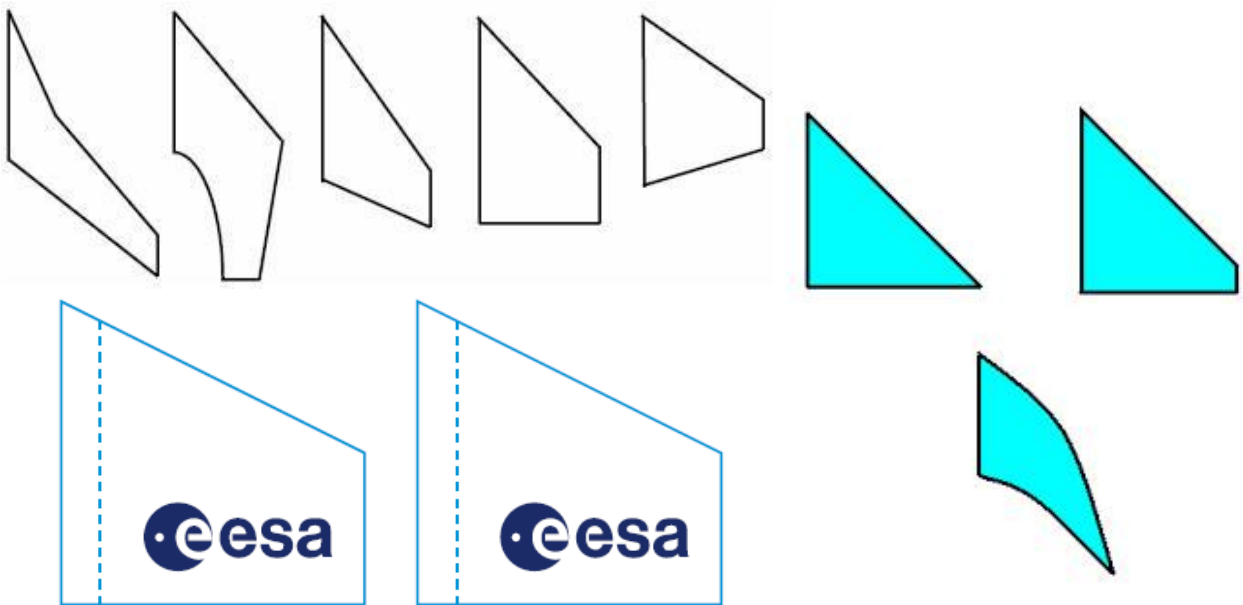
Dónde las colocamos?



1. Dibuja en un papel tu diseño de los alerones del mismo tamaño y dobla uno de los lados para formar una solapa, la cual deberá de ser pegada al cohete. Recomendamos que cada alerón se haga doble, pegándose previamente cada uno para darle más consistencia al mismo. Por tanto, si vas a poner dos alerones, deberás dibujar 4, si pones 3, 6 y así sucesivamente.

2. Los estudiantes deberán de pensar sobre la forma óptima de la aleta: algunas formas causarán que el cohete gire de más, otras menos. ¿Es la rotación deseable en un cohete?
3. Además deberás tener en cuenta el tamaño de los alerones. No recomiendo marcar pautas de tamaño prefiero que el propio alumno indague y saque conclusiones cuando lance su cohete.

Existen muchos modelos de alas, aquí te presentamos algunas, elige la que más te guste.



Estabilidad del cohete

La estabilidad de un cohete depende de donde se encuentre ubicado el centro de gravedad en relación con el centro de presión. Recordemos que el **centro de gravedad** es el punto donde podemos colocar toda la masa del cohete y es el punto sobre el que gira el cohete. El **centro de presión** es el lugar donde la suma de todas las fuerzas de arrastre actúan. Para un cohete estable el centro de gravedad deberá de estar delante del centro de presión en todo momento.

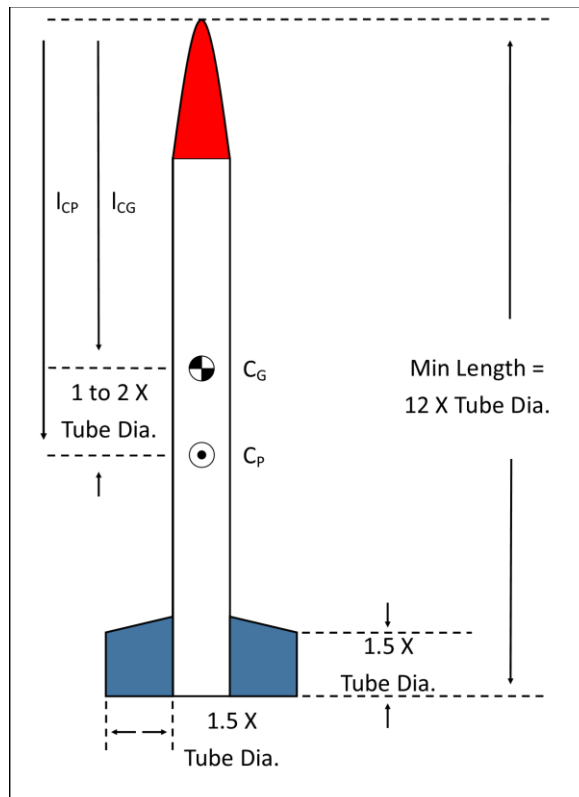
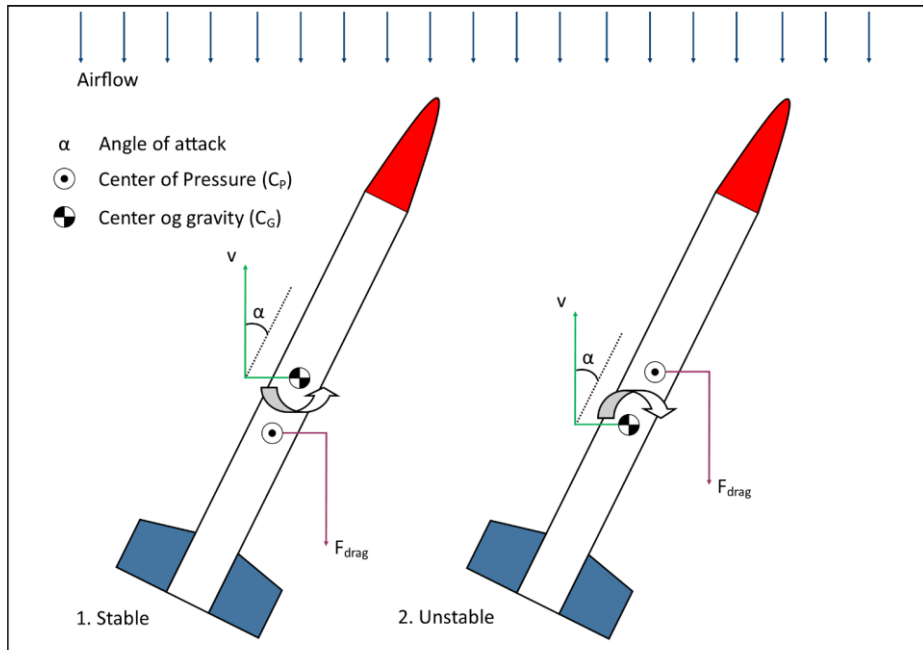
Si el centro de presión está delante del centro de gravedad, aparece un momento de rotación causando que el cohete gire a medio vuelo. Esta es la razón de que por lo general se debe poner un contrapeso en el cono de la nariz.

Si la distancia relativa entre el centro de gravedad y el centro de presión es muy grande, ya sea porque se ha puesto mucha masa al frente del cohete o porque las aletas se exceden de tamaño, el cohete será más sensible al viento.

Como norma general, supondremos que el centro de gravedad y el centro de presiones están en el mismo punto, cuando hayamos armado nuestro cohete (cuerpo, cono y alerones). De hecho la diferencia de distancias entre ellos suele ser muy pequeña.

En este momento, calculamos el centro de gravedad. Éste es aquel punto en el que el cohete está en equilibrio, como haces cuando intentas poner en equilibrio un lápiz, colocándolo en el dedo, perpendicular a éste. Márcalo en el cohete y, a

continuación pon plastilina dentro del cono hasta que el centro de gravedad esté desplazado, como mínimo, la distancia que corresponde al diámetro del cohete.



Una buena explicación de cómo trasladar el centro de gravedad del de presiones se puede ver utilizando el simulador gratuito openrocket.

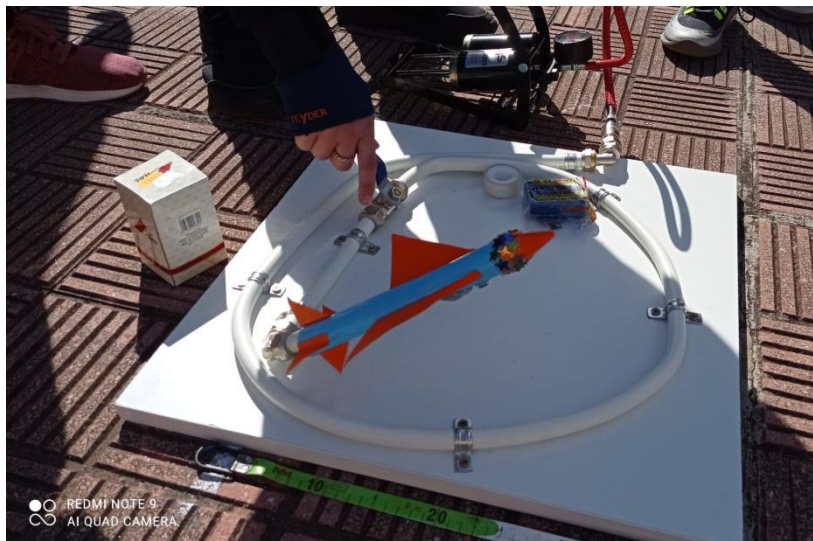
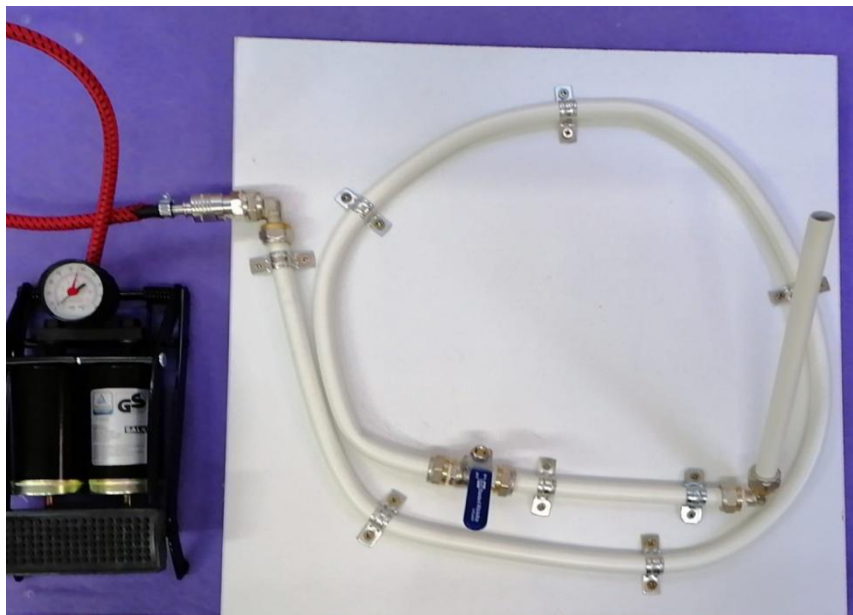
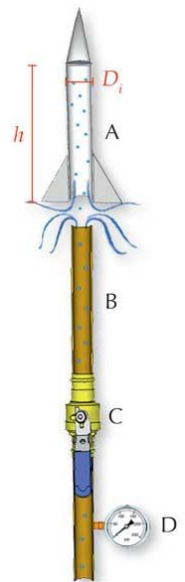
<http://openrocket.info/>

Seguridad

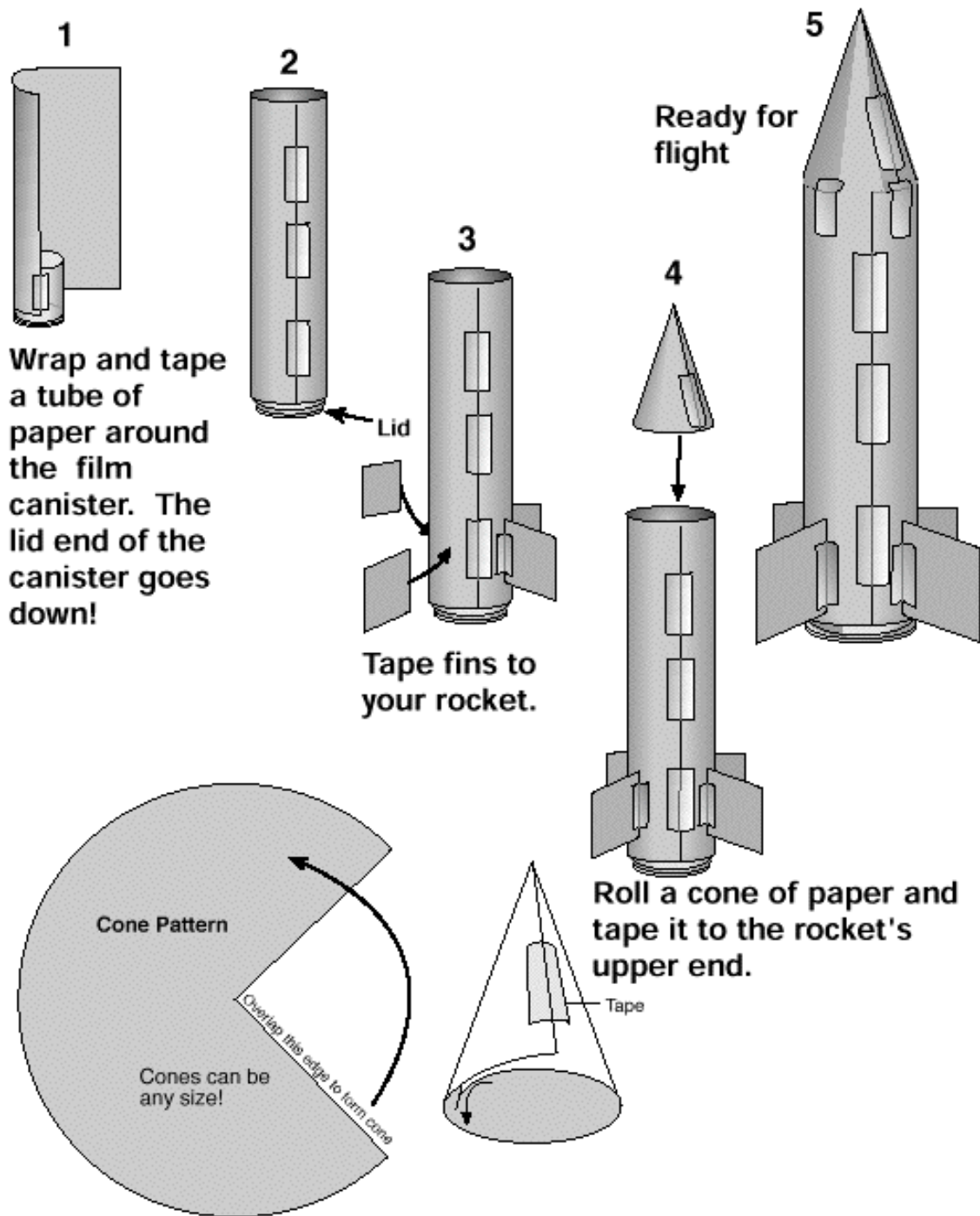
La seguridad es importante a la hora de lanzar cohetes. Los estudiantes deberán colocarse detrás del lanzador en todo momento, para evitar ser golpeados por el cohete. Cuando se use un compresor para el lanzador, asegúrense de no sobrepasar el límite, lo cual podría causar que las partes del lanzador se despegaran o incluso que se rompieran. El límite exacto dependerá de los materiales que se utilicen, en nuestro caso no sobrepasaremos los 6 Bar de presión.

Lanzador de cohetes

El lanzador de cohetes se ha realizado utilizando una bomba de aire para bicicletas, acoples que nos permita unir la manguera de la bomba a la tubería, tubería de un metro a metro y medio, aproximadamente y llave para permitir el flujo de aire. El resultado final se muestra en las imágenes que se adjuntan.



Esquema general de construcción



Apliquemos la física

En este estudio nos hemos ceñido al estudio de la cinemática del lanzamiento. Es posible hacer consideraciones sobre la presión y hacer cálculos más relacionados con la dinámica, pero no han sido objeto de nuestra experiencia didáctica.

Tiro parabólico

Si lanzamos nuestro cohete con un cierto ángulo, describirá una parábola, o lo que en física conocemos como tiro parabólico. Conozcamos un poco más sobre este movimiento

Las fórmulas que rigen cualquier movimiento rectilíneo son:

$$S = S_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$V = V_0 + a \cdot t$$

Estas ecuaciones generales rigen para un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, es decir, un movimiento no circular y con una aceleración constante. Para abreviar, lo conocemos como MRUA.

Si la velocidad es constante, esto quiere decir que su aceleración es 0. Esto supone quitar el último sumando, o miembro de las ecuaciones anteriores. Es lo que llamamos movimiento rectilíneo uniforme (MRU).

En un tiro parabólico tenemos dos componentes de movimiento,

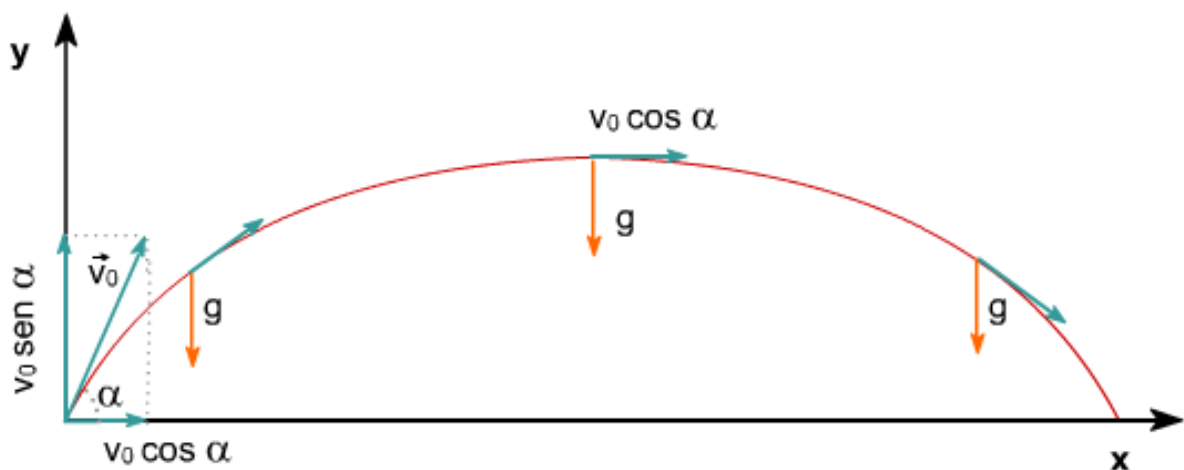
- Un MRU en el eje X
- Un MRUA en el eje Y.

El vector velocidad inicial hay que descomponerlo en su componente para el eje x y su componente para el eje Y.

$$V_x = V_0 \cdot \cos \alpha$$

$$V_y = V_0 \cdot \sin \alpha$$

En el caso del lanzamiento de cohetes, supondremos que no hay espacio inicial.



Ecuaciones finales para los distintos ejes y teniendo en cuenta que $S_0=0$, tanto para la componente del eje X como para la componente del eje Y. La aceleración será g (aceleración de la gravedad) y tiene signo opuesto al sentido de la velocidad inicial.

Eje X (MRU)

$$S_x = V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \quad (\text{ECUACIÓN 1})$$

Eje Y (MRUA)

$$S_y = V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (\text{ECUACIÓN 2})$$

$$V_y = V_0 \cdot \sin \alpha - g \cdot t \quad (\text{ECUACIÓN 3})$$

Nota: el signo (-) viene dado por la aceleración de la gravedad, que trabaja en sentido contrario al resto de parámetros, tal y como se puede deducir de la figura anterior.

Combinando las ecuaciones paramétricas de la trayectoria, S_x y S_y , despejando el tiempo de S_x y sustituyéndolo en S_y , llegaremos a la **ecuación de la trayectoria**, que se corresponde con la ecuación de una parábola.

$$S_y = \tan \alpha \cdot S_x - \frac{g \cdot S_x^2}{2 \cdot V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \quad (\text{ECUACIÓN 4})$$

En matemáticas, la ecuación general de una parábola es

$$Y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$$

¿Eres capaz de identificar cada uno de los términos de la ecuación de la trayectoria?

Alcance máximo

Éste se obtiene cuando la altura (S_y) vale 0. Despejando S_x de la ecuación de la trayectoria (**ECUACIÓN 4**), obtendremos la siguiente ecuación:

$$S_x = \frac{V_0^2 \cdot \sin(2\alpha)}{g} \quad (\text{ECUACIÓN 5})$$

Altura máxima

Ésta se obtiene cuando la velocidad vertical (V_y) es igual a 0. Combinando las ECUACIONES 2 y 3, obtendremos:

$$S_y = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot g} \quad (\text{ECUACIÓN 6})$$

En la práctica, nosotros sólo podemos medir dos parámetros, el alcance máximo (S_x) y el ángulo de salida del cohete (α).

Lanzamiento vertical

En este caso tendremos un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, pero en sólo una dimensión. Las fórmulas generales serán las mismas del tiro parabólico, pero sin tener en cuenta la componente X.

$$S = S_0 + V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$V = V_0 + a \cdot t$$

Suponiendo que no hay espacio inicial ($S_0=0$) y que $a=-g$, obtendremos:

$$S = V_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (\text{ECUACIÓN 7})$$

$$V = V_0 - g \cdot t \quad (\text{ECUACIÓN 8})$$

Altura máxima para lanzamiento vertical

El método más sencillo es calcular el tiempo total del vuelo y luego dividirlo entre 2. Supondremos que el vuelo ha sido simétrico y que no ha sido afectado por el viento, con lo que no tendremos un movimiento parabólico.

Cuando el cohete llega a la máxima altura su velocidad V vale 0 ($V=0$).

Con lo cual, la ecuación 8 queda:

$$0 = V_0 - g \cdot t$$

$$V_0 = g \cdot t$$

Sustituyendo V_0 en la ecuación 7, obtendremos:

$$S = g \cdot t^2 - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$S = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad (\text{ECUACIÓN 9})$$

Este tiempo t es el que tarda el cohete en subir, pero nosotros mediremos el tiempo total, de subida y bajada. Por tanto, el valor que has obtenido, lo debes dividir a la mitad.

Actividades

Actividades para 4º ESO y Bachillerato

Actividad 1.

Mide el alcance máximo de tu cohete (S_x) y el ángulo de salida del cohete (α)

Con estos datos y utilizando la **ECUACIÓN 5**, calcula la velocidad inicial del cohete (V_0).

$$S_x = \frac{V_0^2 \cdot \text{sen}(2\alpha)}{g} \quad (\text{ECUACIÓN 5})$$

Actividad 2.

Calcula la ecuación de la trayectoria del cohete (**ECUACIÓN 4**)

$$S_y = \tan \alpha \cdot S_x - \frac{g \cdot S_x^2}{2 \cdot V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \quad (\text{ECUACIÓN 4})$$

Actividad 3.

Calcula la altura máxima (S_y), que alcanzó el cohete (**ECUACIÓN 6**).

$$S_y = \frac{V_0^2 \cdot \text{sen}^2 \alpha}{2 \cdot g} \quad (\text{ECUACIÓN 6})$$

Actividad 4.

¿Cuál es el ángulo con el que obtendremos un mayor alcance? Prueba a lanzar los cohetes a distinto ángulo de salida y calcula su alcance.

¿Cuál ha sido el mejor ángulo? ¿Puedes demostrarlo matemáticamente?

Actividad 5.

Lanzamiento vertical.

Calcula el tiempo que tarda el cohete en subir y bajar en un lanzamiento vertical y, a partir de ahí, calcula la altura que ha alcanzado el cohete. Recuerda que el tiempo que has medido debes dividirlo a la mitad. Utiliza la **ECUACIÓN 9**.

$$S = g \cdot t^2 \quad (\text{ECUACIÓN 9})$$

Los alumnos deben hacer varias medidas con sus cronómetros, rellenado una tabla como ésta.

	Tiempo Alumno 1	Tiempo Alumno 2	Tiempo Alumno 3	Tiempo Alumno 4	Tiempo Alumno 5	Media	Mediana
Cohete 1							
Cohete 2							
Cohete 3							
Cohete 4							

Luego discutirán si utilizar la media o la mediana, así como si discriminan algún valor porque se ha producido algún error experimental

Actividad 6

Utilizar Geogebra para calcular la ecuación de la trayectoria. Se debe tomar una serie de fotos del lanzamiento y montarlas en una sola toma, tal y como se muestra en la imagen adjunta.



Actividades por niveles

1º y 2º ESO

Lanzar los cohetes, cambiar los ángulos para que los alumnos descubran que el mejor ángulo es 45° .

Hay que intentar poner siempre la misma presión en el lanzador para que los lanzamientos sean similares.

3º y 4º ESO

Lanzar los cohetes, cambiar los ángulos para que los alumnos descubran que el mejor ángulo es 45° .

Hay que intentar poner siempre la misma presión en el lanzador para que los lanzamientos sean similares.

Hacer lanzamientos en vertical y calcular la altura a la que llega el cohete. (Actividad 5).

1º y 2º bachillerato

Pueden hacer todas las actividades, pero hay que centrarse más en las de tiro parabólico (Actividades 1 a 4).

La realización de la actividad 6 dependerá de si se ha podido hacer el trabajo fotográfico previo.

Actividad cohetes comerciales

Ya sabes cómo construir un cohete casero hecho con papel y que vuela gracias al impulso que recibe por medio de aire comprimido.

Investiguemos cómo son los cohetes comerciales, aquellos que permiten poner satélites en órbita, lanzar sondas a otros planetas, acceder a la ISS (estación espacial Internacional) o alcanzar La Luna.

1. Elige uno de los cohetes de la lista que encontrarás más abajo.
2. Haz una pequeña presentación que contenga los siguientes aspectos:
 - Medidas: Alto, Diámetro Masa.
 - Número de etapas.
 - Carga útil.
 - País o países fabricantes. Empresa fabricante.
 - Tipo de combustible.
 - Imagen del cohete. Si es durante un lanzamiento, mejor.
 - Uso (lanzamiento de satélites, sondas, etc.).
 - Años de servicio o prototipo.
3. La presentación debe llevar obligatoriamente la webgrafía que has utilizado para realizar el trabajo. Debes incluir una imagen o esquema del cohete y, si fuera posible, un vídeo de un lanzamiento del cohete.

Lista de cohetes

1. Vostok-K 8K72K
2. Mercury-Redstone
3. Atlas LV-3B
4. Vosjod (cohete)
5. Saturn V
6. Space Transportation System. STS
7. Long March 2F
8. Chang Zheng 3B
9. Soyuz FG
10. Delta IV Heavy
11. Ariane 5
12. Falcon 9
13. Vega C
14. Vega
15. Ariane 6
16. H-IIA o (H-2A)
17. Titan IIIE
18. Starship (Space X)
19. GSLV Mark III

Actividades detalladas sobre los datos recogidos, 2º pmar

1. Observa tus lanzamientos a 30, 60 y 45 grados. ¿Tus resultados son coherentes con la teoría? ¿Por qué?
2. ¿A qué crees que son debidas las discrepancias en los resultados?
3. Analiza ahora los resultados de tus compañeros. ¿En cuál de ellos encuentras más discrepancias? ¿Cuál crees que ha sido el que más se ha acercado a la teoría estudiada?
4. Calcula la media y la mediana para los lanzamientos verticales del Alumno 1, Alumno 2 y Alumno 3.
5. Calcula una nueva media y mediana para cada uno de los lanzamientos, filtrando aquellos datos que creas conveniente eliminar.
6. Calcula la altura a la que llegó el cohete del Alumno 1, Alumno 2 y Alumno 3. Para ello, utiliza el valor de la media que has filtrado. Este valor de tiempo es el de ida y vuelta del cohete, por tanto, hay que dividirlo entre 2 para ponerlo en la siguiente fórmula.

$$S = \frac{1}{2}gt^2$$

Teniendo en cuenta que $g = 9,8$, nuestra fórmula quedará así:

$$S = 4,9t^2$$

Ejemplo: Supongamos que nuestro tiempo medio es de 3 segundos. Realmente el cohete ha tardado la mitad de tiempo en subir, con lo que debemos dividir el tiempo entre 2. Por tanto, el tiempo que debemos poner en la fórmula es 1,5.

$$S = 4,9 \cdot 1,5^2 = 4,9 \cdot 2,25 = 11,025 \text{ metros}$$

7. Calcula la velocidad inicial del cohete (V_0). Para ello aplica la siguiente fórmula:

$$V_0 = g \cdot t$$

Recuerda que g vale 9,8 y que t es el tiempo que has obtenido haciendo la media filtrada.

Las unidades del resultado van a ser metros/segundos (m/seg), para que puedas entender mejor este valor, conviértelo a Kilómetros/hora (Km/h).

Tabla de resultados del lanzamiento de cohetes 3°ESO (2° PMAR)

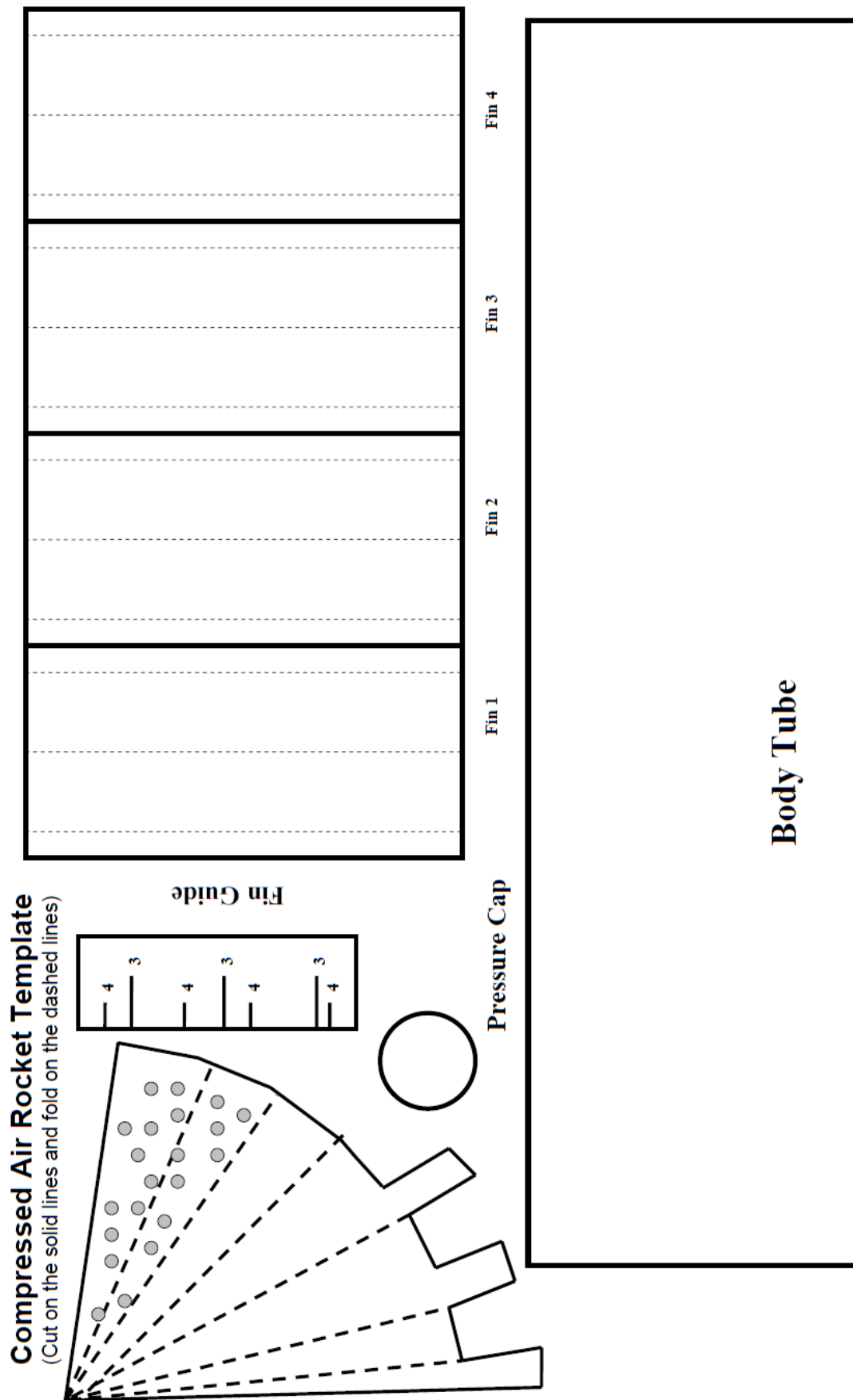
Nombre alumno	30 grados	60 grados	45 grados	Tiempo Cohete Alumno 1 (seg)	Tiempo Cohete Alumno 2 (seg)	Tiempo Cohete Alumno 3l (seg)
Alumno 1	16	16,2	18,4	2,34	2,98	3,9
Alumno 2	33,2	12,4	16,4	2,89	4,04	3,49
Alumno 3	18,9	14,3	15,9	2,87	3,76	3,83
Alumno 4	19,5	11,3	15,8	2,35	3,41	3,47
Alumno 5	20,5	17,9	25,3	2,77	3,5	3,5
Alumno 6	8,5	8,2	12,35			
Alumno 7	21,1	15	22,5	2,98	3,48	3,54
Alumno 8	17,6	14,2	20			
Alumno 9	8,5	23,8	21			
Alumno 10	6,9	8,25	11,8	3,00	4,3	3,43
Alumno 11	36	29	32,8	2,92	3,45	3,35
Alumno 12	23	19,6	15,9	3,13	3,56	3,56
Alumno 13	22,9	10	15,3	2,90	3,77	3,82
Alumno 14	16	16,4	16,42	2,88	3,81	3,35
Alumno 15	11,2	9,5	13,75	3,05	3,81	3,74
Alumno 16	15,3	13,5	17,25	2,82	3,99	3,78
Alumno 17	30,8	40	29,32	2,33	3,55	3,15
			Suma	39,23	51,41	49,91
			Media	2,80	3,67	3,57
			Suma filtrada	26,03	40,32	42,86
			Media filtrada	2,89	3,67	3,57
			Tiempo mitad	1,446	1,833	1,786
			Altura (m)	10,25	16,46	15,63
			Velocidad (m/s)	14,17	17,96	17,50
			Velocidad (Km/h)	51,02	64,66	63,00

Webgrafía recomendada

A continuación se listan algunos recursos web que pueden completar lo que se ha expresado en las líneas anteriores.

- Modelismo espacial. Completa guía sobre la construcción de cohetes de modelismo.
http://www.tripoli-spain.org/tripoli/reportajes/Modelismo%20Espacial%20R6_Octubre_2008.pdf
- Le Vol de la Fusee. Guía, en francés, centrada en los aspectos de estabilidad.
<https://static1.squarespace.com/static/5b641883710699360ad48c74/t/5b7311edc2241b86be580641/1534267897630/Doc-Plasci-Stabilite.pdf>
- Guía de lanzamiento de cohetes. Planetario de Aragón.
<https://www.planetariodearagon.com/wp-content/uploads/2019/03/Guia-lanzamientos-de-cohetes.pdf>
- Cuadernos ESERO. Lanzamiento de cohetes. Primaria.
http://esero.es/wp-content/uploads/2021/02/IA.-Naves-espaciales-en-o%CC%81rbita_Lanzamiento-de-cohetes_IA-P-02_DIGITAL-HD.pdf
- Cuadernos ESERO. 3, 2 ,1 despegamos. Secundaria y bachillerato.
http://esero.es/wp-content/uploads/2020/06/Ingenieri%CC%81a-de-astronaves.-Naves-espaciales-en-o%CC%81rbita_3-2-1-%C2%A1despegamos_IA-SB-02_DIGITAL-HD.pdf
- Cuadernos ESERO. Botella a reacción. Secundaria y bachillerato.
http://esero.es/wp-content/uploads/2020/07/Ingenieri%CC%81a-de-astronaves.-Naves-espaciales-en-o%CC%81rbita_Botella-a-reaccio%CC%81n_IA-SB-04_DIGITAL.pdf
- Simulador de vuelo Open Rocket.
<http://openrocket.info/>
- Cohetes de aire: construcción, fundamentos y aplicaciones didácticas para el estudio de la Física en bachillerato y secundaria.
<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/5238/5577>
- Simulación del lanzamiento y puesta en órbita de un cohete. Es como un juego.
<https://www.sciencelearn.org.nz/embeds/132-rocket-launch-challenge>
- Juego para hacer atracar una nave en la IIS.
<https://iss-sim.spacex.com/>

Modelos de cohetes para imprimir

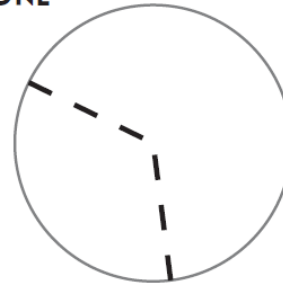


ROCKET BODY

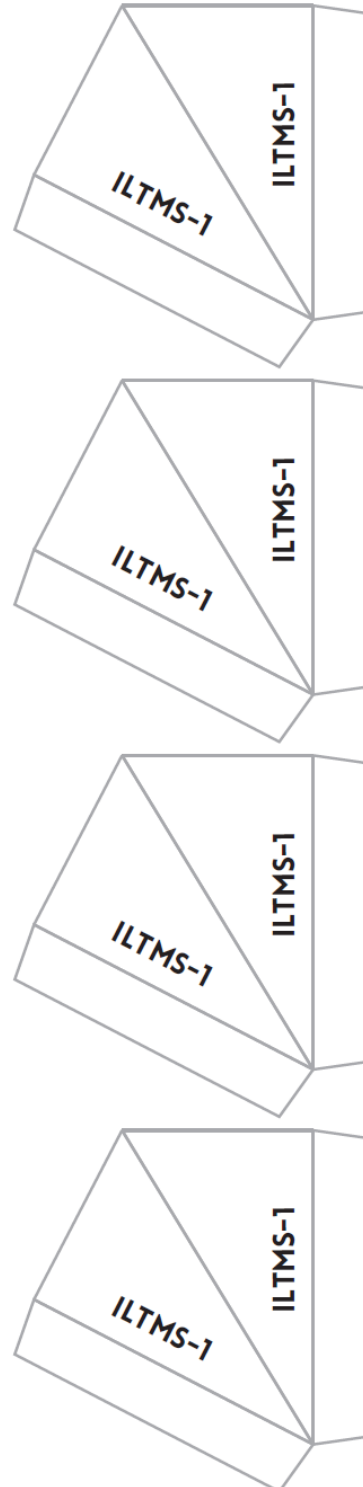


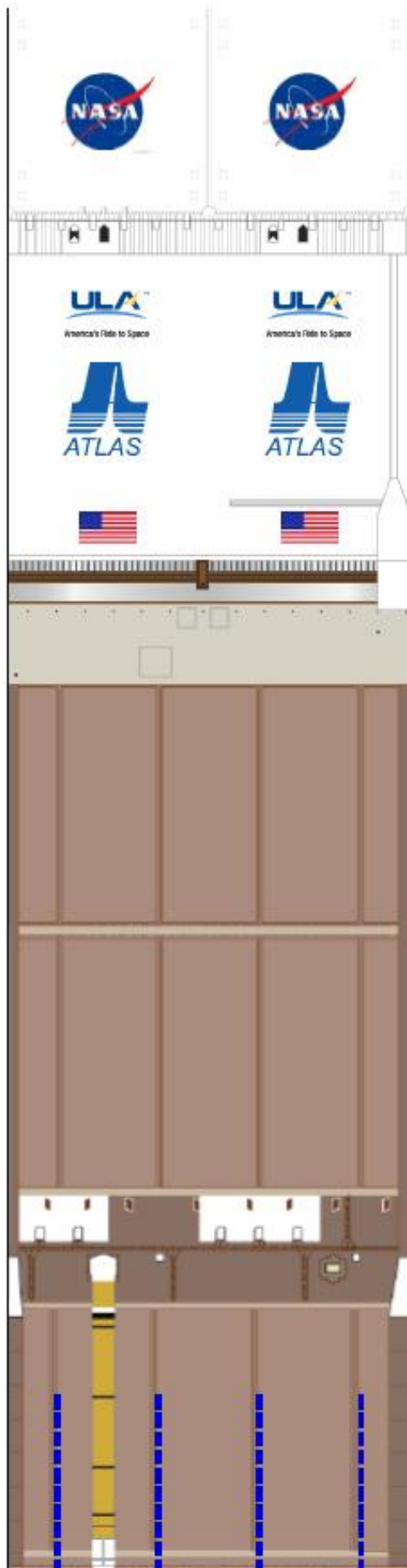
SPACE DIVISION

NOSE CONE



FINS





ATLAS V Launch Vehicle

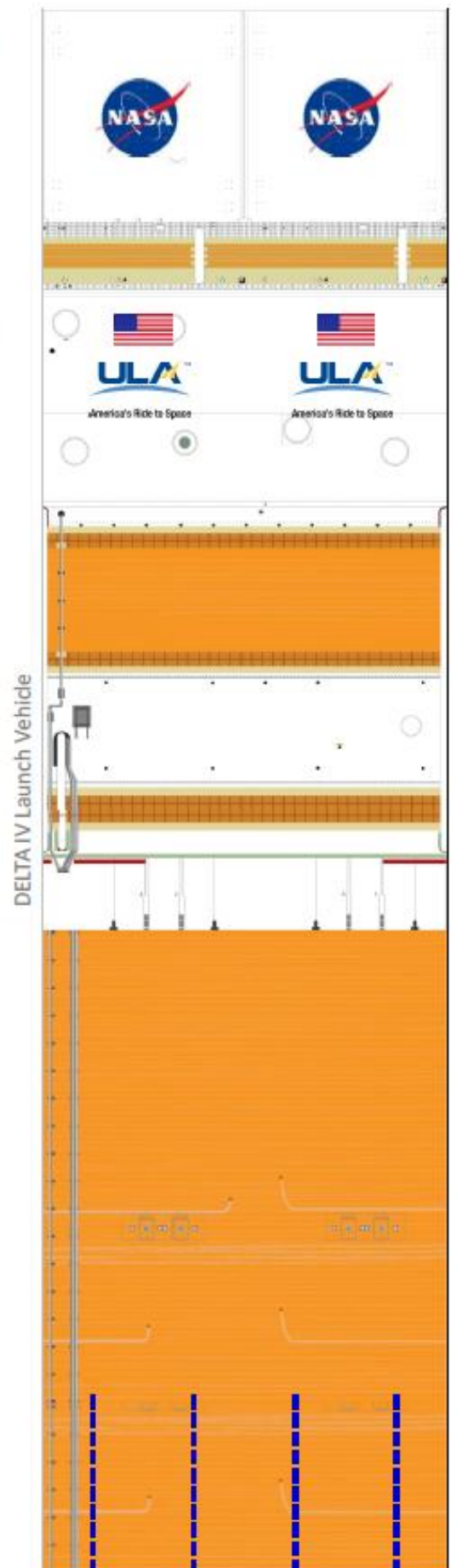
Forward End



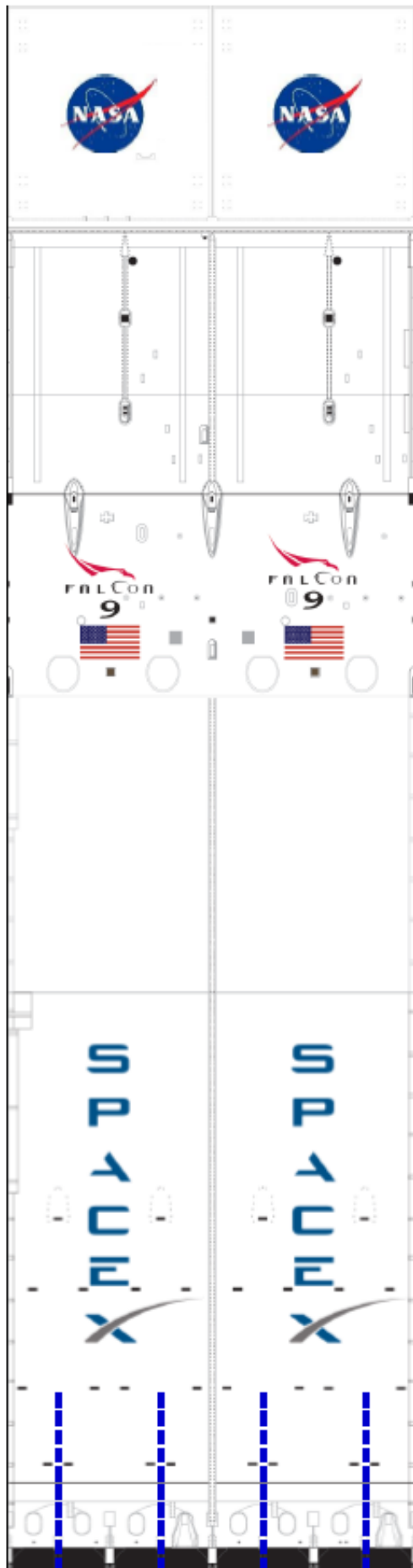
NASA Launch Services Program, Education Outreach
John F. Kennedy Space Center, Florida
<https://public.ksc.nasa.gov/lspeducation>



Tail End



DELTA IV Launch Vehicle



Forward End



NASA Launch Services Program, Education Outreach
John F. Kennedy Space Center, Florida
<https://public.ksc.nasa.gov/lspeducation>



Tail End

