Alcance del documento

Con este documento se pretende documentar evidencia, procesos y resultados de las simulaciones pertinentes para el *Concept Design Review.* Para ello se expondrán los datos de entrada en softwares como *OpenRocket y SolidWorks*. Además, presentar una conclusiones y recomendaciones en base de los resultados obtenidos. Esto con el fin de justificar y/o respaldar decisiones en el diseño de Miravalles.

Simulaciones en OpenRocket

Las simulaciones en OpenRocket tienen el objetivo de conocer todas las condiciones, velocidades y aceleraciones que sufre el cohete durante el vuelo. Para empezar, el cohete tiene una masa de 11455 g sin motor y de 13741 g con el motor. El cohete tiene una longitud de 236 cm con un diámetro de 9.5 cm, el centro de gravedad está ubicado a 133 cm de la nariz del cohete y el centro de presión está a 159 cm de la punta. La estabilidad del cohete es de 2.73 cal.

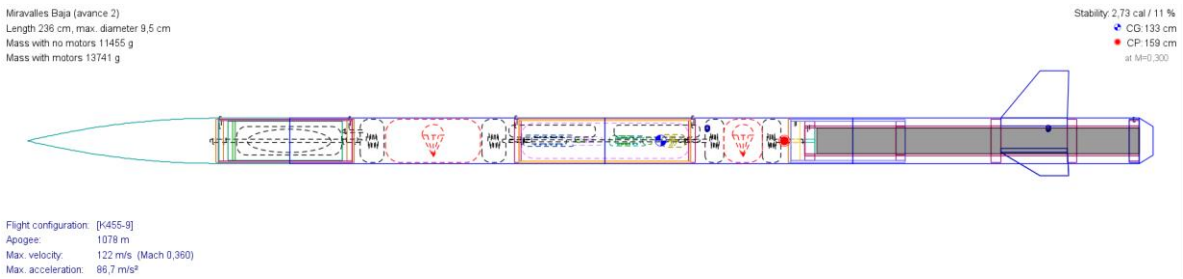


Figura 1: Datos y diseño de Miravalles en OpenRocket

Las simulaciones de vuelo de *OpenRocket* permiten saber cuál va a ser la mayor velocidad de viento que va a poder resistir el cohete sin que se vuelva inestable o sus paracaídas se abran a velocidades elevadas. Para conocer esto se hicieron simulaciones con distintas velocidades de viento y del ángulo de la lanzadera.

Con una velocidad de viento de 0 m/s el cohete no se vuelve inestable ni presenta problemas con los paracaídas.

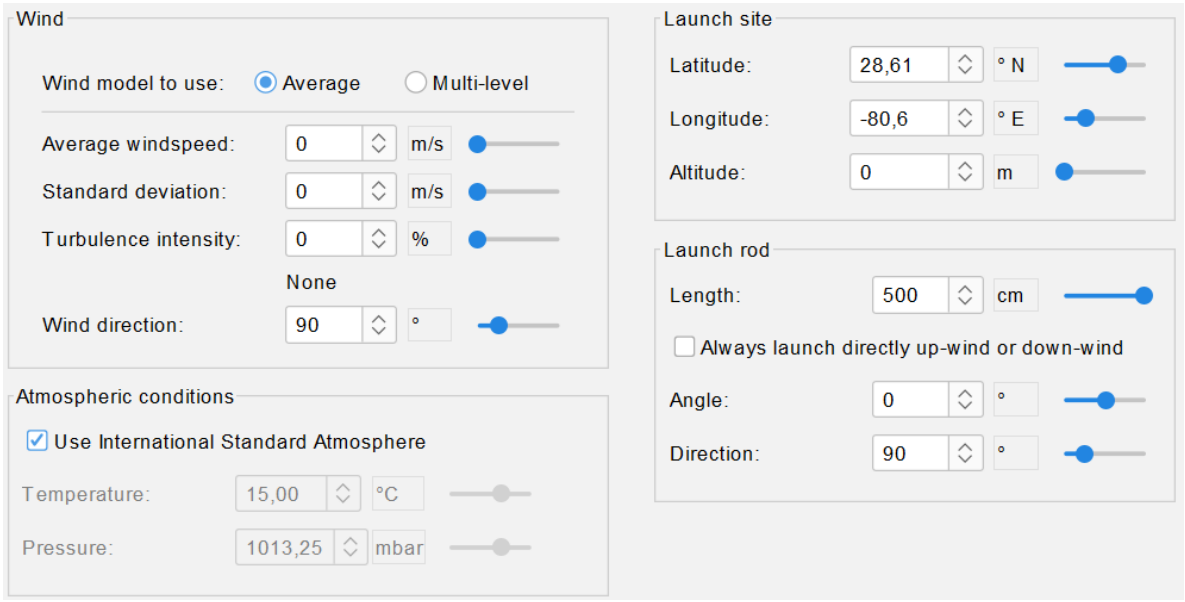


Figura 2: Datos de entrada en OpenRocket para velocidad de viento de 0 m/s



Warnings	Name	Configuration	Velocity off rod	Apogee	Velocity at deployment	Optimum delay	Max. velocity	Max. acceleration	Time to apogee	Flight time	Ground hit velocity
	Simulation 1	[K455-9]	29,6 m/s	1078 m	18,4 m/s	11 s	122 m/s	86,7 m/s²	16,4 s	104 s	6,53 m/s

Figura 3: Resultados de OpenRocket con una velocidad de viento de 0 m/s

Con una velocidad de viento de 2.5 m/s el cohete no se vuelve inestable ni presenta problemas con los paracaídas.

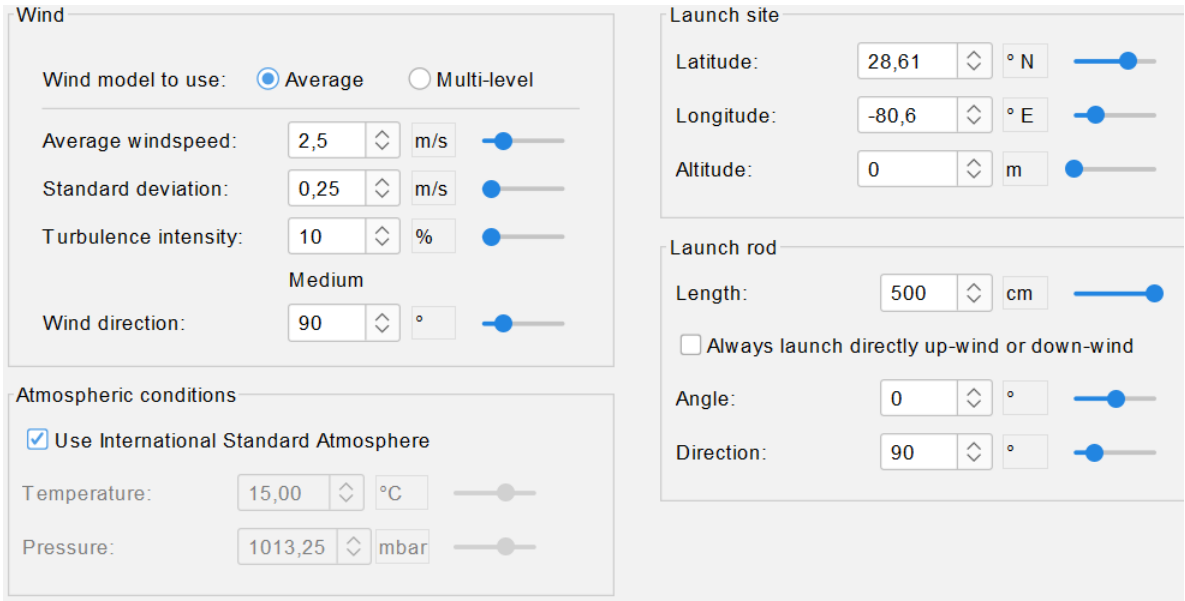
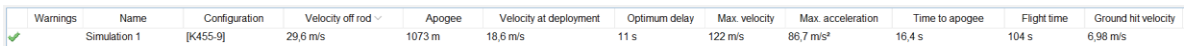


Figura 4: Datos de entrada en OpenRocket para velocidad de viento de 2.5 m/s



Warnings	Name	Configuration	Velocity off rod	Apogee	Velocity at deployment	Optimum delay	Max. velocity	Max. acceleration	Time to apogee	Flight time	Ground hit velocity
	Simulation 1	[K455-9]	29,6 m/s	1073 m	18,6 m/s	11 s	122 m/s	86,7 m/s²	16,4 s	104 s	6,98 m/s

Figura 5: Resultados de OpenRocket con una velocidad de viento de 2.5 m/s

Con una velocidad de viento de 5 m/s el cohete no se vuelve inestable ni presenta problemas con los paracaídas.

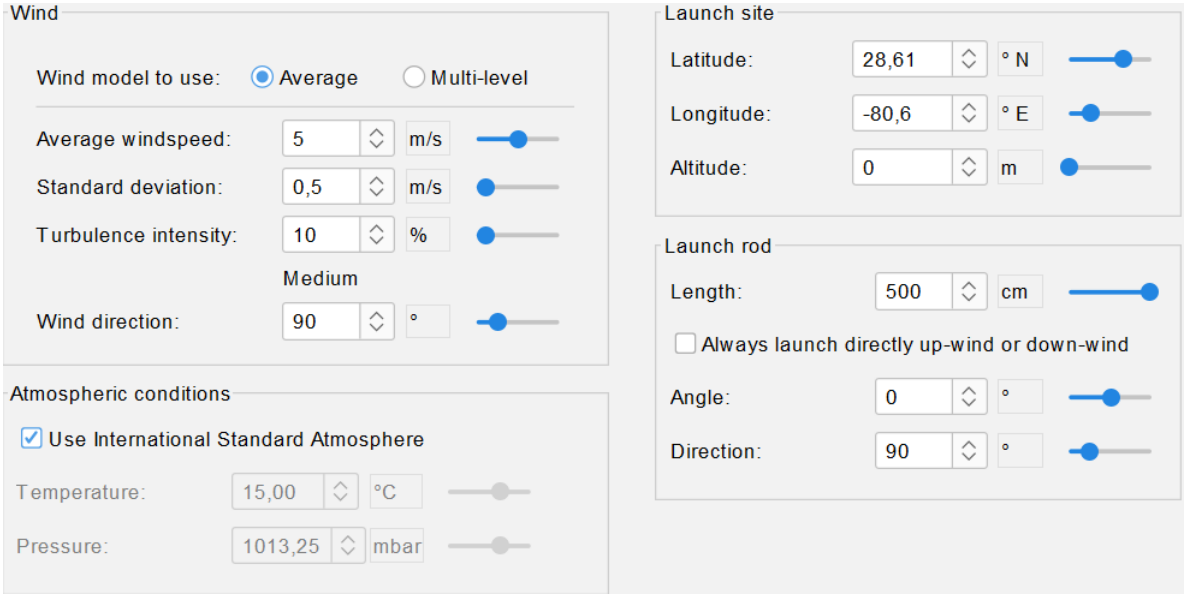
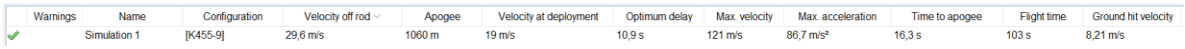


Figura 6: Datos de entrada en OpenRocket para velocidad de viento de 5 m/s



Warnings	Name	Configuration	Velocity off rod	Apogee	Velocity at deployment	Optimum delay	Max. velocity	Max. acceleration	Time to apogee	Flight time	Ground hit velocity
✔	Simulation 1	[K455-9]	29,6 m/s	1060 m	19 m/s	10,9 s	121 m/s	86,7 m/s²	16,3 s	103 s	8,21 m/s

Figura 7: Resultados de OpenRocket con una velocidad de viento de 5 m/s

A partir de una velocidad de viento de 6 m/s la simulación va a presentar una advertencia sobre la velocidad de apertura del paracaídas principal. Esto se puede prevenir cambiando el ángulo de la lanzadera. El programa OpenRocket no muestra advertencias por el angulo de ataque de las aletas cuando el cohete sale de la lanzadera, por esto, se está teniendo en cuenta que segun el articulo *How to Calculate and Optimize Your Rocket's Minimum Lift-Off Speed* del *Peak of Flight Newsletter.* Para la mayoría de los perfiles aerodinámicos empleados en cohetes modelo y para aletas de placa plana, la entrada en pérdida aerodinámica suele producirse a ángulos de ataque comprendidos aproximadamente entre 12° y 15°. Al superar este intervalo, el flujo comienza a separarse de la superficie de las aletas, lo que reduce significativamente la fuerza sustentadora y provoca un incremento abrupto del coeficiente de arrastre.

Se va a establecer 12° como el ángulo de ataque máximo para las aletas cuando el cohete se sale de la lanzadera.

La velocidad de viento máxima a la que puede resistir el cohete sin volverse inestable es de 6.1 m/s, con un ángulo de la lanzadera de 1. Estos datos de entrada generan que las aletas tengan un angulo de ataque de 11.87° al momento de salir de la lanzadera el cohete.

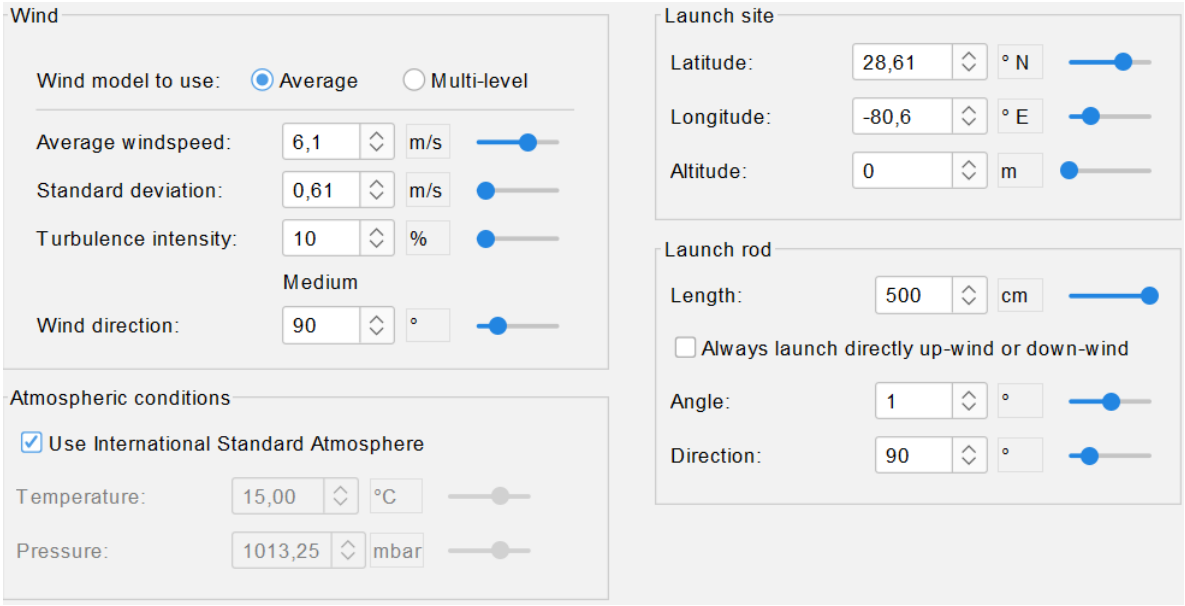


Figura 8: Datos de entrada en OpenRocket para velocidad de viento de 6.1 m/s y 1° de ángulo de la lanzadera.

Warnings	Name	Configuration	Velocity off rod	Apogee	Velocity at deployment	Optimum delay	Max. velocity	Max. acceleration	Time to apogee	Flight time	Ground hit velocity
✔	Simulation 1	[K455-9]	29,6 m/s	1060 m	19 m/s	10,9 s	121 m/s	86,7 m/s²	16,3 s	103 s	8,21 m/s

Figura 9: Resultados de OpenRocket con una velocidad de viento de 6.1 m/s y 1° de ángulo de la lanzadera.

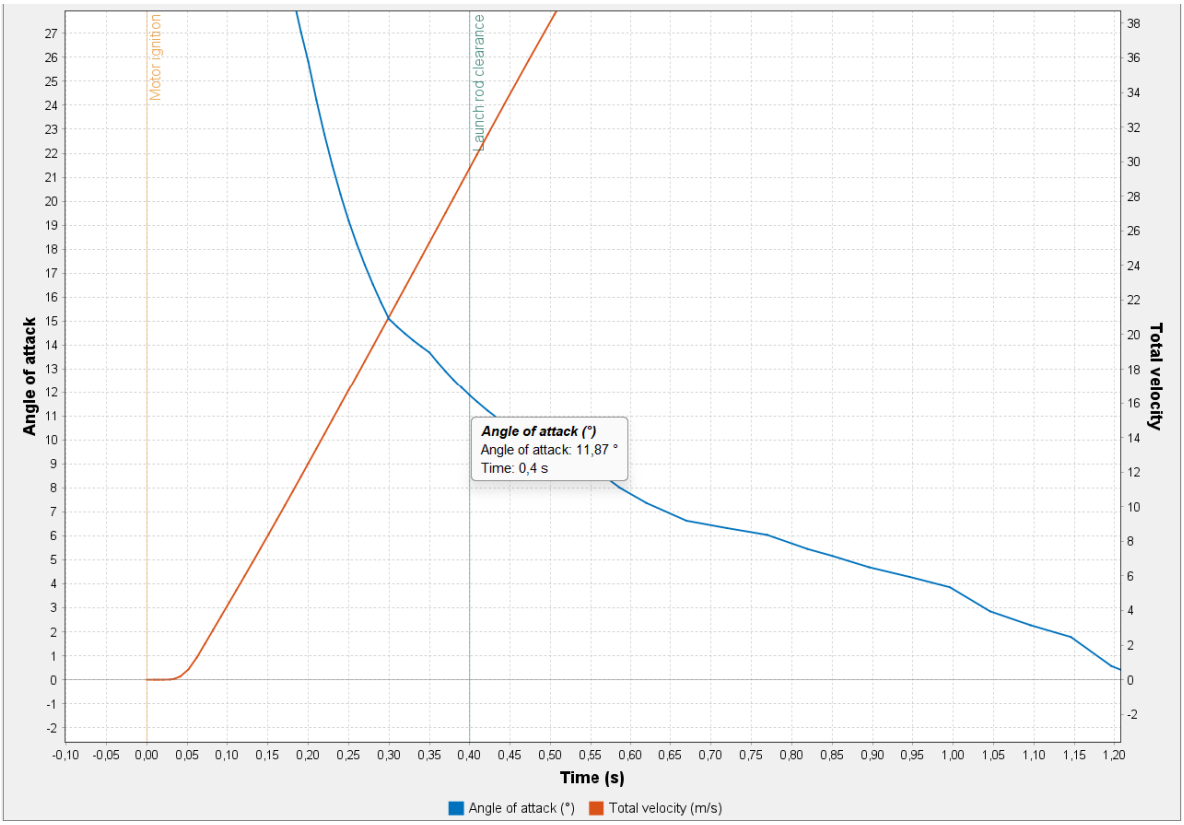


Figura 10: Grafica mostrando el ángulo de ataque de 11.87° cuando el cohete sale de la lanzadera

Con estas simulaciones se puede concluir que la velocidad de viento máxima a la que se puede lanzar el cohete Miravalles es de 6.1 m/s con un ángulo de 1° de la lanzadera.

Simulaciones en SolidWorks

Se pretende realizar varios tipos de simulaciones usando las diferentes áreas de que aporta *SolidWorks*. Para empezar, el software estima una masa total del fuselaje de 7330.41 gramos. Además ubica el centro de masa a 920mm.

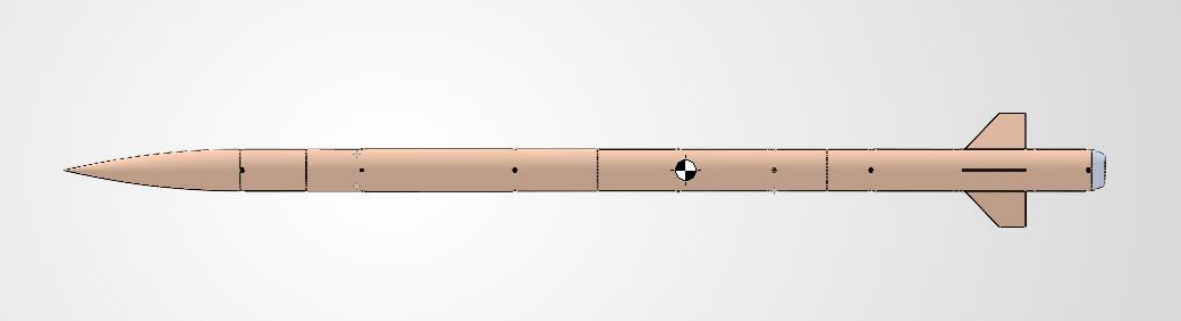


Figura 11: Ensamble de Miravalles con Centro de Masa

```
Mass properties of MRV_EnsambleGeneral
   Configuration: Default
   Coordinate system: -- default --

Mass = 7330.38 grams

Volume = 3868933.65 cubic millimeters

Surface area = 2575418.38  square millimeters

Center of mass: ( millimeters )
    X = 0.00
    Y = 920.39
    Z = 0.00

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: ( grams *  square millimeters )
Taken at the center of mass.
     Ix = ( 0.00,  1.00,  0.00)     Px = 12800542.13
     Iy = (-1.00,  0.00,  0.00)     Py = 2923819950.51
     Iz = ( 0.00,  0.00,  1.00)     Pz = 2923854710.83

Moments of inertia: ( grams *  square millimeters )
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)
    Lxx = 2923819950.51        Lxy = 11.69              Lxz = 0.00
    Lyx = 11.69                Lyy = 12800542.28        Lyz = -20813.26
    Lzx = 0.00                 Lzy = -20813.26          Lzz = 2923854710.68

Moments of inertia: ( grams *  square millimeters )
Taken at the output coordinate system. (Using positive tensor notation.)
    Ixx = 9133502052.27        Ixy = 11.39              Ixz = 0.00
    Iyx = 11.39                Iyy = 12800542.36        Iyz = -43087.52
    Izx = 0.00                 Izy = -43087.52          Izz = 9133536812.37
```

Seguidamente se simulan las fuerzas experimentadas por Miravalles durante la fase de mayor aceleración. Para esto se utiliza una fuerza externa de gravedad con un valor de 87 m/s^2, previamente obtenido por medio de las simulaciones en *OpenRocket*. Los resultados obtenidos se exponen en la figura 5.

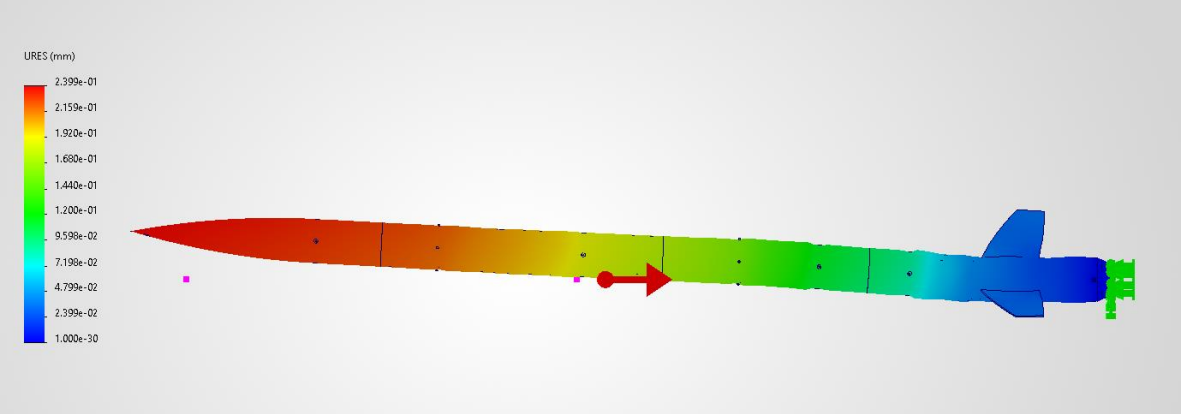


Figura 12: Resultados de deformaciones durante el periodo de aceleración máxima

La deformación máxima obtenida es de 0.2399mm, esto nos dice que la deformación es mínima por lo que se podría afirmar que la estructura superara con éxito esta fase del vuelo.