

# "Análisis numérico y optimización fluidodinámica de componentes de aplicación aeroespacial"

F. Biaggio, F. Bacchi

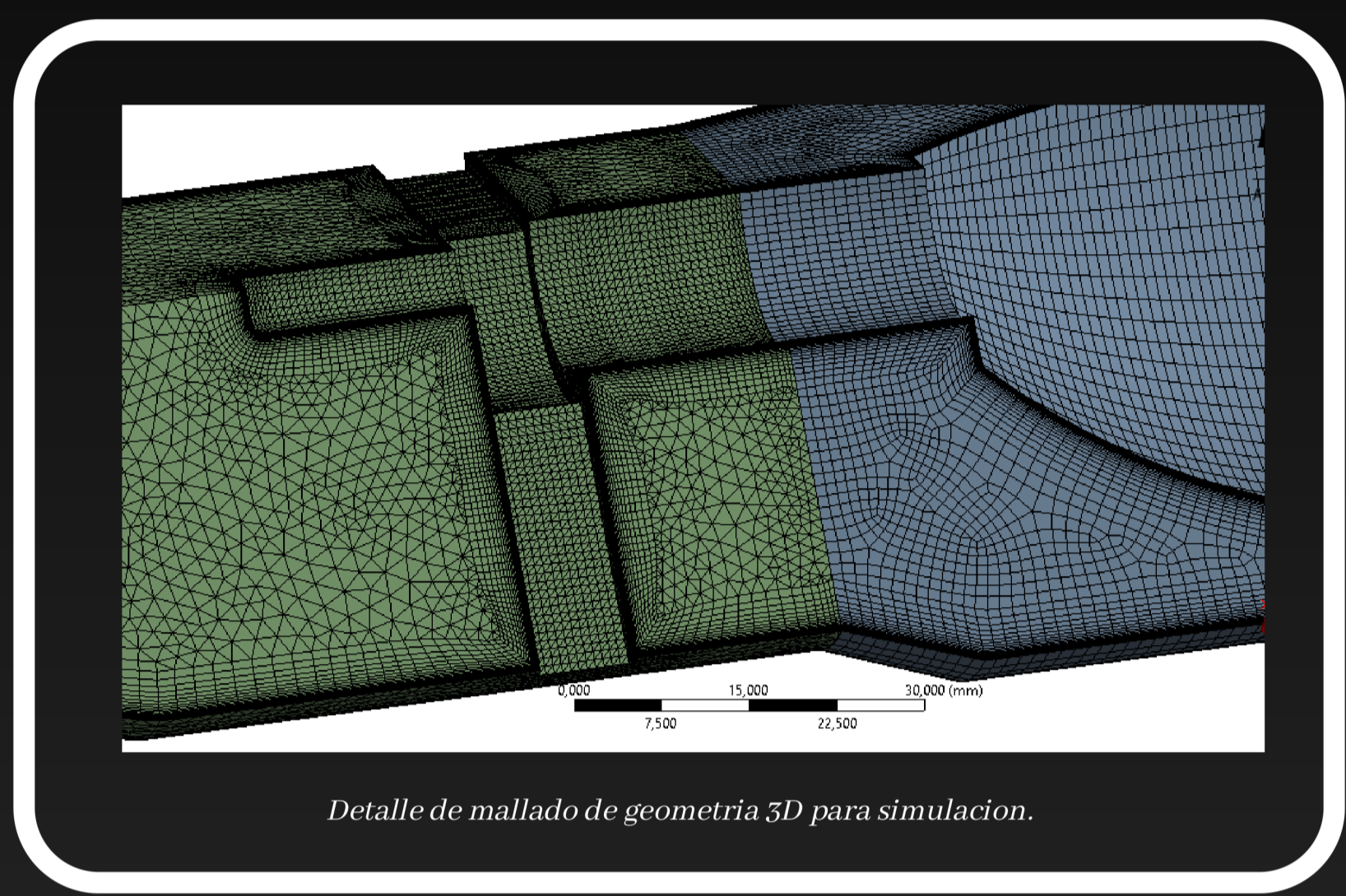


## Resumen

En este trabajo, realizado en el marco de cooperación entre la UNLP y la empresa VENG, se realizó la parametrización y diseño asistido por simulaciones de una válvula umbilical tipo Breakaway a con el objetivo de reducir la caída de presión provocada por la misma. También se presenta la metodología de simulación de un conjunto válvula y tobera empleada en RCS (sistema de control de orientación) a fines de verificar caída de presión y correcto desarrollo de flujo supersónico en tobera.

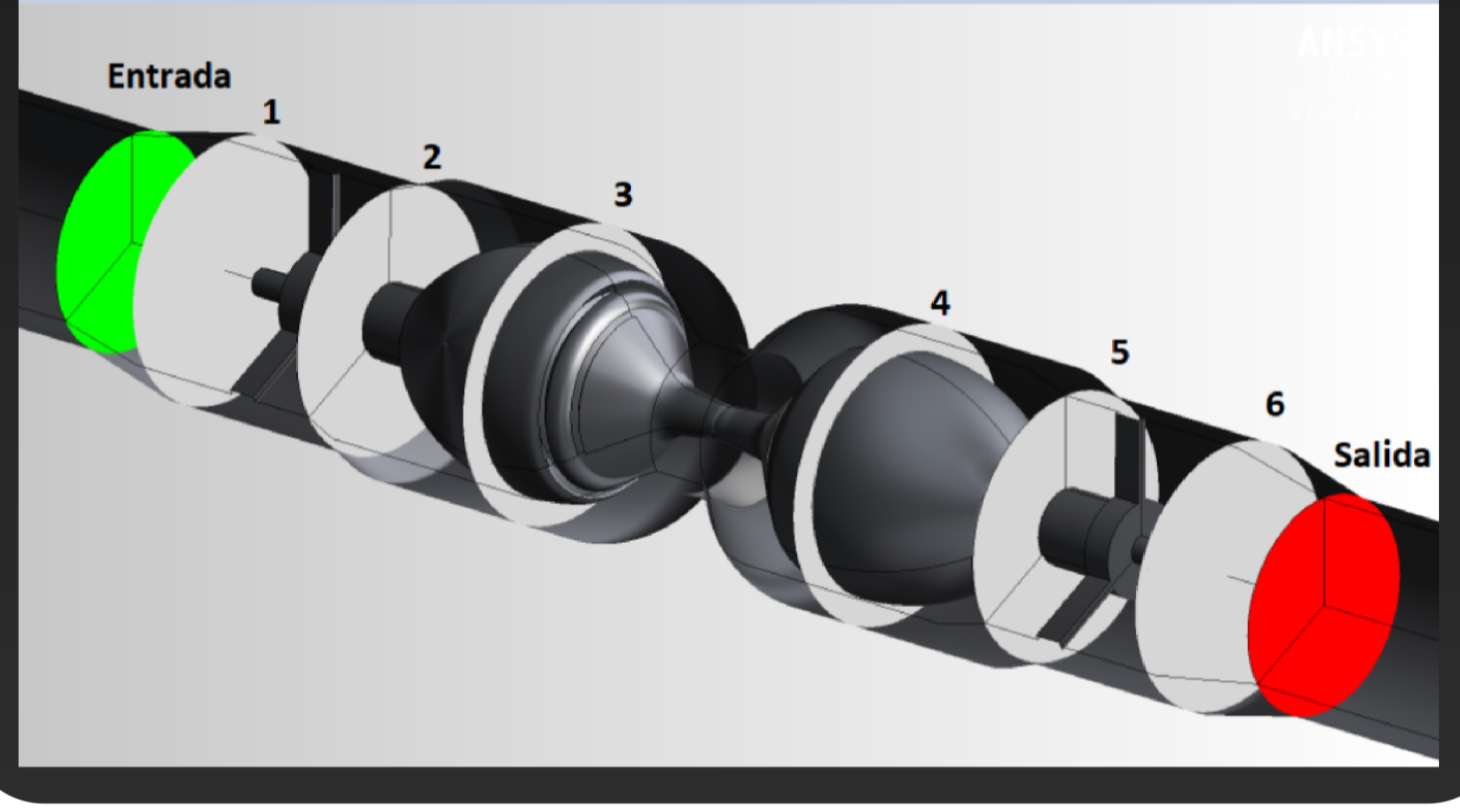
## Metodología

- Análisis estacionario, incompresible e isotérmico.
- Modelo de turbulencia k- $\omega$  SST (Shear Stress Transport)
- Algoritmos de discretización espacial de 2º orden upwind.
- Viscosidad y densidad constante.
- Presión de entrada y flujo másico de acuerdo a requerimientos.



Detalle de malla de geometría 3D para simulación.

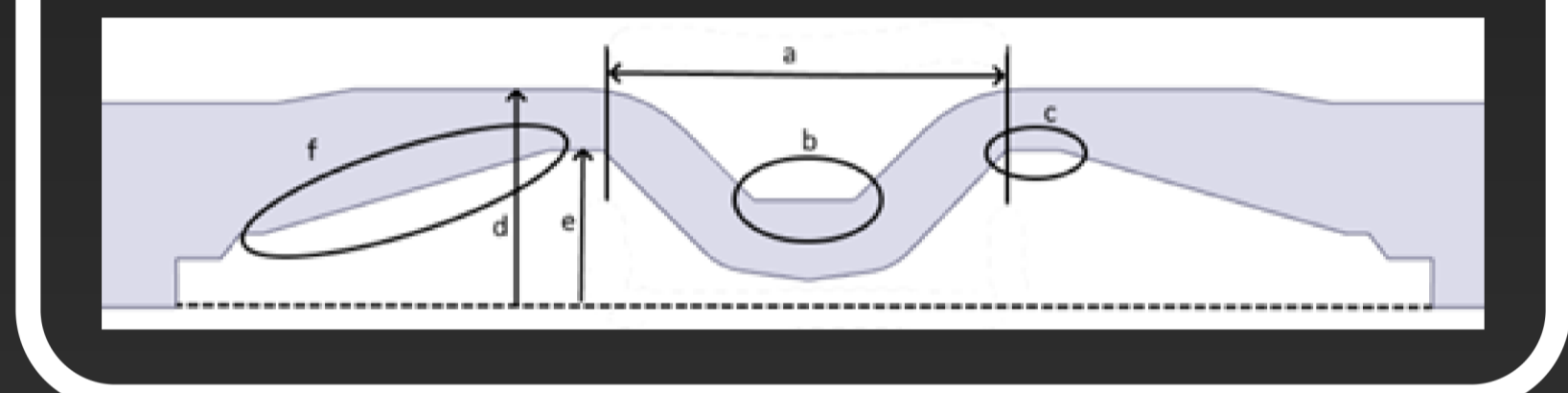
Se identificaron 8 planos relevantes para identificar localización de caídas de presión.



Entrada

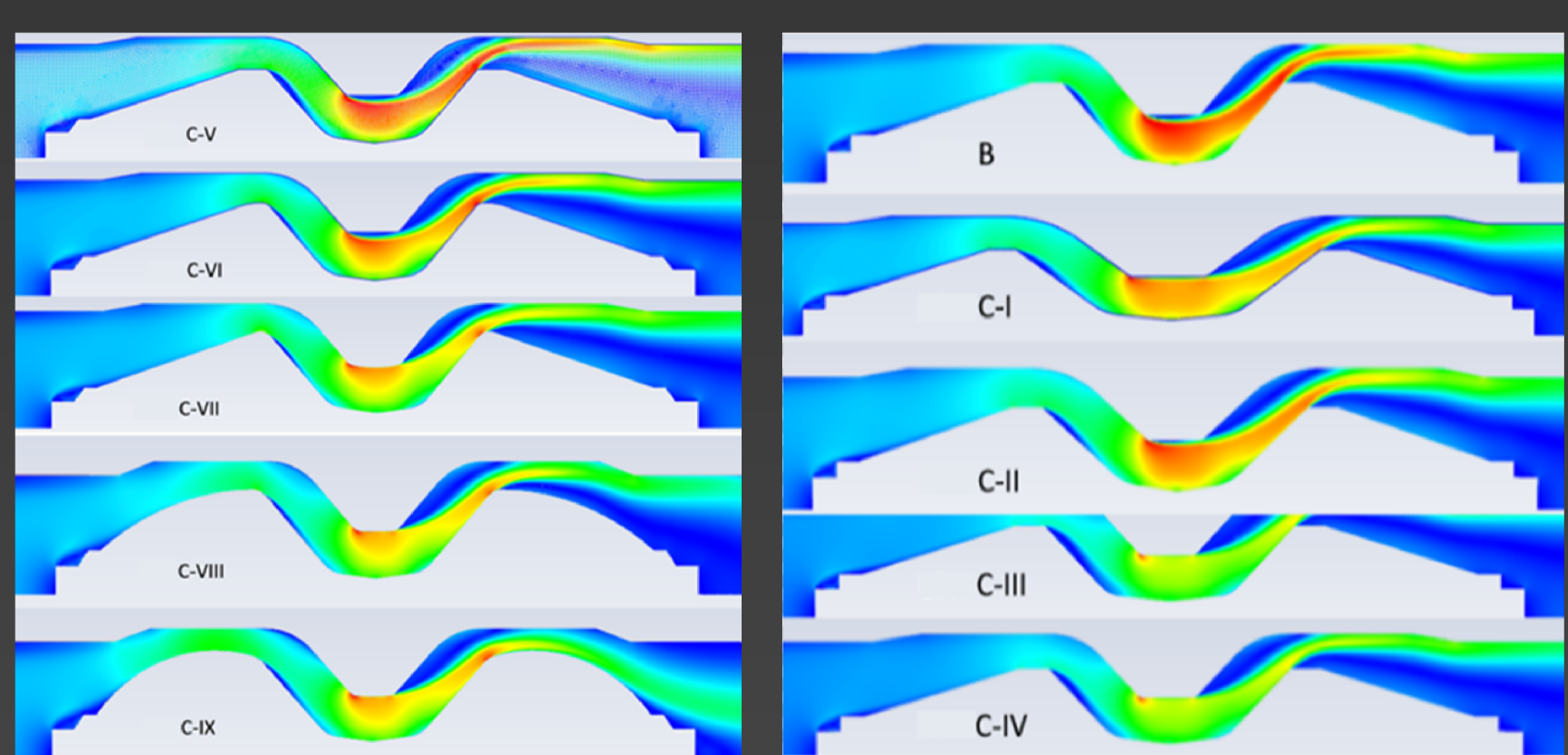
Salida

Se parametrizaron ciertos elementos geométricos de la válvula a fines de realizar modificaciones identificables y reproducibles.



## Desarrollo

Se propusieron diferentes modificaciones geométricas a fin de analizar las influencias de las mismas sobre la caída de presión. Las mismas se implementaron en una versión 2D simplificada de la válvula a fines de acelerar el proceso de diseño. Luego de realizar las primeras cuatro variaciones del mismo, se consultó con el diseñador de la estructura mecánica a fines de rediseñar la pieza. Estos cambios fueron descartados por no adecuarse a restricciones mecánicas de manufactura.



Campos de velocidades en la geometría original y diseños modificados.

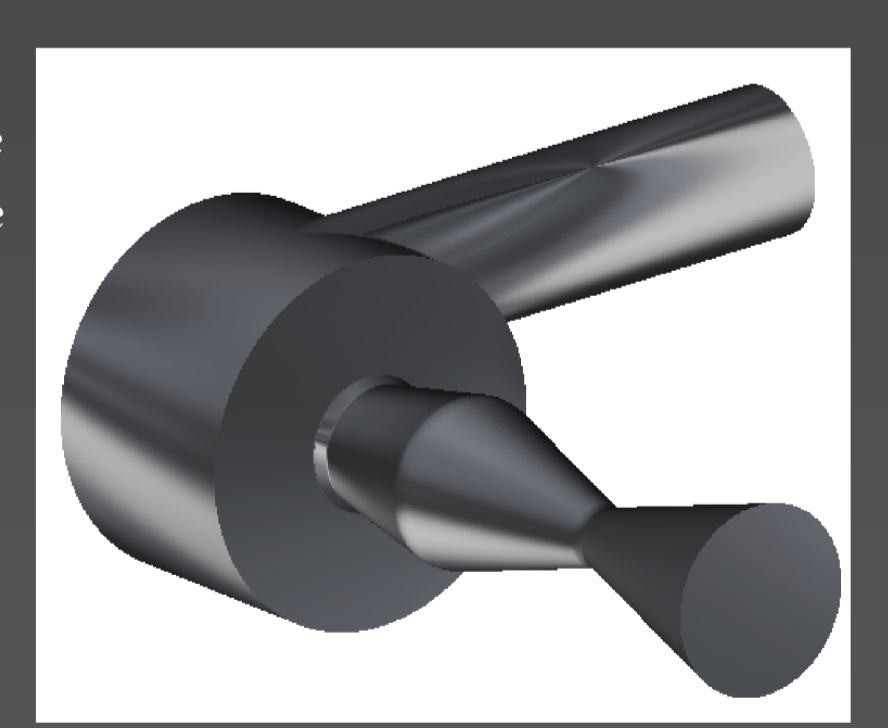
Modelo	Parámetros modificados						Caída de presión (% de $\Delta P_{max}$ )
	a	b [%]	c [%]	d [%]	e [%]	f [%]	
C-I	+50%	-	-	-	-	-	94.4%
C-II	+20%	-	-	-	-	-	118.4%
C-III	-	+50%	-	-	-	-	78.4%
C-IV	-	-	-	-	-	-	82.2%
C-V	-	-	-	+1.6%	+2%	-	126%
C-VI	-	-	+20%	+3.2%	+4%	-	94.6%
C-VII	-	+5%	+20%	idem	idem	92.86	83.2%
C-VIII	-	idem	-	idem	idem	55.54	57.2%
C-IX	-	idem	-	idem	idem	idem	70.4%

Modificaciones y caída de presión resultantes según simulación en análisis axisimétrico 2D de diferentes geometrías.

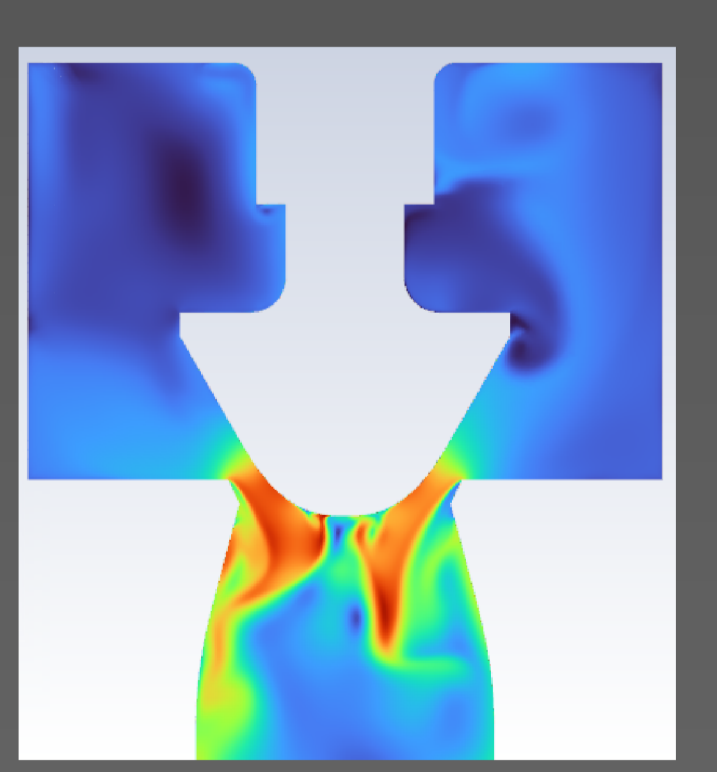
## Análisis de Tobera RCS

Se realizó la parametrización y simulación de un conjunto de válvulas de paso y tobera de un motor vernier de control. El mismo es un sistema de propulsión monopropelente de tanque presurizado que se utiliza a fines de orientar al cohete en ausencia de presión atmosférica. La metodología de simulación fue similar al caso válvula, con consideraciones especiales a las propiedades del fluido dado que en este caso el mismo sufre un rango más amplio de temperaturas debido a la expansión supersónica, simulando su viscosidad en función de la misma siguiendo la ley de Sutherland.

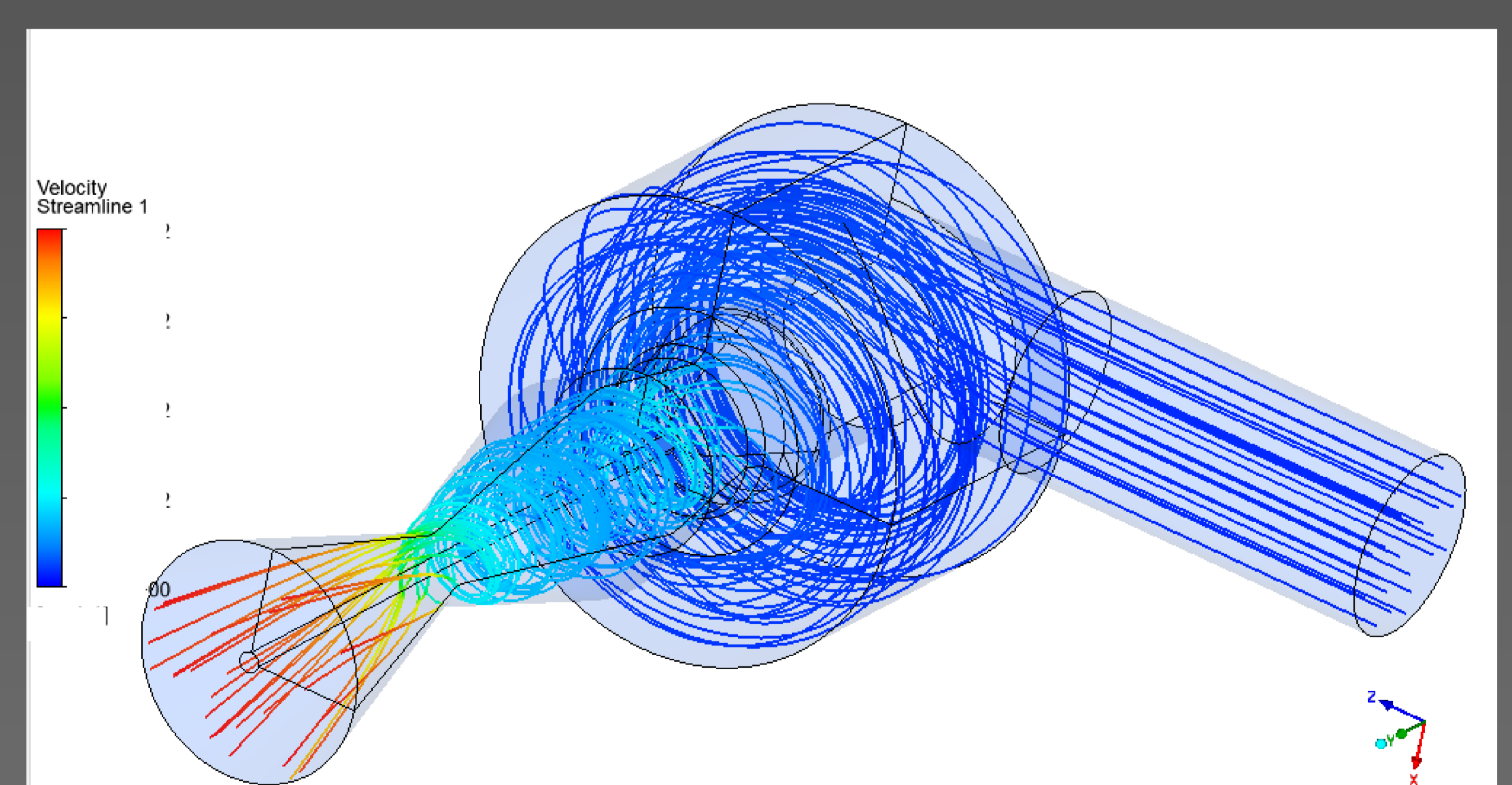
Los resultados de la misma fueron satisfactorios, permitiendo un flujo apropiado de propelente a la tobera y asegurando una caída de presión lo suficiente baja en válvula para asegurar tanto expansión supersónica así como el empuje apropiado generado por el sistema. Podemos apreciar en las imágenes la evolución del flujo simulado dentro del volumen simulado.



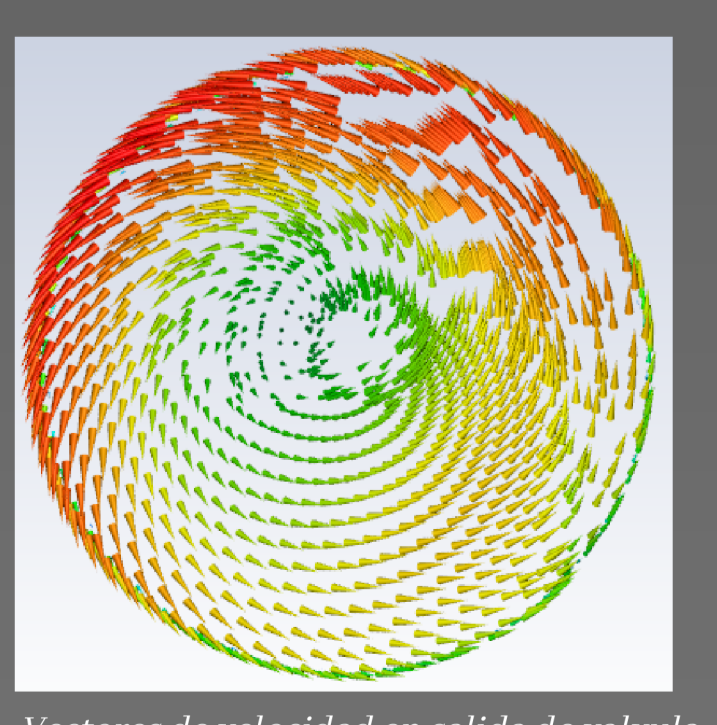
Modelo de espacio interno de conjunto válvula y tobera.



Perfil de magnitudes de velocidad en salida de válvula



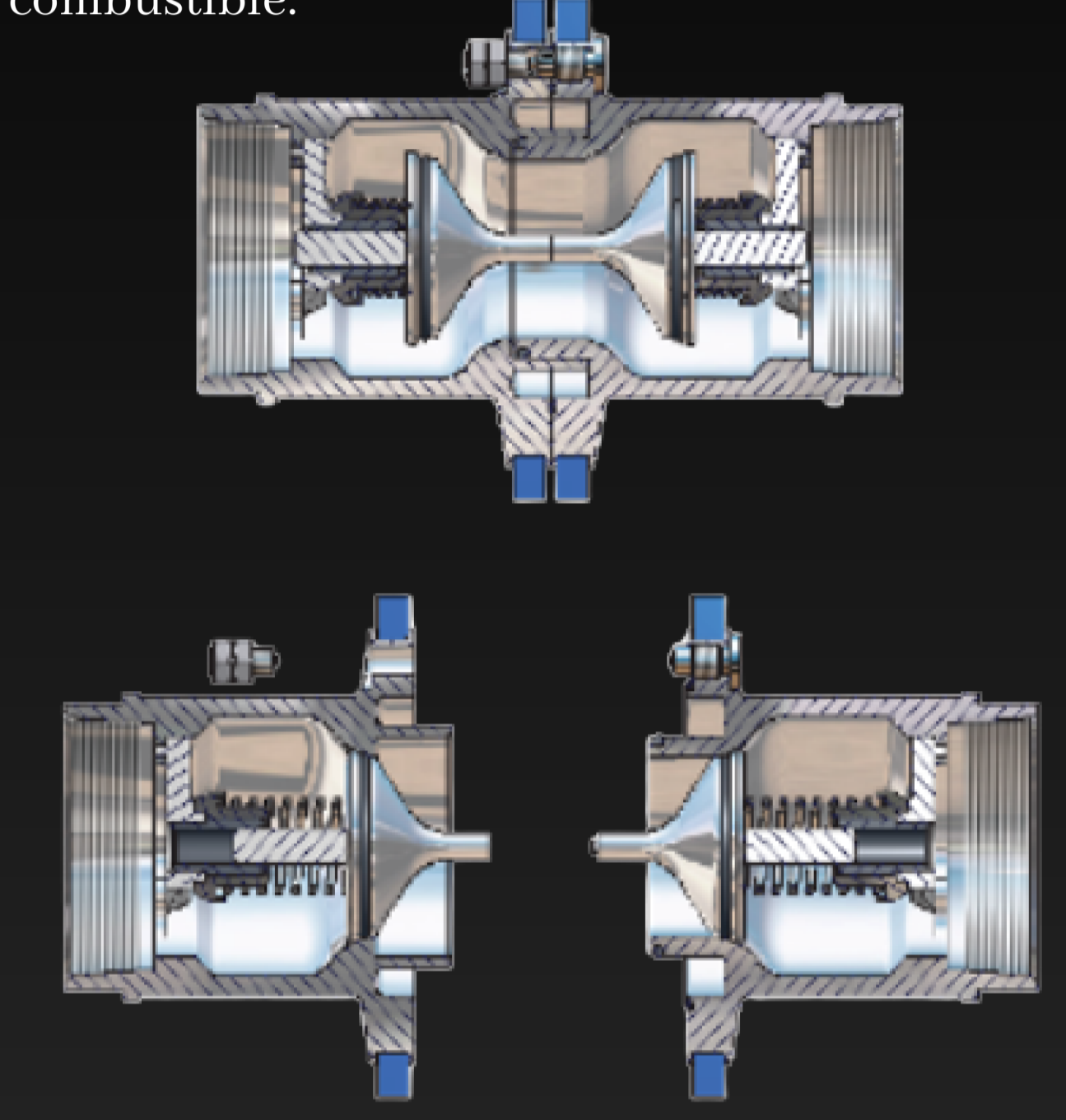
Líneas de flujo en modelo final de válvula y tobera.



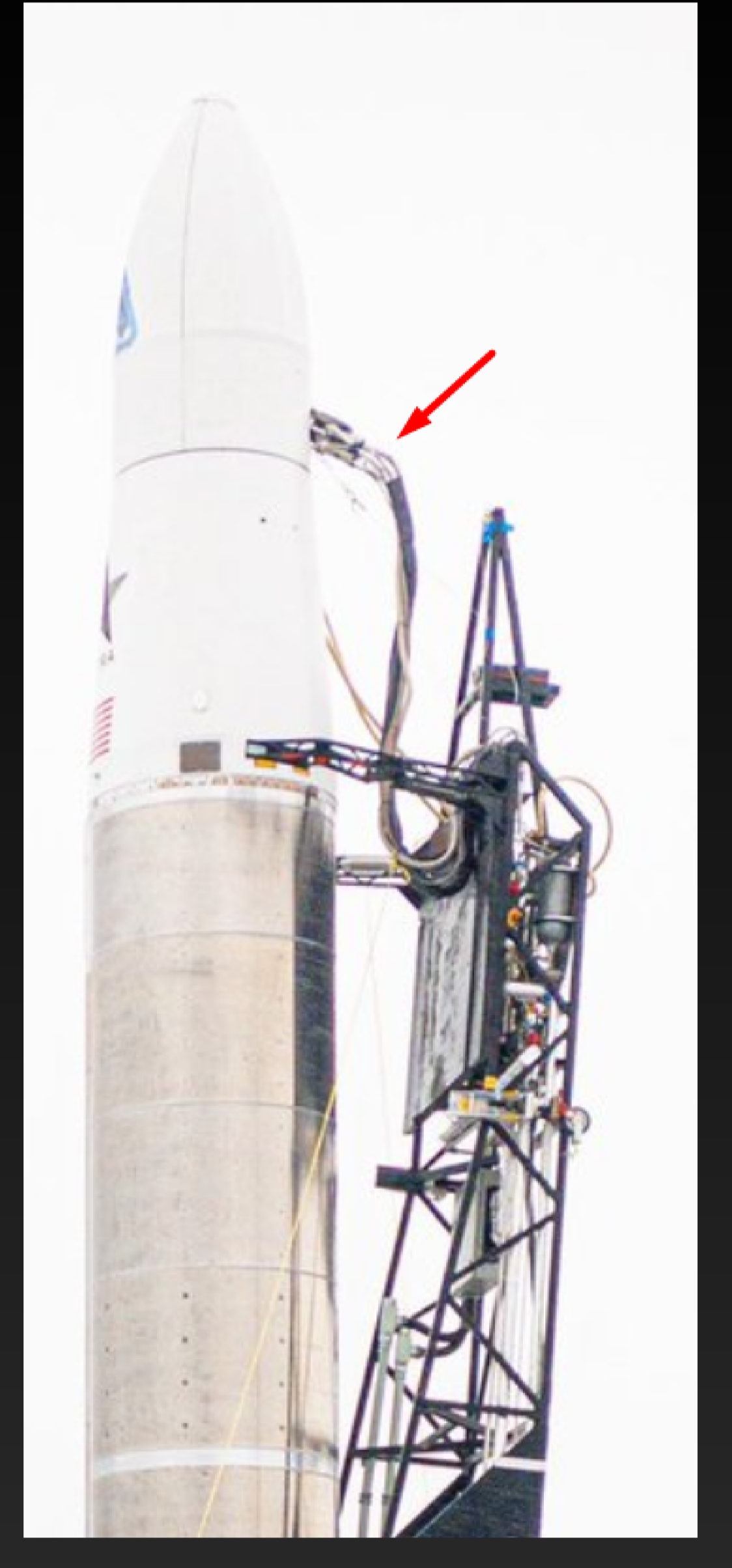
Vectores de velocidad en salida de válvula, podemos apreciar una fuerte vorticalidad.

## ¿Que es una válvula umbilical?

La válvula que se simula es de doble efecto tipo "Breakaway". Se ubica entre el cohete y la torre de soporte, y su función principal es la de sellar el conducto de carga en ambos extremos (el que queda en tierra y el propio del cohete), al producirse la desconexión previa al despegue del vehículo, evitando pérdida de combustible.



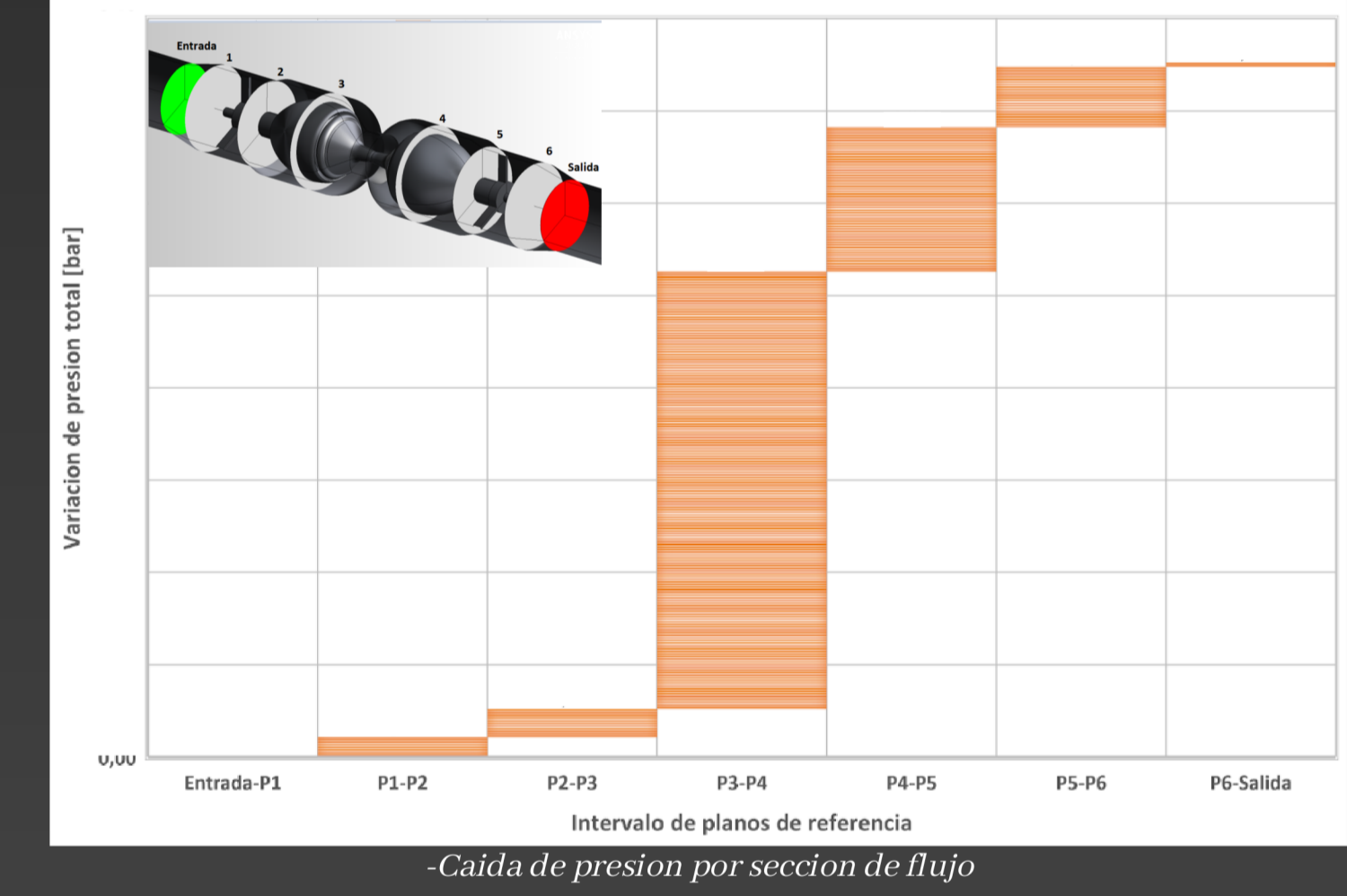
Ejemplo y principio de funcionamiento de válvula Breakaway



Válvula en uso durante carga de combustible del cohete Astra 3.0

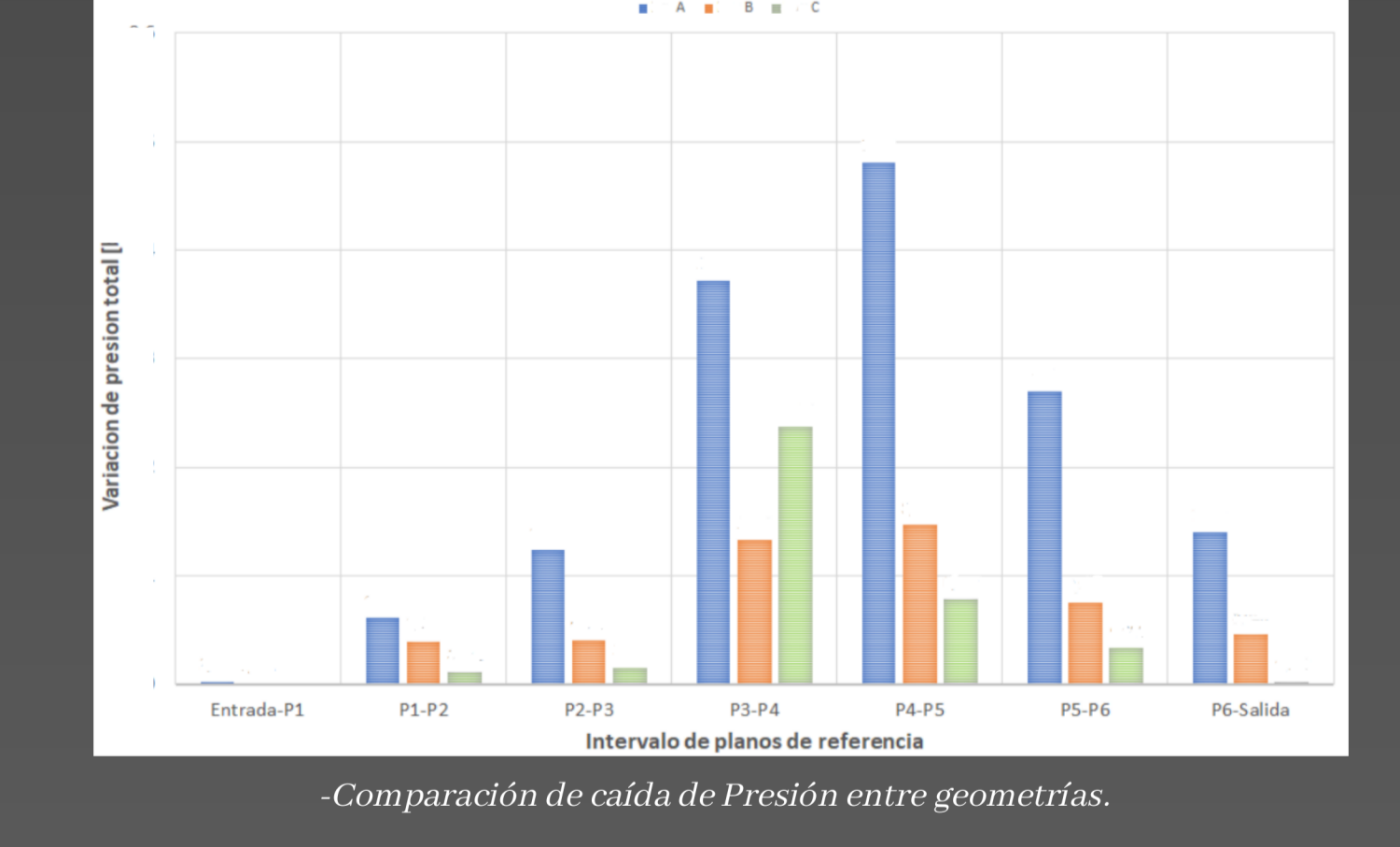
## Resultados

Concluida la fase de diseño, se procedió a validar el mismo con una simulación más detallada, en 3D, a fines de considerar los soportes y otros elementos que rompen la axisimetría de la válvula, siendo la pérdida de presión final un 70% del límite máximo deseado.

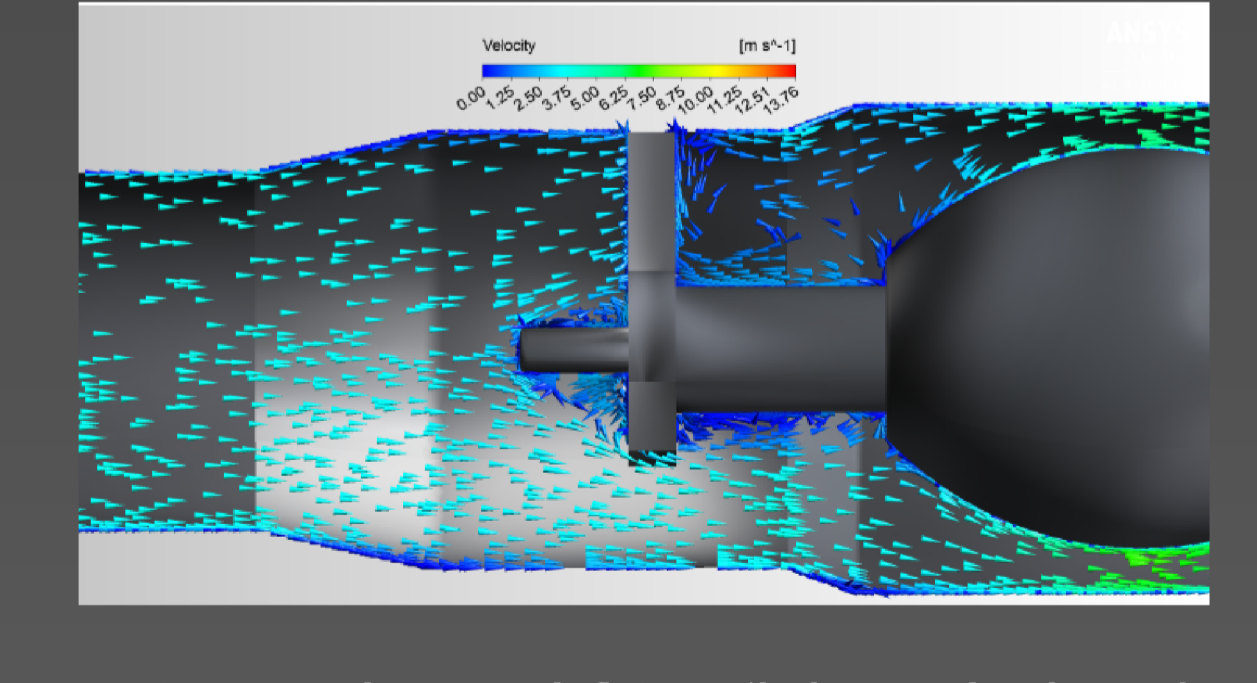
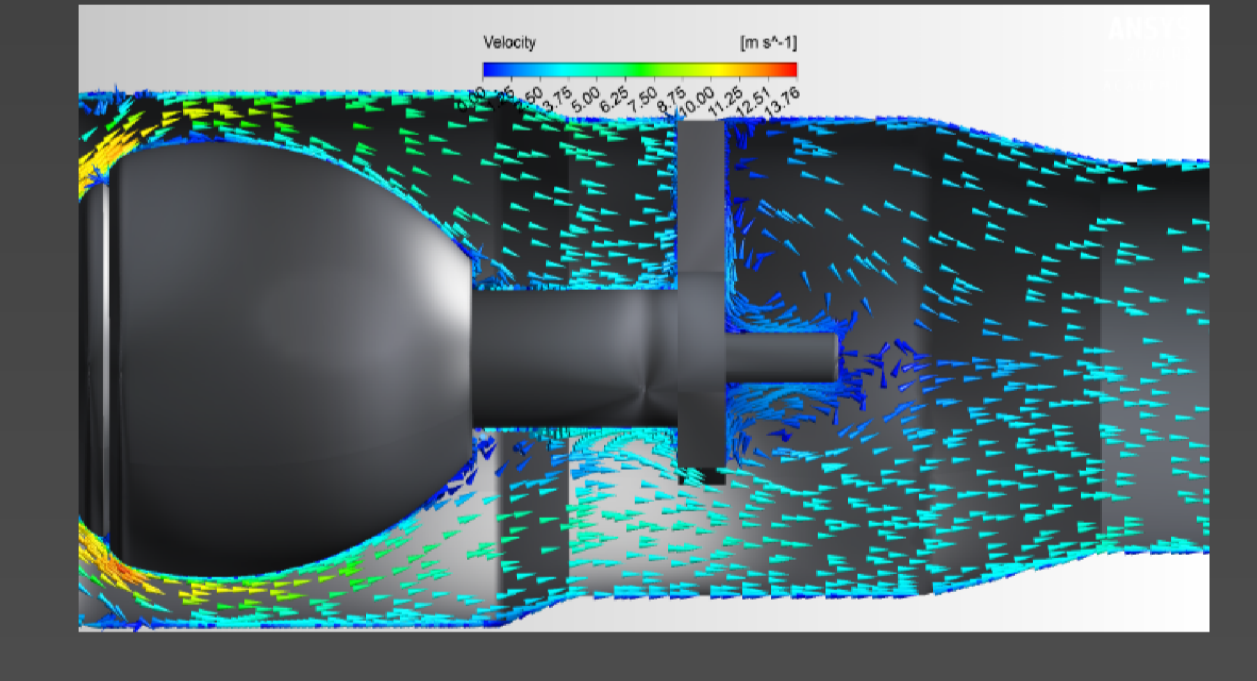
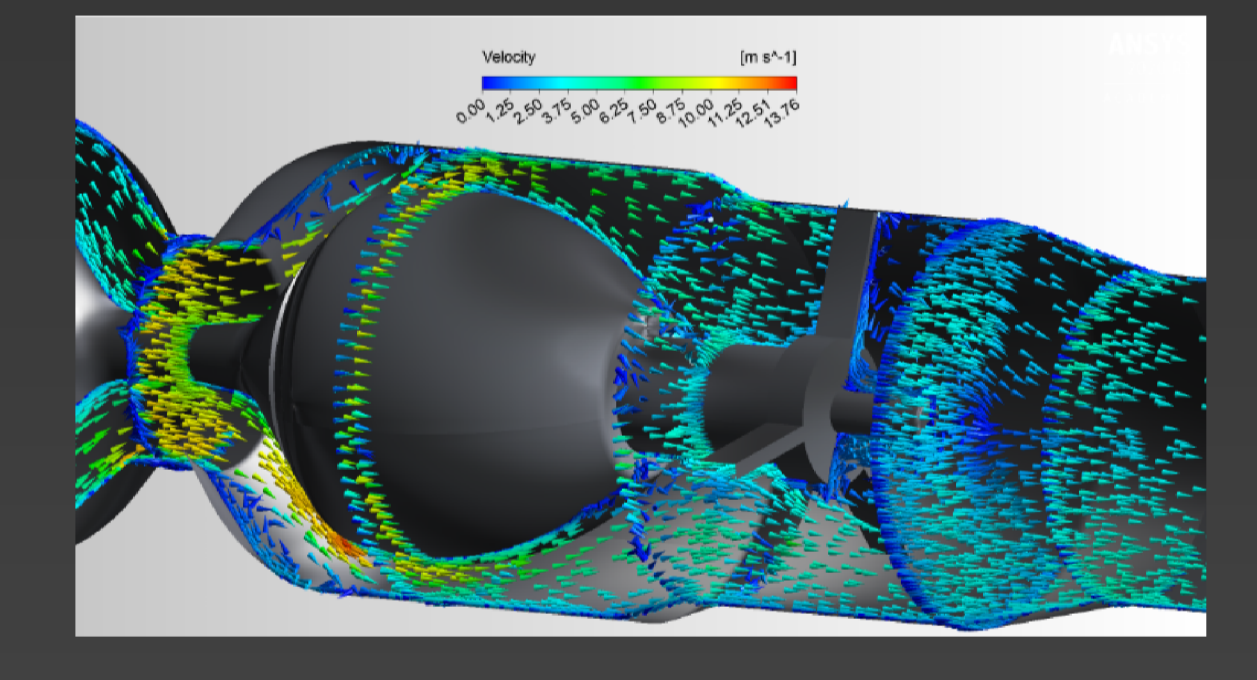
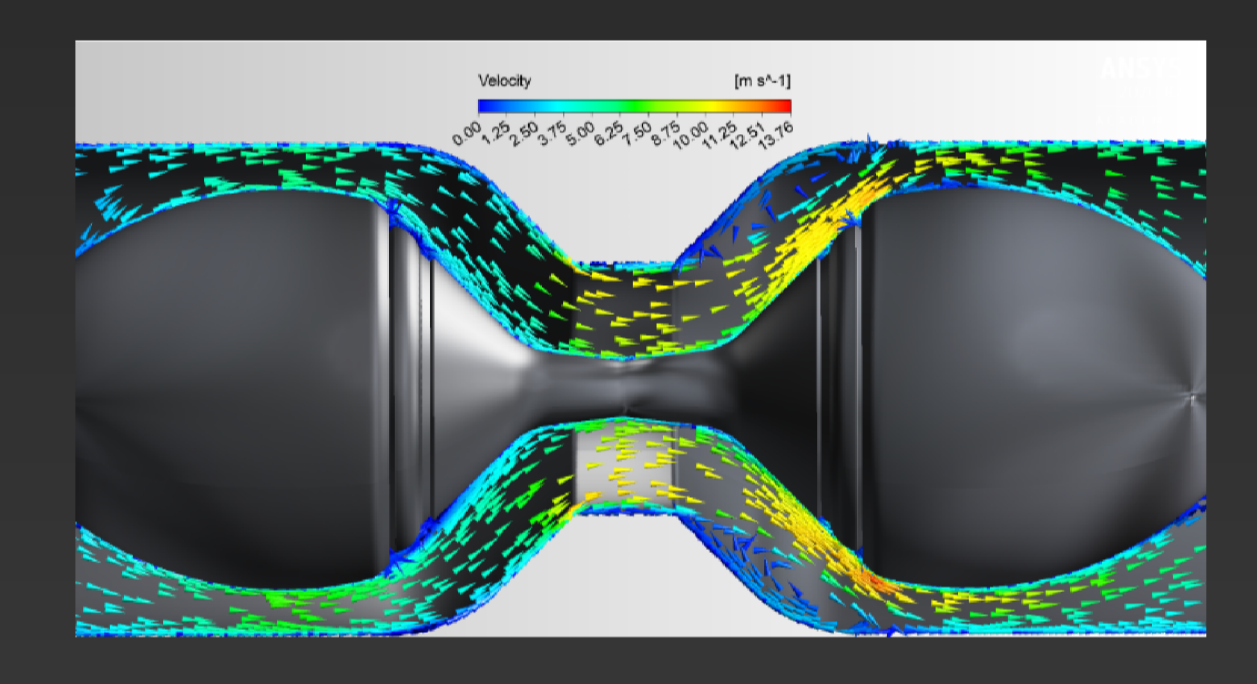


Caída de presión por sección de flujo

La modificación de diseño clave para la reducción de pérdida de presión fue el redondeo de la sección tronco cónica de la válvula. Esto modifica principalmente la forma en la que se desarrolla la estela de la válvula, evita la creación de flujos de recirculación y el desprendimiento de la capa límite. El principio básico detrás de esto es el efecto Coanda. La forma redondeada del cuerpo interno de la válvula. Podemos ver en un plano longitudinal la variación del campo de velocidades del flujo en el conducto, así como una distribución de las variaciones de presiones en el mismo plano.



Comparación de caída de presión entre geometrías.



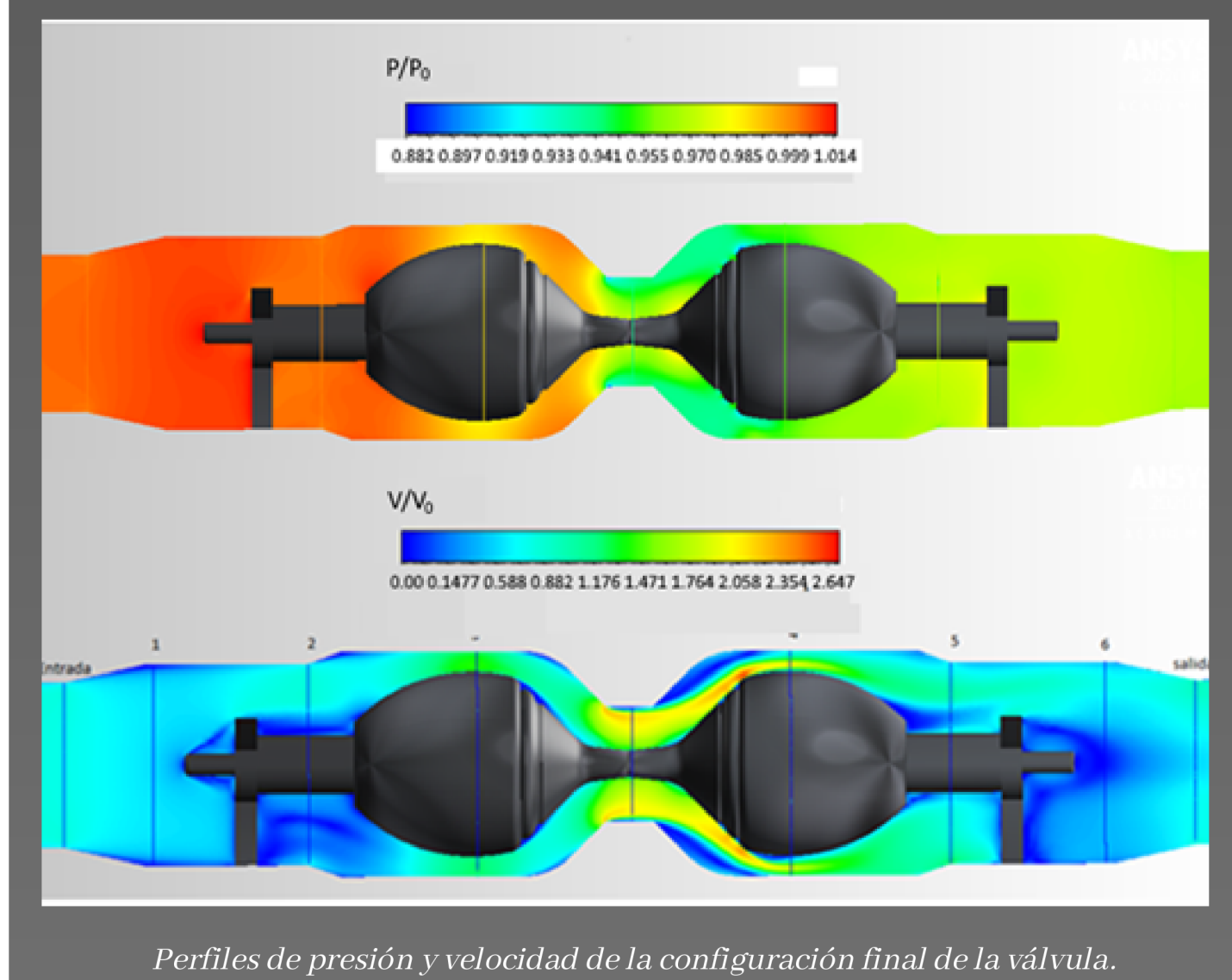
Distintas tomas de vectores de flujo en válvula, se pueden observar las zonas de recirculación coloreadas según la velocidad del flujo.

## ¿Que es el efecto Coandă?

El efecto Coandă es el fenómeno físico en el cual una corriente de fluido — gaseosa o líquida — tiende a ser atraída por una superficie vecina a su trayectoria. podemos apreciar en el modelo final de la válvula como se aprovecha este fenómeno a fin de mejorar la distribución de salida de flujo y reducir las zonas de flujo en recirculación.



Ejemplo de efecto Coanda sobre una cuchara.



Perfiles de presión y velocidad de la configuración final de la válvula.