

# ANÁLISIS CFD DEL CAMPO CERCANO DE EMISARIOS :



# ANÁLISIS DEL CAMPO CERCANO DE EMISARIOS :

EL CAMPO CERCANO AL EMISARIO ES LA REGIÓN DEL RÍO RECEPTOR DONDE LOS JETS DEL EMISARIO Y LAS DIFERENCIAS DEL MEDIO CON EL FLUIDO VERTIDO DETERMINAN LA MEZCLA.

## FENOMENOLOGÍAS PROPIAS DEL CAMPO CERCANO

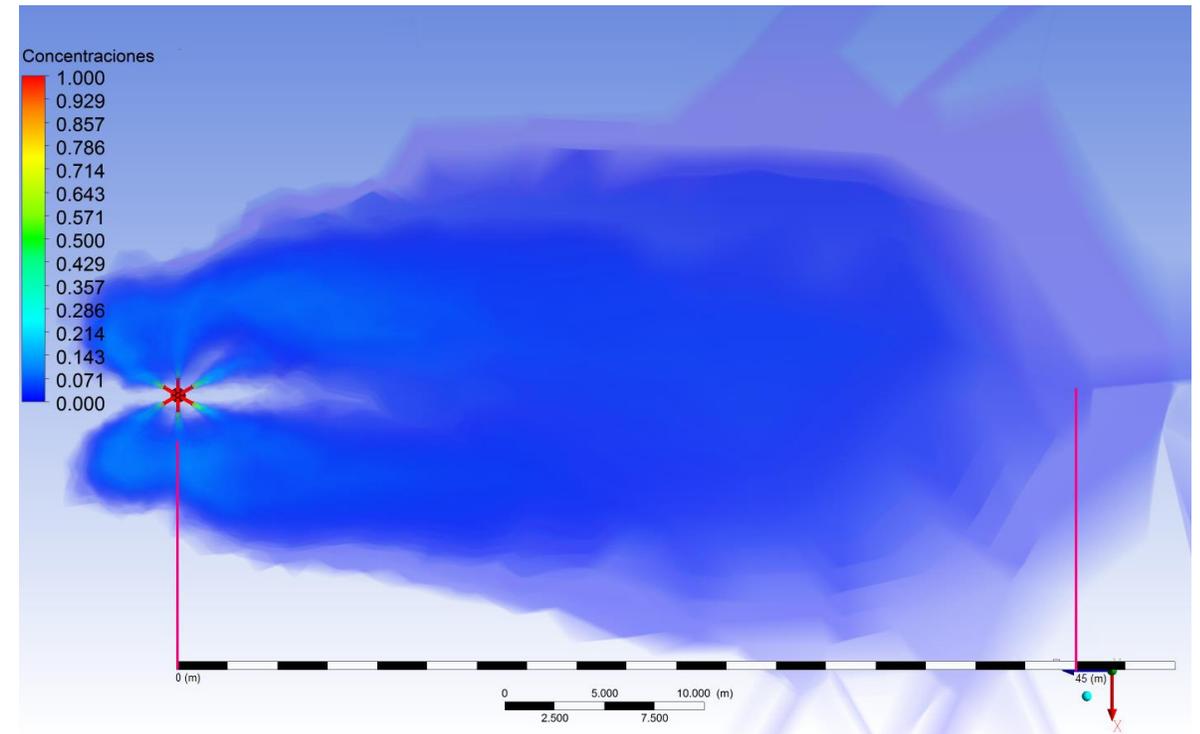
SE MANIFIESTAN CON MÁX. INTENSIDAD A LA SALIDA DE LOS RISERS Y DESAPARECEN HACIA LA LONGITUD DE MEZCLA CON EL RIO:

\_ LOS JETS DE VERTIDO:

\_ SECCIONES TRANSVERSALES AL RIO RECEPTOR CON CONCENTRACIONES ALTAMENTE VARIABLES VARIABLES

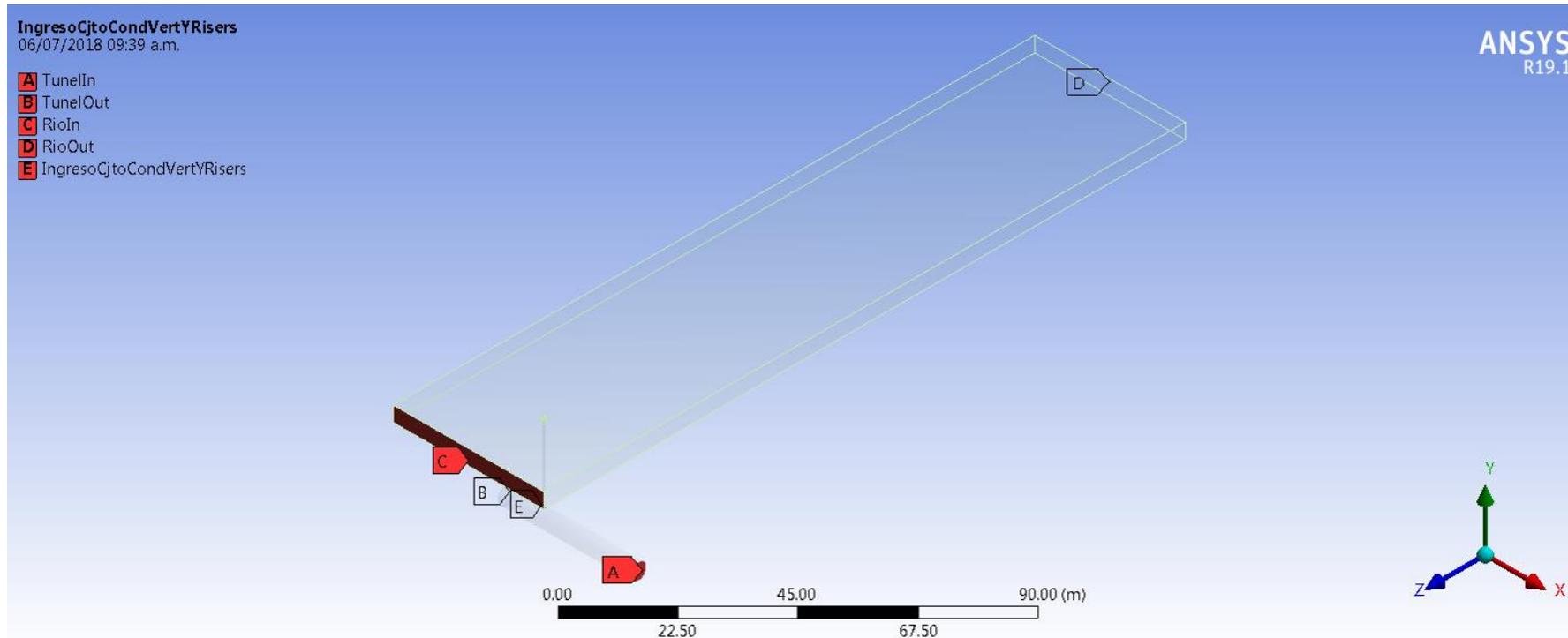
\_ ALTAS TASAS DE DECAIMIENTO DE LA TURBULENCIA

\_ FENÓMENOS VORTICIALES DE ALTA INTENSIDAD



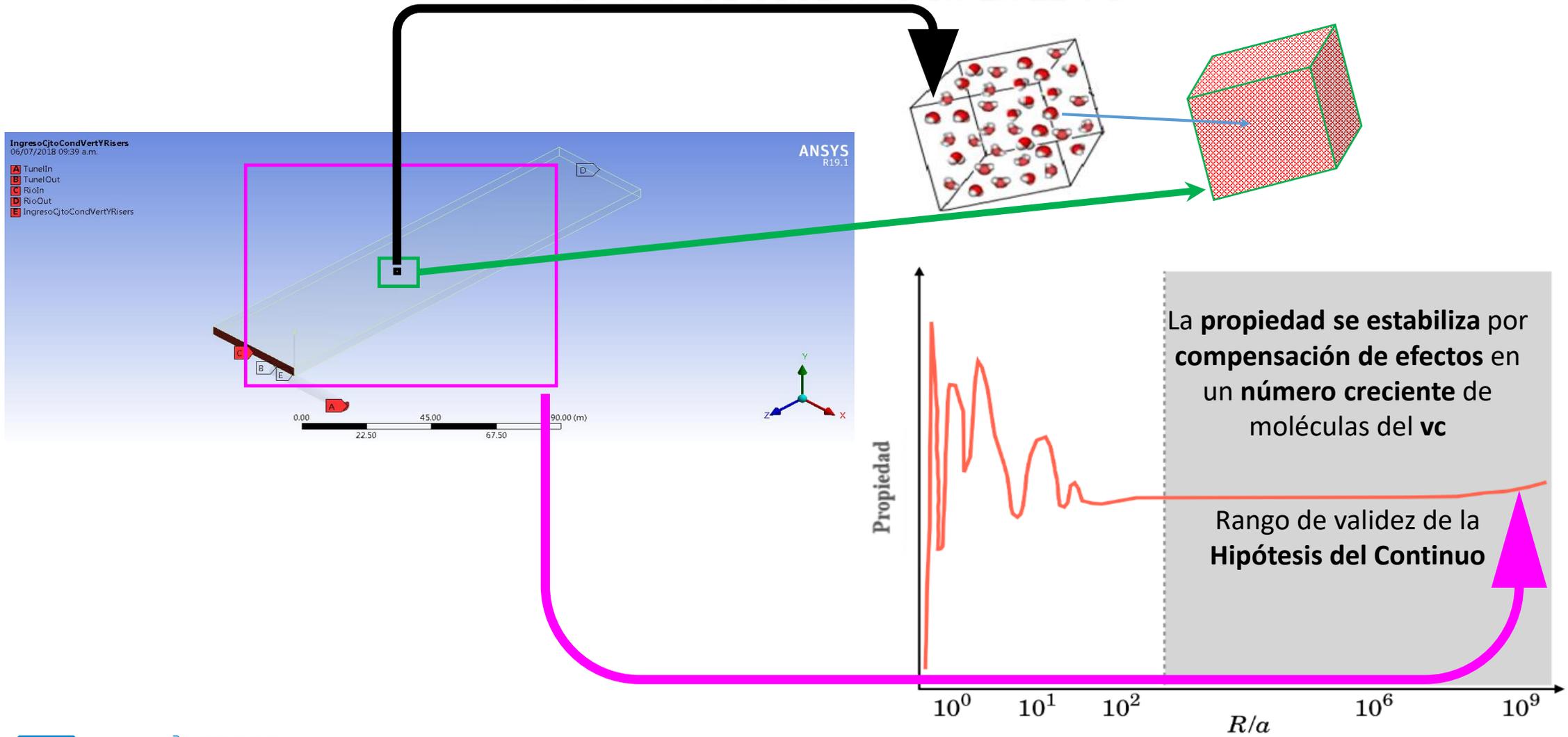
# ANÁLISIS DEL CAMPO CERCANO DE EMISARIOS :

## VOLUMEN DE CONTROL: CAMPO CERCANO



**VC: PORCIÓN DEL ESPACIO DE INFLUENCIA DEL EMISARIO QUE SE AISLA PARA SU ESTUDIO**

# ANÁLISIS DEL CAMPO CERCANO DE EMISARIOS : VENTANA DE OBSERVACIÓN EN EL VC

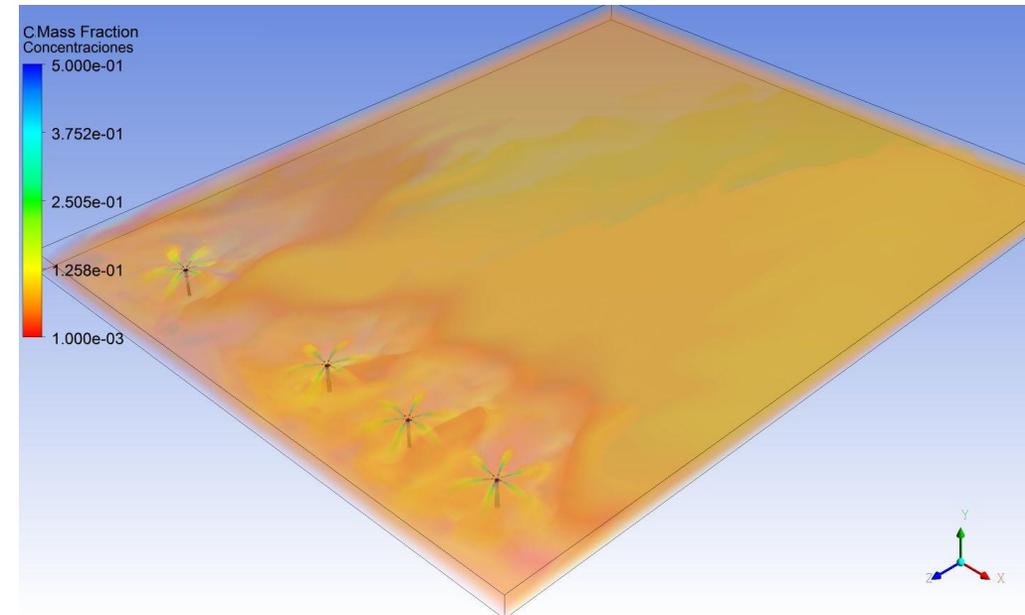
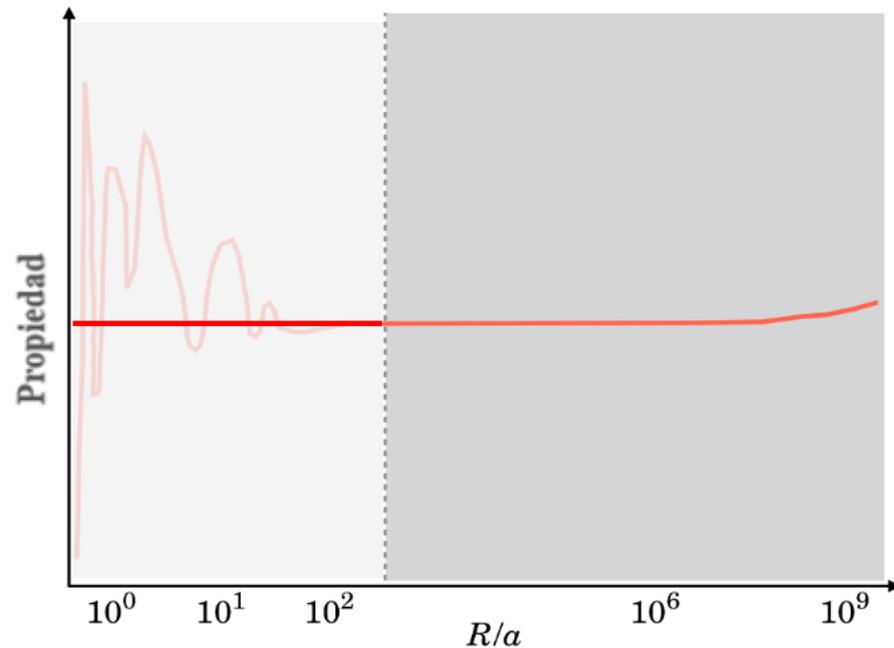


# ANÁLISIS DEL CAMPO CERCANO DE EMISARIOS :

## HIPÓTESIS DEL CONTINUO:

LAS PROPIEDADES TIENDEN SUAVEMENTE A UN VALOR ESTABLE PARA  $VC \rightarrow 0$

LA VENTANA DE OBSERVACIÓN ES MUCHO MAYOR QUE EL CAMINO LIBRE MEDIO ENTRE MOLÉCULAS



EN FLUJOS ACUOSOS, CUANDO SE ESTUDIAN ESTRUCTURAS DE FLUJO CUYA ESCALA ES MUY SUPERIOR A LA ESCALA MOLECULAR, LA VENTANA DE OBSERVACIÓN SE ENCUENTRA EN EL RANGO DE VALIDEZ DE LA HIPÓTESIS DEL CONTINUO

# ANÁLISIS DEL CAMPO CERCANO DE EMISARIOS : RANGO DE VALIDEZ DE LA HIPÓTESIS DEL CONTINUO

LOS PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DEBEN CUMPLIRSE TANTO EN  
UN VC DIFERENCIAL COMO EN UN VC MACROSCÓPICO

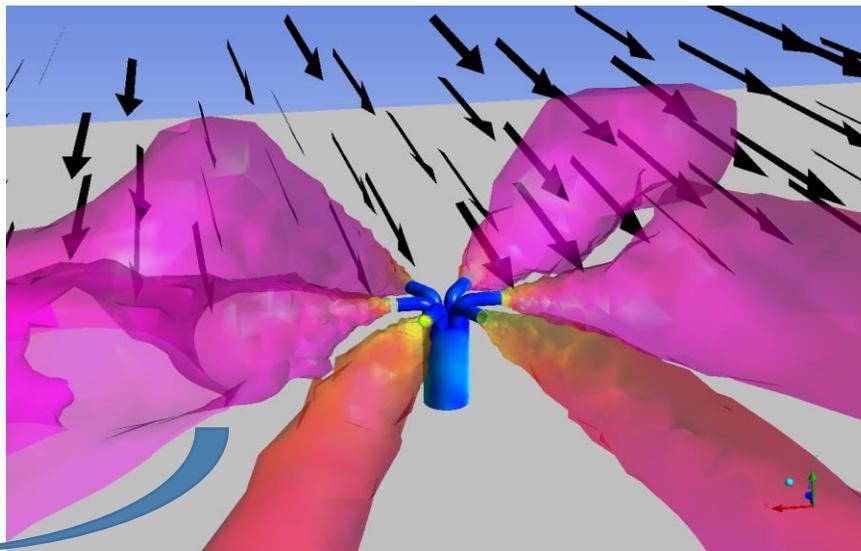
CONSERVACIÓN DE LA MASA

CONSERVACIÓN DEL MOMENTUM = SEGUNDA LEY DE NEWTON

# DESCRIPCIÓN MATEMÁTICA: EN VOLÚMENES DIFERENCIALES

— CADA PUNTO MATERIAL EN UN INSTANTE SE ENCUENTRA EN UN ESTADO DESCRIPTIBLE A TRAVÉS DE SUS PROPIEDADES:

- . DENSIDAD
- . CONCENTRACIONES
- . VISCOSIDAD



## EVOLUCIONES INSTANTÁNEAS

— CADA CAMBIO QUE OCURRA EN EL PUNTO MATERIAL SE PUEDE ANALIZAR PARA UN LAPSO TAN PEQUEÑO DE TIEMPO, QUE EL CAMBIO EN SUS PROPIEDADES SE PUEDE EXPRESAR COMO UNA DERIVADA

TEOREMA DE REYNOLDS: ALGORITMO PARA GENERAR ECS. DE CONSERVACIÓN

$$\frac{D}{Dt} ({}^t\psi [{}^t\underline{x}]) = \partial_t {}^t\psi [{}^t\underline{x}] + \underline{\nabla} \cdot ({}^t\psi [{}^t\underline{x}, t] {}^t\underline{v})$$

TEOREMA DE REYNOLDS  
CONSERVACIÓN DE LA MASA

$${}^t\psi [{}^t\underline{x}] \rightarrow {}^t\rho$$

$$\partial_t {}^t\rho + \underline{\nabla} \cdot ({}^t\rho {}^t\underline{v}) = 0$$

TEOREMA DE REYNOLDS  
CONSERVACIÓN DEL MOMENTUM  
FLUIDO NEWTONIANO

$${}^t\psi [{}^t\underline{x}] \rightarrow {}^t\rho {}^t\underline{v}$$

$${}^t\rho \frac{D{}^t\underline{v}}{Dt} = {}^t\rho {}^t\underline{b} - \underline{\nabla} {}^t p + \mu \nabla^2 {}^t\underline{v}$$

# ANÁLISIS DEL CAMPO CERCANO DE EMISARIOS: CONSERVACIÓN DE LA MASA

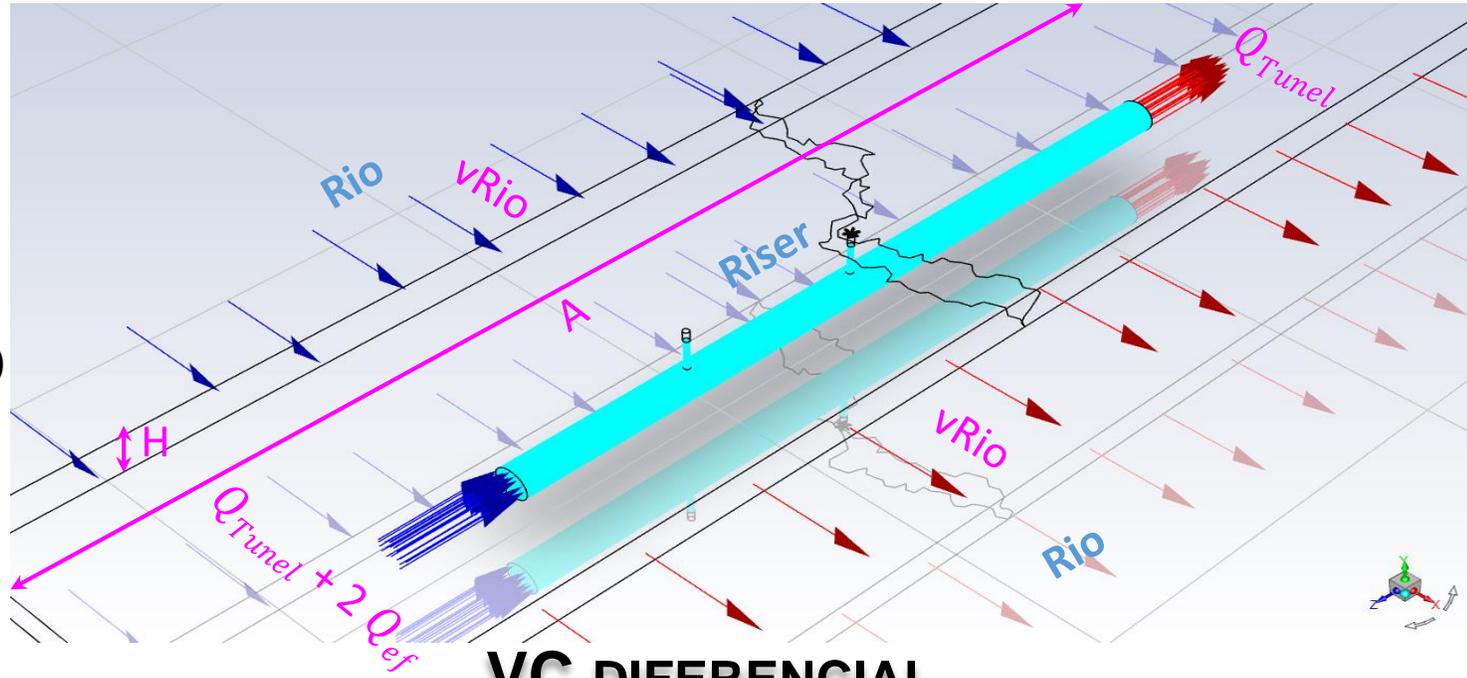
## VC MACROSCÓPICO

BM EFLUENTE

$$H A v_{Rio} c_0 + Q_{ef} c_{ef} =$$

$$H A v_{Rio} c(x_{Progresiva})$$

$$c(x) = \frac{Q_{ef} c_{ef}}{H A v_{Rio}}$$



DILUCIÓN DEL EFLUENTE

$$D = \frac{H A v_{Rio} + Q_{ef}}{Q_{ef}}$$

## VC DIFERENCIAL

TEOREMA DE REYNOLDS: ALGORITMO PARA GENERAR ECS. DE CONSERVACIÓN

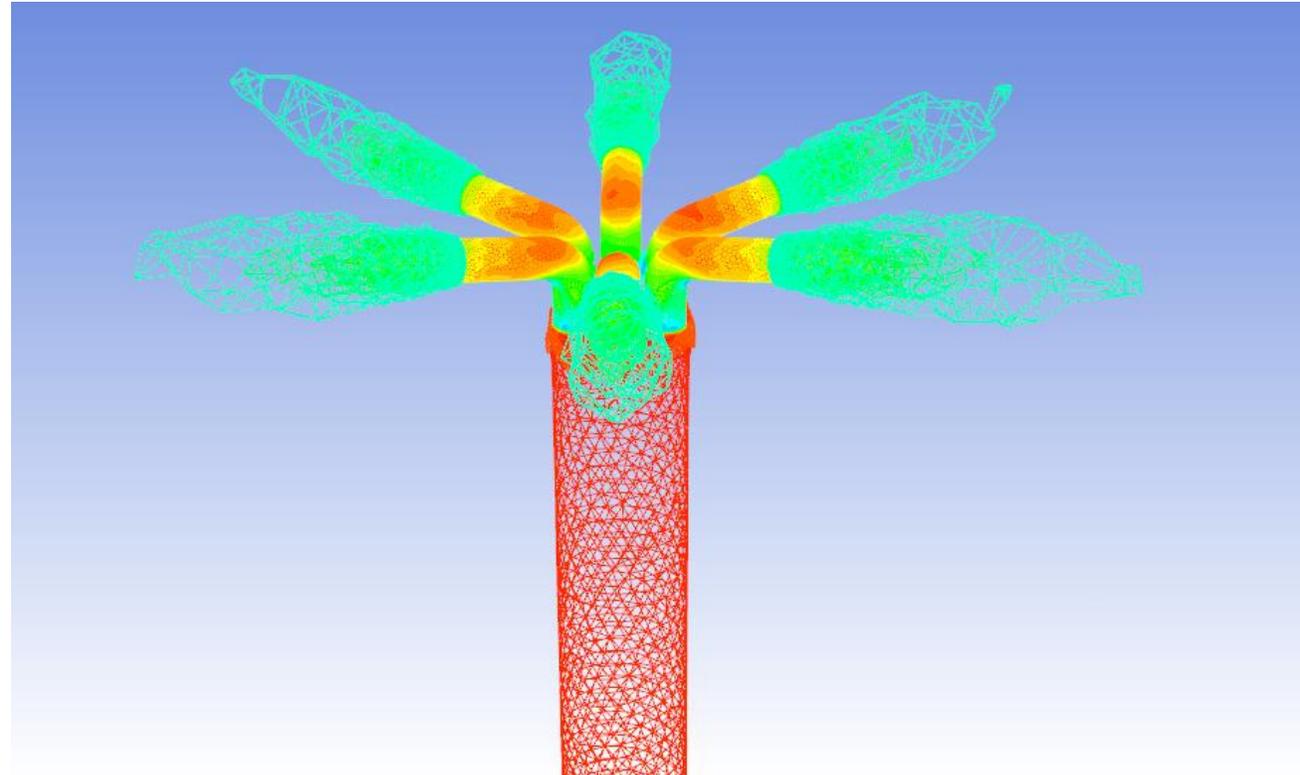
$$\frac{D}{Dt} ({}^t \psi [{}^t \underline{x}]) = \partial_t {}^t \psi [{}^t \underline{x}] + \nabla \cdot ({}^t \psi [{}^t \underline{x}, t] {}^t \underline{v})$$

TEOREMA DE REYNOLDS CONSERVACIÓN DE LA MASA

$${}^t \psi [{}^t \underline{x}] \rightarrow {}^t \rho$$

$$\partial_t {}^t \rho + \nabla \cdot ({}^t \rho {}^t \underline{v}) = 0$$

# ANÁLISIS DEL CAMPO CERCANO DE EMISARIOS : CONSISTENCIA DE RESULTADOS : PLANTEO PARA VOLÚMENES FINITOS VS PLANTEO MACROSCÓPICO



**Resolución por CFD: Se transfieren las condiciones de borde al seno del fluido, con las cond. iniciales dadas.  
Se resuelve desde los bordes de la Geometría (VC) hacia el seno hasta abarcar el VC macroscópico.**

# ANÁLISIS DEL CAMPO CERCANO DE EMISARIOS :

## CONSISTENCIA DE RESULTADOS: PLANTEO PARA VOLÚMENES FINITOS VS PLANTEO MACROSCÓPICO BALANCE DE MASA PARA EL EFLUENTE

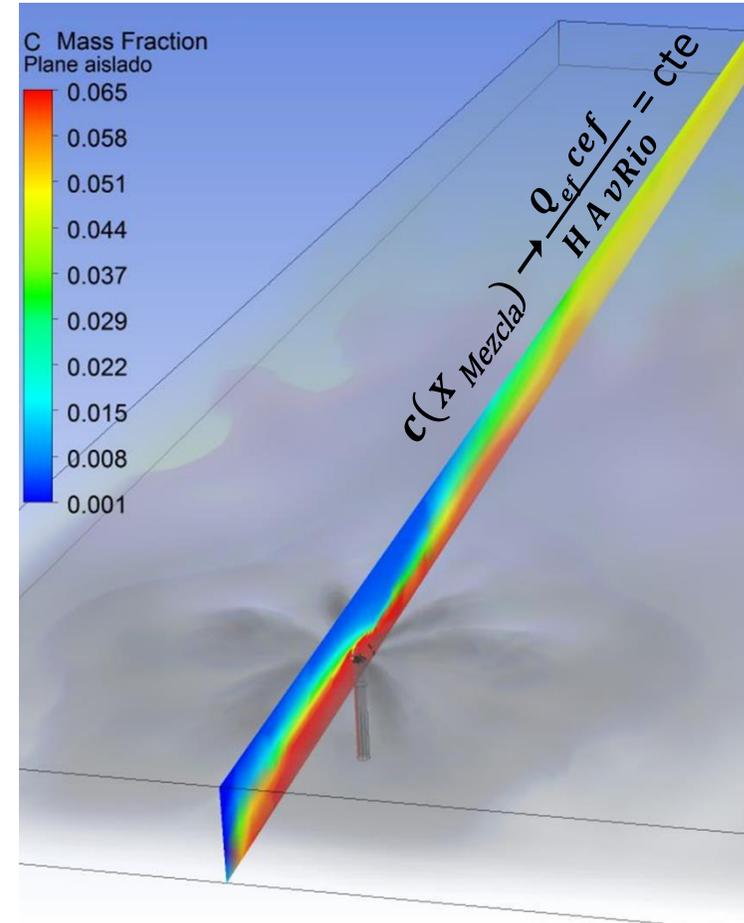
Quando

$$CU \geq 0.99$$

$$X \rightarrow X_{Mezcla}$$

$$c(x) \rightarrow cte$$

$$c(X_{Mezcla}) = \frac{Q_{ef} c_{ef}}{H A v_{Rio}}$$

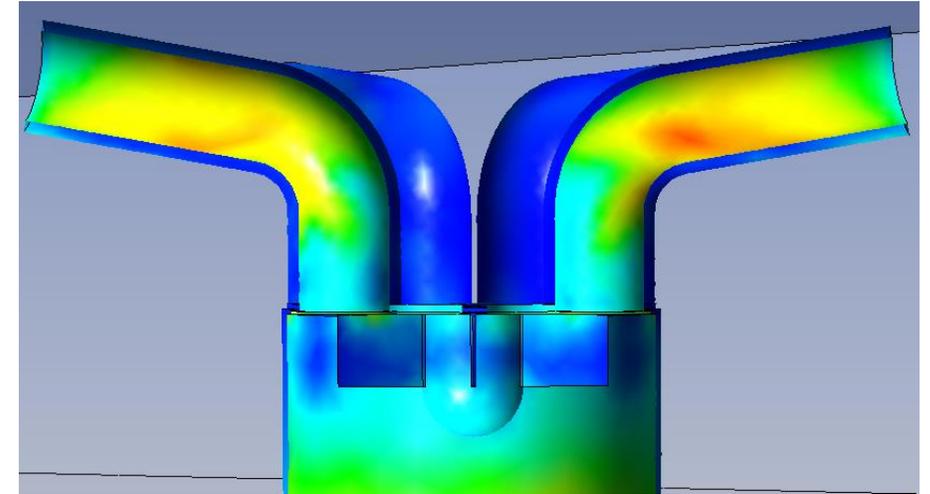
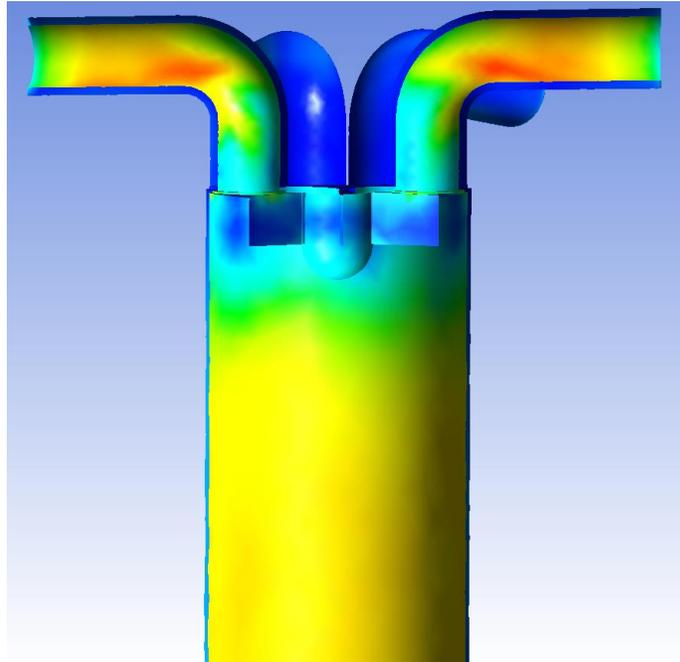


# ANÁLISIS DEL CAMPO CERCANO DE EMISARIOS: CONSERVACIÓN DEL MOMENTUM VC MACROSCÓPICO

PÉRDIDAS DE CARGA  
LOCALIZADAS  
EN RISERS

$$\Delta H_l = k_l \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\Delta h_{TL} = \sum_1^n \Delta h_l$$



VC DIFERENCIAL

$${}^t \psi [{}^t \underline{x}] \rightarrow {}^t \rho$$

$${}^t \psi [{}^t \underline{x}] \rightarrow {}^t \rho {}^t \underline{v}$$

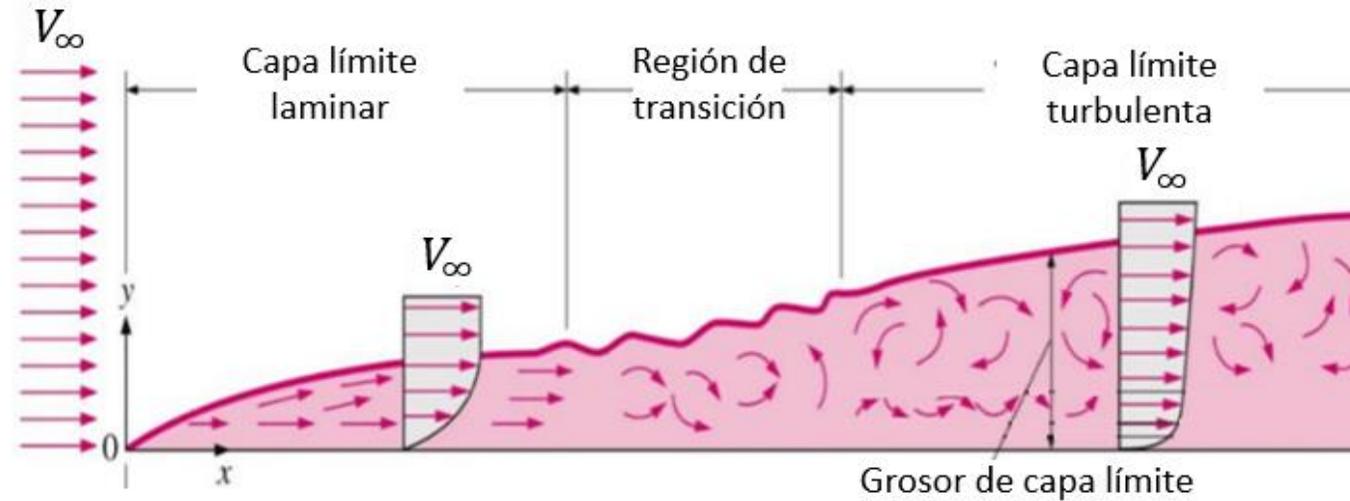
$$\partial_t {}^t \rho + \nabla \cdot ({}^t \rho {}^t \underline{v}) = 0$$

$${}^t \rho \frac{D {}^t \underline{v}}{Dt} = {}^t \rho {}^t \underline{b} - \nabla {}^t p + \mu \nabla^2 {}^t \underline{v}$$

TEOREMA DE REYNOLDS  
CONSERVACIÓN DE LA MASA

TEOREMA DE REYNOLDS  
NS :FLUIDO NEWTONIANO

# RESOLUCIÓN DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS EN RISERS POR CFD



**\_Capas límites: zonas circundantes a las estructuras donde el régimen fluidodinámico se rige por las ecs. de capas límites (zona muy estrecha en la dirección normal al borde)**

**\_Seno del flujo: se densifica la malla de forma de captar el efecto de singularidades sobre los campos resultantes**

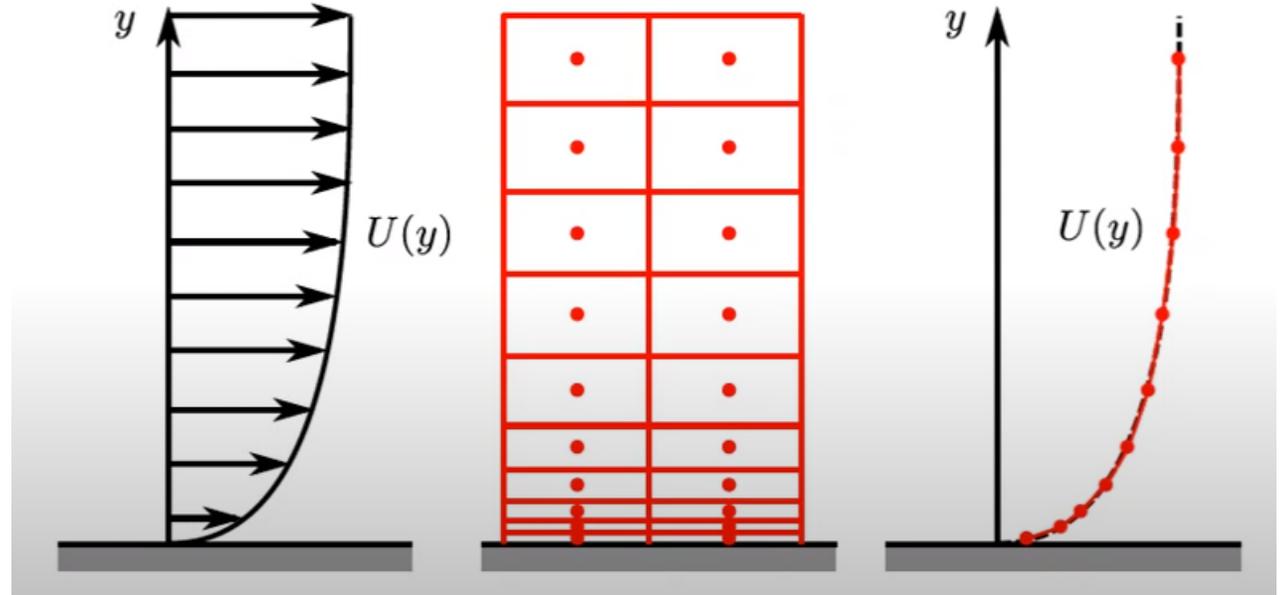
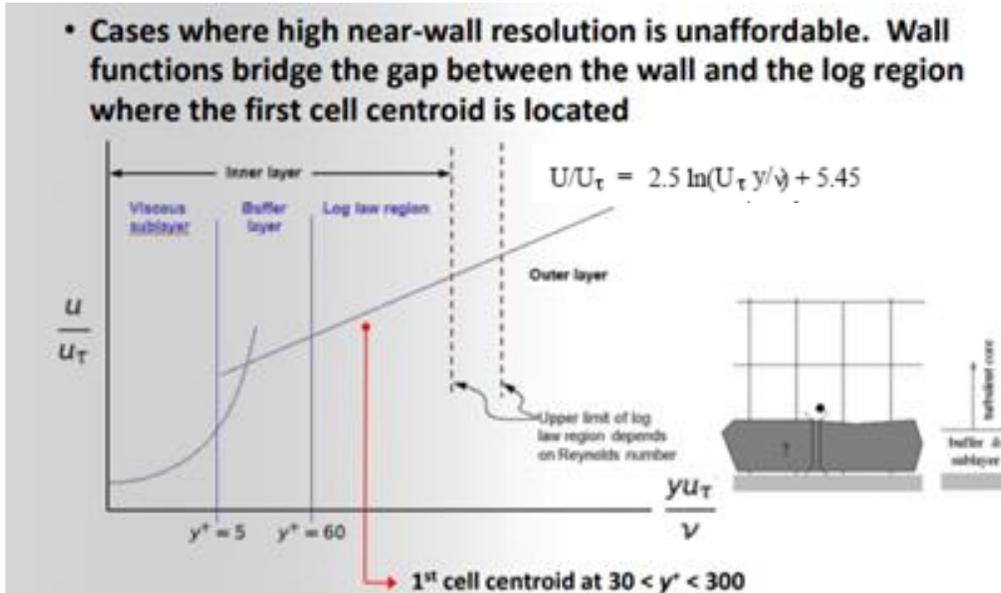
**\_ A la capa límite, se la excluye del proceso de mallado: excesivo costo computacional + Inducción de baja calidad de malla (no uniformidad, no ortogonalidad)**

**\_Las funciones de pared hacen de puente entre las BC y la primer capa de celdas (zona logarítmica)**

**\_Cuando se resuelven las ecs. de NS se obtienen los campos de velocidades y Presiones acoplados (P y v son variables principales de NS) para el seno del VC**

# RESOLUCIÓN DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS EN RISERS POR CFD

- \_Las condiciones de contorno se imponen sobre el exterior de los contornos del VC
- Densificar Malla en paredes irregulares va en detrimento de la calidad de malla
- \_La función de pared opera entre los contornos y la primer capa de mallado



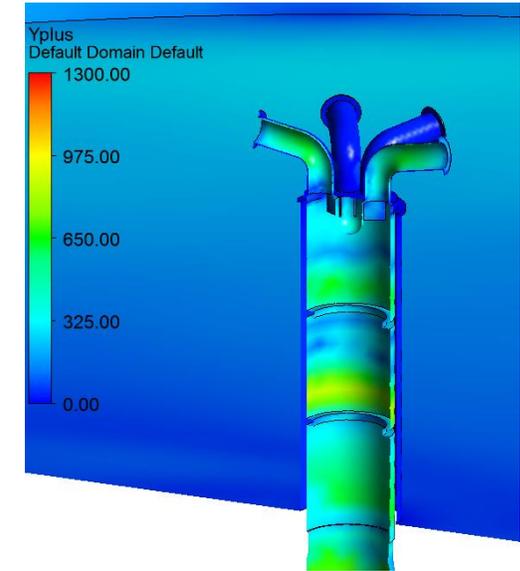
- \_Cuanto más se densifique la malla cerca de las paredes  $u_{1raFilaMalla} - > u_\tau$
- \_Cuanto más se densifique la malla cerca de las paredes, peor calidad de malla
- \_El mallado es consistente con la ley logarítmica de pared para:  $30 < y_{wall}^+ = (y u_\tau / \nu) < 300$

# RESOLUCIÓN DE PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS EN RISERS POR CFD

\_Se malla y simula para obtener los valores de  $y^+$  en risers

\_Para la densidad de malla los valores de  $y^+$  en las zonas de pérdida de carga localizada (codos, bridas internas), son Superiores a 650 . Esto muestra que en las inmediaciones del contorno no se ubica la capa límite  $y^+ \gg 300$  , pero si se aplicó ley de pared , lo que resulta una inconsistencia con la física

\_La primer capa de VF excede la región de ley logarítmica. Esto es indicio de necesidad de refinar malla

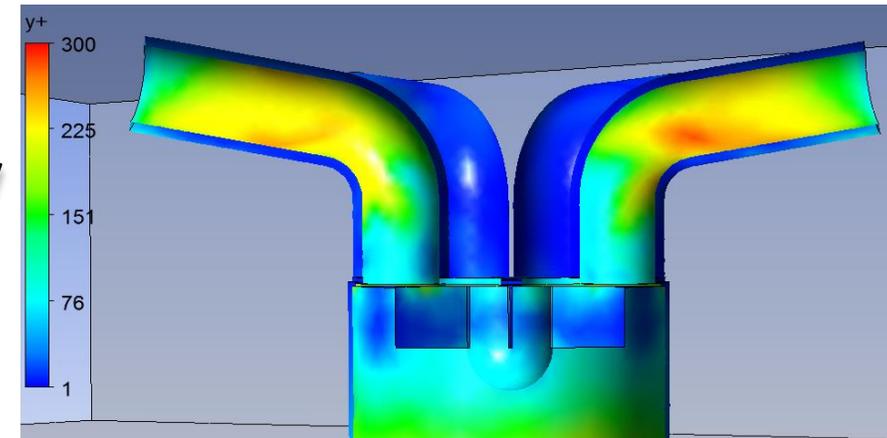


1

\_Se realizó un nuevo CFD, con un mallado más denso

\_Este nuevo mallado es consistente con la ley logarítmica de pared

$$30 < y_{\text{wall}}^+ = (y u_{\tau} / \nu) < 300$$



2

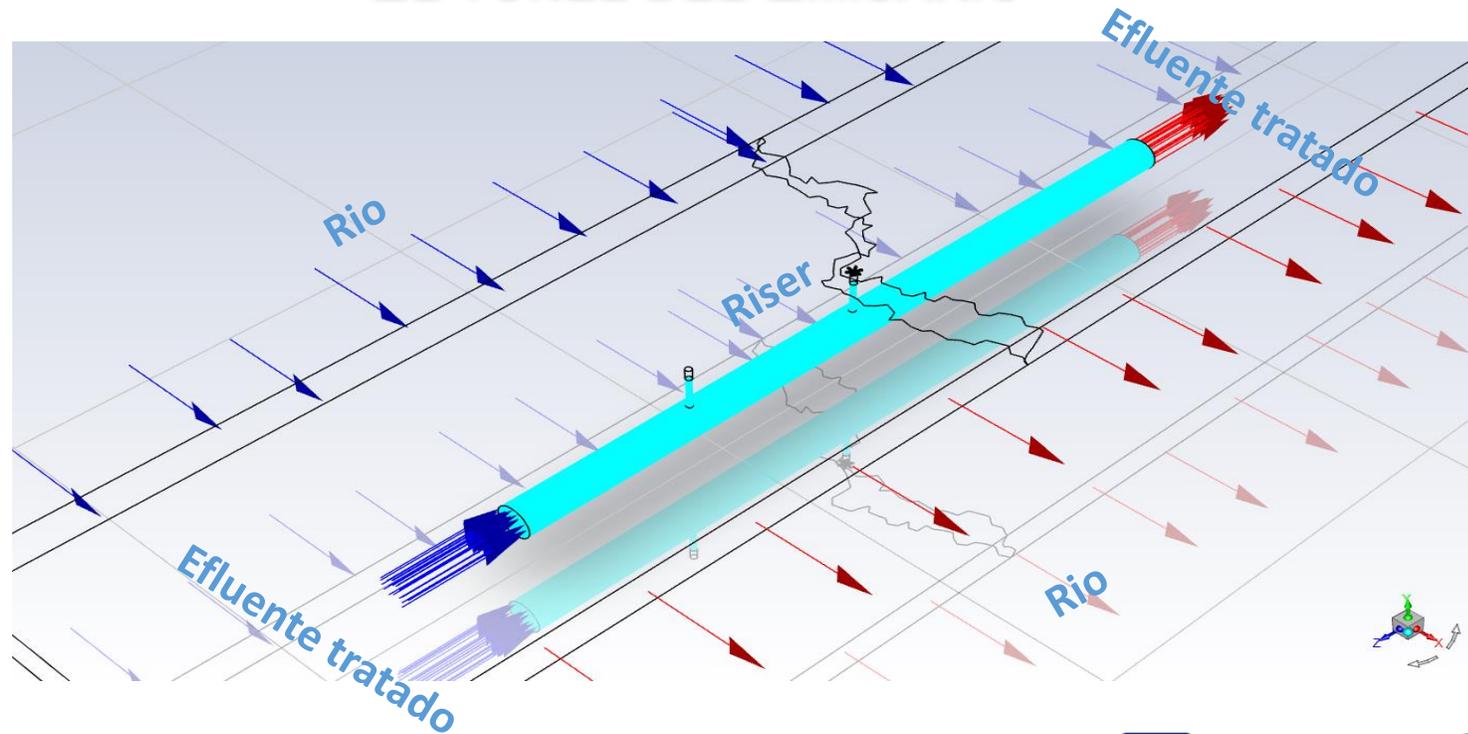
# CASOS DE ESTUDIO



# EN EL ANÁLISIS CFD DE EMISARIOS

**VC (VOLÚMEN DE CONTROL) INCLUYE:**

**CAMPO CERCANO: PORCIÓN DEL RÍO AL QUE SE EMITE EL EFLUENTE  
LOS RISERS DE EMISIÓN  
EL TUNEL DEL EMISARIO**

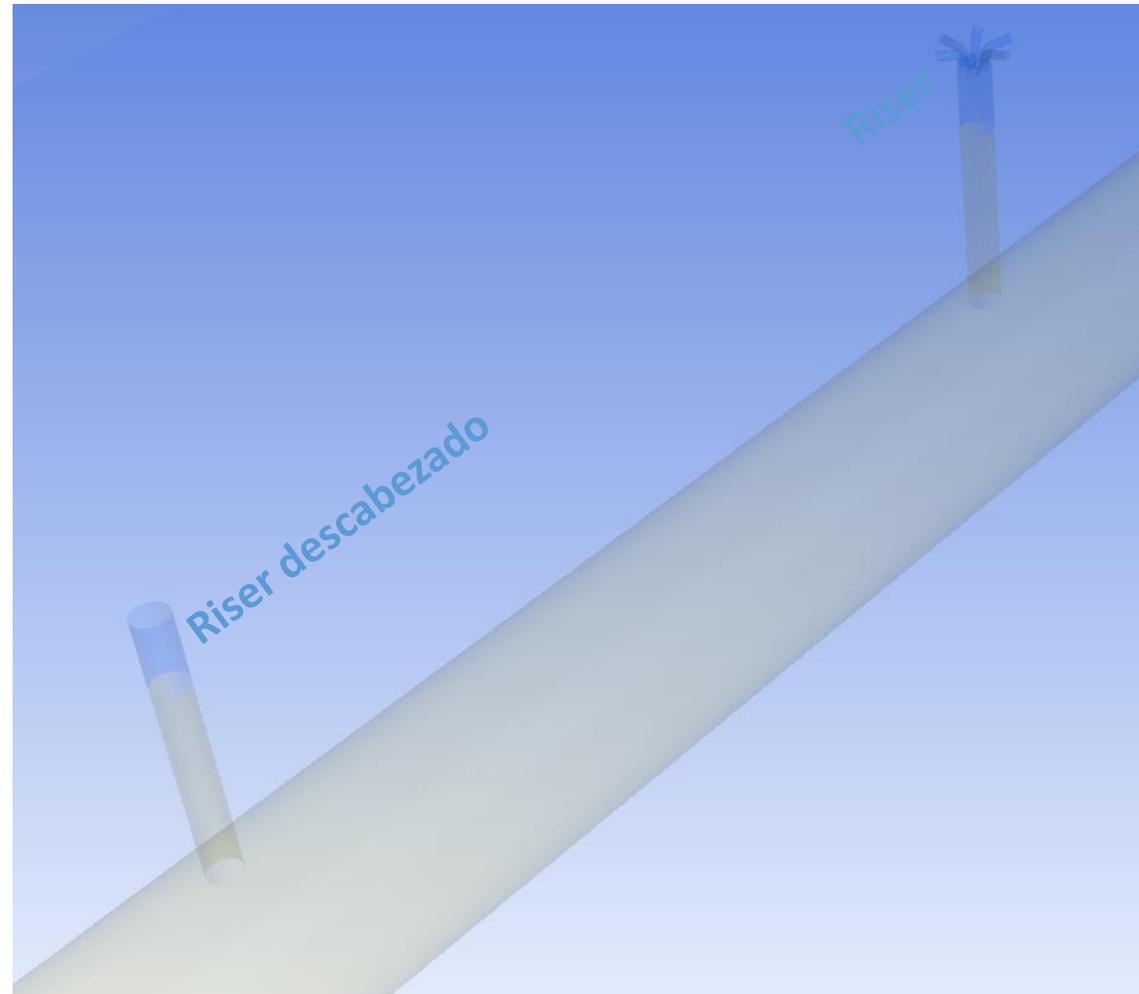


# CASO I : UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” EL PRIMER RISER

# CASO I: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” EL PRIMER RISER



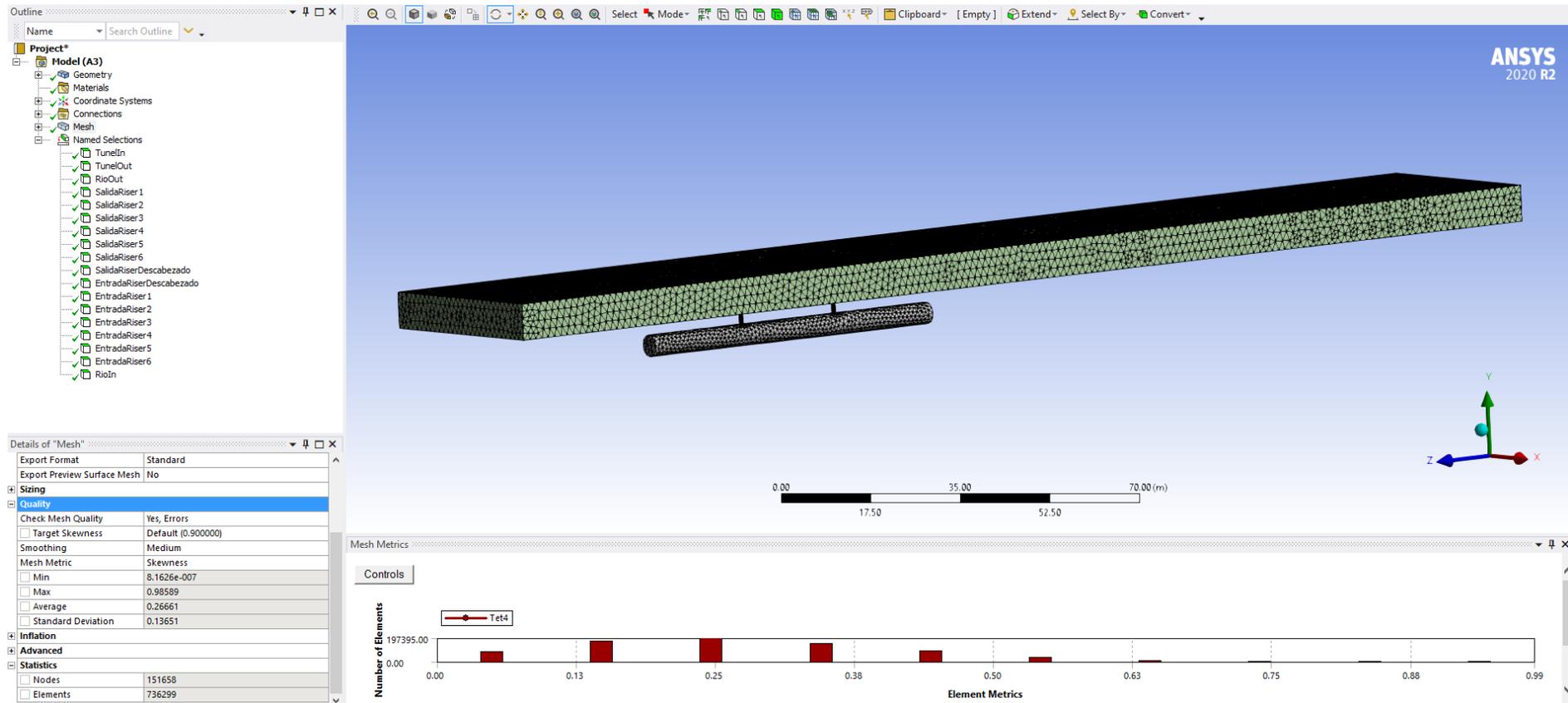
# CASO I: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” EL PRIMER RISER



SE “CONSTRUYE” LA GEOMETRÍA O MAQUETA 3D (VC): CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA

# CASO I: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” EL PRIMER RISER

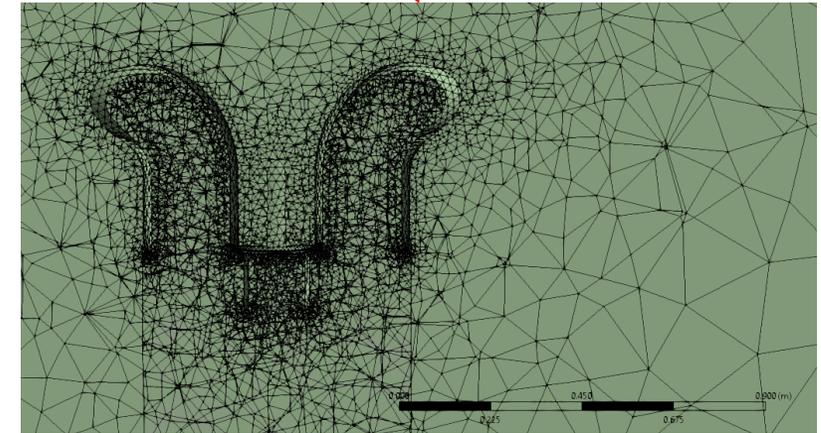
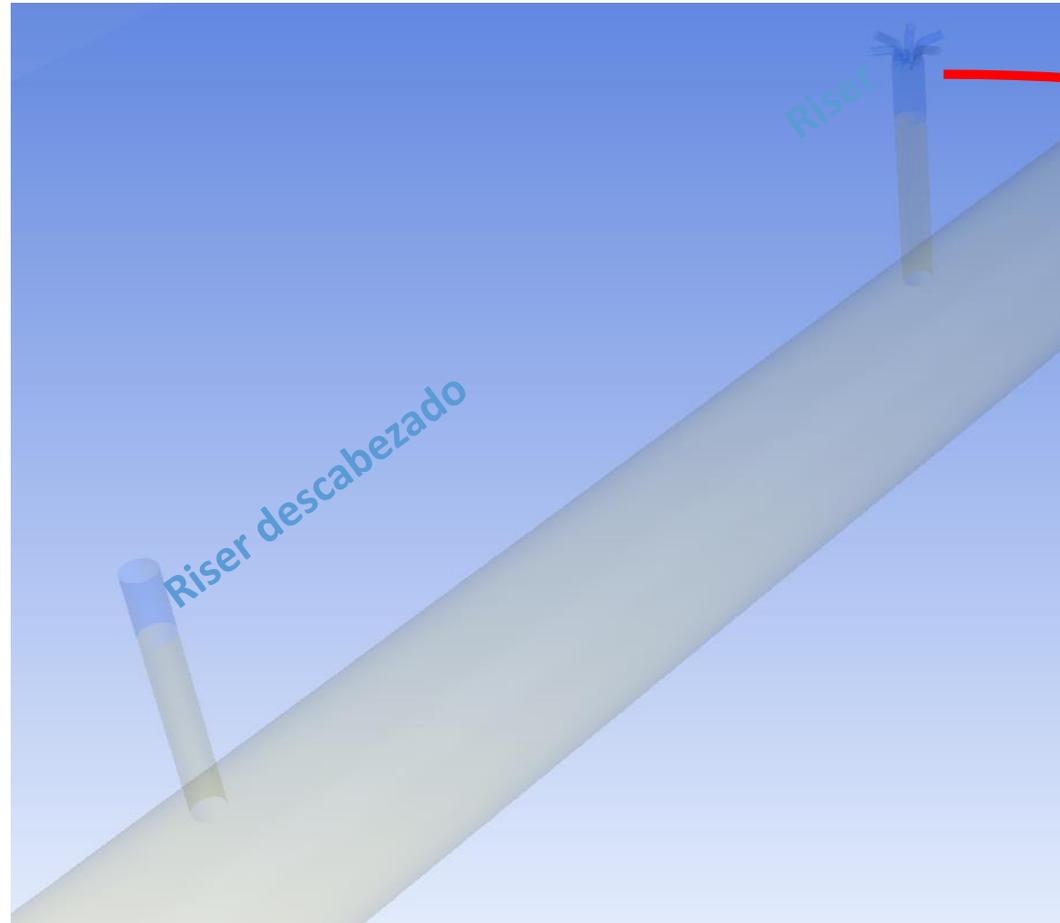
La Geometría se divide en pequeños volúmenes (vf) para que los solvers transfieran la información, conocida solo en los bordes, hacia el interior del VC.



Skw máximo = 0.986

Ort media = 0.98

# CASO I: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” EL PRIMER RISER



Mallado del modelo : detalle de corte de malla en entorno al riser

Skw máximo = 0.98 Ort media = 0.98

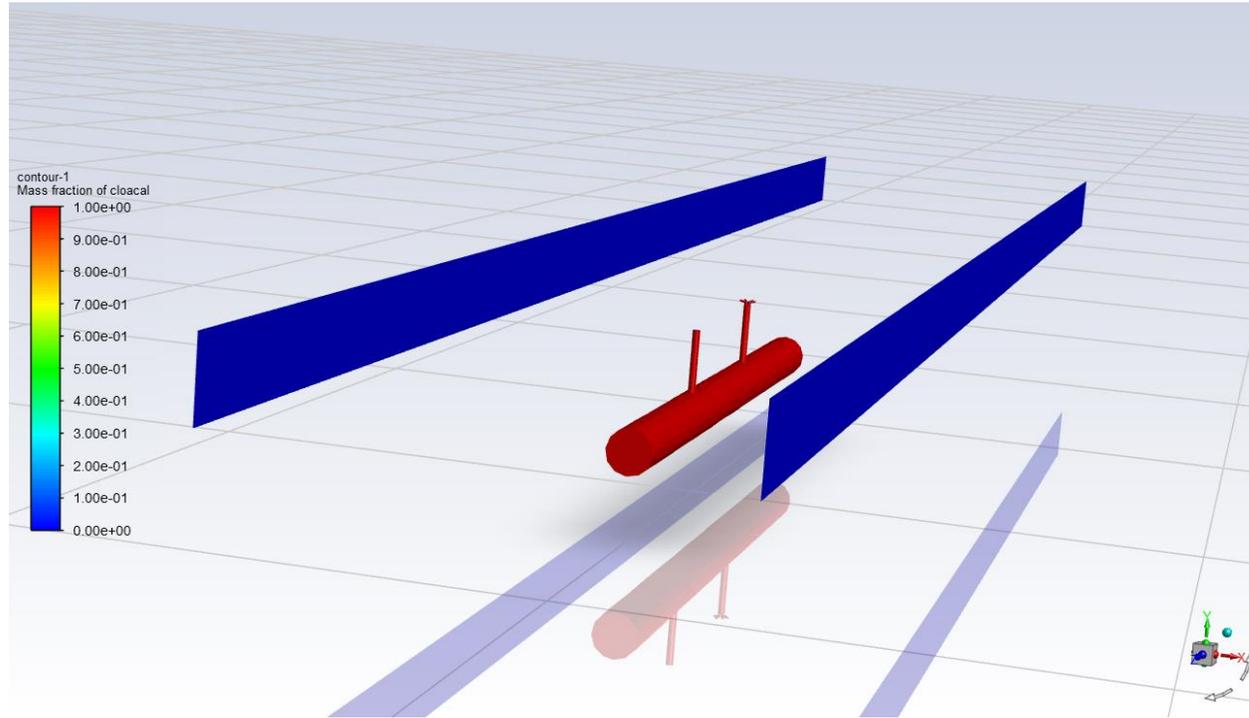
# CASO I: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” EL PRIMER RISER

SE IMPONEN LAS CONDICIONES DE CONTORNO E INICIALES, SOBRE LA GEOMETRÍA

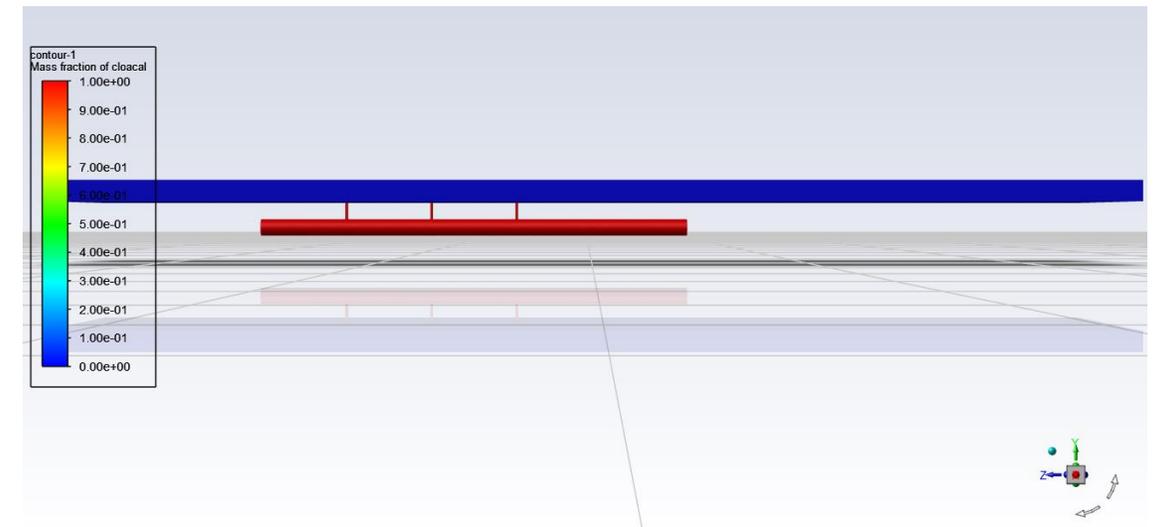
$$v_{\text{Rio}} = 0.2 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{Efluente tratado}} = 24.5 \text{ m}^3/\text{s} \text{ o } 27 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$X_{\text{Efluente tratado en Tunnel}} = 1 \quad V/V$$



$$X_{\text{Efluente tratado en Rio}} = 0 \quad V/V$$

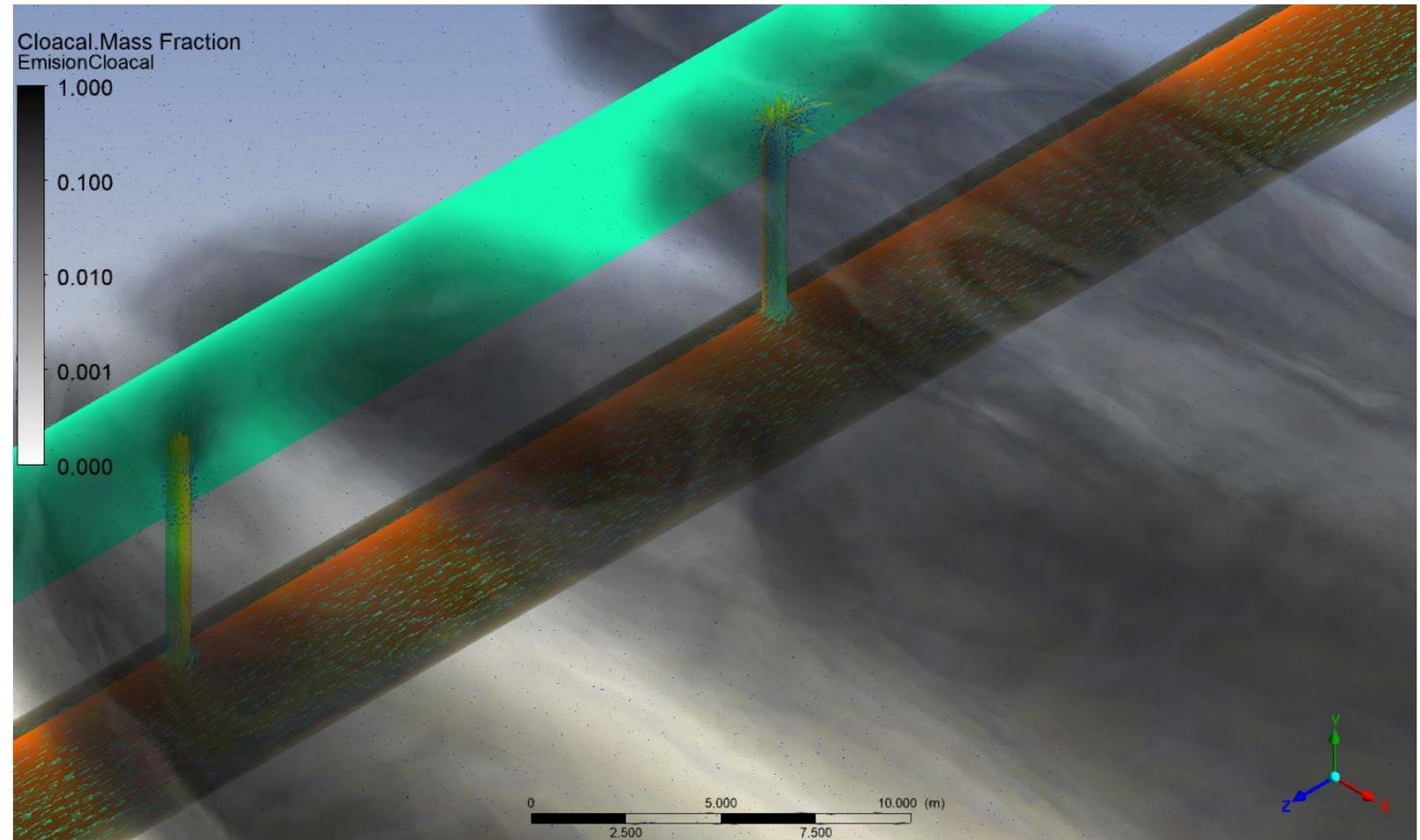


# CASO I: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” EL PRIMER RISER

Performance de la Difusión:

Qefluente tratado = 24.5 m<sup>3</sup>/s

El incremento de aparición de “manchas” queda restringido a los 22 m de progresiva



# CASO I: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” EL PRIMER RISER

Performance de la Difusión:  
Campo de concentraciones  
del Efluente tratado  
emitido

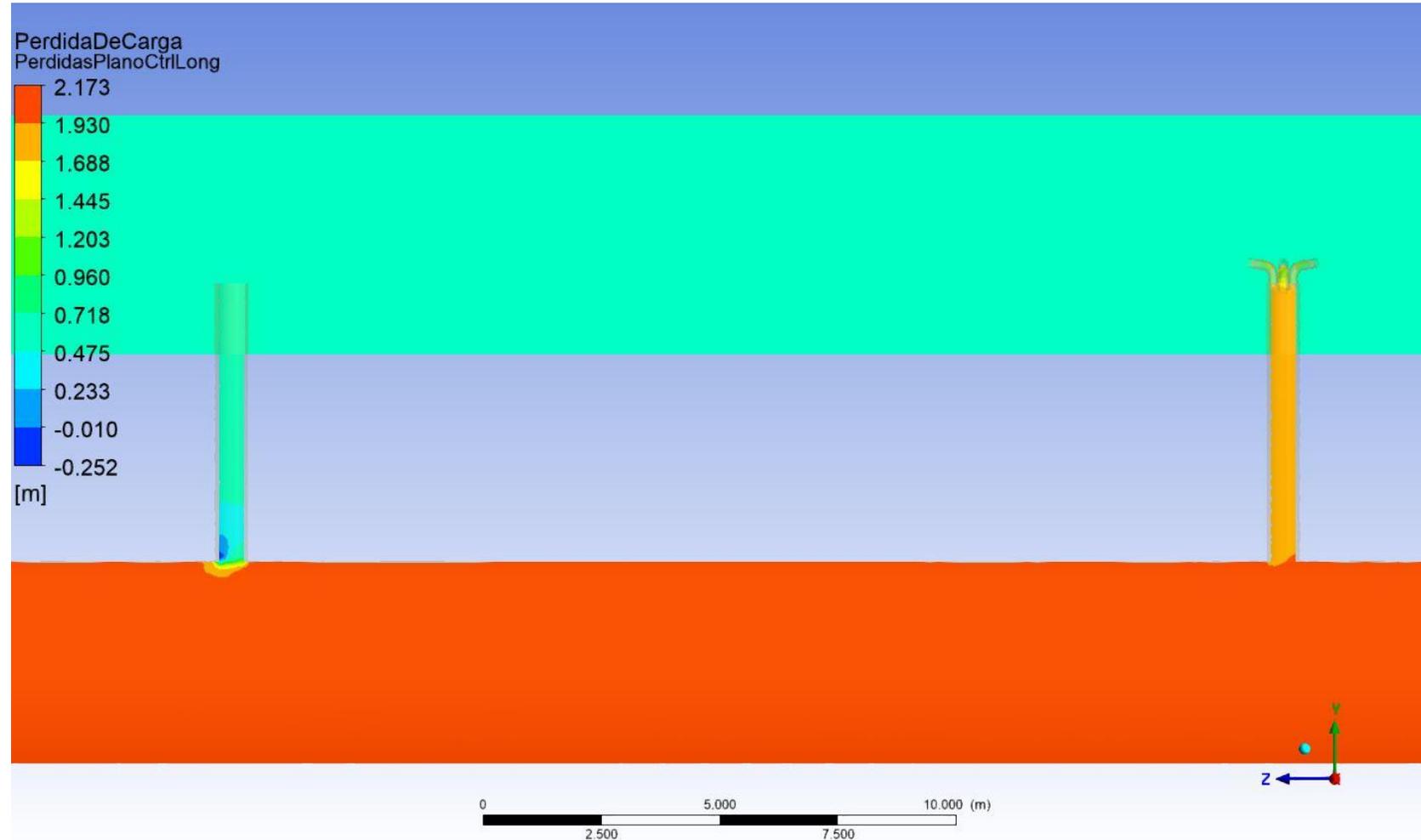
Q<sub>Efluente tratado</sub>  
= 24.5 m<sup>3</sup>/s

El incremento de aparición  
de “manchas” queda  
restringido a los 22 m de  
progresiva



# CASO I: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” EL PRIMER RISER

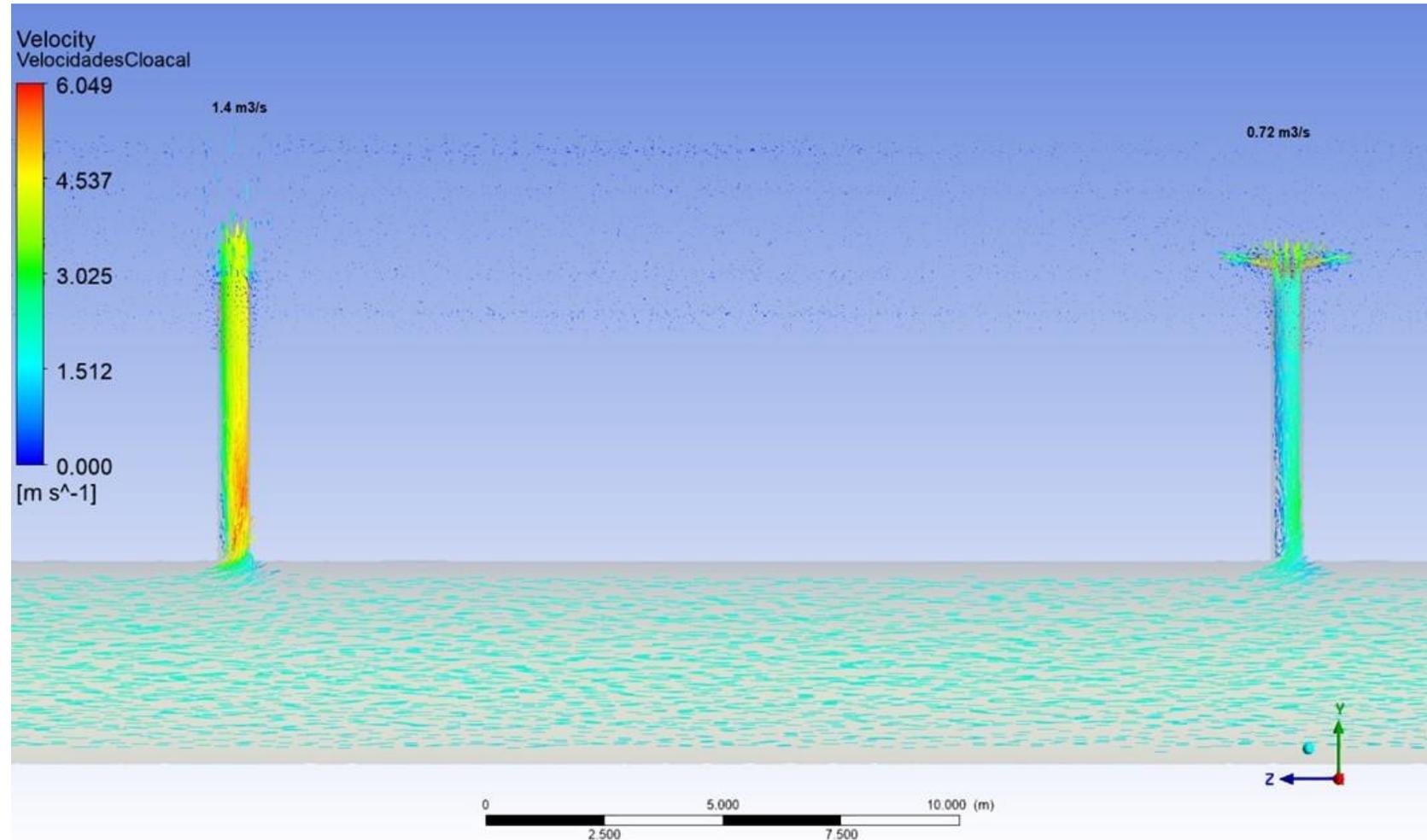
Performance de las Pérdidas de carga para el Efluente tratado vertido



# CASO I: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” EL PRIMER RISER

## Campos de Velocidad

Consistencia de los caudales de corrida con los caudales calculados por pérdidas de carga localizadas



# CASO II :

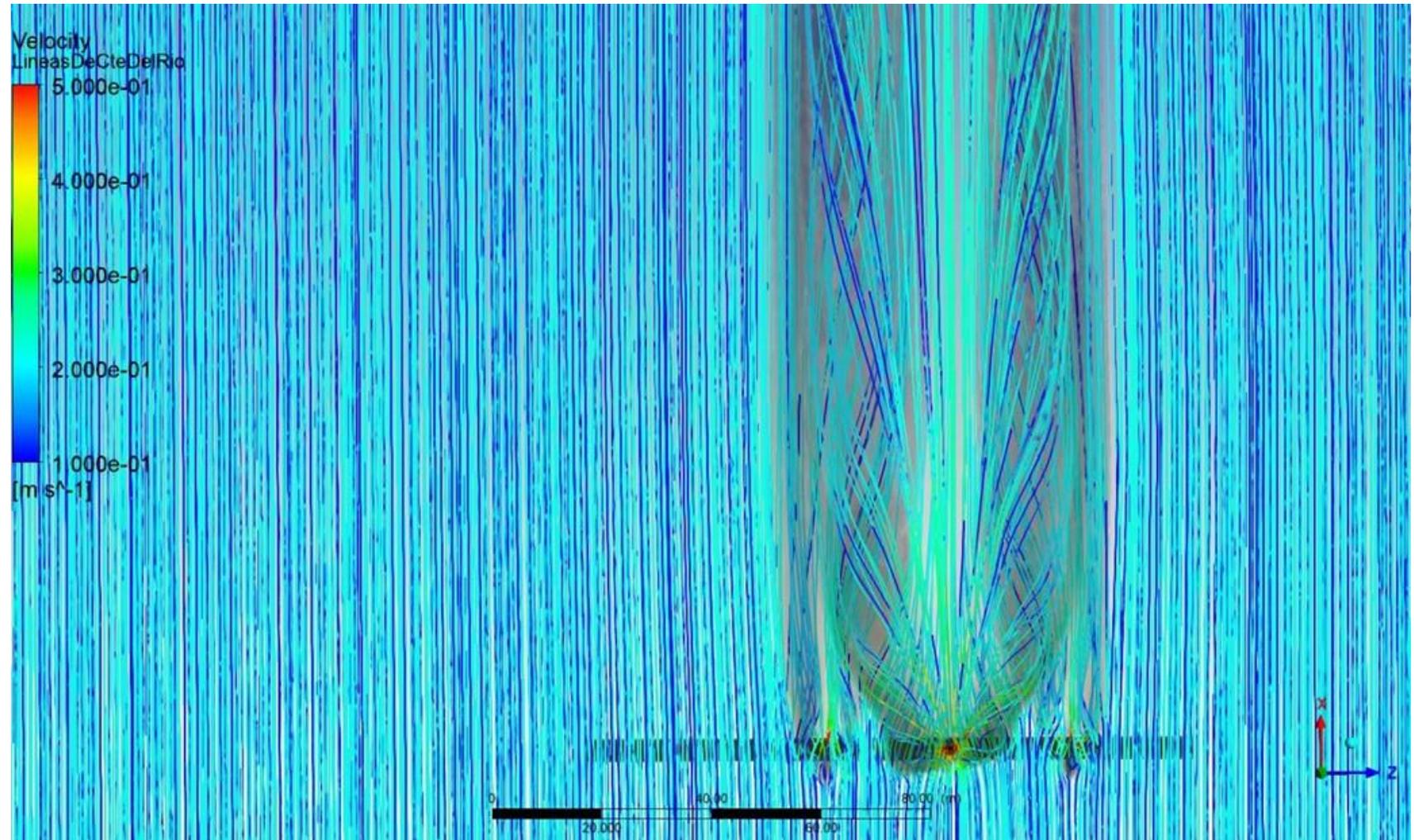
## UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” UN RISER INTERMEDIO

# CASO II: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” UN RISER INTERMEDIO

Performance de la Difusión  
y líneas de corriente:  
Campo de concentraciones  
del Efluente tratado  
emitido

Q Efluente tratado  
= 24.5 m<sup>3</sup>/s

El incremento de aparición  
de “manchas” queda  
restringido a los 22 m de  
progresiva

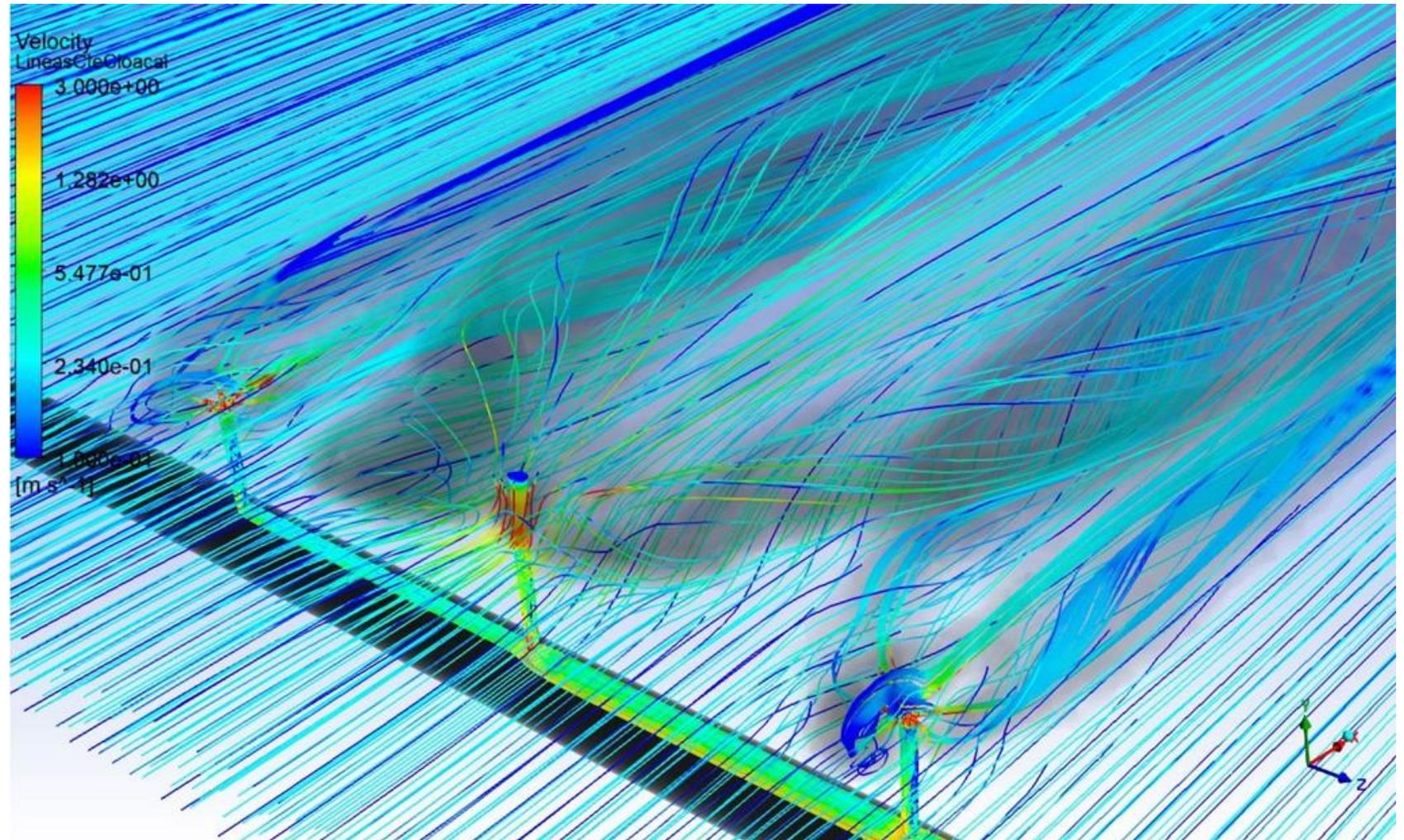


# CASO II: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” UN RISER INTERMEDIO

Performance de la Difusión  
y líneas de corriente:  
Patrón de flujo en las  
salidas

Qefluente tratado  
= 24.5 m<sup>3</sup>/s

El incremento de aparición  
de “manchas” queda  
restringido a los 22 m de  
progresiva



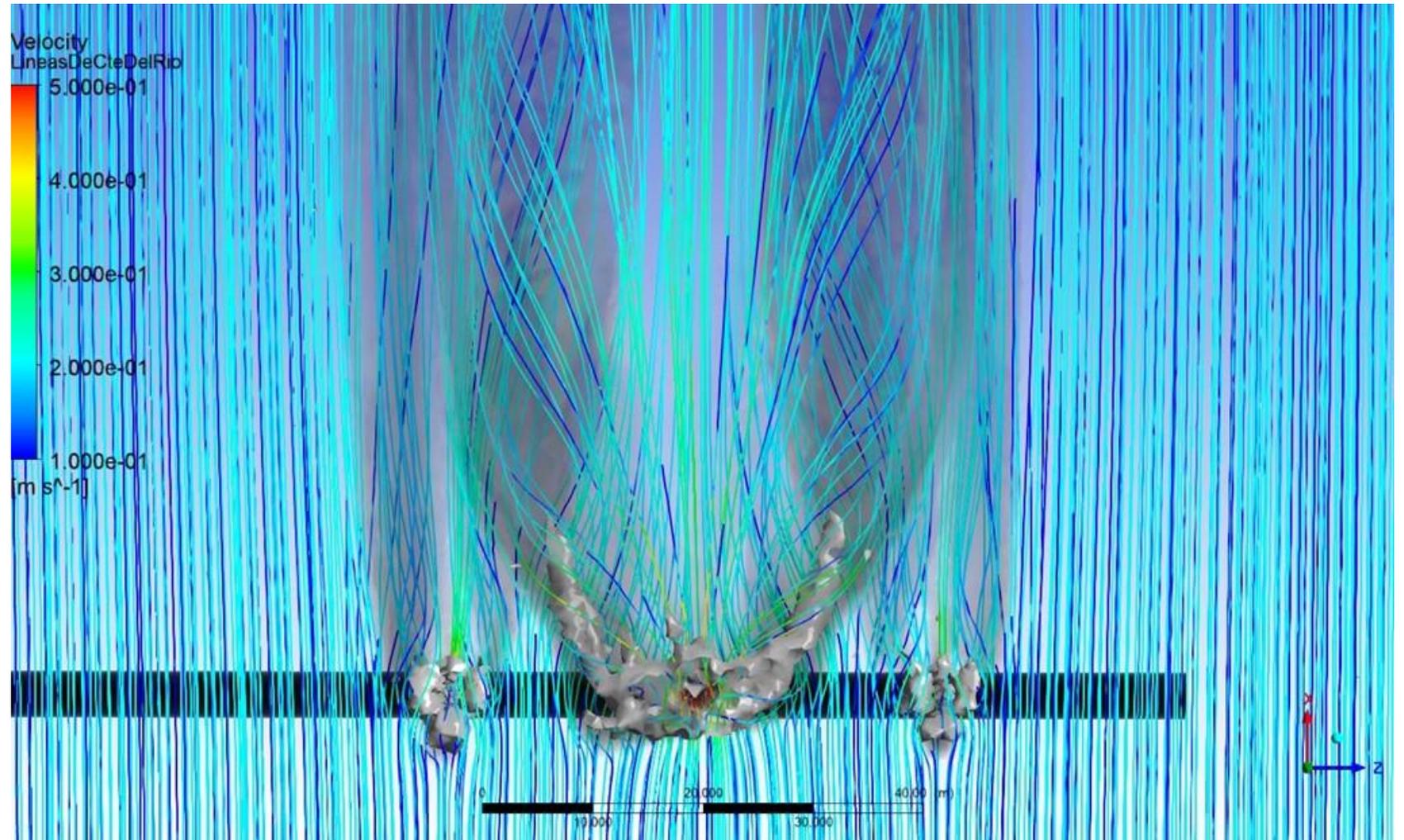
# CASO II: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” UN RISER INTERMEDIO

Performance de la Difusión  
y líneas de corriente:

Zonas de mayor intensidad  
Vorticial

Qefluente tratado  
= 24.5 m<sup>3</sup>/s

El incremento de aparición  
de “manchas” queda  
restringido a los 22 m de  
progresiva



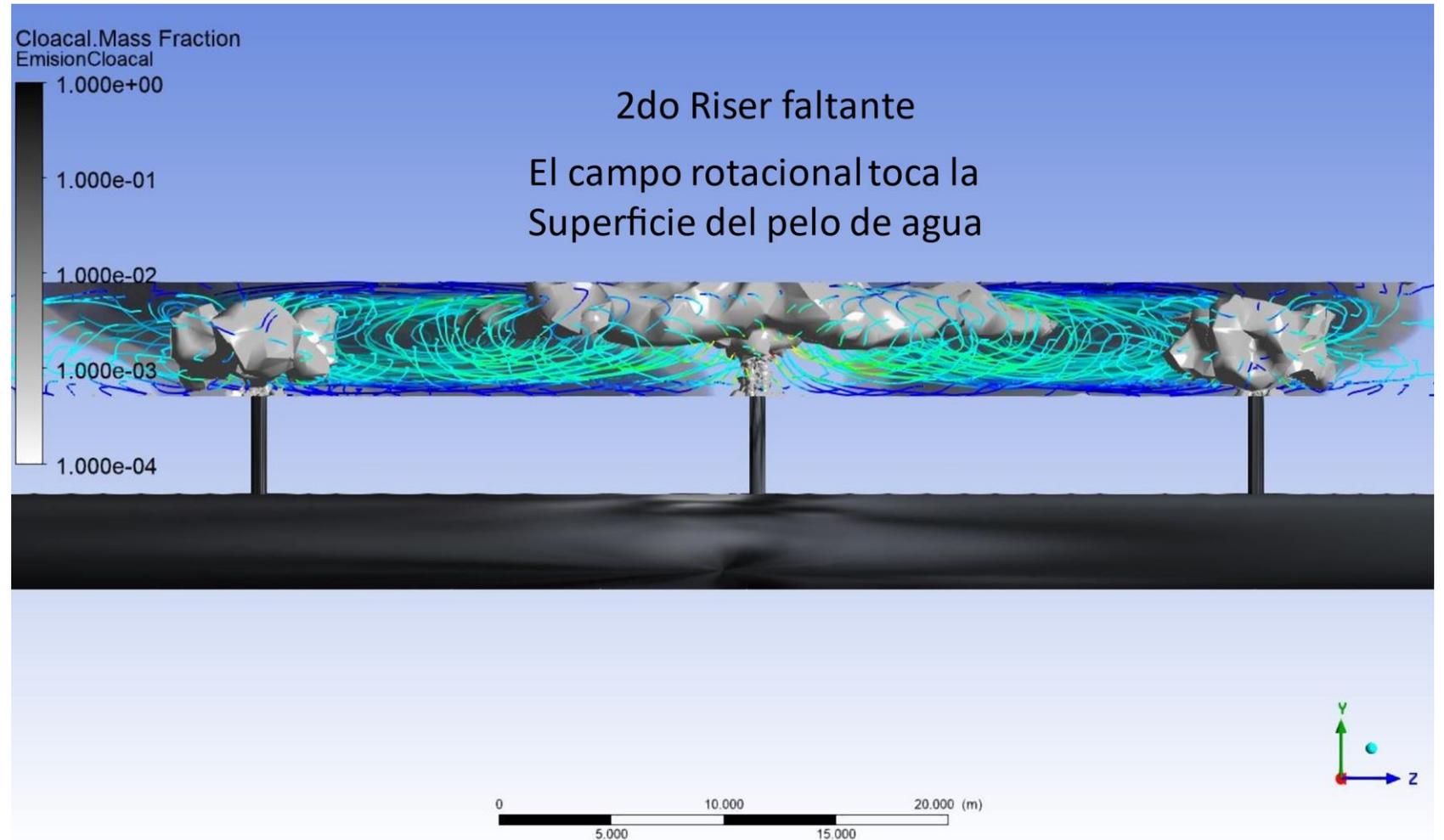
# CASO II: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” UN RISER INTERMEDIO

Performance de la Difusión y líneas de corriente:

Patrón de líneas de corriente de salida de Risers y Zonas de mayor intensidad Vorticial

Q<sub>Efluente tratado</sub>  
= 24.5 m<sup>3</sup>/s

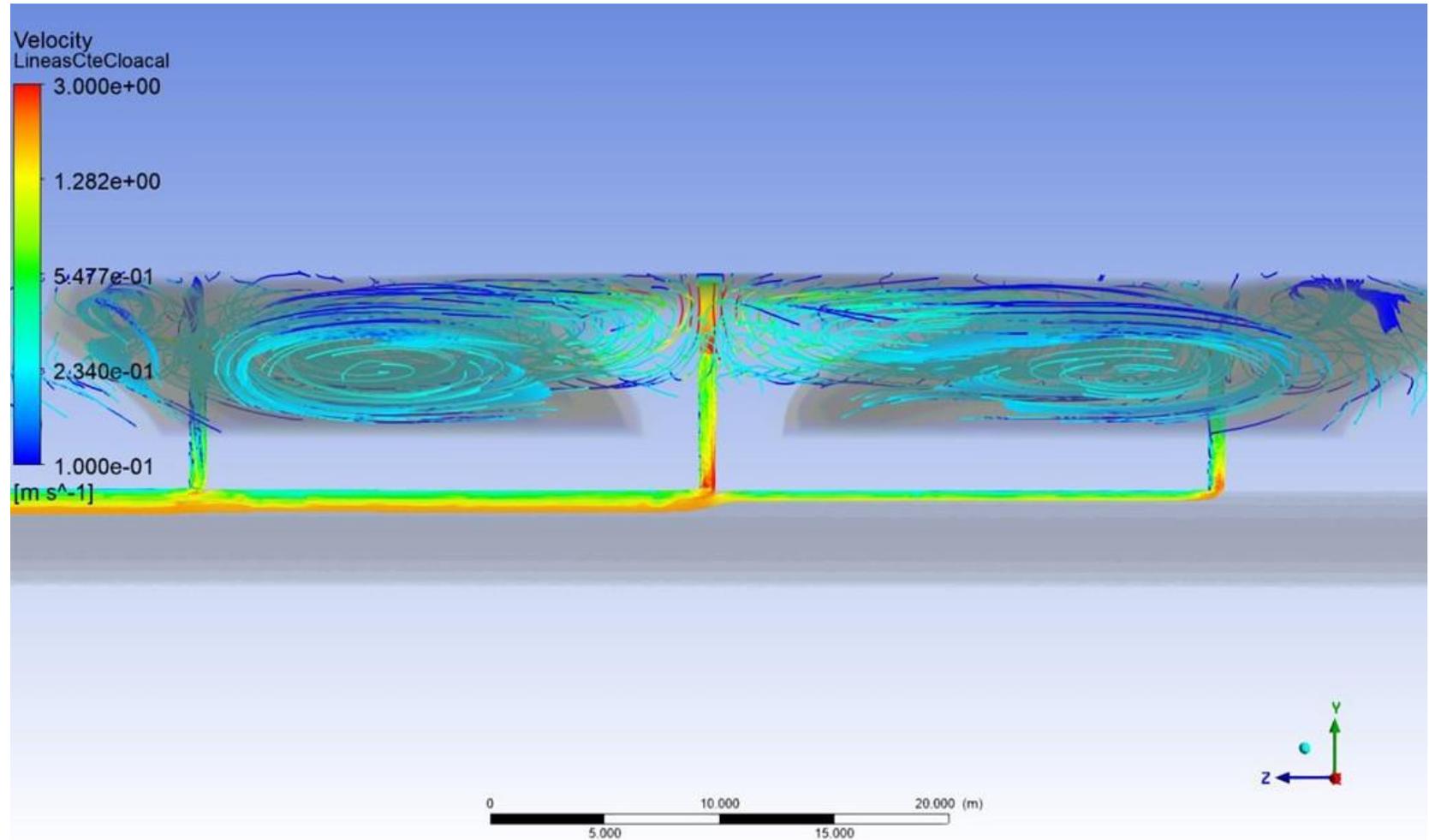
El incremento de aparición de “manchas” queda restringido a los 22 m de progresiva



# CASO II: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” UN RISER INTERMEDIO

Campos de Velocidad: Patrón de velocidades por ausencia del Riser intermedio

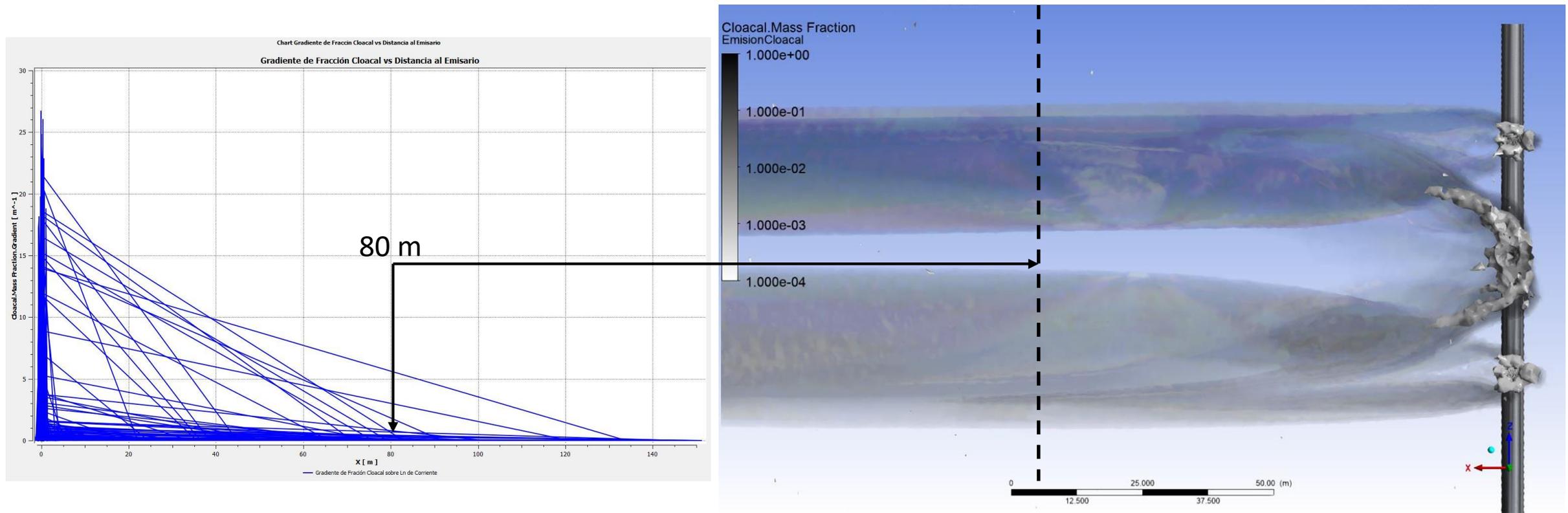
Consistencia de los caudales de corrida con los caudales calculados por pérdidas de carga localizadas





# CASO II: UNA EMBARCACIÓN “DESCABEZA” UN RISER INTERMEDIO

Longitud de Mezcla: análisis de concentración de efluente sobre 1000 líneas de corriente

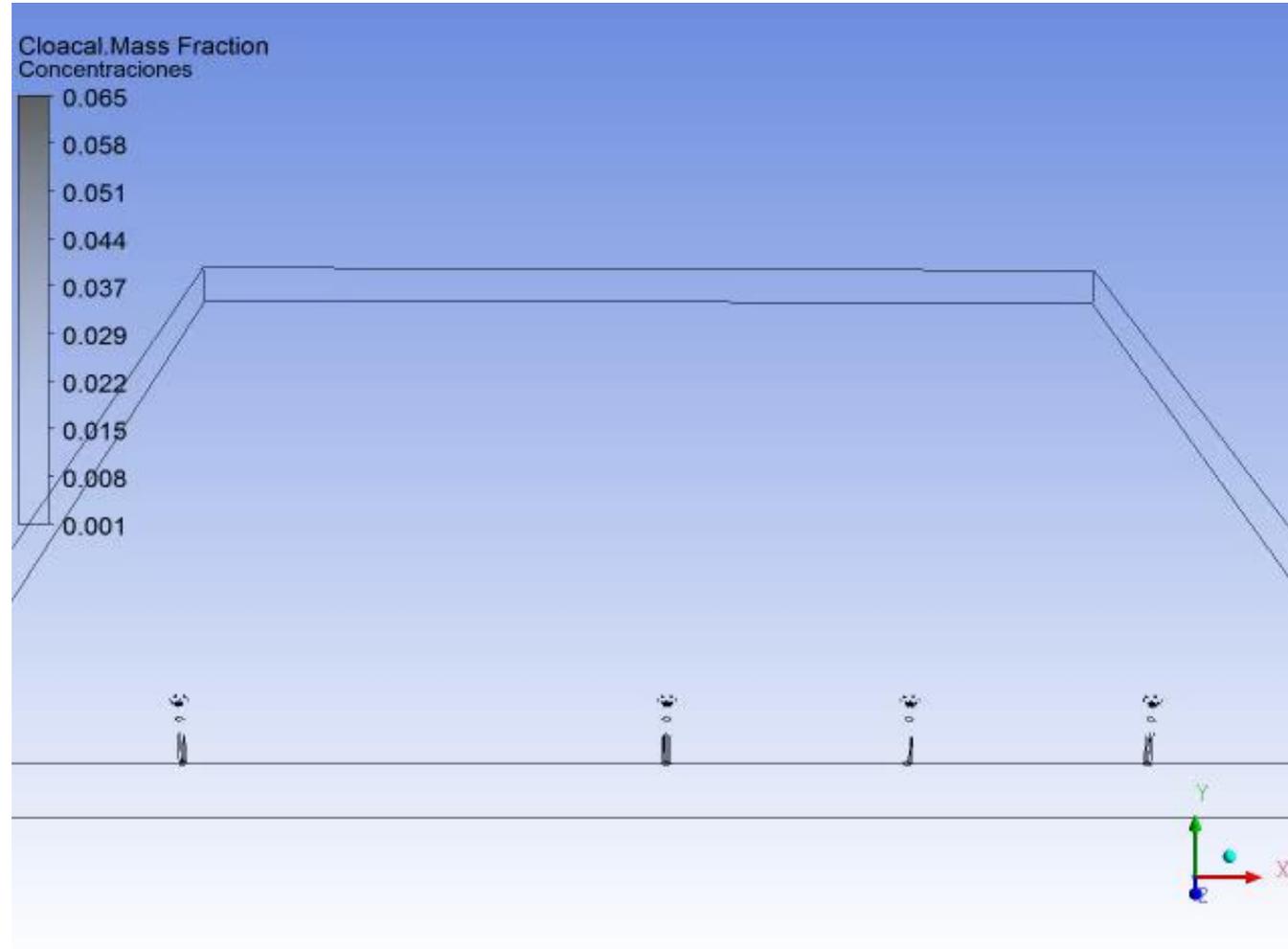


# **CASO III :**

## **DISTRIBUCIÓN NO UNIFORME DE RISERS**

### **CONTINGENCIA DE IMPOSIBILIDAD DE INCADO UNIFORME DE RISERS**

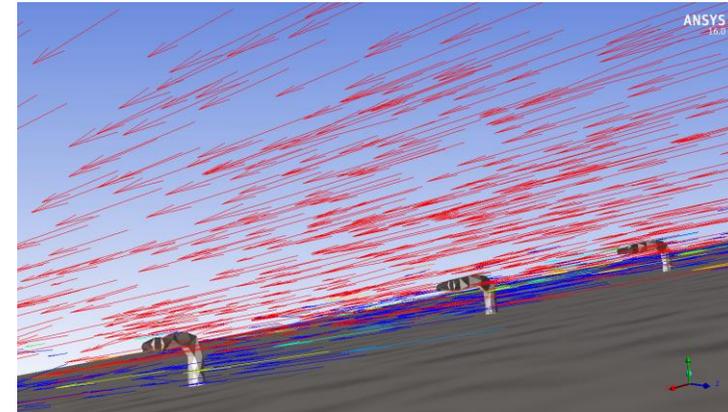
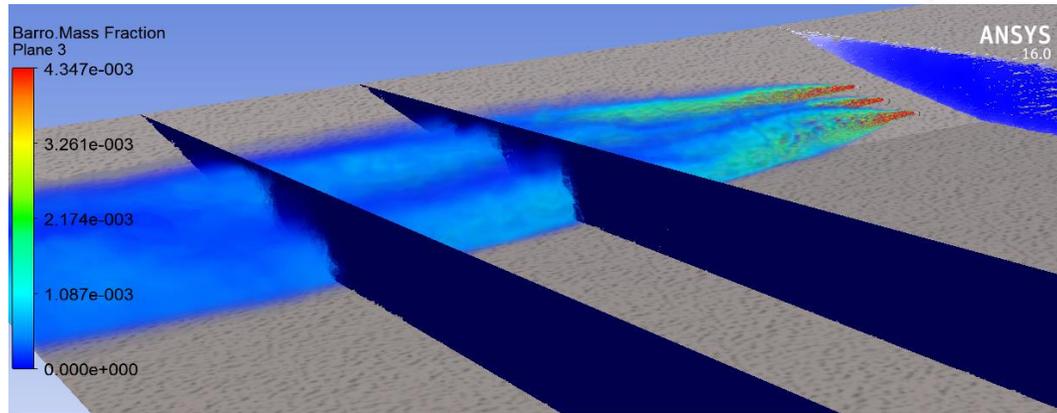
# CASO III: DISTRIBUCIÓN NO UNIFORME DE RISERS



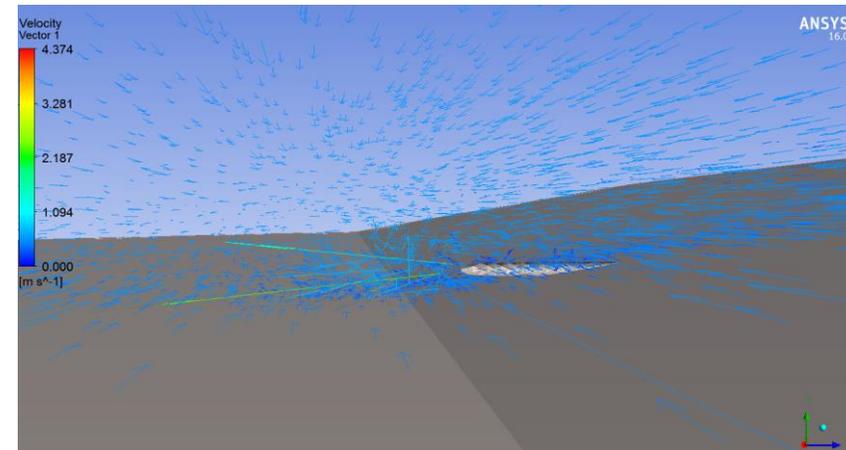
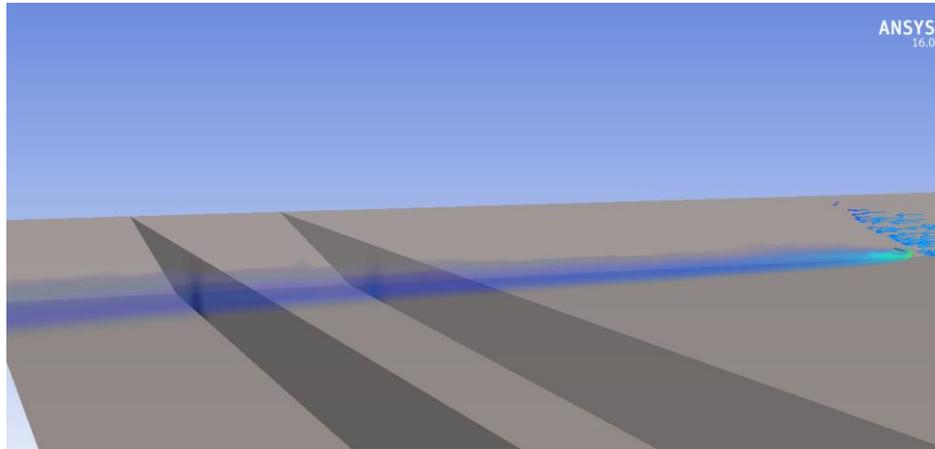
# CASO IV : UBICACIÓN DE RISERS EN ZONA DE MENOR PROFUNDIDAD RIO ZÁRATE

# CASO IV: UBICACIÓN DE RISERS EN ZONA DE MENOR PROFUNDIDAD

Riser triple: Zárate



Riser único: Zárate



# CONCLUSIÓN: EL CFD ES UNA HERRAMIENTA ÚTIL PARA EL ANÁLISIS DEL CAMPO CERCANO DE UN EMISARIO PUES PROPORCIONA LOS CAMPOS NUMÉRICOS DE LAS PRINCIPALES VARIABLES FLUIDODINÁMICAS DEL FLUJO LIBRE Y EL FLUJO CONFINADO

- El CFD proporciona los campos numéricos de las principales magnitudes de un estado pseudoestacionario estable (convergente) que satisface:
  - El principio de conservación de la Masa para cada VF: con un error máximo acotado.
  - El principio de conservación de la Masa para el VC: consistencia con el BM general.
  - El principio de conservación del Momentum para cada VF (2da Ley de Newton): con un error máximo acotado.
  - Las caídas de P entregadas son consistentes con las pérdidas de carga localizadas.