

# Convección Natural en Calentadores Indirectos Correlaciones vs CFD

Comparación de correlaciones y CFD utilizando herramientas StarCCM+

# | Agenda

Experiencia previa

Caso de estudio: Calentador Indirecto Eléctrico

- Geometría
- Mallado
- Modelado
- Resultados
- Comparativa

Trabajos futuros



# | Experiencia Previa



# Experiencia Previa



Amplia experiencia en diseño y verificación de calentadores en baño de vapor y baño de agua.



# Experiencia Previa



Expert Partner

Digital Industries Software



Amplia experiencia en diseño y verificación de calentadores en baño de vapor y baño de agua.



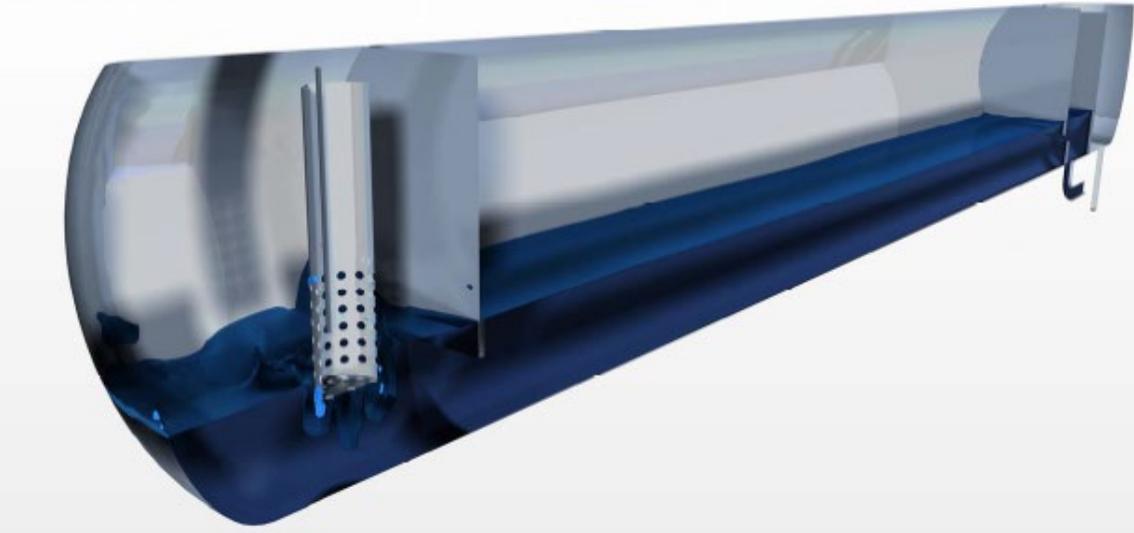
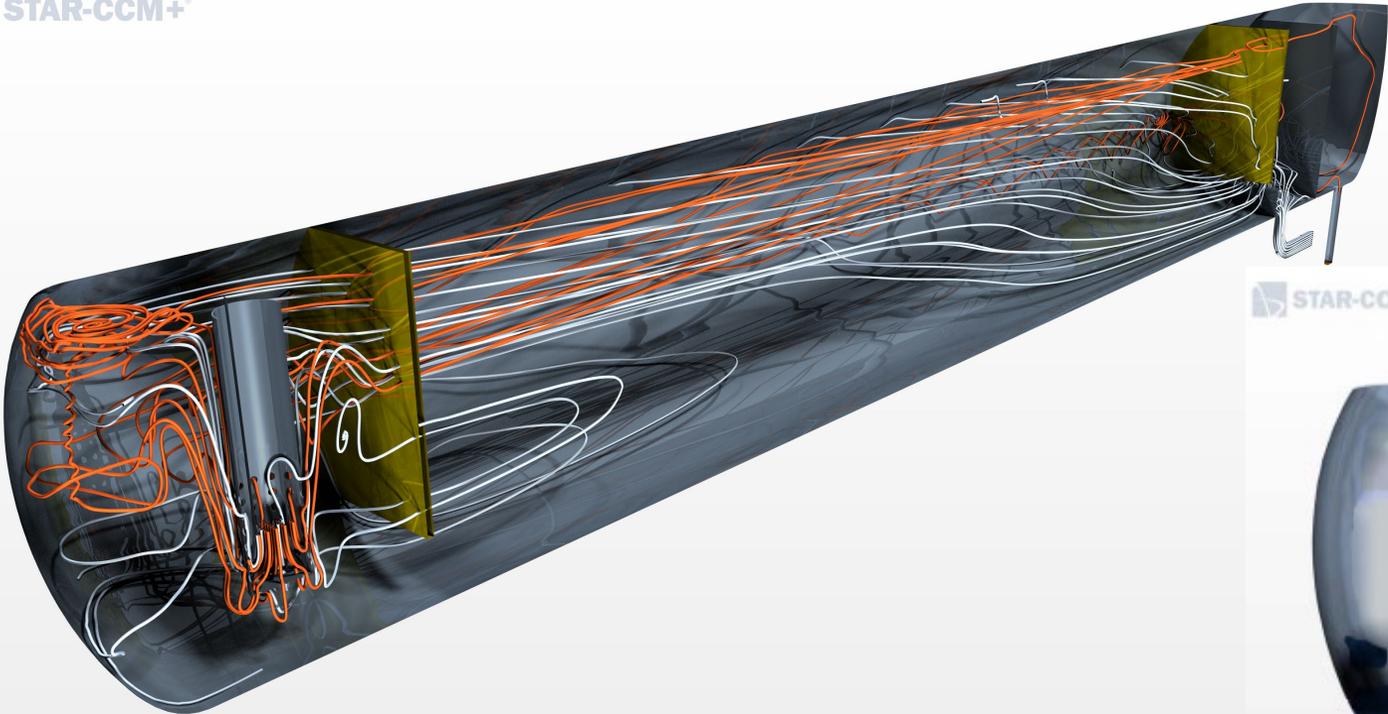
Agradecimientos a MEIP y TECNO Heaters



# Experiencia Previa



# Otros trabajos en CFD



# Experiencia Previa

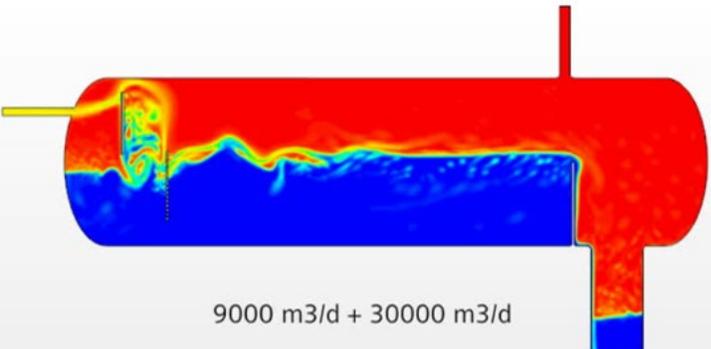
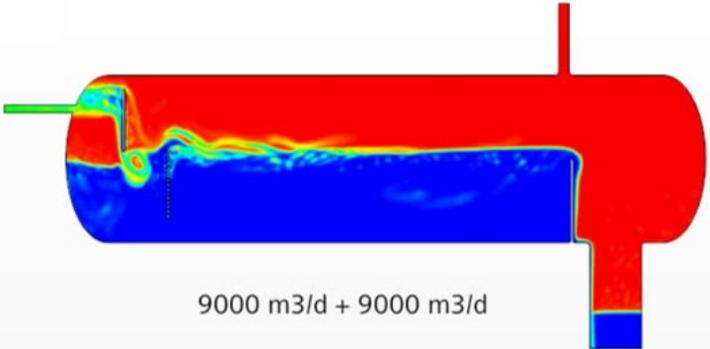


Expert Partner

SIEMENS

Digital Industries Software

## Otros trabajos en CFD



# Caso de Estudio: Calentador Indirecto Eléctrico



# | Geometría

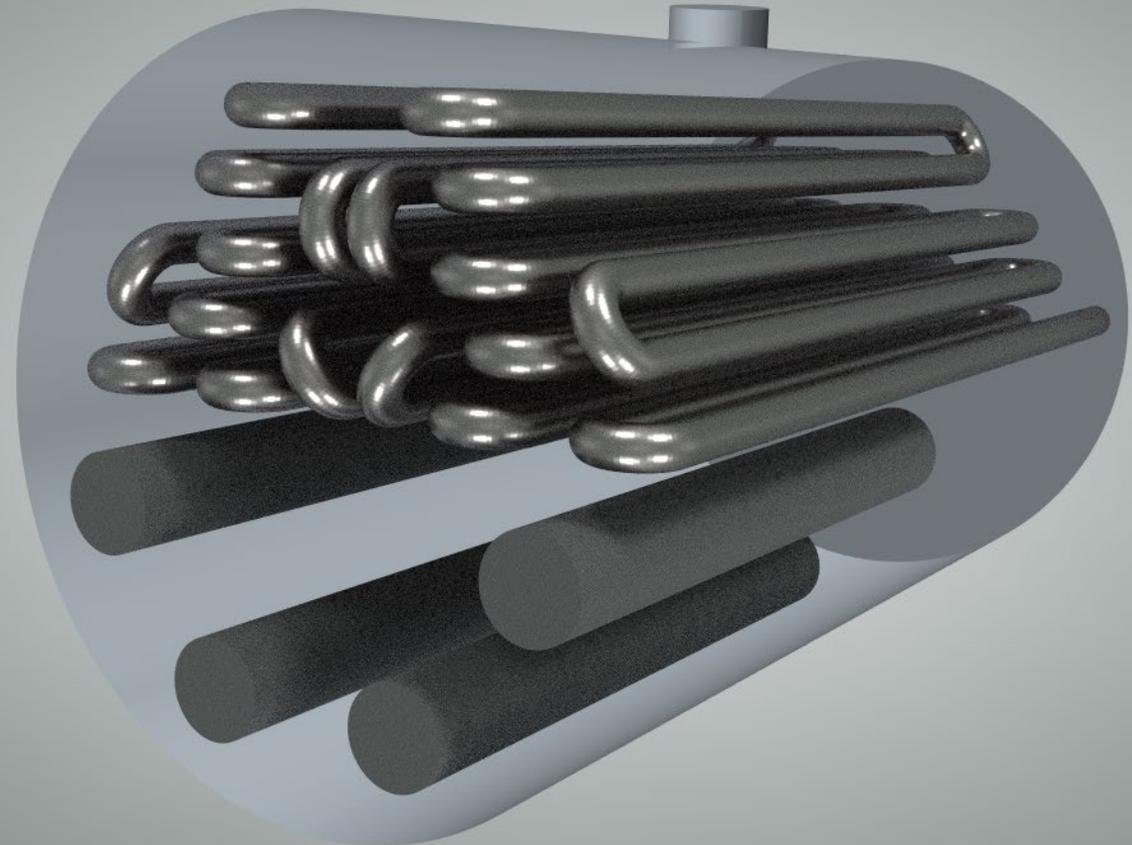


# Geometría

- Necesidad de simplificar geometría y obtener modelo representativo.



Simcenter STAR-CCM+



X-Plan  
Ingeniería Colaborativa

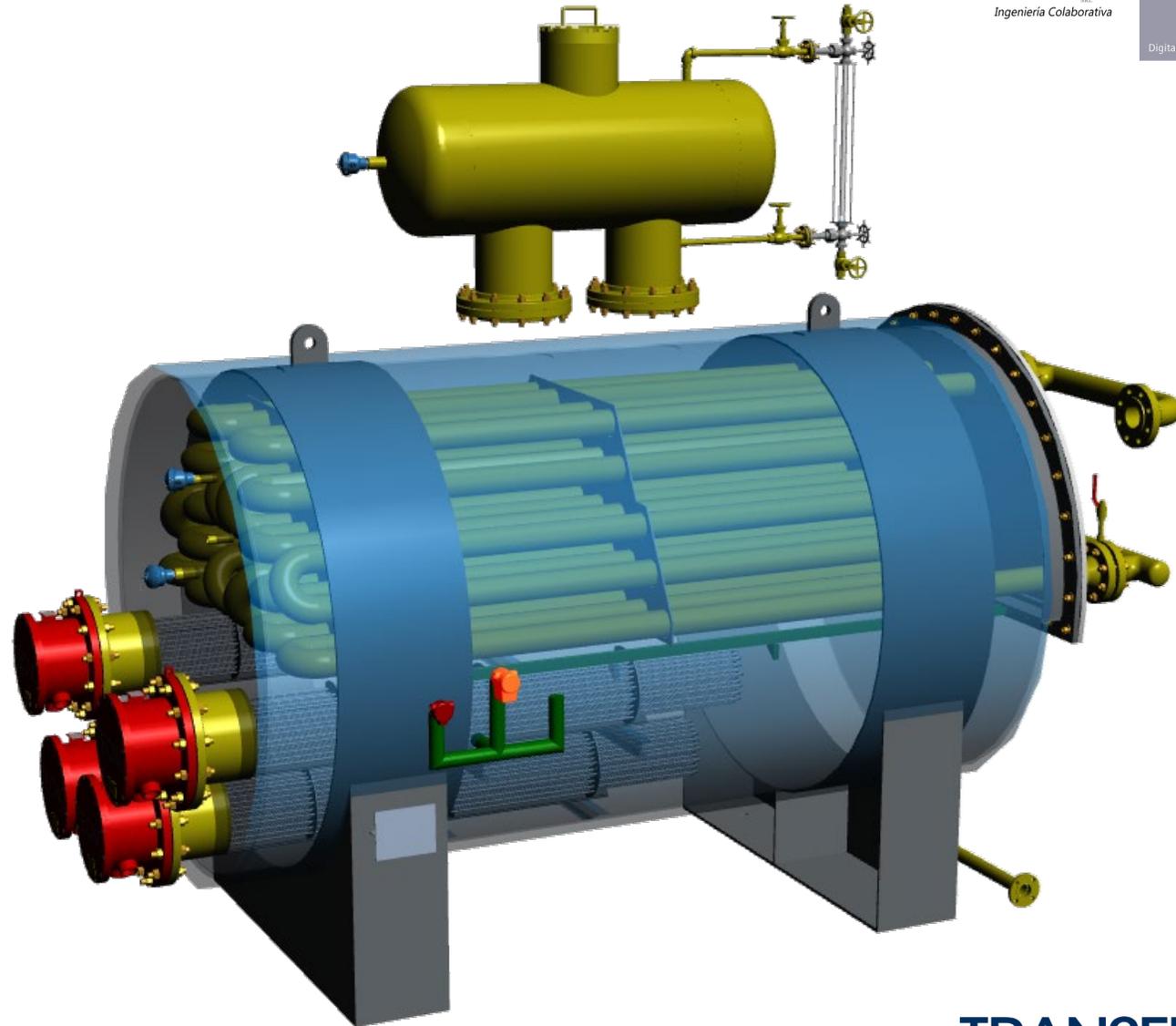
Expert  
Partner

Digital Industries Software

SIEMENS

# Geometría

- Simplificación a partir de modelo mecánico 3D.
- Únicamente se consideran las resistencias y el mazo de intercambio, descartando estructuras internas.



X-Plan  
Ingeniería Colaborativa

Expert  
Partner

Digital Industries Software

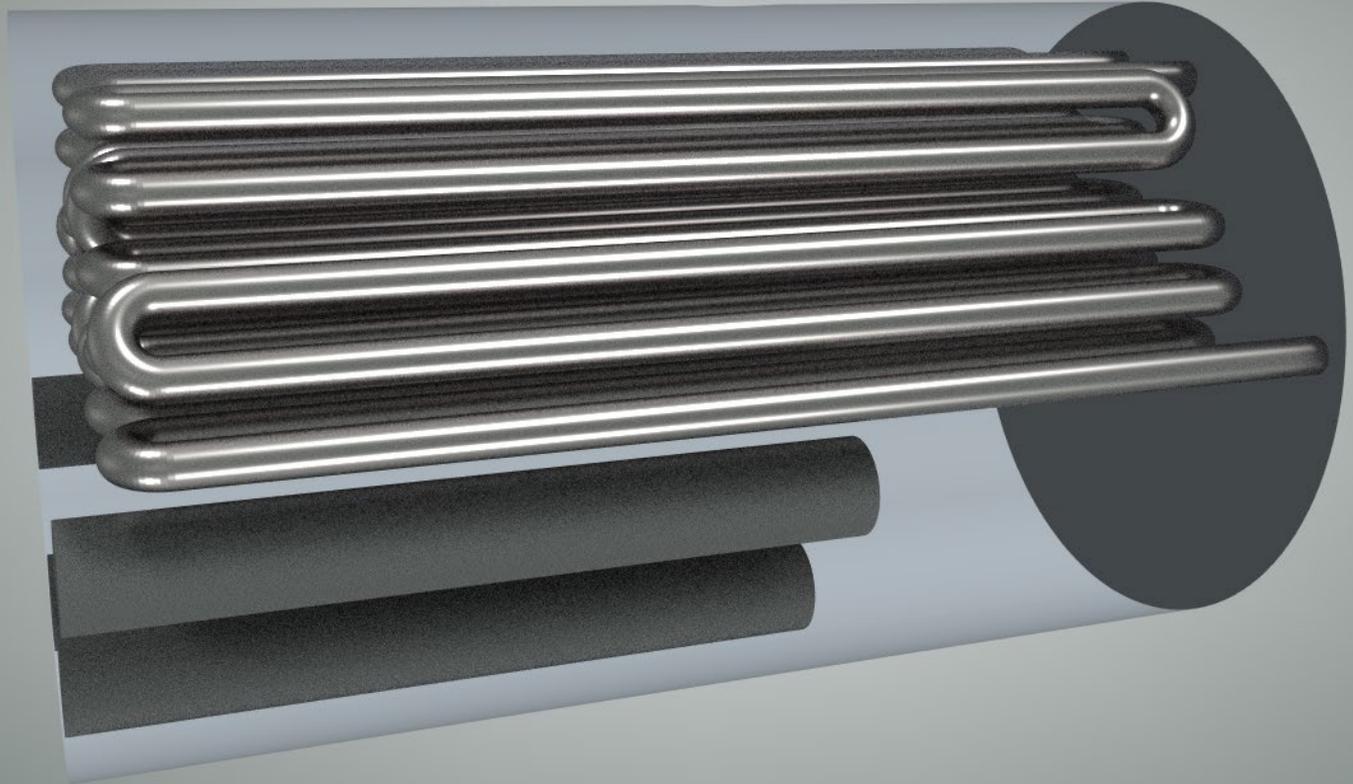
SIEMENS

**TRANSEPARACIÓN**  
*Business challenges, engineering solutions.*

# Geometría

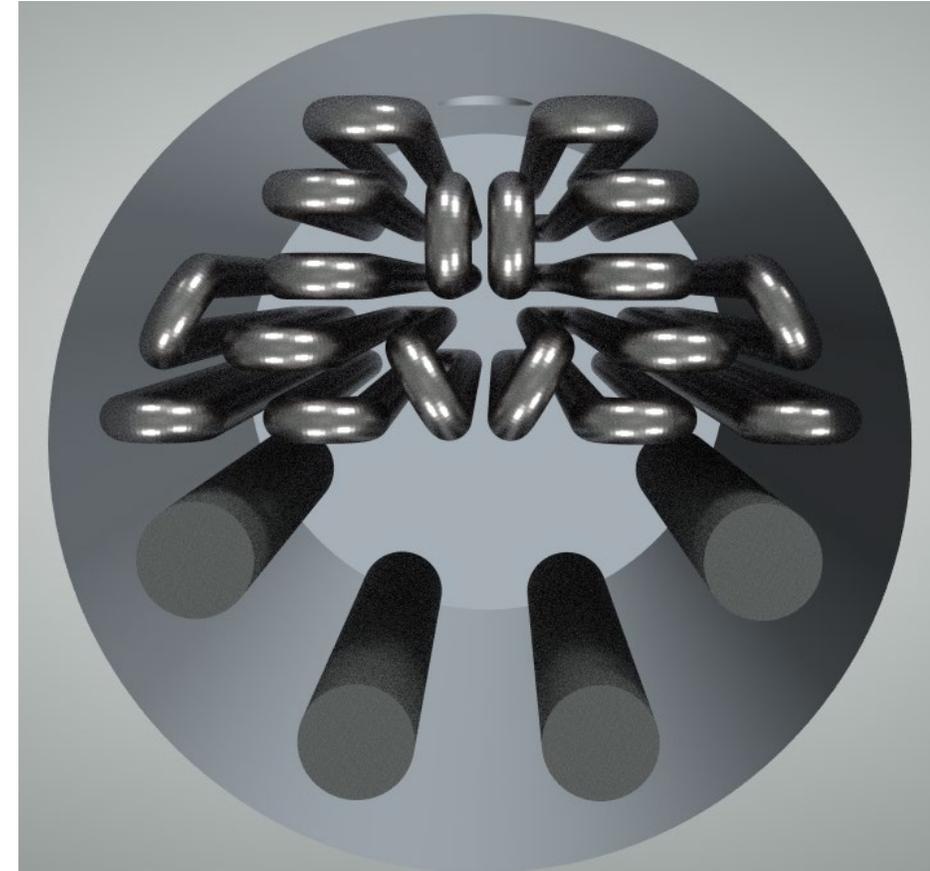
- 2 mazos de 18 tubos 4" 2.9 m
- 4 resistencias de 160 kW
- Carcasa de 2 m x 3.5 m

Simcenter STAR-CCM+



# Geometría

- Utilización de simetría para reducción de elementos y costo computacional.
- Resistencias como medios porosos dentro del dominio fluido.
- Mazo con espesor, dominio sólido.



# Mallado



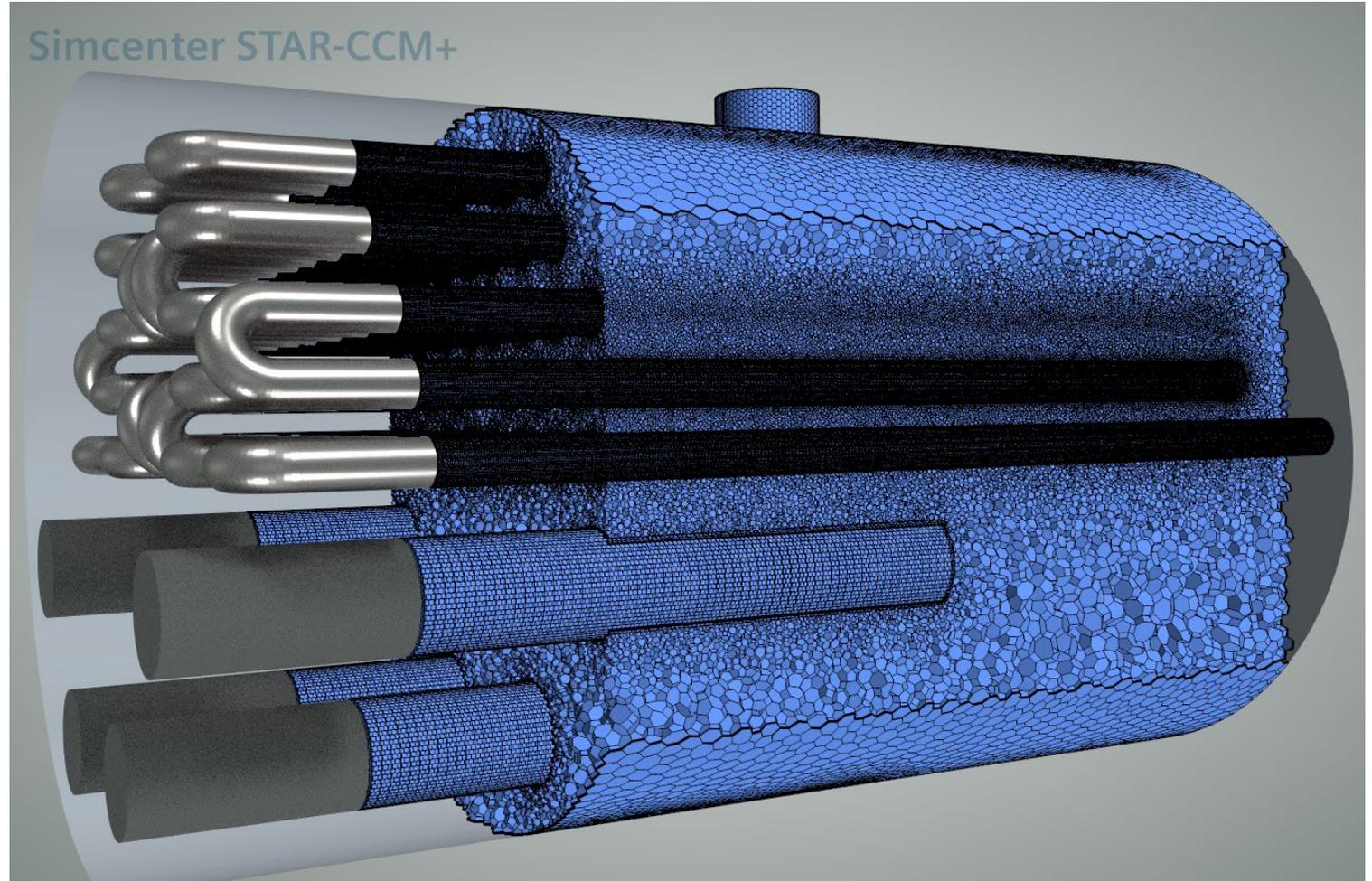
# Mallado

- Utilización de elementos poliedricos.

Parametros comunes:

- Curvature: 72 points/circle
- Surface growth rate: 1.3
- Volume growth rate: 1.2
- Target surface: 100%
- Minimum surface: 1%

16,466,622 elementos

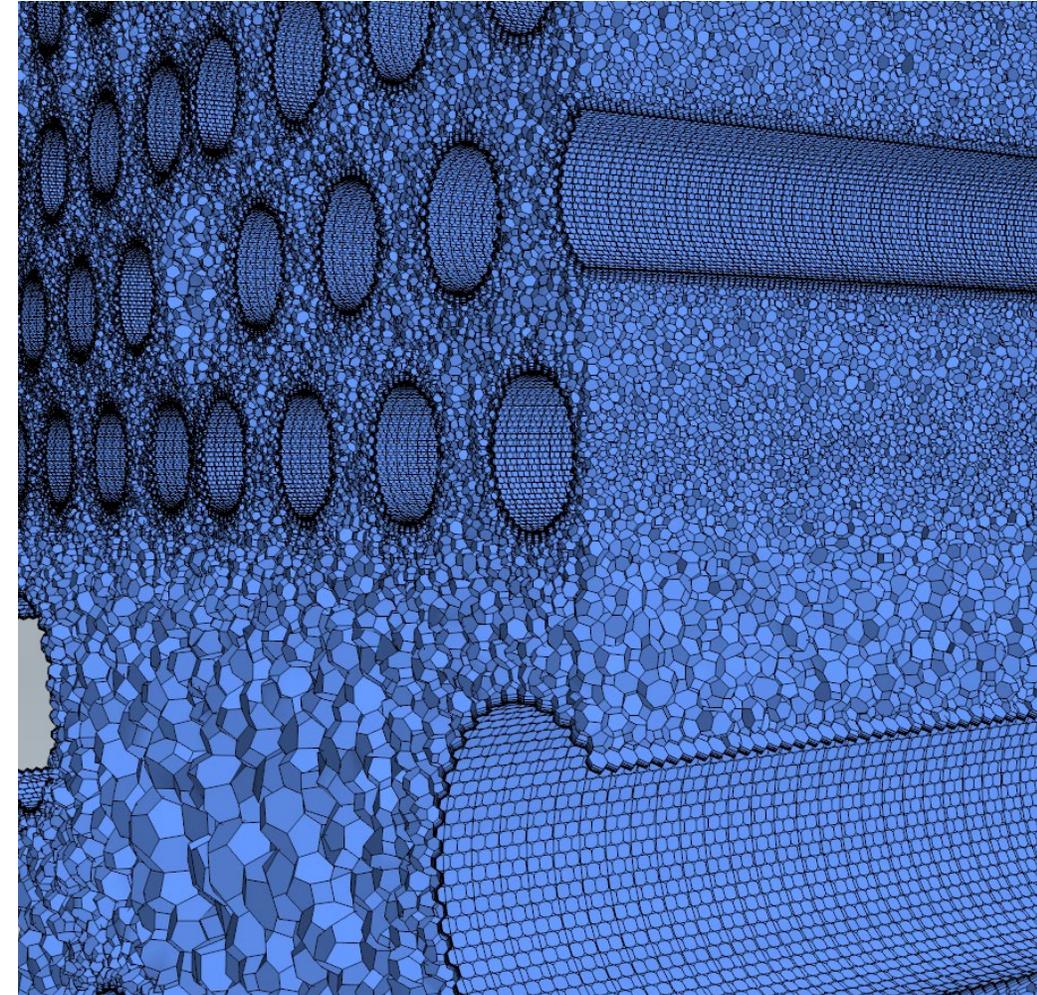
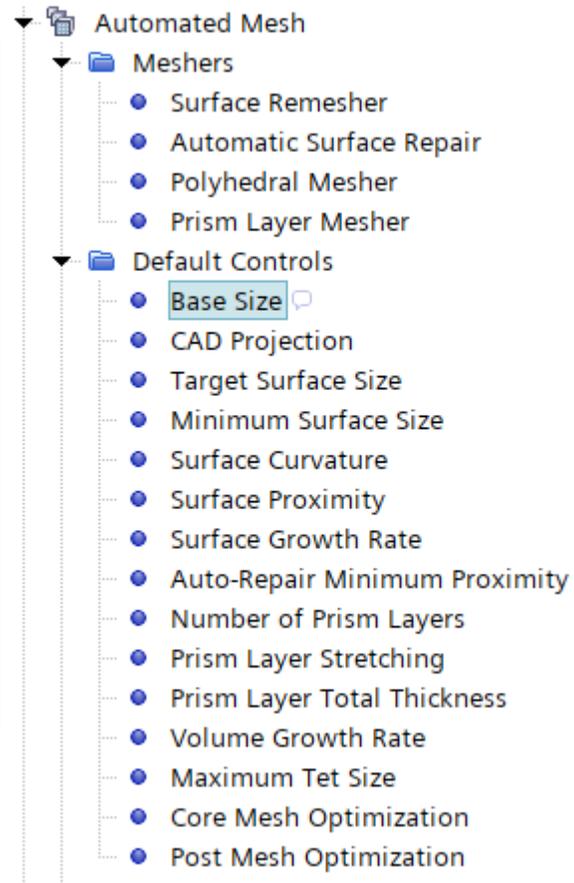


# Mallado

## Fluido:

- Base size: 0.05 m
- Proximity: 5 cells
- Prism layers: 5
- Prism total thickness: 6 mm
- Max Tet size: 500% (0.25m)

10,933,770 elementos



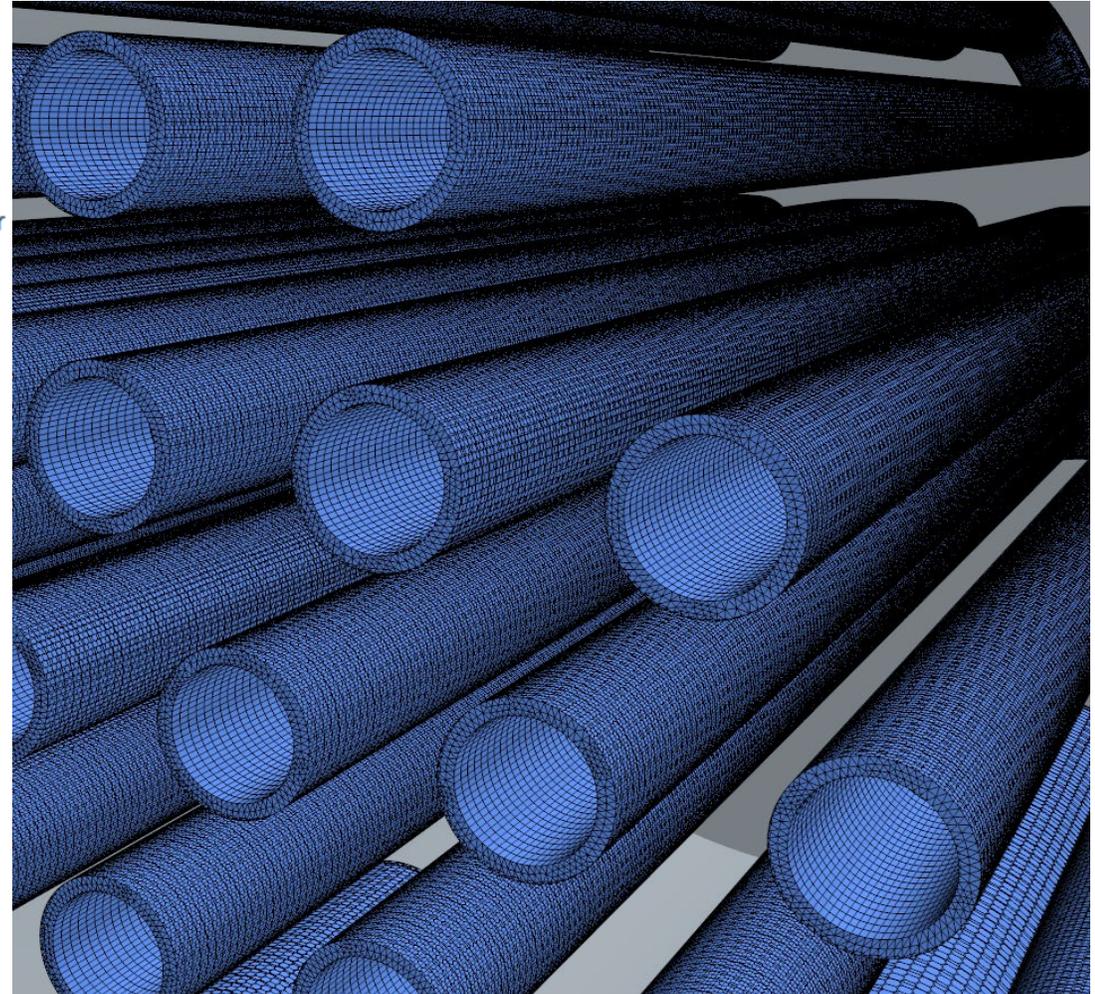
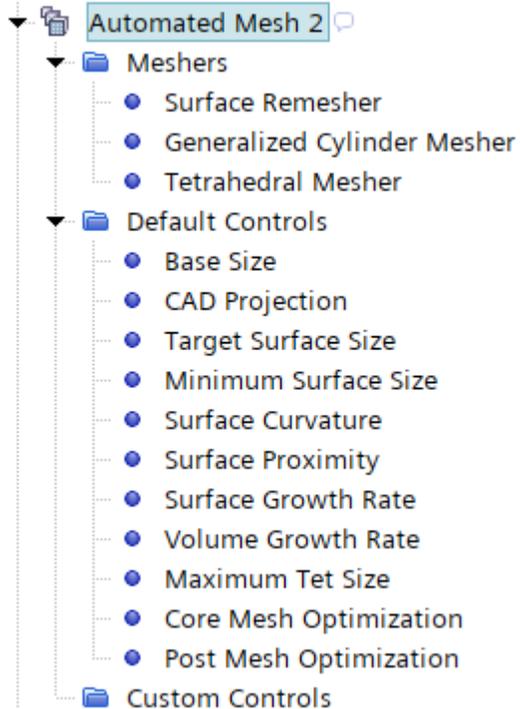
Los parámetros de tamaño e inflation fueron analizados en un estudio previo.

# Mallado

Mazo:

- Cylinder Mesher
- Base size: 0.05 m
- Proximity: 2 cells
- Max Tet size: 1000% (0.5m)

140,281 elementos

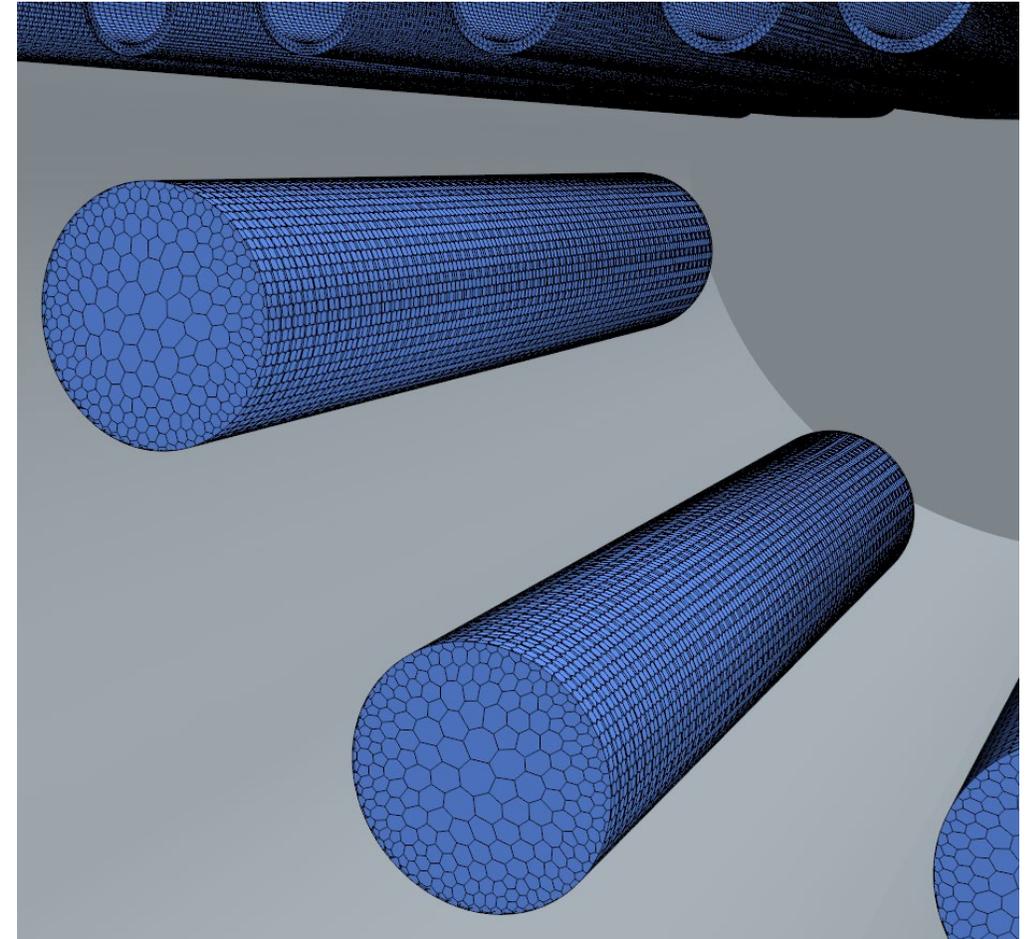


# Mallado

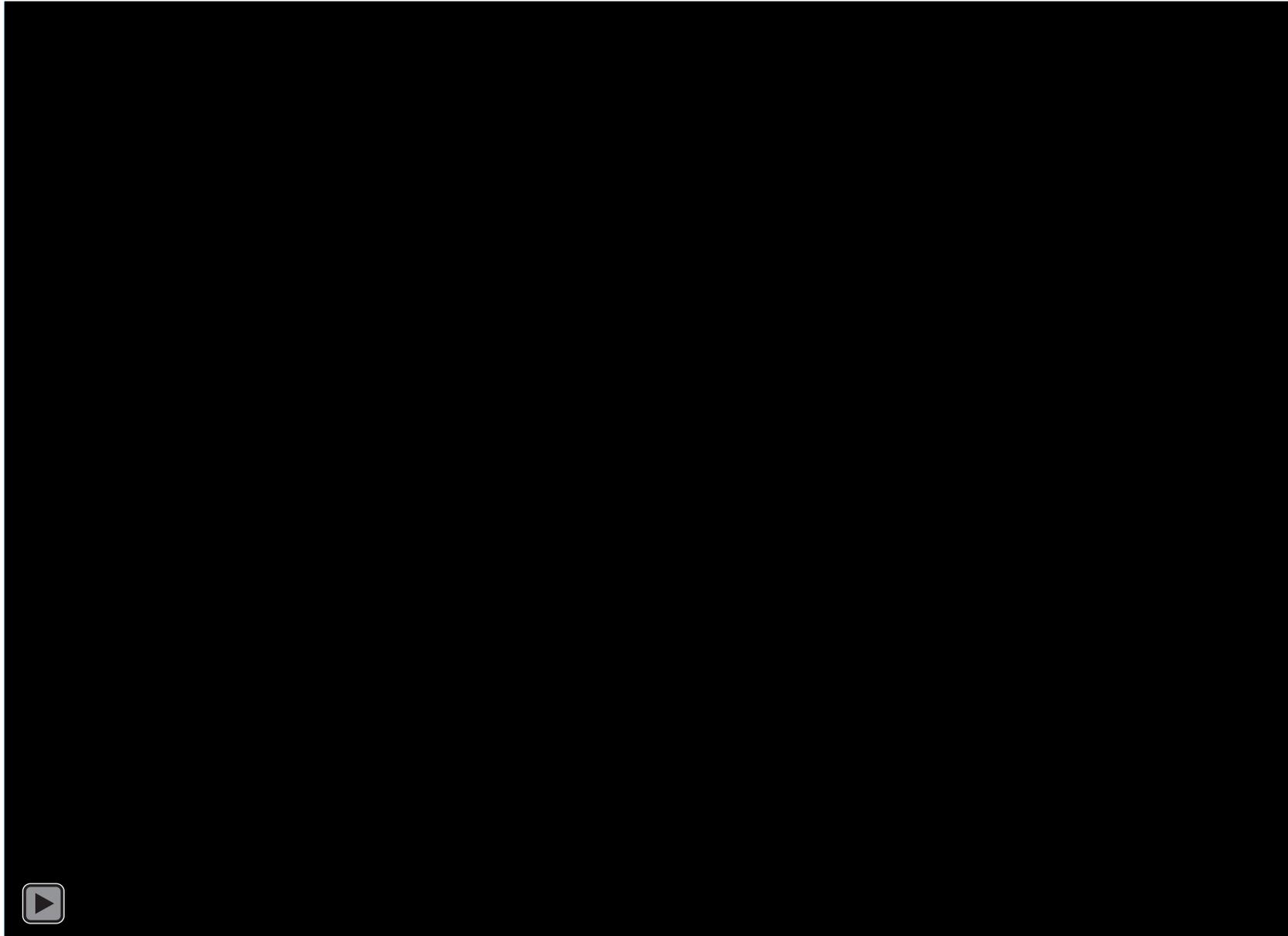
Resistencias:

- Cylinder Mesher
- Base size: 0.1 m
- Proximity: 2 cells
- Max Tet size: 500% (0.5m)

5,392,571 elementos



## Mallado – Visualización en todo el dominio



  
X-Plan  
Ingeniería Colaborativa

Expert  
Partner

Digital Industries Software

SIEMENS

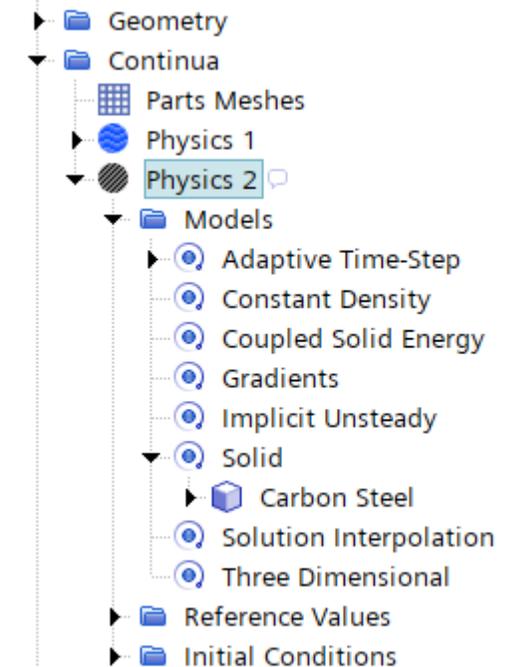
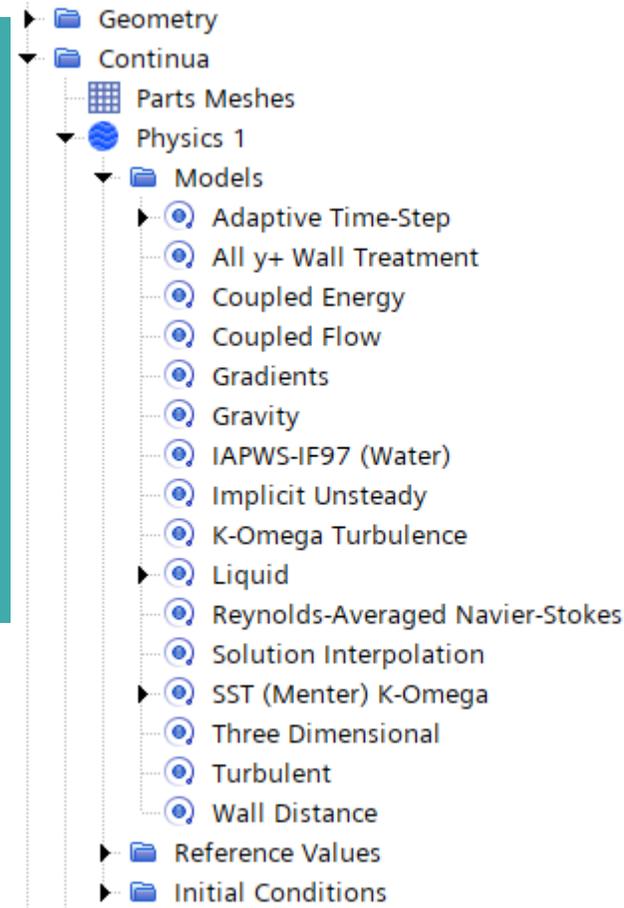
  
TRANSEPARACIÓN  
*Business challenges, engineering solutions.*

# | Modelado



# Modelado

- Turbulencia: SST k- $\omega$
  - Energía: Coupled
  - Tiempo: Implicit
  - Fluido: Agua IAPWS-IF97
  - Sólido: Acero Carbono
- Medio poroso
- Inertial resistance tensor: 80,000 kg/m<sup>4</sup>



## Condiciones de Contorno

### Dentro del mazo:

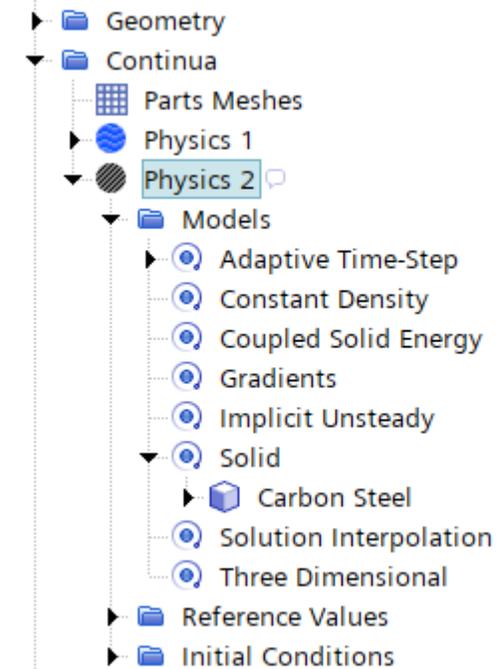
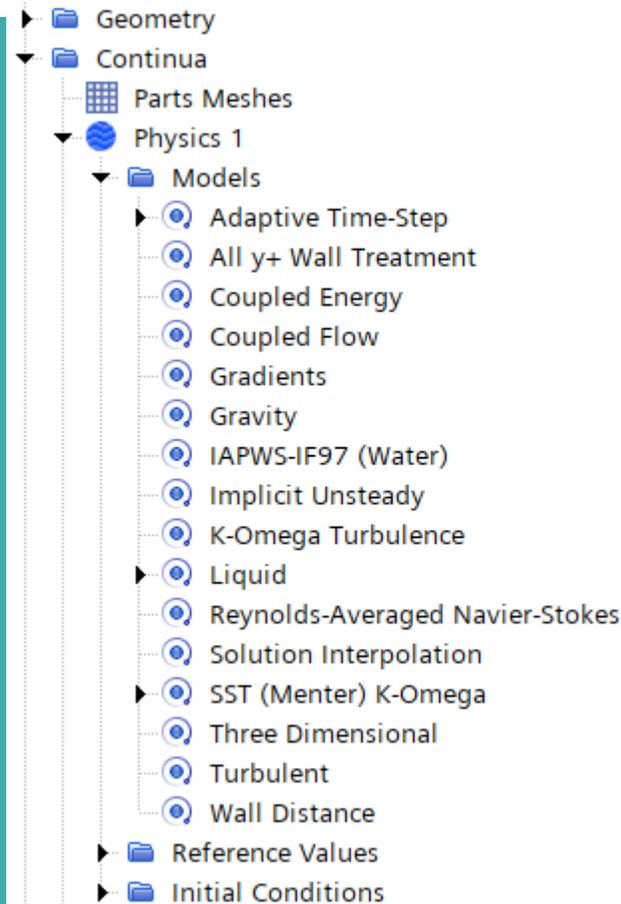
- h externo:  $900 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Temperatura externa:  $303 \text{ K}$

### Medio poroso:

- Fuente de calor:  $1,234,568 \text{ W/m}^3$   
(160 kW por coil)

### Cuerpo:

- Adiabatico hacia exterior



# Modelado



Expert  
Partner

Digital Industries Software

SIEMENS

Inicialización:

- Temperatura uniforme: 356 K
- Medio estático

Paso de tiempo:

Inicial:  $1 \times 10^{-4}$  s

Adaptativo: 0.1 s

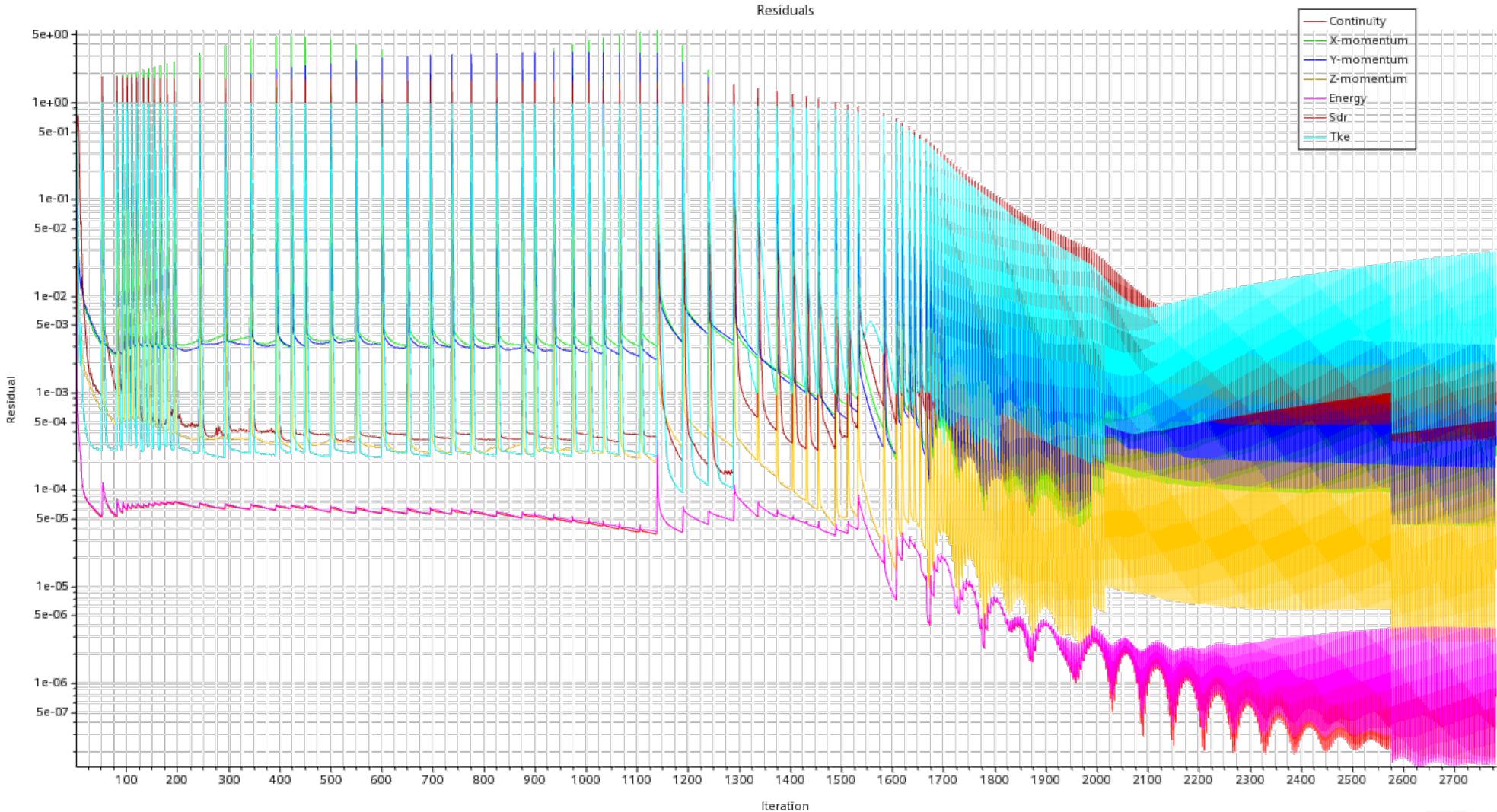
# Residuos



Expert Partner

SIEMENS

Digital Industries Software



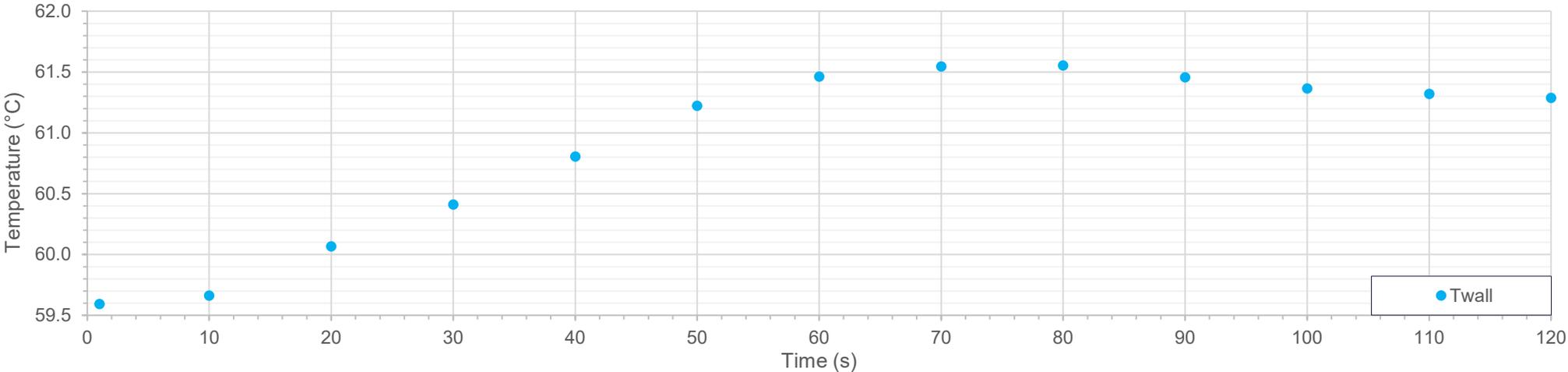
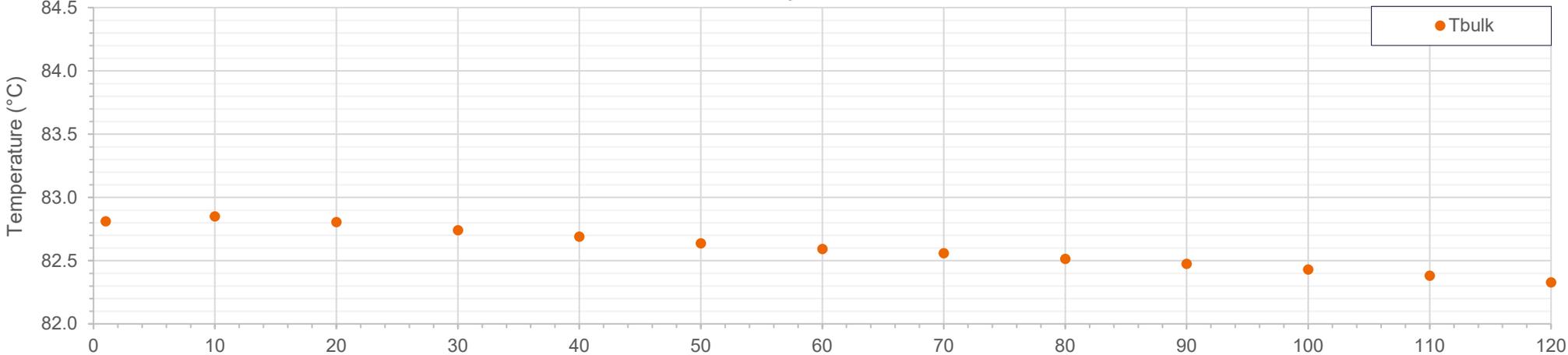
Utilización de residuos como parámetro de ajuste del paso de tiempo

# | Resultados



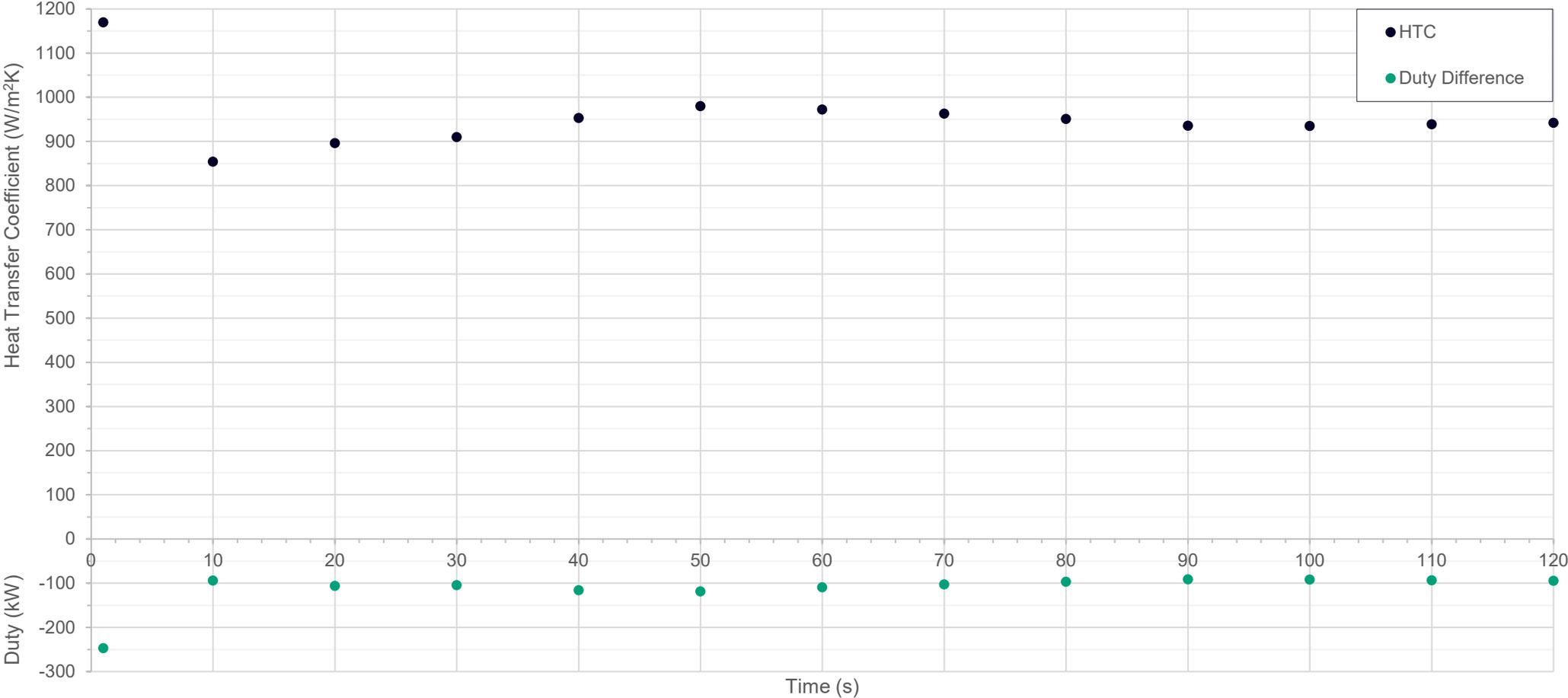
# Resultados

### Temperature

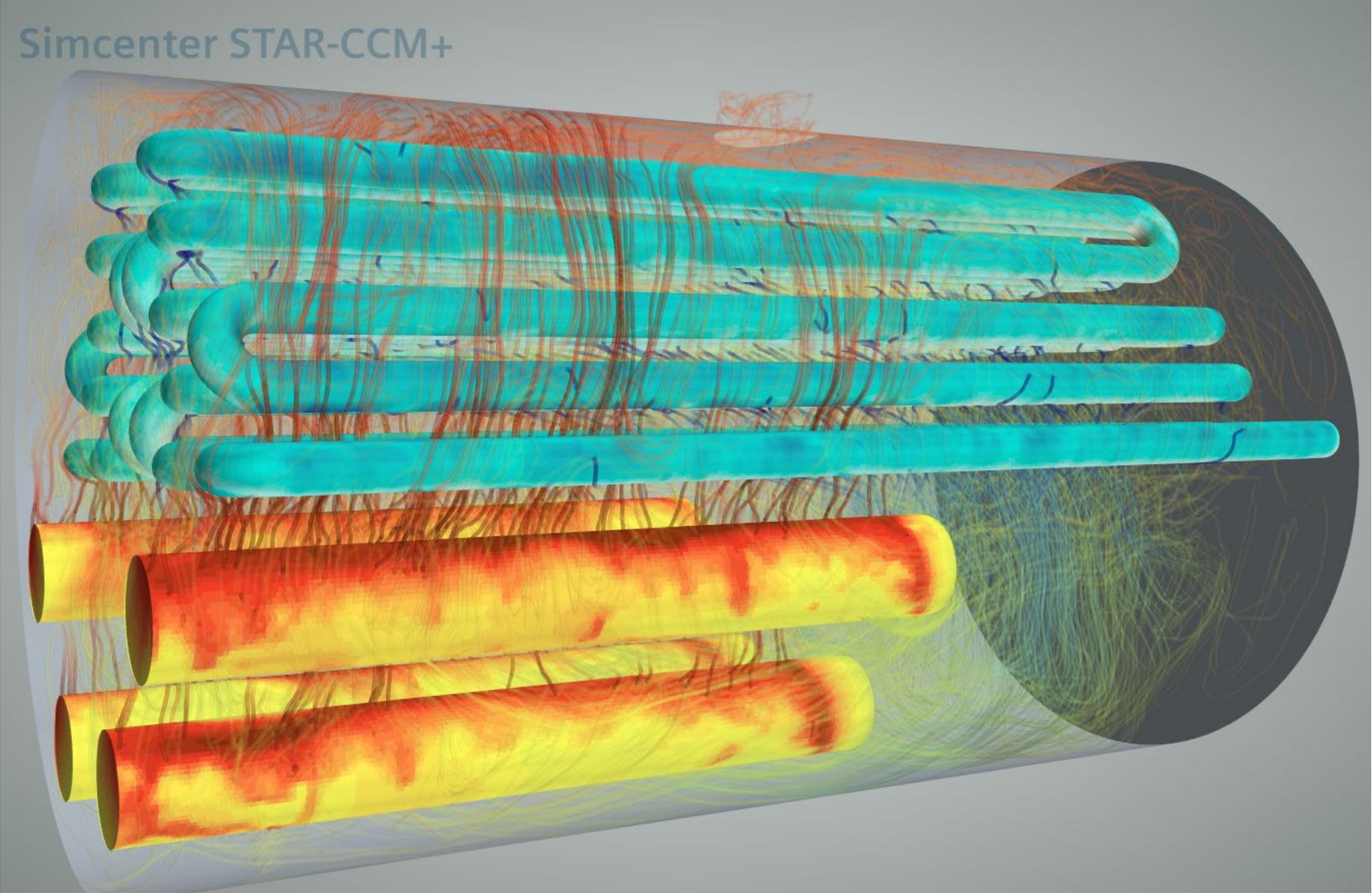


# Resultados

### Heat Transfer Coefficient



# Resultados



Formación de patrones de flujo favorables gracias a la configuración adoptada



# Resultados

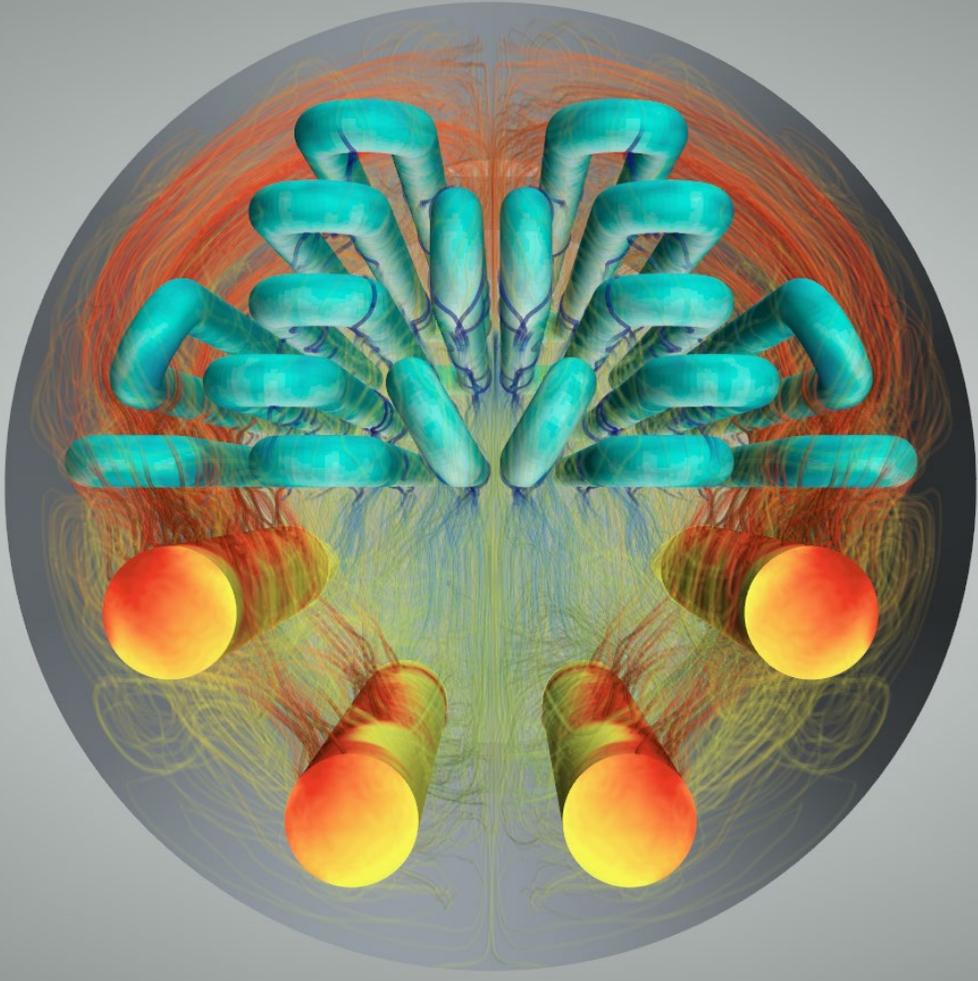
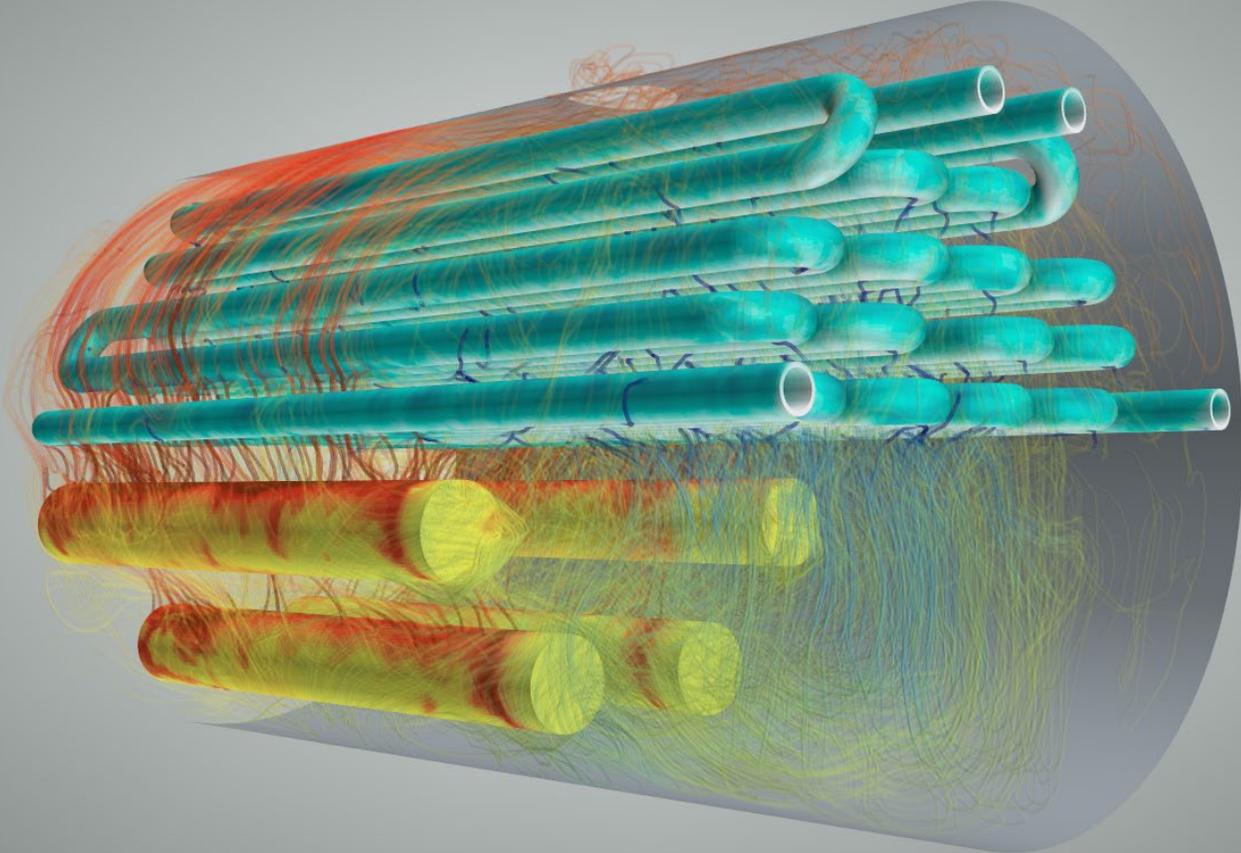


Expert Partner

Digital Industries Software



Simcenter STAR-CCM+



# Resultados

X-Plan  
Ingeniería Colaborativa

Expert  
Partner

SIEMENS

Digital Industries Software



**TRANSEPARACIÓN**  
*Business challenges, engineering solutions.*

# Resultados – Resampled Volume



Expert  
Partner

Digital Industries Software

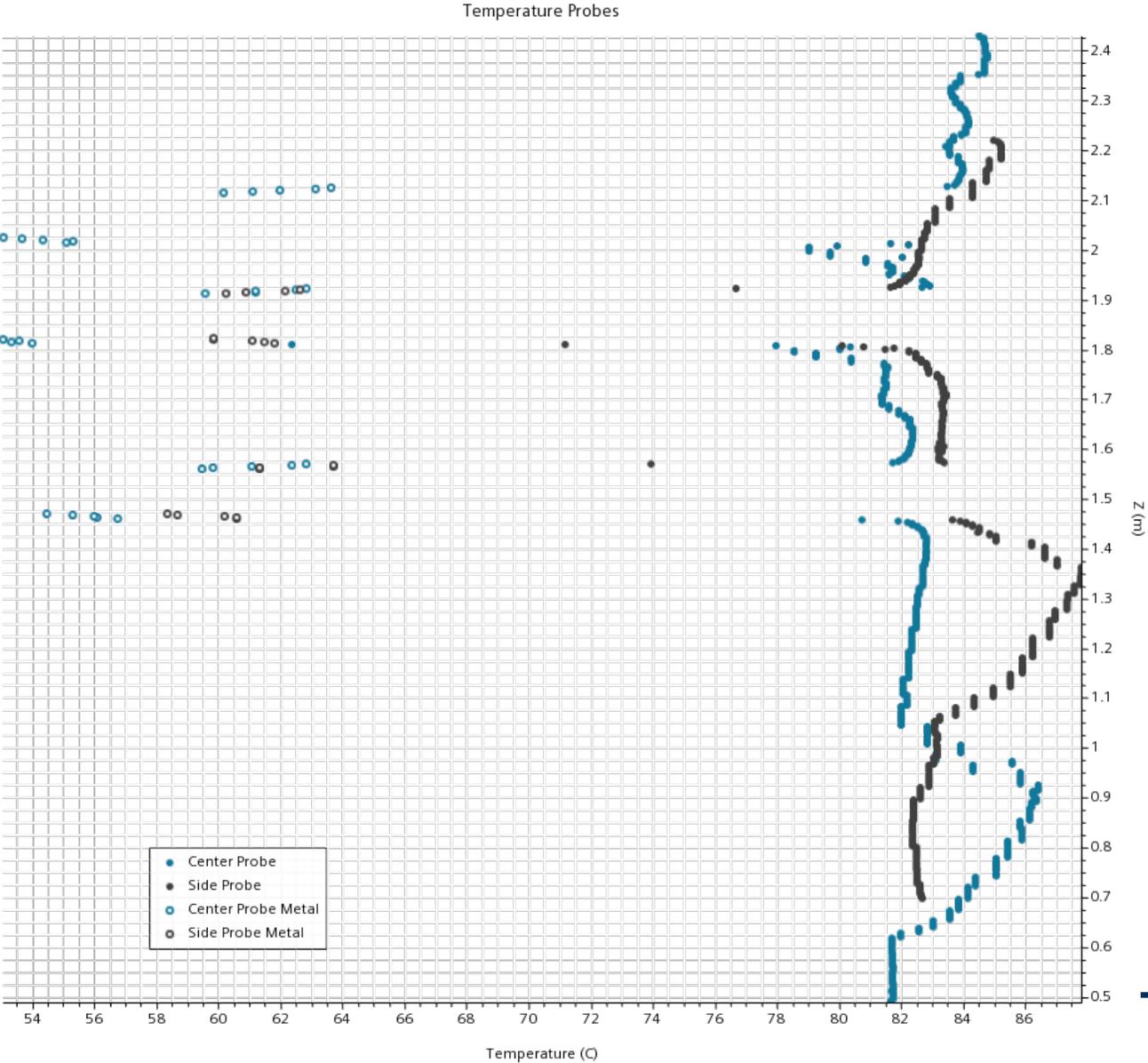
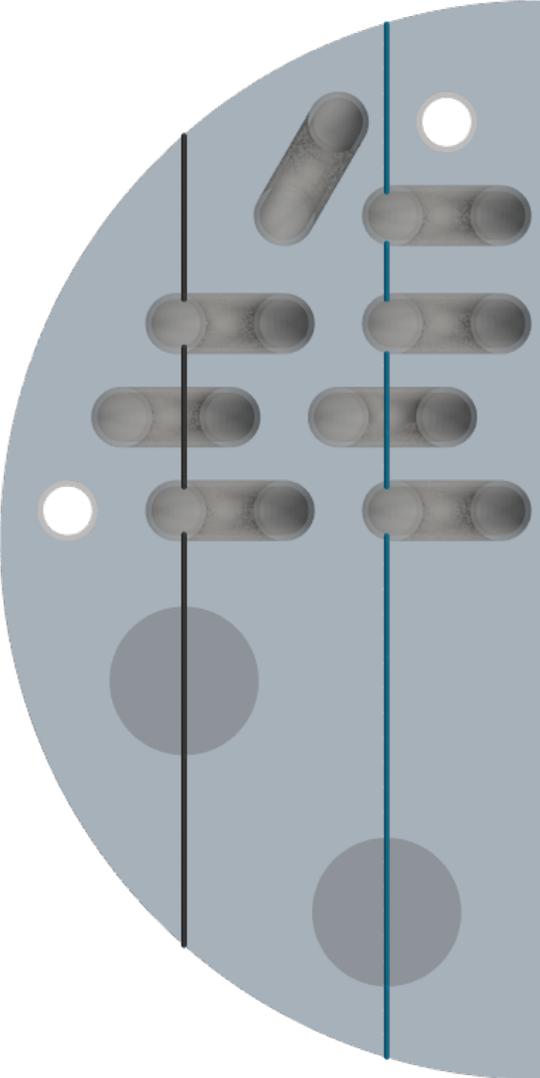
SIEMENS



# Resultados – Sondas de Temperatura



Expert Partner  
Digital Industries Software



Patrón típico de convección natural en tubos inferiores centrales

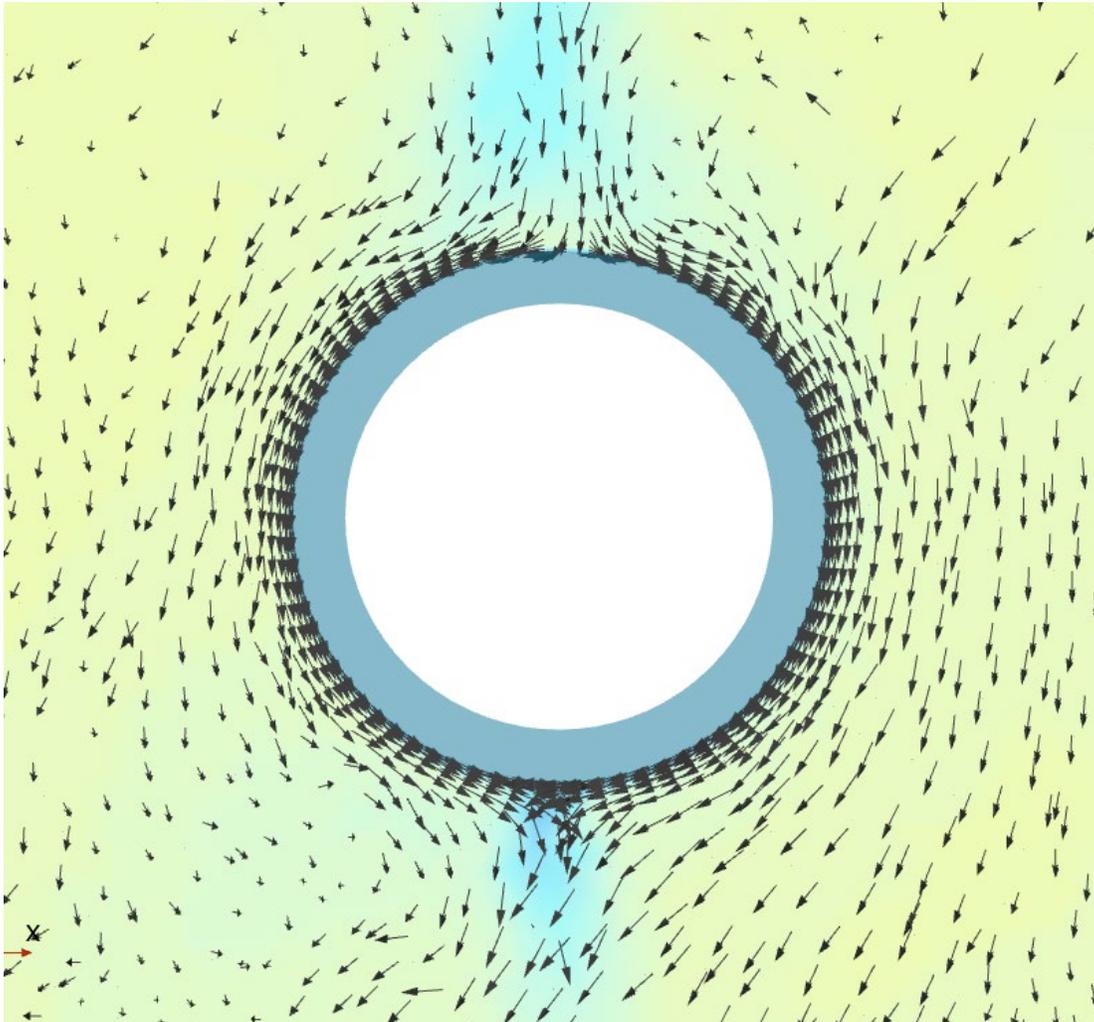
Patrón turbulento en tubos laterales y en tubos superiores



# | Comparativa



# Comparativa



$$Nu = \frac{hD}{k} = 0.114(Gr \cdot Pr)^{1/3}$$

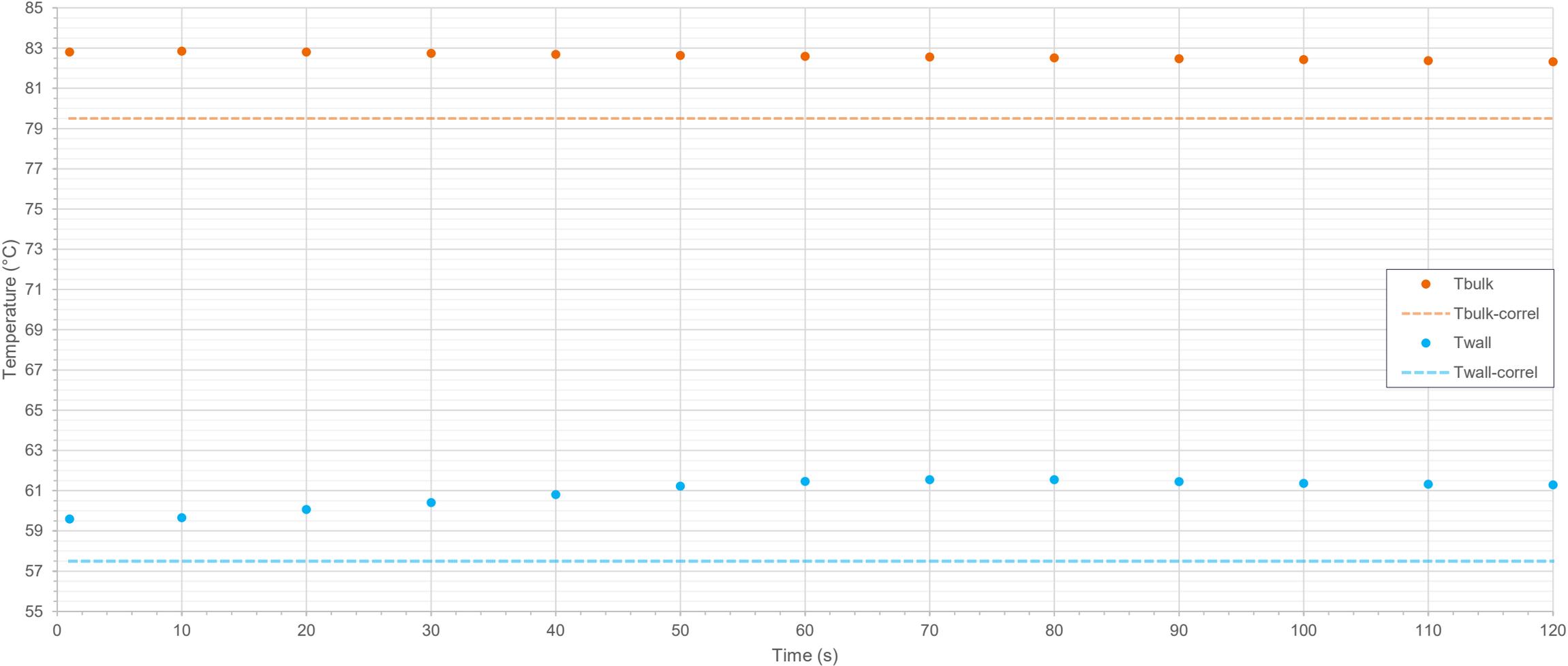
Correlación de convección natural

HTC: 826 W/m<sup>2</sup>K

Temperatura media: 79.5 °C

# Comparativa

### Temperature

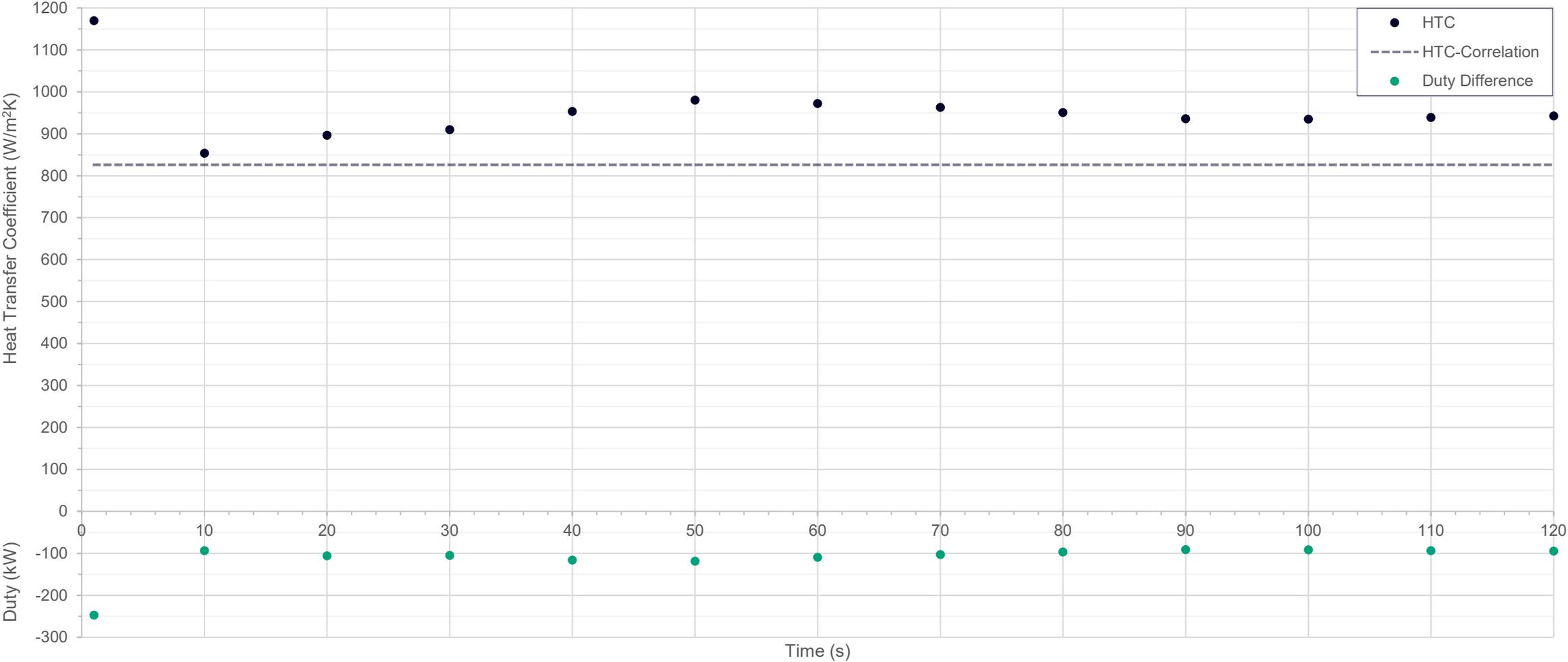


Coeficiente y temperatura calculados mediante correlación: McAdams W.H.: *Heat Transmission*. New York: McGraw-Hill, 1954.

# Comparativa



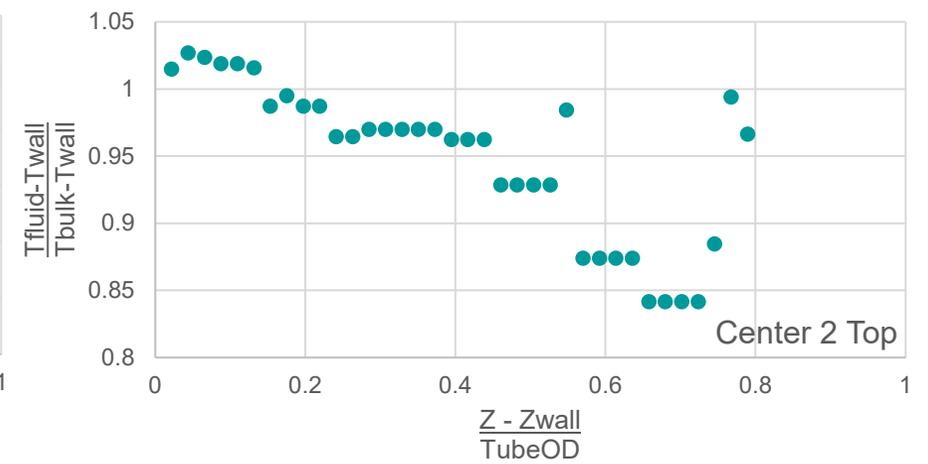
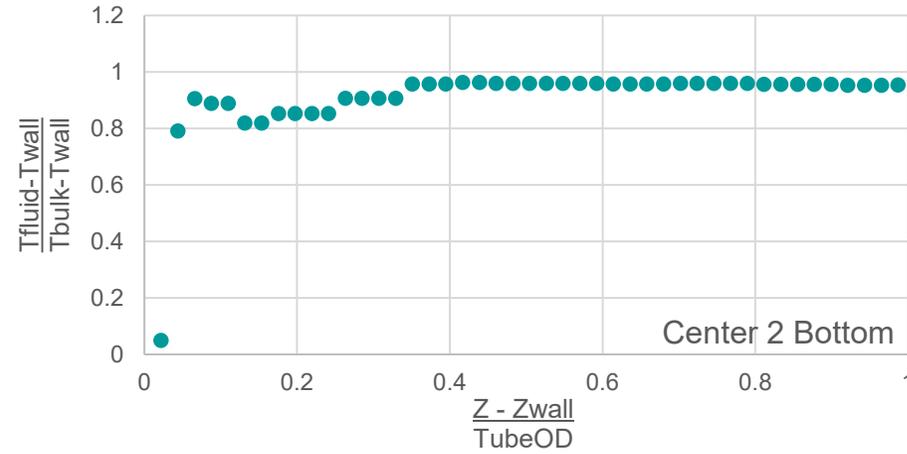
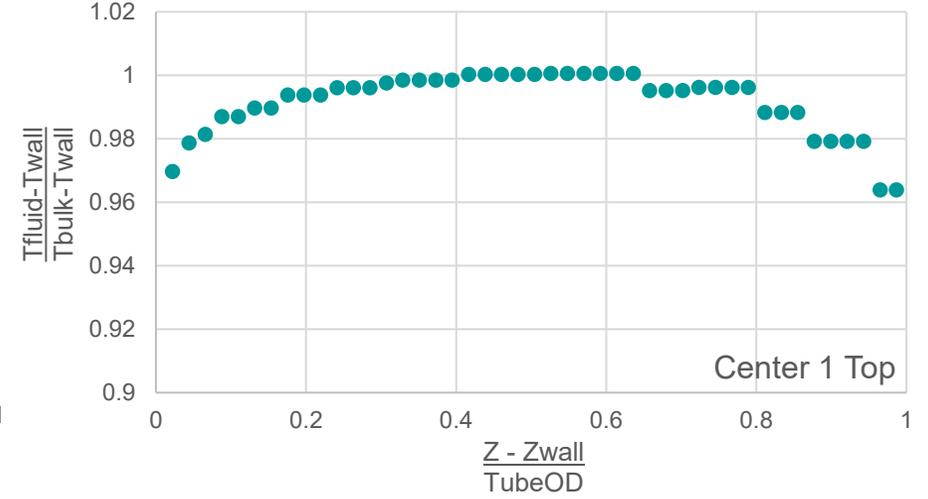
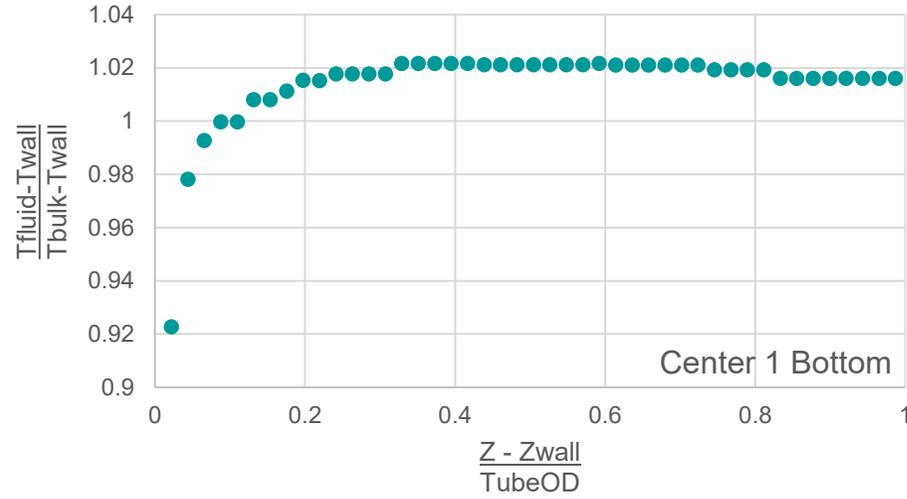
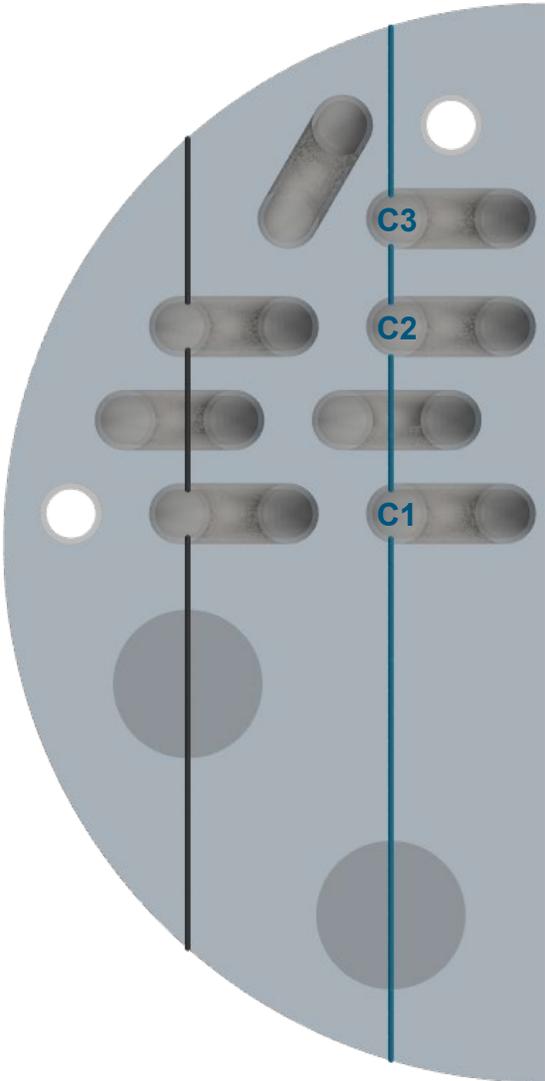
### Heat Transfer Coefficient



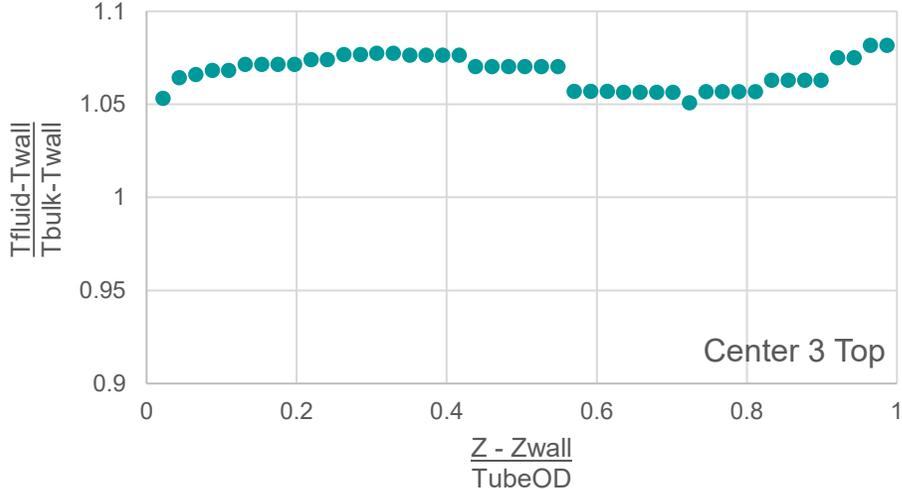
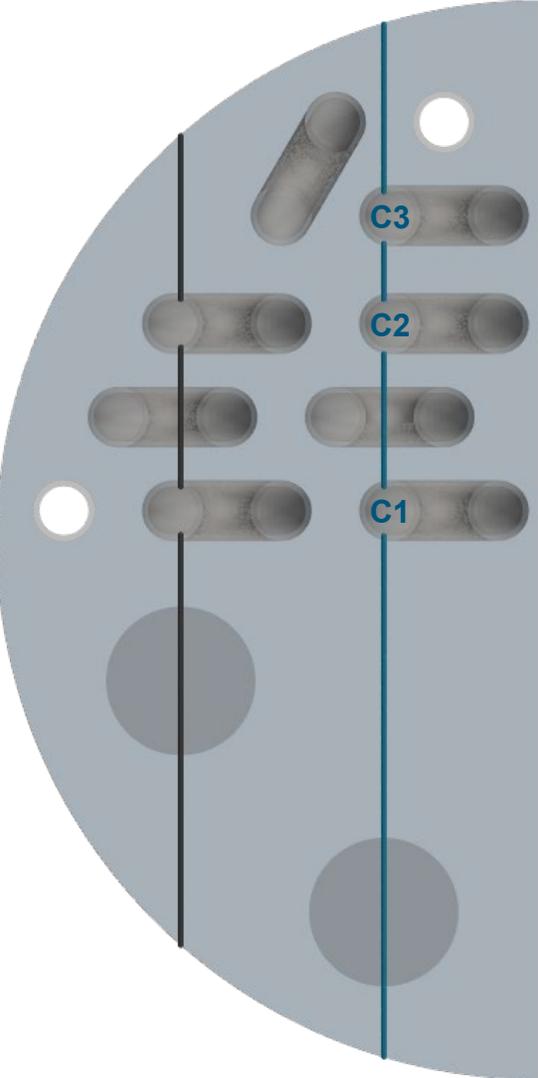
Coeficiente y temperatura calculados mediante correlación: McAdams W.H.: *Heat Transmission*. New York: McGraw-Hill, 1954.



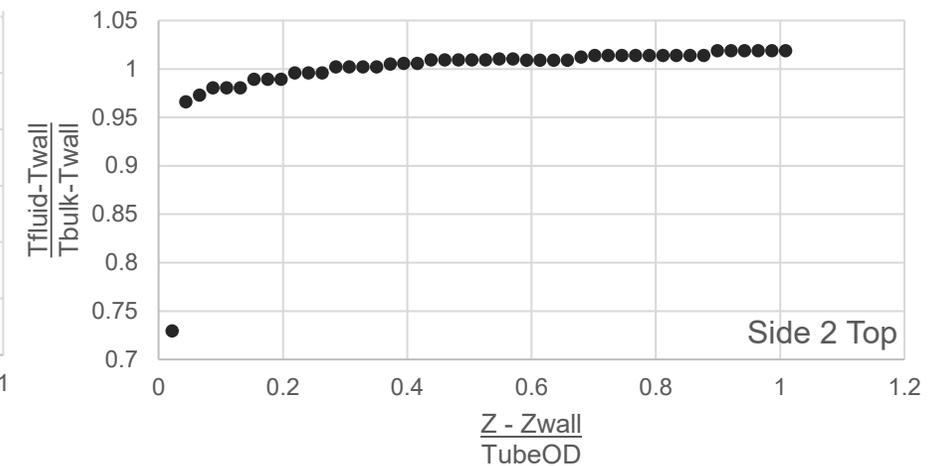
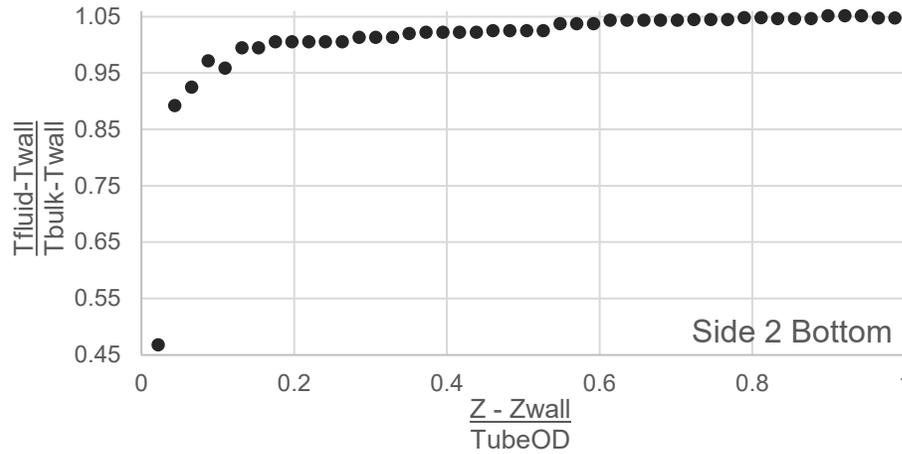
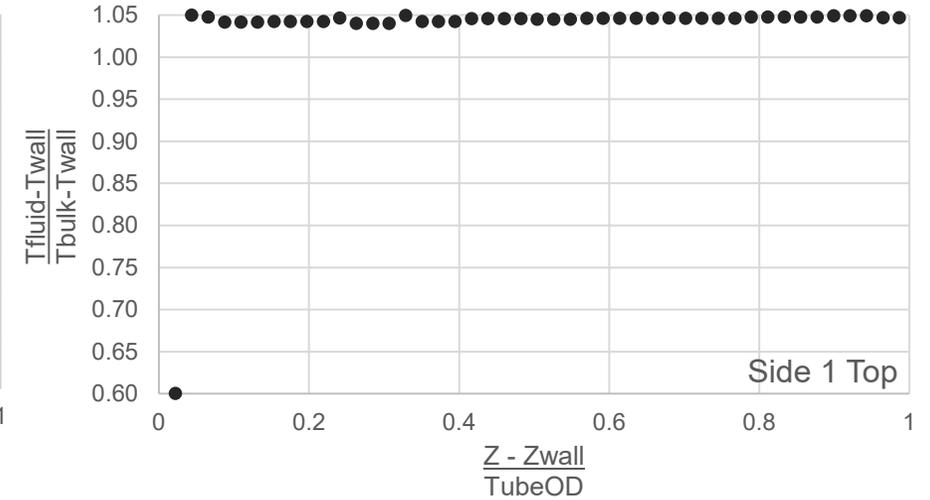
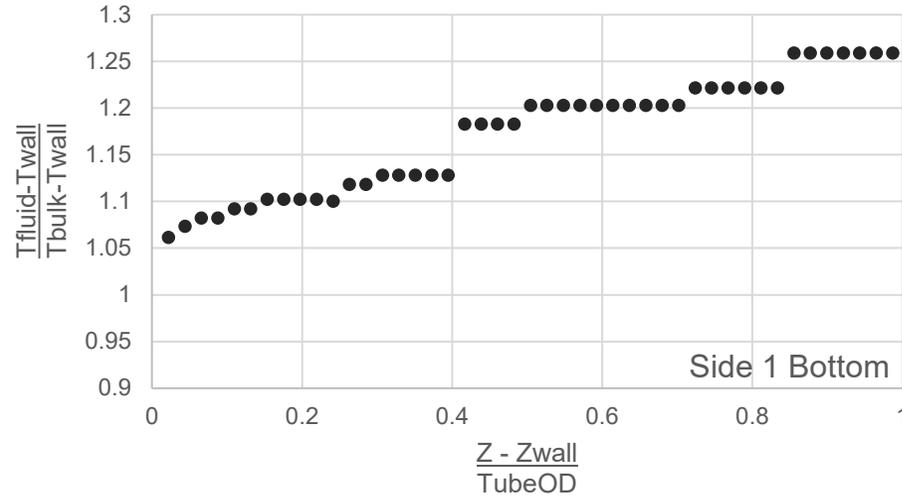
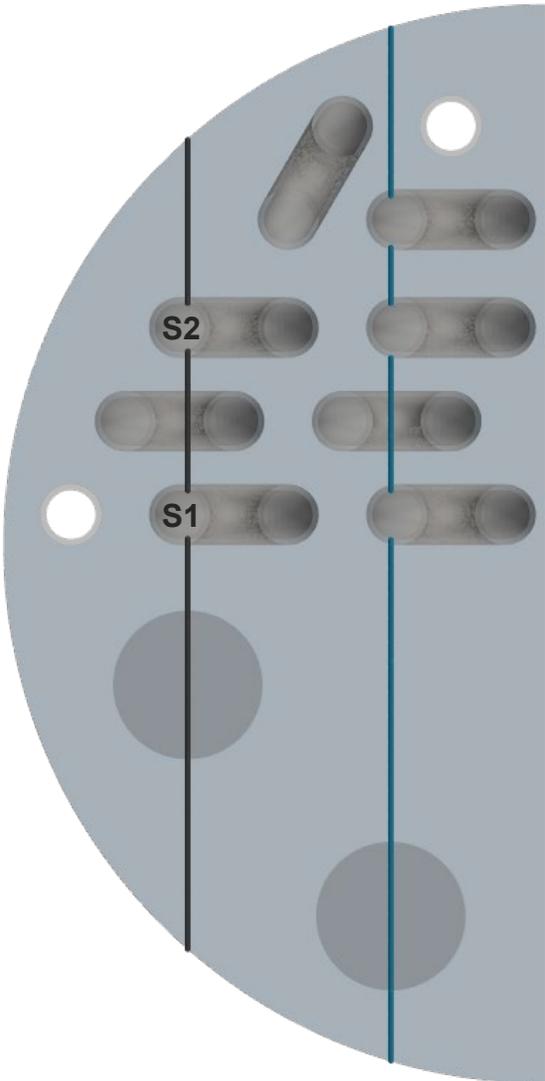
# Comparativa



# Comparativa



# Comparativa



# Trabajos Futuros

Impacto de estructuras internas.

Impacto de geometría real de resistencias y film boiling.

Análisis de PEM.

Validación con datos de campo.



Expert  
Partner

Digital Industries Software

**SIEMENS**

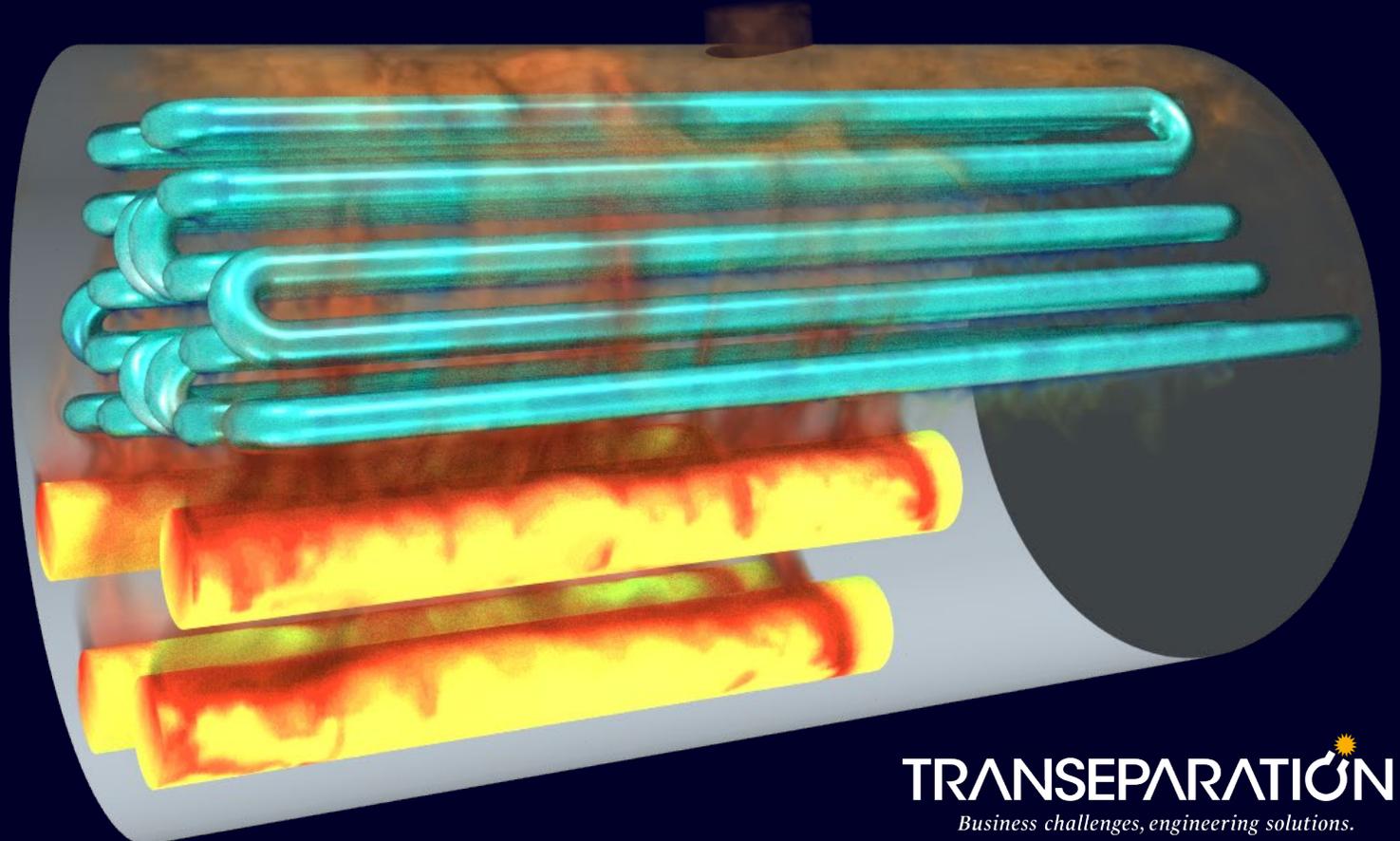


# ¡Muchas Gracias!

**Federico Petracci**  
Líder de Proyectos y CAE  
Transeparation SA  
Darwin 1154 1°A Loft C  
Buenos Aires  
Argentina

+54 1158652750

[federico.petracci@transeparation.com](mailto:federico.petracci@transeparation.com)



**TRANSEPARATION**  
*Business challenges, engineering solutions.*