



# **UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO**

División de Ingenierías Campus Irapuato Salamanca

Departamento de Ingeniería Mecánica

## **Verano de la Ciencia UG 2022**

### **Proyecto:**

Análisis y Simulación de Mono Celdas de Combustible  
Tipo PEM

### **Autores:**

Dr. Abel Hernández Guerrero, Colín Cervantes Emilio Daniel,  
Méndez García Daniel Antonio, Saldierna Soto Alejandro Aldair,  
Sánchez Ramírez Irma Paulina, Sánchez Rodríguez Evelin Jazmín  
Guadalupe, Torres Cano Felipe Antonio

## **Objetivo**

Este manual tiene como objetivo principal proveer las herramientas y recomendaciones necesarias para llevar a cabo la simulación de una celda de combustible de 2x2 cm implementando el módulo de ANSYS- Fluent PEMFC.

## **Condiciones de operación**

La celda de combustible opera bajo las siguientes condiciones:

- Gases 100 % puros de hidrogeno H<sub>2</sub> y oxigeno O<sub>2</sub> con una humedad relativa del 100 % a la entrada de los canales.
- Temperatura constante de 343 K en toda la celda.
- Presión total de 2 atm o 202650 Pa.
- Razón de flujo estequiométrico del ánodo de 1.5.
- Razón del flujo estequiométrico del cátodo de 2.
- Voltaje de la celda a circuito abierto de 0.95 V.

## **Geometría**

El modelo CAD del ensamble de la celda de combustible debe exportarse en formato .txt.

## **Mallado**

Para la parte del mallado se utiliza el componente Mesh. Este permite definir los siguientes estados del análisis:

- Geometría.
- Mallado.

Para usar el componente Mesh se desarrolla lo siguiente:

1. Se inicia un nuevo proyecto en ANSYS Workbench.
2. Estando en la interfaz de Workbench, en el lado izquierdo se muestra la barra de componentes. Siguiendo la secuencia Component Systems > Mesh, se muestra el componente que se requiere para iniciar con el análisis. Véase la Fig. 1.

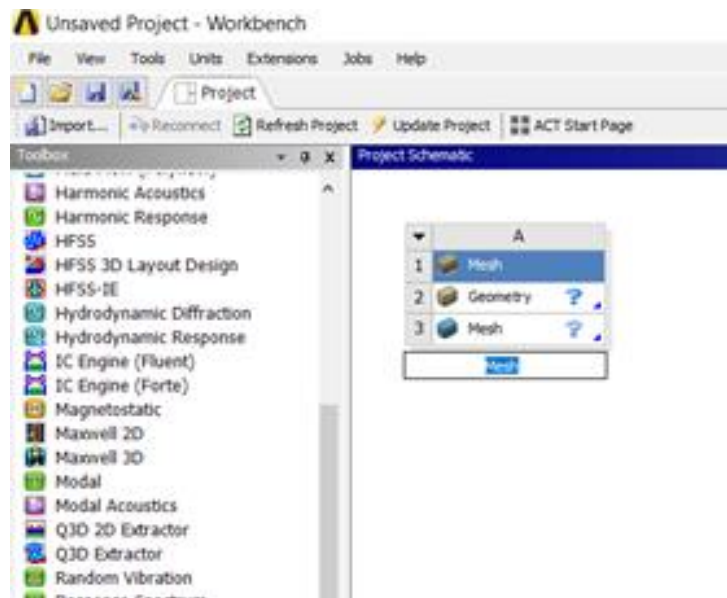


Fig. 1 Componente Mesh.

### Cargar la geometría

El procedimiento para cargar la geometría en el componente Mesh es el siguiente:

1. Secuencia Geometry > Import > Browse.
2. Se busca el archivo (.txt) correspondiente a la geometría.

### Configuración de la geometría

1. Se abre la geometría en Desing Modeler. Aplicando la secuencia Geometry > Edit geometry on Desing Modeler.
2. Se revisa que la geometría se haya cargado con todos los cuerpos que la componen y que sean del tipo (sólido o líquido) correspondiente.

Si algún cuerpo no esté asignado de forma correcta, se debe:

1. Seleccionar el cuerpo.
2. Modificar su asignación como se muestra en la Fig. 2

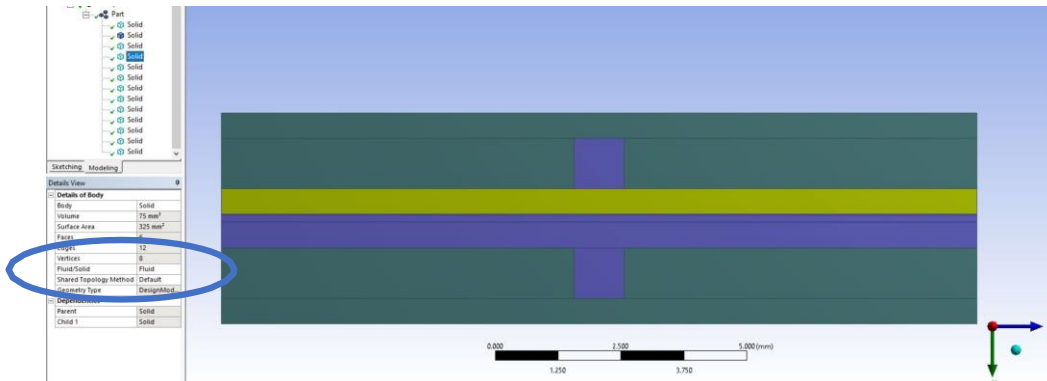


Fig. 2 Modificación de tipo de cuerpo.

### Named selection: cuerpos

Para la asignación de Name Selection, se desarrolla el siguiente procedimiento:

1. Con la selección de cuerpos se seleccionan los elementos a nombrar.
2. Una vez seleccionado el cuerpo, dar clic derecho sobre la misma y elegir Named Selection.
3. Las entidades se nombran de acuerdo con la Fig. 3.

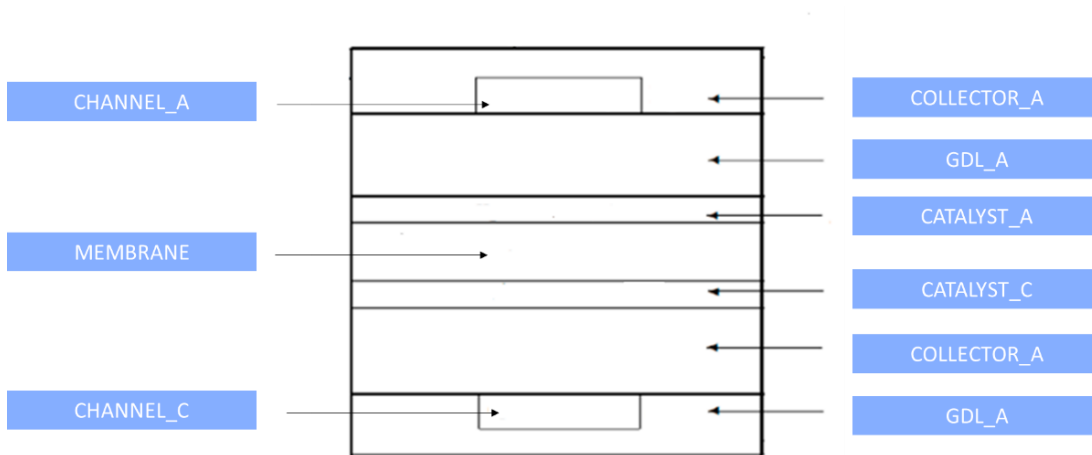


Fig. 3 Named selection.

4. Después de nombrar se presiona F5 o  Generate.

### Named selection: superficies

1. Aplicar el elector de caras.
2. En las Figs. (4) – (7) se muestran las Named Selection de las superficies empleadas.

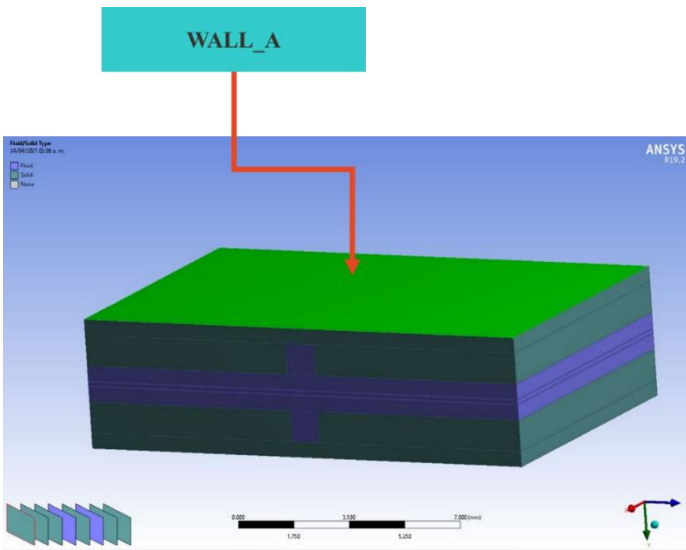


Fig. 4 Pared del colector del ánodo.

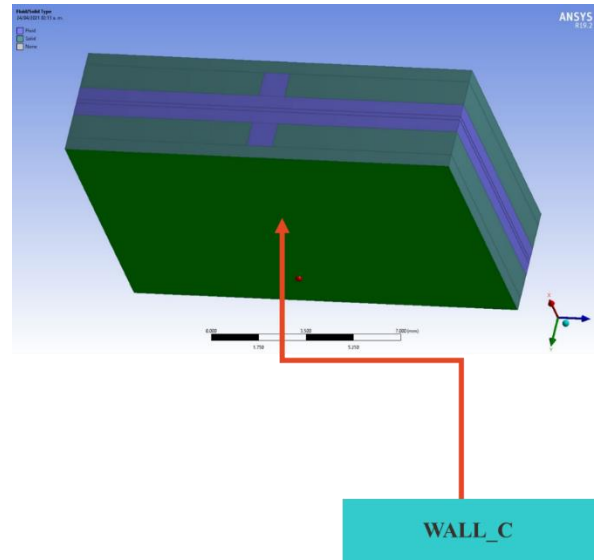


Fig. 5 Pared del colector del cátodo.

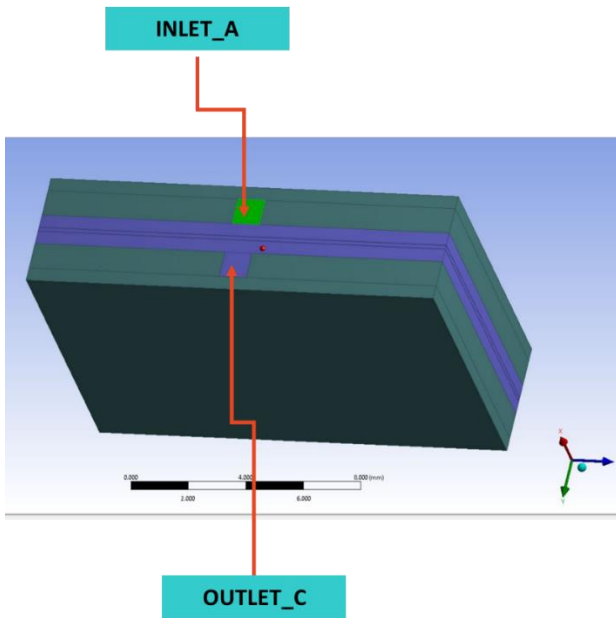


Fig. 6 Entrada del ánodo y salida del cátodo.

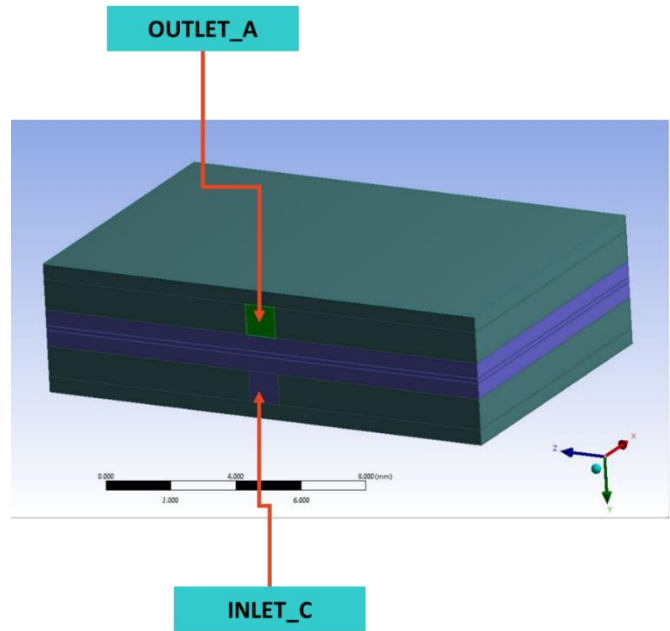


Fig. 7 Entrada del cátodo y salida del ánodo.

3. Se cierra Design Modeler.

## Implementación de técnicas de mado

Para realizar la malla en la geometría se sigue el siguiente proceso:

1. Se da doble clic en Mesh de la Fig. 1.
2. En el árbol de operaciones del proyecto (barra de trabajo del lado izquierdo) se selecciona Mesh y arrojará la ventana "Details of Mesh". En esta ventana se realiza la configuración mostrada en la Fig. 8.

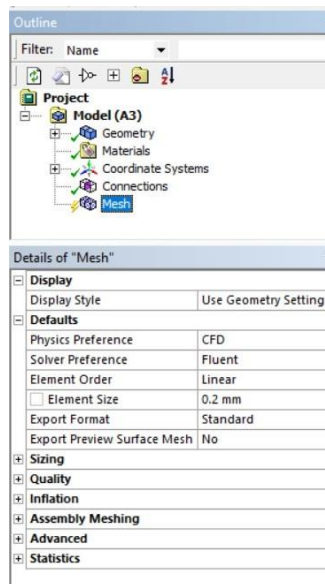


Fig. 8 Configuración de malla general.

3. En la parte de Sizing se activa el dimensionamiento adaptativo. Véase Fig. 9.

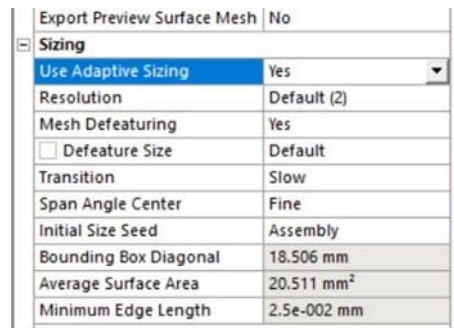


Fig. 9 Configuración de Sizing.

## Sizing

Se aplica a los bordes de a) membrana, b) catalizadores, c) capas de difusión, d) restantes de la geometría. Por practicidad se presenta el proceso una sola vez, pero es importante reconocer que es el mismo para cada una de las secciones.

1. Aplicar selector de bordes y el selector de caja para ahorrar tiempo de trabajo. Véase la Fig. 10.

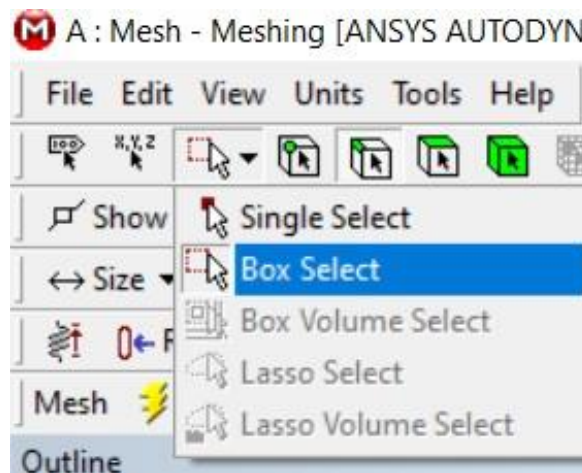


Fig. 10 Selector de caja.

El selector de caja tiene las siguientes direcciones de selección:

- Izquierda-derecha o arriba-abajo selecciona los elementos que entren completamente.
- Derecha-izquierda o abajo-arriba selecciona todo lo que entre incluso si sólo son secciones pequeñas.

2. Se seleccionan los bordes correspondientes > clic derecho > Insert > Sizing.
3. En la ventana “Details of Edge Sizing” se cambia a Number of divisions en Type.
4. En Number of Divisions se determina el valor de las divisiones requeridas. En la Fig. 11 se muestran el número de divisiones correspondientes a los bordes de los componentes mencionados.

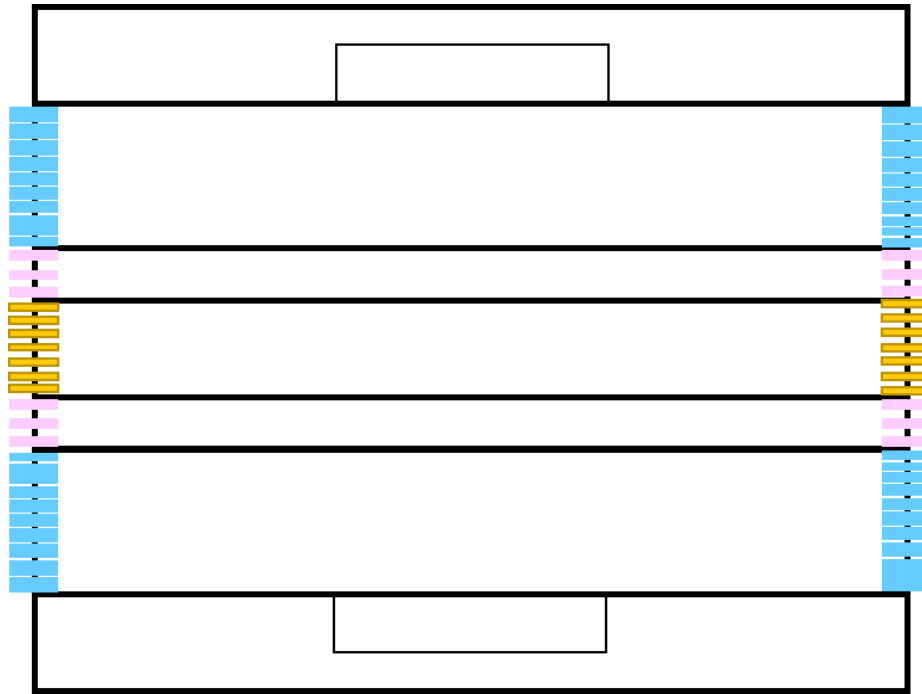


Fig. 11 Divisiones de los bordes.

Para el Sizing de la capa de difusión (GDL\_A, GDL\_C) se aplica un Bias Type donde las divisiones disminuyan de tamaño de mayor a menor (cátodo) y de forma inversa (ánodo).

5. Para los bordes restantes se aplica un Sizing de tamaño de elemento de 0.2 mm.

### Generación de malla

Para disminuir el tiempo de cómputo, la malla se genera por partes en el siguiente orden: a) colector y canal cátodo, b) colector y canal ánodo c) resto de componentes.

El procedimiento es el siguiente:

1. Se seleccionan los cuerpos.
2. Clic derecho > Generate Mesh on Selected Bodies.
3. Para el resto de la malla se realiza en componente Generate Mesh.
4. Se cierra ANSYS Meshing.



## Simulación Ansys Fluent

Para esta sección se carga un componente FLUENT de la barra de componentes en la interfaz de Workbench y se suelta en Mesh (véase Fig. 12). Después de cargarlo, es importante actualizar la malla. Véase la Fig. 13.

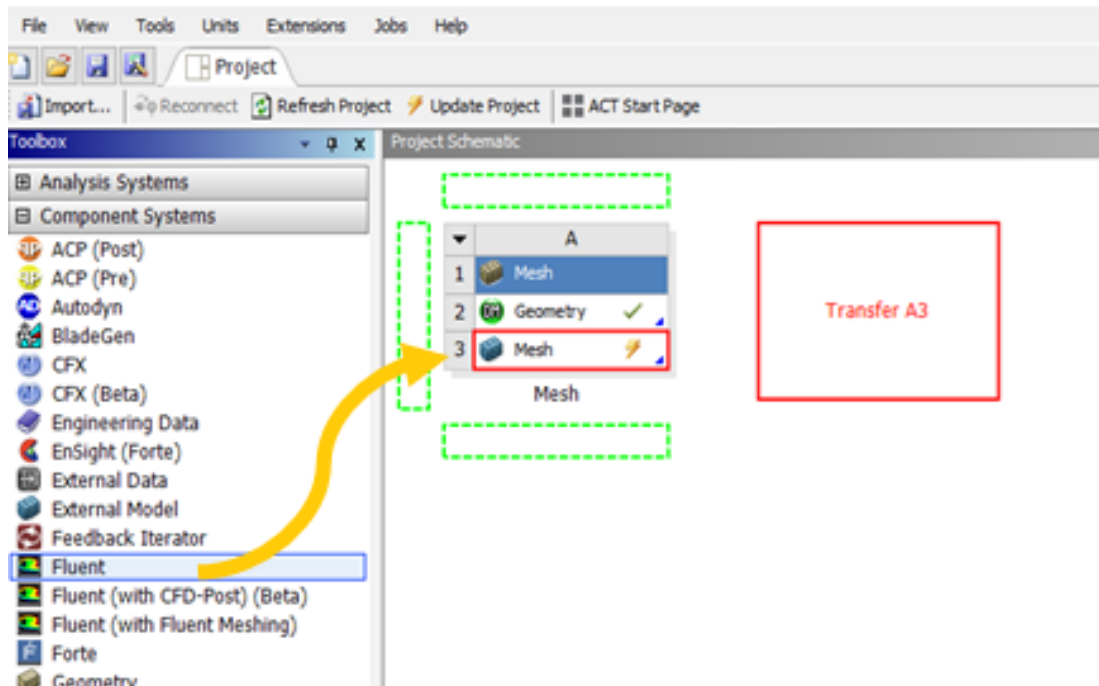


Fig. 12 Fluent.

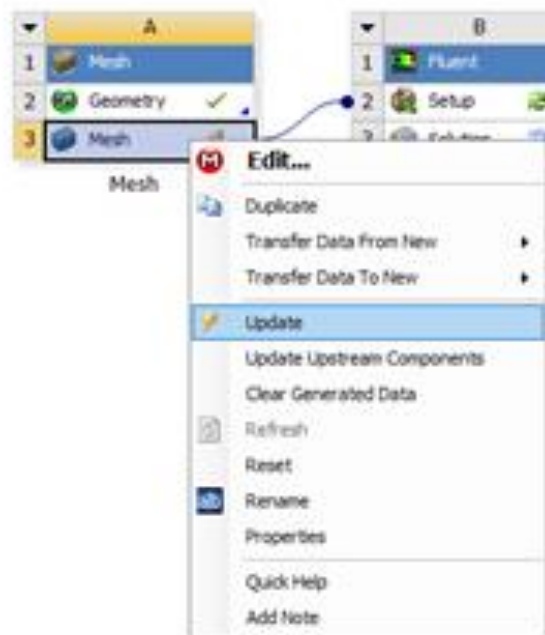


Fig. 13 Actualizar malla.

## Configuración Fluent

Al iniciar Fluent se debe realizar la configuración que se muestra en la Fig. 14.

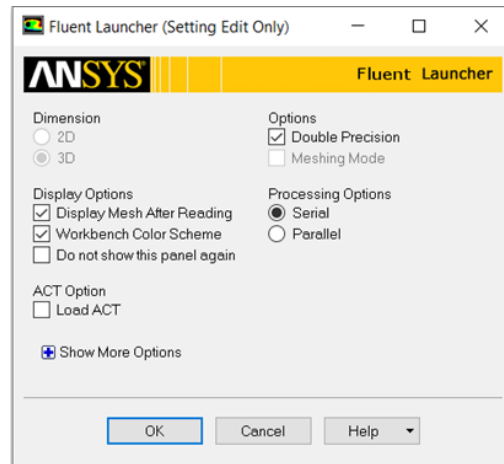


Fig. 14 Configuración Fluent.

Es importante considerar lo siguiente:

- Siempre se debe activar la doble precisión.
- Existe la posibilidad de utilizar más de un núcleo con la opción de solución en paralelo. Si esta se activa, es necesario precisar la cantidad de núcleos disponibles para calcular, un número mayor al disponible terminará cerrando ANSYS.
- No es recomendable utilizar todos los núcleos disponibles si la computadora va a ejecutar otras aplicaciones.
- Utilizar cuatro núcleos en lugar del sistema serial se puede reducir el tiempo a un tercio.

## Verificación de malla y calidad

Se recomienda que para cada nueva malla se realice un análisis “Check” junto a “Report Quality” con el fin de detectar algún problema de mallado.

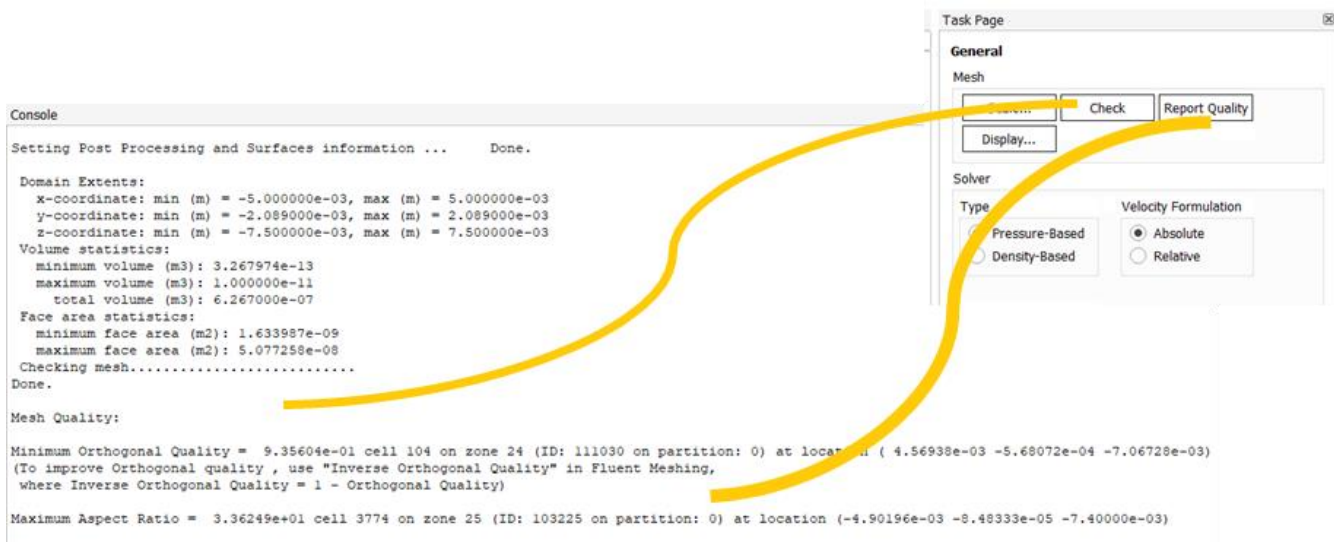


Fig. 15 Verificación de malla.

## Cargar módulo PEMFC

En la consola de comandos de Fluent se escribe el siguiente código:

define > models > add > 3

Después de ejecutarlo, el módulo se carga en la lista de modelos disponibles en la sección Models del árbol de operaciones (véase Fig. 16).

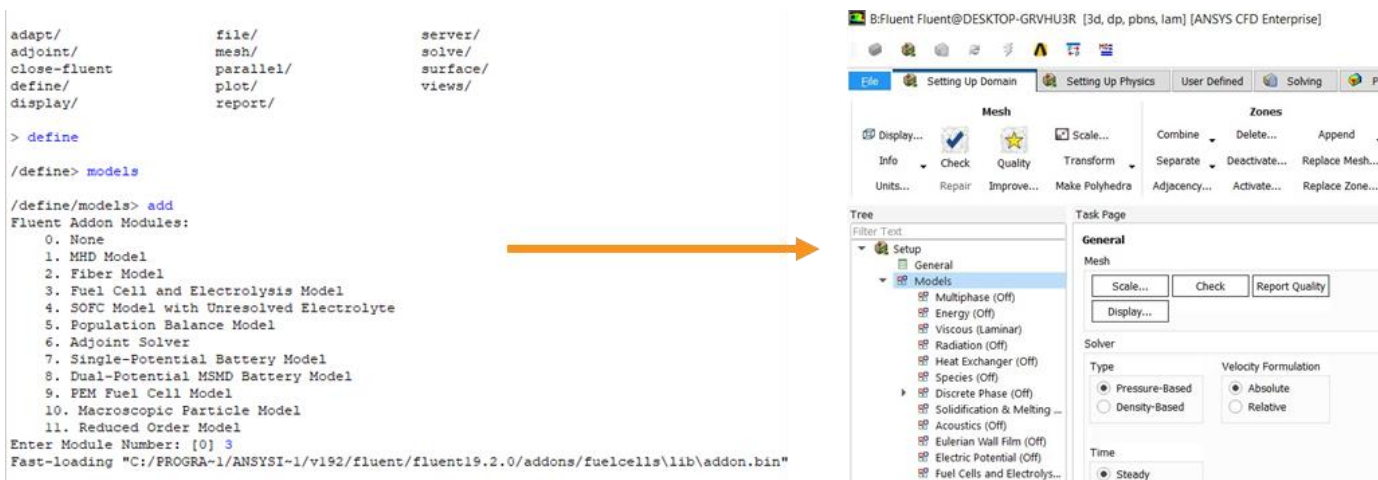


Fig. 16 Módulo PEMFC.

## Configuración de módulo PEMFC

En las Figs. (17) –(21) se presenta la secuencia de la configuración del módulo.

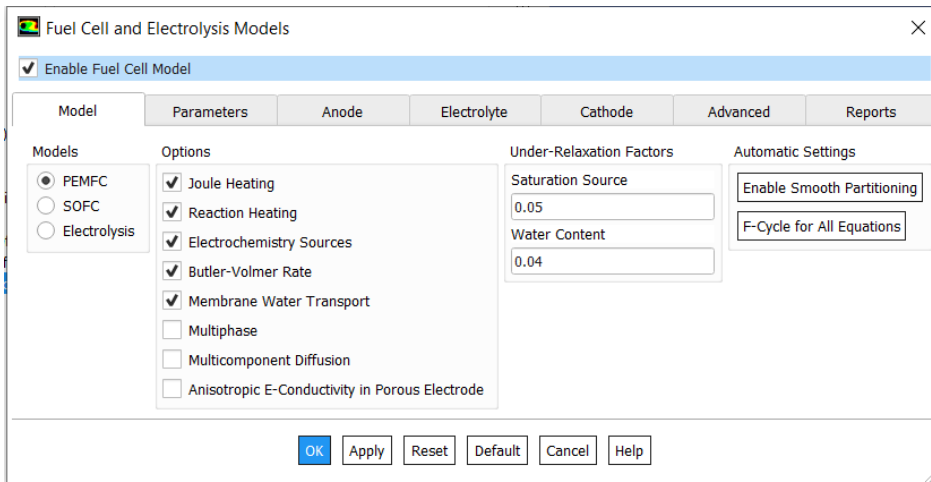


Fig. 17 Modelo.

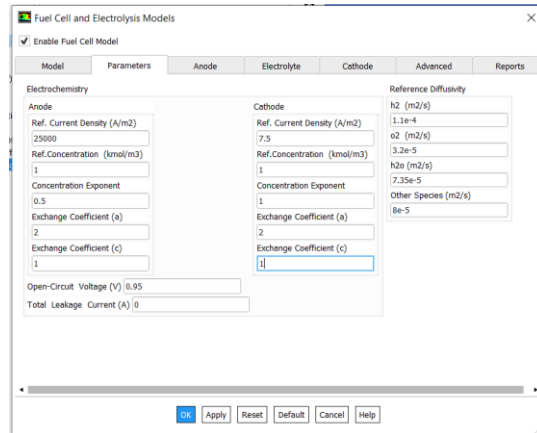


Fig. 18 Parámetros del modelo.

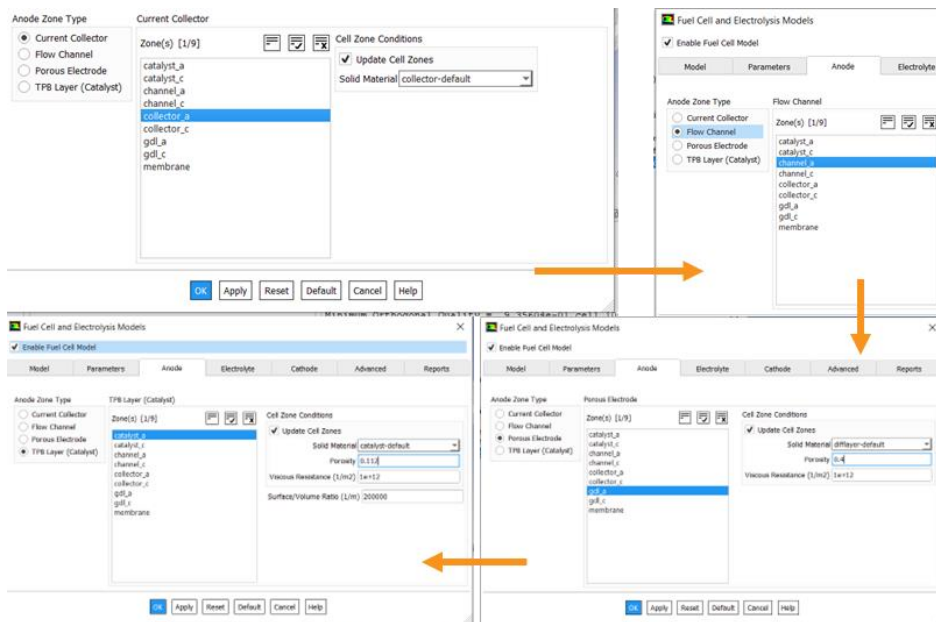


Fig. 19 Configuración de ánodo.

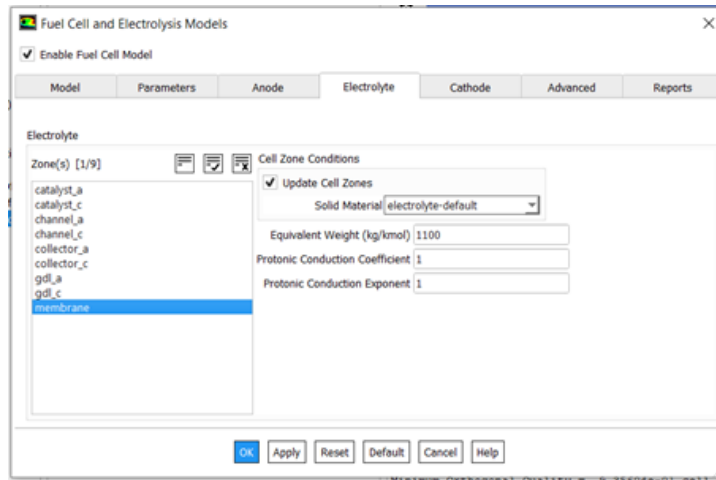


Fig. 20 Configuración de electrolito.

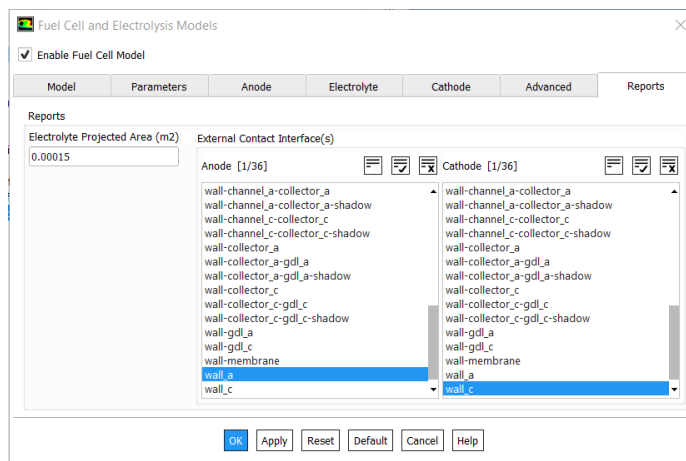


Fig. 21 Reportes.

## Modificación de la conductividad eléctrica

En la Fig. 22 se muestra la ventana para configurar la conductividad eléctrica para los materiales sólidos.

Los valores utilizados son los siguientes:

- Difflayer-default, Catalyst-default: 53 S/m.
- Collector-default:  $1.25 \times 10^5$  S/m.

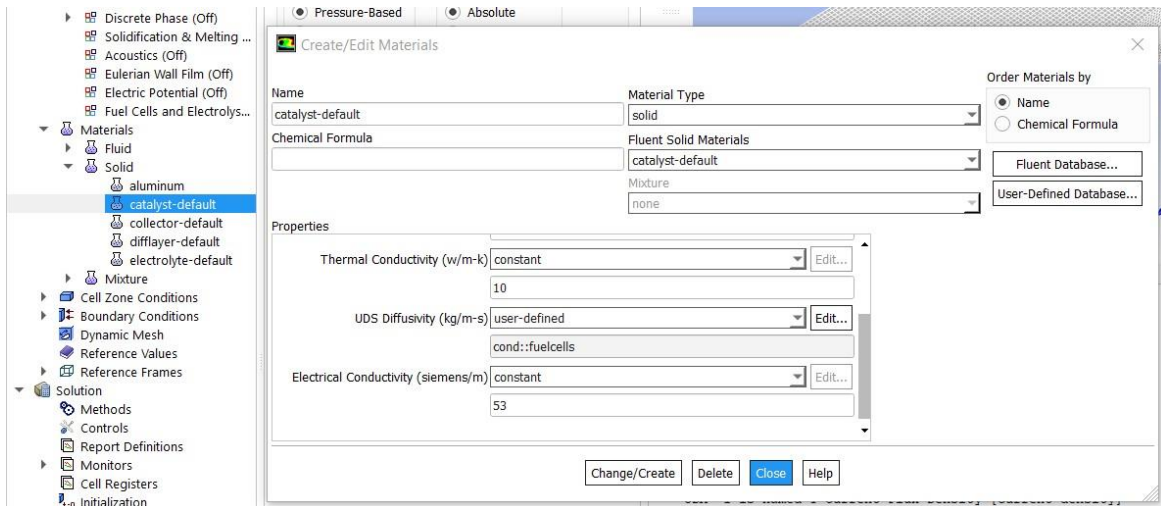


Fig. 22 Conductividad eléctrica.

## Condiciones de operación

En el árbol de operaciones en la ventana de Boundary Conditions se realizan las configuraciones presentadas.

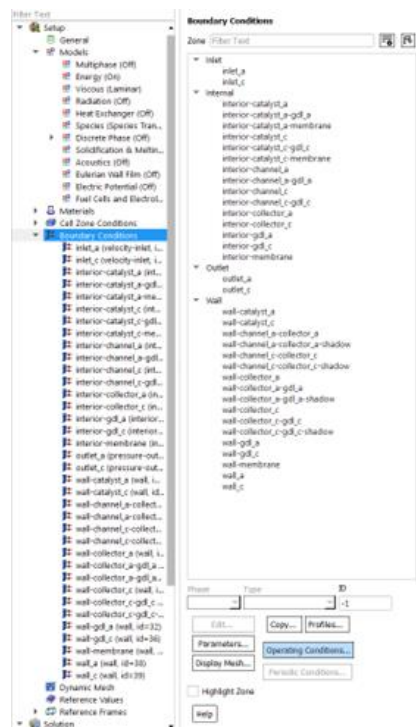


Fig. 23 Árbol de operaciones.

## Presión de operación

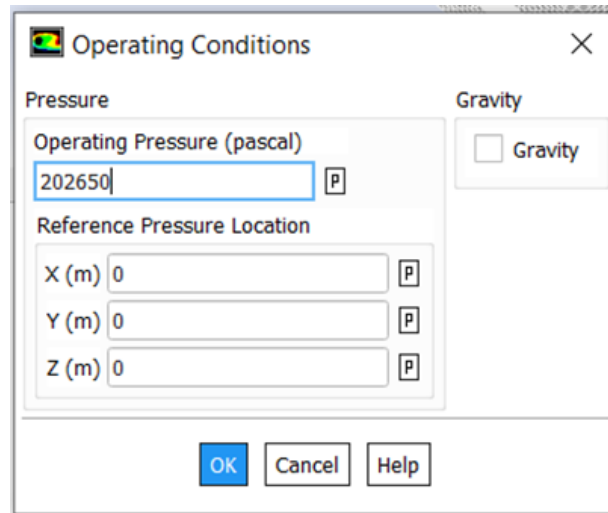


Fig. 24 Presión.

## Inlet\_A

- Velocidad de entrada de 0.43 m/s.
- Temperatura de 343 K.
- Especies
  - H<sub>2</sub>: 0.38.
  - H<sub>2</sub>O: 0.62.

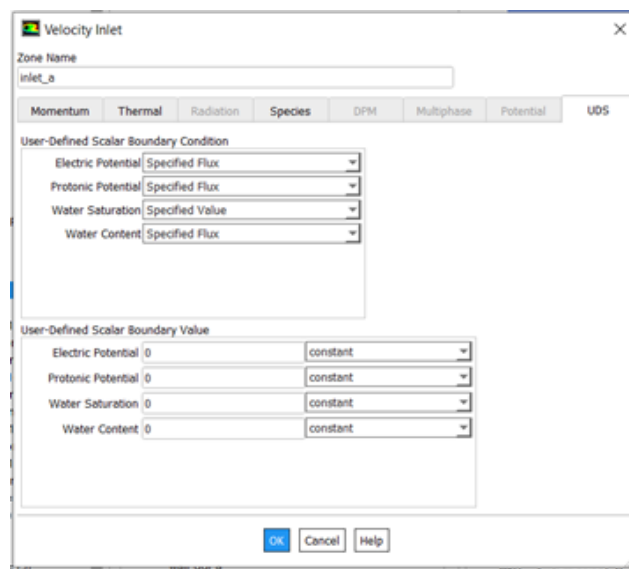


Fig. 25 Ventana UDS.

## Inlet\_C

- Velocidad de entrada de 0.24 m/s.
- Temperatura de 343 K.
- Especies
  - O<sub>2</sub>: 0.38.
  - H<sub>2</sub>O: 0.62.

## Outlet\_A y Outlet\_C

- Pressure Outlet.

- Temperatura de 343 K.

## Wall\_A

- Temperatura de 343 K.
- Potencial eléctrico 0 V.

## Wall\_C

- Temperatura de 343 K.
- Potencial eléctrico 0.1 – 0.9 V.

## Método de solución

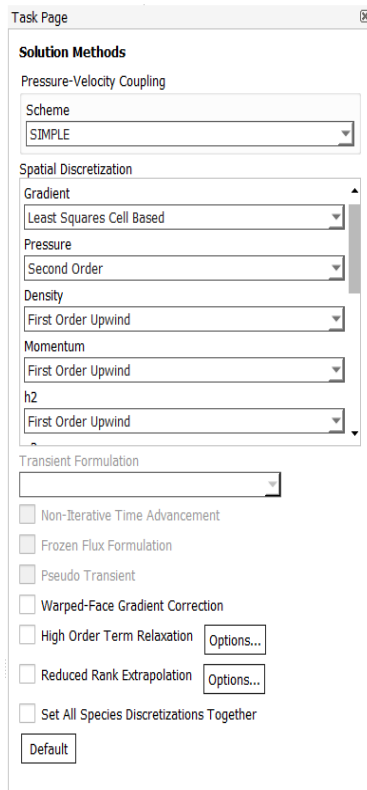


Fig. 26 Método de solución.



## Activación de residuales de convergencia

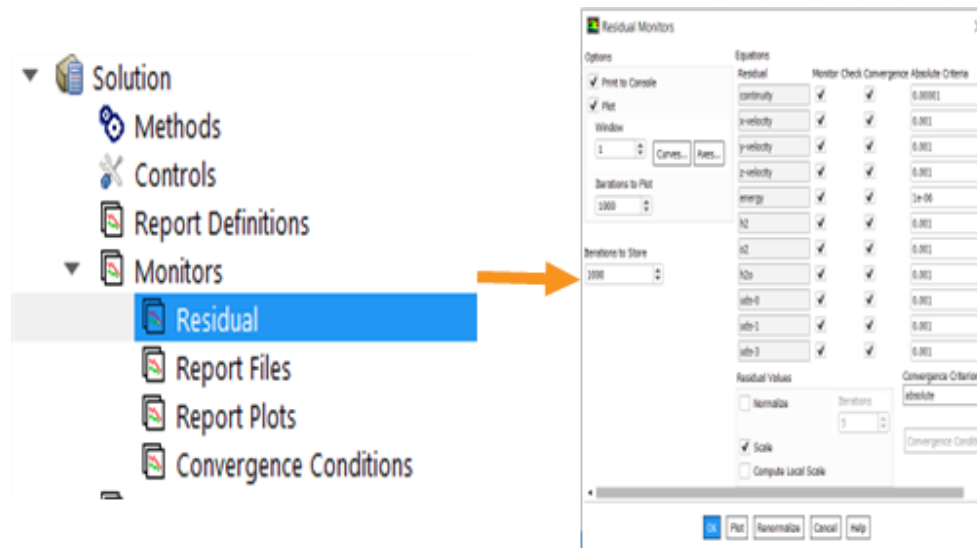


Fig. 27 Residuales.

## Inicialización de solución

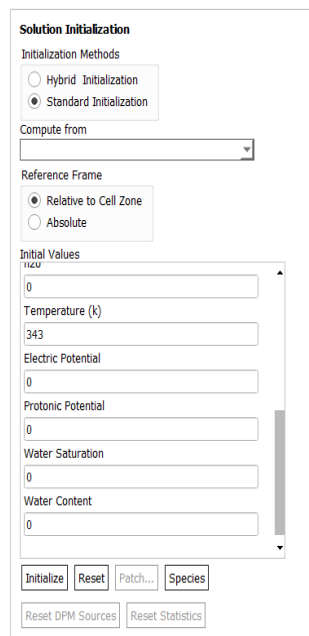


Fig. 28 Inicialización.

## Reportes

Se define un reporte de superficie del tipo Area-Weighted-Average sobre ambos bornes de la celda, WALL\_A y WALL\_C, activando la opción "Per Surface"

y “Report Plot” para conocer la corriente que fluye a través de ellos.

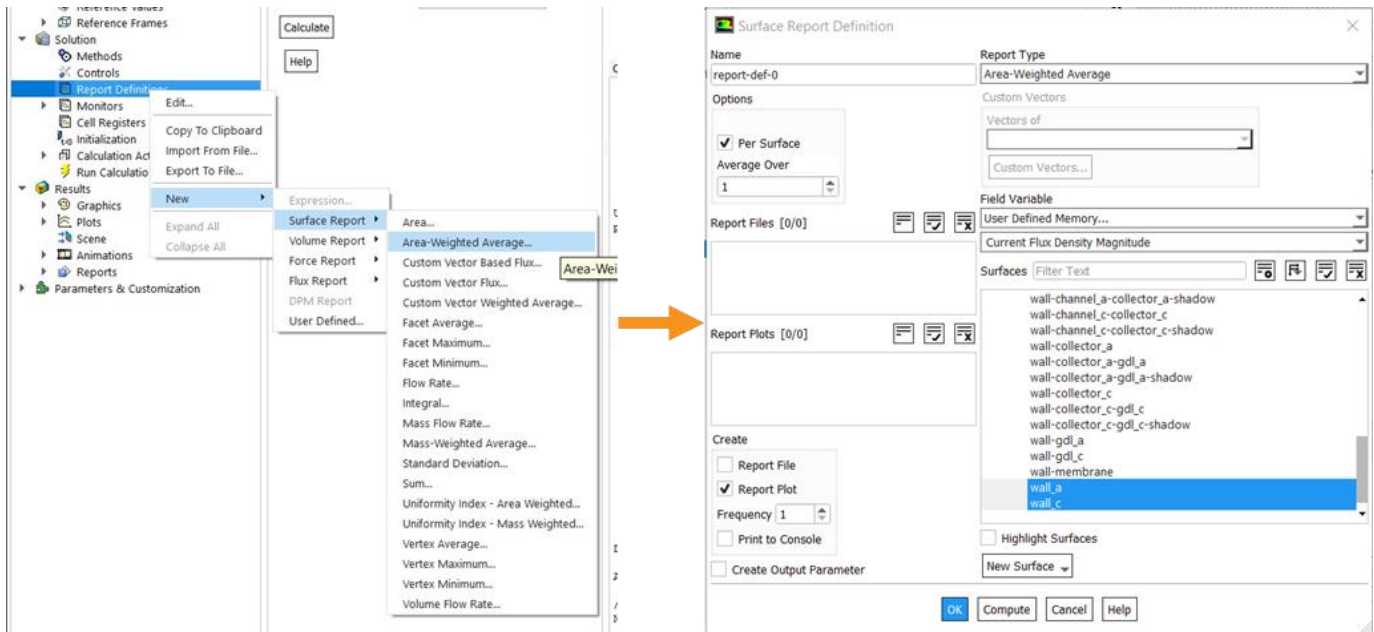


Fig. 29 Configuración de reportes.

## Cálculos

Se definen 350 iteraciones en la configuración de Run Calculation.

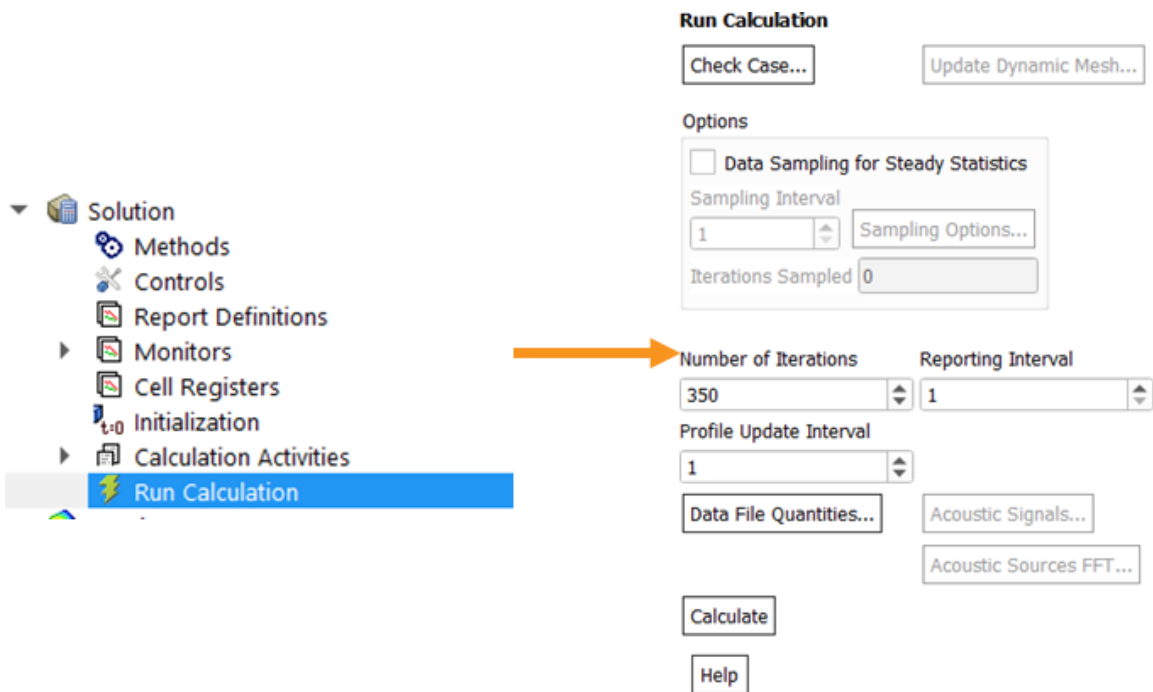


Fig. 30 Configuración de los cálculos.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen a la Universidad de Guanajuato por la creación de programas de esta magnitud que permiten a los estudiantes desarrollar los conocimientos adquiridos durante su formación. También extienden los agradecimientos al asesor, Dr. Abel Hernández Guerrero, por la confianza para llevar a cabo este proyecto de suma importancia para el futuro de la generación de energía a través de fuentes amigables con el medio ambiente.