

PRODIC3D

MANUAL DE USUARIO



DIEGO ROJAS & LUIS RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD DEL ZULIA, FACULTAD DE INGENIERÍA,
ESCUELA DE MECÁNICA. DEPARTAMENTO DE ENERGÍA.

JUNIO DE 2024. REVISIÓN. 00





INDICE

ACERCA DEL PAQUETE COMPUTACIONAL	3
REQUISITOS DEL PROGRAMA	4
CAPACIDADES Y LIMITACIONES DEL PRODIC3D	5
INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN	6
ESTRUCTURA DEL PRODIC3D	12
PREPRODIC3D	15
CAPACIDADES Y LIMITACIONES DEL PREPRODIC3D	16
VENTANA PRINCIPAL	18
VENTANA INICIO	20
VENTANA BORDES	21
VENTANA VARIABLES	23
VENTANA VALORES	24
VENTANA BORDES	25
VENTANA DENSIDAD	27
VENTANA SALIDA	28
CASOS DE ESTUDIO	29
Conducción radial en un cuerpo anular	30
Flujo y transferencia de calor en desarrollo en un ducto de sección cuadrada	34
Transferencia de calor conjugada en un ducto	39



ACERCA DEL PAQUETE COMPUTACIONAL

El programa PRODIC3D es una herramienta de simulación en Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) diseñada para proporcionar análisis detallados y precisos de flujos en tres dimensiones, extendiendo las capacidades de su predecesor, PRODIC, incorporando un enfoque tridimensional que permite a los usuarios modelar y simular comportamientos fluido dinámicos con excelente precisión.

Desarrollado utilizando lenguajes de programación y bibliotecas de software libre, PRODIC3D ofrece una interfaz de usuario intuitiva que facilita la configuración de simulaciones, la gestión de datos y la visualización de resultados a través de la integración con herramientas de postprocesamiento como ParaView.

El programa está dirigido a entornos académicos y de investigación, proporcionando una plataforma sólida para estudios de ingeniería, optimización de diseños y experimentación virtual, sin los costos asociados a pruebas físicas extensas. Su capacidad para adaptarse a diversas aplicaciones lo hace un recurso valioso tanto para educadores como para profesionales de la ingeniería.



REQUISITOS DEL PROGRAMA

Requisitos de Hardware:

- Procesador: Recomendado Intel i5 o equivalente.
- Memoria RAM: Recomendado 4 GB.
- Almacenamiento: Mínimo 200 MB, recomendado al menos 10 GB de espacio libre para la instalación de herramientas adicionales.
- Tarjeta Gráfica: Compatible con OpenGL, recomendada una GPU dedicada con al menos 2 GB de VRAM para el renderizado de gráficos 3D.

Requisitos de Software:

- Sistema Operativo: Compatible con Windows 7 (32 bits y 64 bits) o superior.



CAPACIDADES Y LIMITACIONES DEL PRODIC3D

CAPACIDADES

- El programa PRODIC3D está capacitado para resolver problemas tridimensionales difusivos-convectivos, tanto en coordenadas cartesianas como cilíndricas, manejando situaciones permanentes y no permanentes, lineales y no lineales.

LIMITACIONES

- El PRODIC3D manipula el flujo de fluido a través del algoritmo SIMPLE con la ecuación de continuidad en su forma incompresible, lo cual significa que flujos altamente compresibles o supersónicos no se adecuan al programa.
- El programa no cuenta con la opción de ingresar condiciones de contorno de presión conocida.
- El paquete computacional se limita al manejo de coordenadas cilíndricas y cartesianas, sin contar con la capacidad de manejo de coordenadas ortogonales curvilíneas.
- El PRODIC3D considera que la densidad no cambia con el tiempo en la ecuación de continuidad.

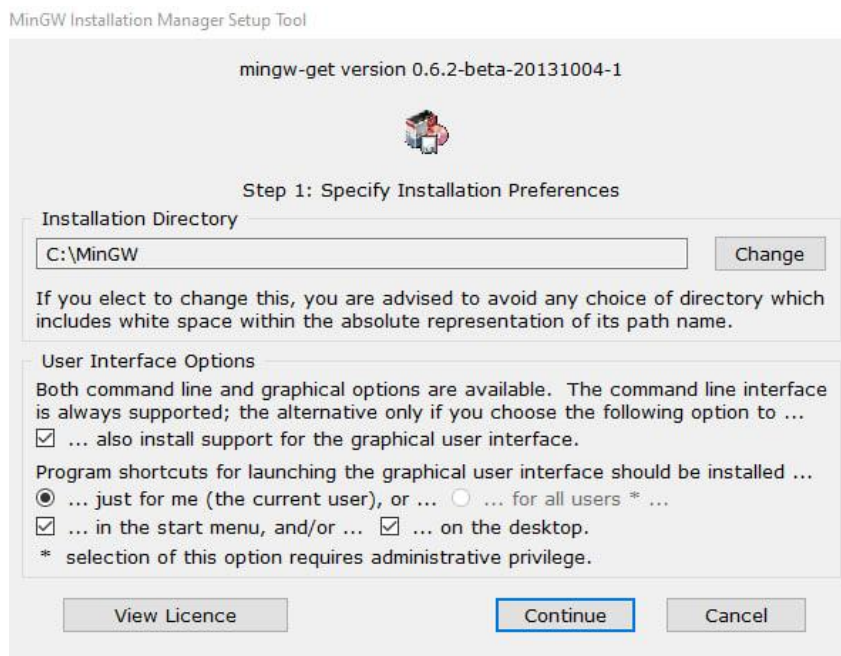


INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN

A continuación, se detallará el procedimiento de instalación de los programas necesarios para el completo funcionamiento del paquete computacional. A pesar de que el programa PrePRODIC3D es portable y no requiere instalación para funcionar por sí mismo, MinGW se necesita para la compilación y ejecución de la simulación, y ParaView se necesita para la visualización de los resultados.

Paso 1. Instalación de MinGW (gfortran.exe):

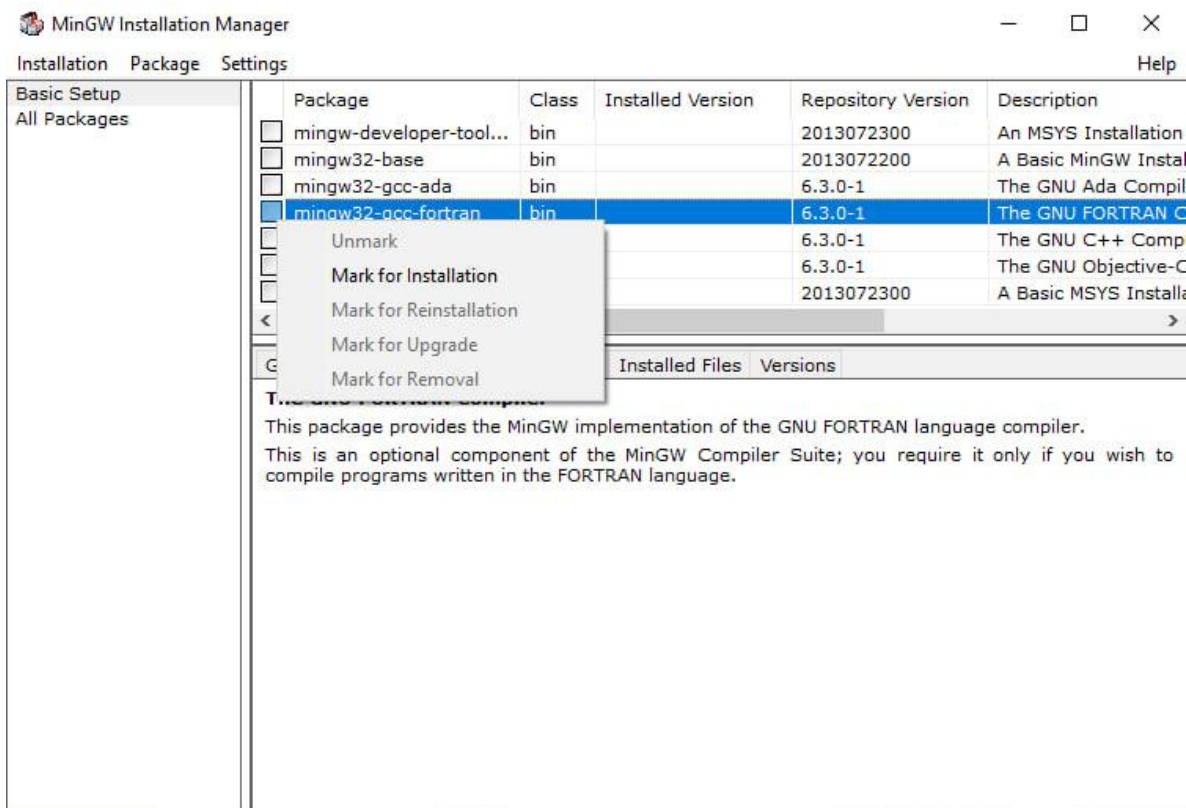
- I. **Descargar MinGW:** Visite la página oficial de [MinGW](http://mingw.org) y descargue el instalador (mingw-get-setup.exe).
- II. **Ejecutar el instalador de MinGW:**
 - Ejecute mingw-get-setup.exe. (Requiere conexión a internet)
 - Siga las instrucciones en pantalla. Se recomienda no cambiar la ruta de instalación y mantener la configuración por defecto durante la instalación.



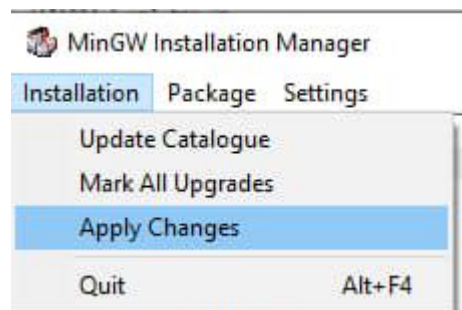


III. Configuración de MinGW:

- Proceda con la instalación hasta llegar a MinGW Installation Manager. A continuación, marque “Mark for Installation” para la instalación de mingw32-gcc-fortran y para mingw32-base.

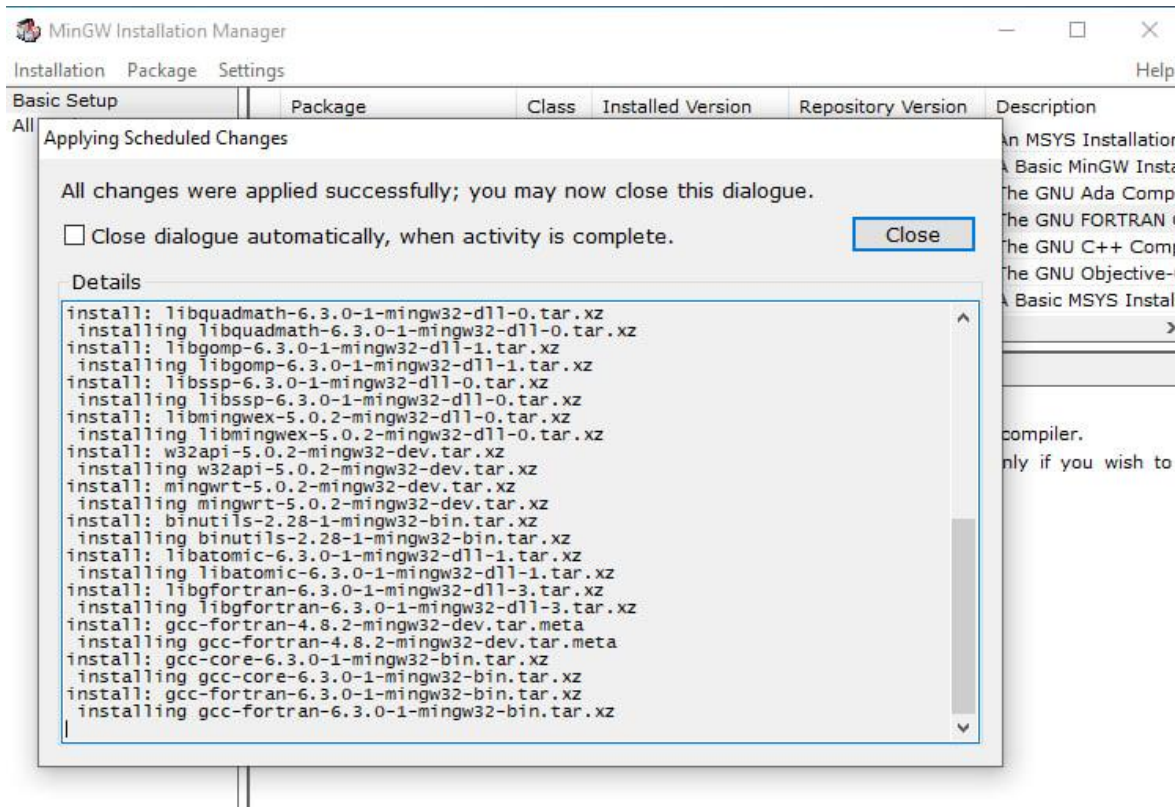


- Acto seguido en el menú de “Installation” seleccione “Apply Changes”.





- Finalmente, espere a que se complete la instalación. Una vez se muestre el mensaje de “All changes were applied successfully” habrá completado la instalación de MinGW y podrá cerrar el instalador.

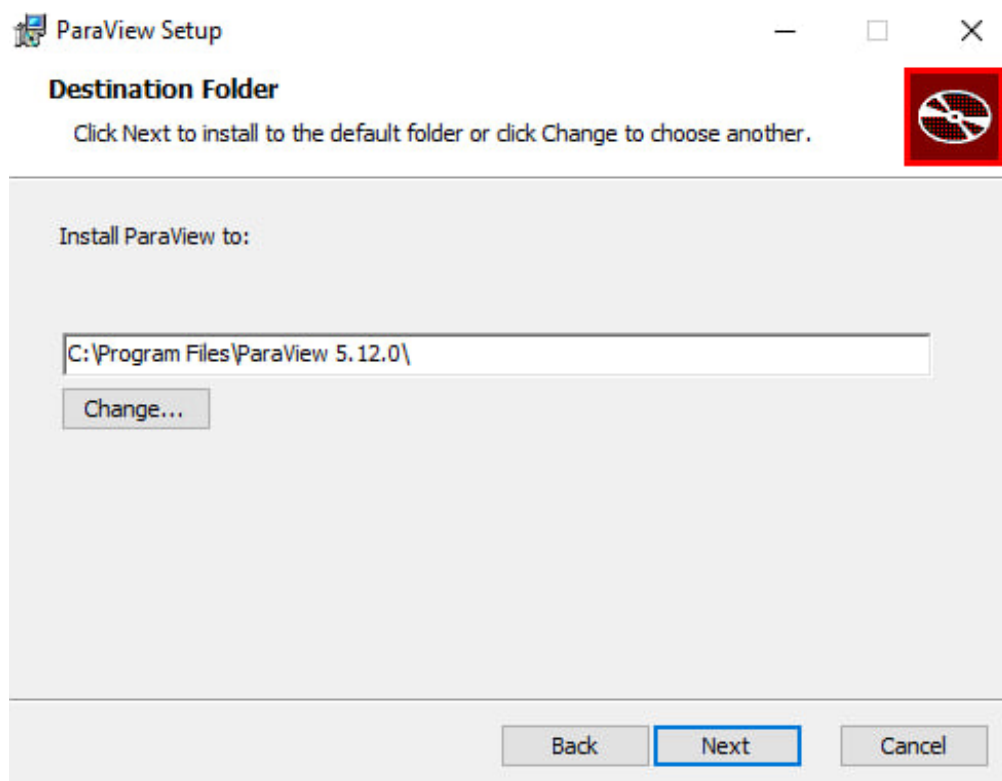


Paso II. Instalación de ParaView 5.12.0

- Descargar ParaView 5.12.0:** Visite la página oficial de [ParaView](#) y descargue la versión 5.12.0 adecuada para su sistema operativo.
- Ejecutar el instalador de ParaView:**
 - Ejecute el archivo descargado (por ejemplo, ParaView-5.12.0-Windows-64bit.msi).
 - Siga las instrucciones en pantalla para completar la instalación.



- Se recomienda no cambiar la ruta predeterminada de instalación.



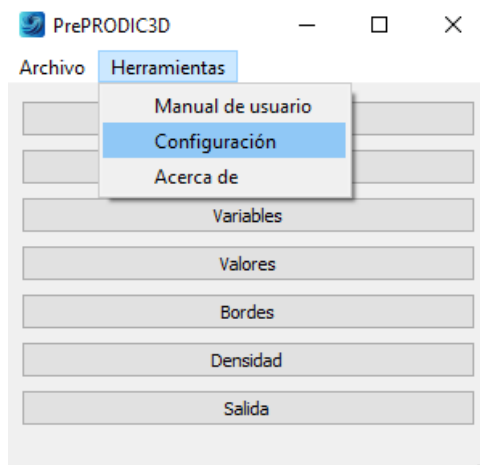
Paso III. Instalación de PrePRODIC3D

I. Descomprimir el archivo PrePRODIC3D.rar:

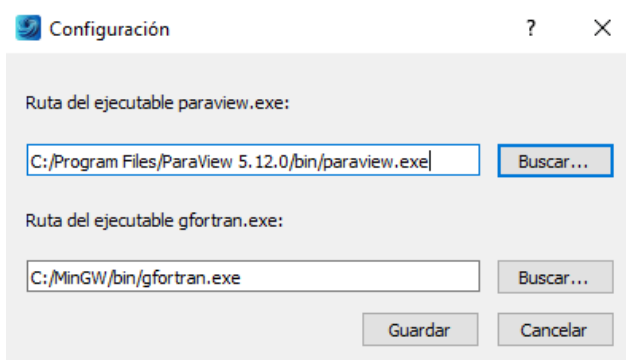
- a. Descomprima el archivo .rar en la ubicación de su preferencia.
- b. Para empezar a usar el programa ejecute el archivo PrePRODIC3D.exe

II. Configurar adicional (opcional):

- a. Se puede acceder a la configuración del PrePRODIC3D a través del menú de Herramientas.




- Por defecto, se usan las rutas predeterminadas en los procesos detallados anteriormente, por lo cual si ha seguido el proceso de instalación no requerirá ninguna configuración adicional.



- Sin embargo, si desea usar una versión distinta de ParaView o gfortran puede cambiar las rutas y guardar la configuración.
- Adicionalmente, si no desea usar alguno de estos dos programas, (por ejemplo, si desea compilar y ejecutar la simulación sin ejecutar ParaView) puede evitar mensajes de advertencia durante la generación de resultados si configura la ruta con la palabra "NO".



 Configuración ? X

Ruta del ejecutable paraview.exe:

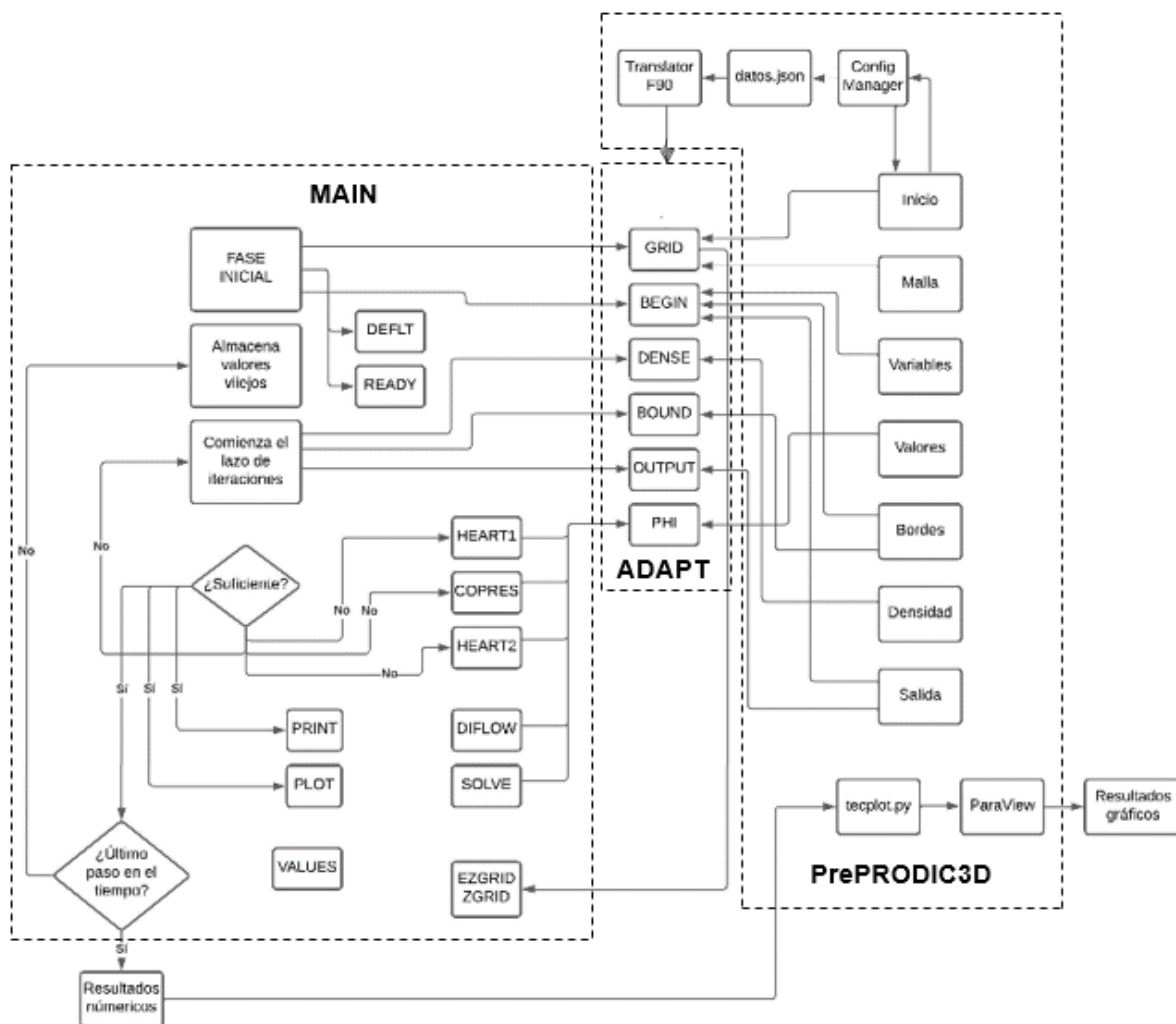
Ruta del ejecutable gfortran.exe:



ESTRUCTURA DEL PRODIC3D

El PRODIC3D se estructura en cuatro partes:

- PrePRODIC3D (Interfaz gráfica de usuario).
- Archivo ADAPT generado (Archivo compilable por el procesador, escrito en f90).
- MAIN (Código invariable, fuente de solución).
- ParaView (Herramienta de postprocesamiento de resultados).





El PrePRODIC3D provee de un archivo ADAPT generador a partir de la información ingresada por el usuario, este último comprende el archivo editable escrito en Fortran90 compatible con el solucionador del PRODIC3D. La parte invariable MAIN tiene en su haber todos los elementos necesarios para resolver la ecuación general de la conservación bajo sus distintas consideraciones, el procesador genera los resultados numéricos y gráficos. Los resultados gráficos pueden ser ejecutados directamente desde el PrePRODIC3D para ser visualizados desde el ParaVIEW como herramienta de postprocesamiento.

El flujo de trabajo para la simulación involucra estos componentes de las siguientes maneras:

TIPO DE SIMULACIÓN	FLUJO DE TRABAJO
Simulación estándar	<ol style="list-style-type: none">1. Configurar la simulación con el PrePRODIC3D2. Ejecutar la resolución de simulación3. Visualizar resultados gráficos con el Postprocesador
Simulación personalizada	<ol style="list-style-type: none">1. Configuración inicial de simulación con el PrePRODIC3D.2. Generar el archivo ADAPT desde el preprocesador.3. Configuración final de simulación desde la personalización del ADAPT generado.4. Ejecutar resolución de simulación a partir de ADAPT personalizado5. Visualizar resultados gráficos con el Postprocesador.



Simulación a partir de carga de datos	<ol style="list-style-type: none">1. Cargar archivo datos.json desde el PrePRODIC3D2. Ejecutar resolución de simulación3. Visualizar resultados gráficos con el Postprocesador
Simulación a partir de archivo ADAPT	<ol style="list-style-type: none">1. Cargar archivo ADAPT desde el PrePRODIC3D2. Ejecutar resolución de simulación3. Visualizar resultados gráficos con el Postprocesador
Simulación a partir de archivo tecplot	<ol style="list-style-type: none">1. Cargar archivo PLOT.000 desde el PrePRODIC3D2. Ejecutar resolución de simulación3. Visualizar resultados gráficos con el Postprocesador

El PrePRODIC3D te permite configurar un gran número de problemas en un entorno de trabajo amigable para el usuario, mientras que el archivo ADAPT generador te permite personalizar a mayor detalle las condiciones de simulación para luego ser ejecutado por el procesador y visualizar los resultados a partir del ParaView como herramienta de postprocesamiento.



PREPRODIC3D

El PrePRODIC3D es el preprocesador del paquete computacional PRODIC3D, el cual actúa como una interfaz gráfica de usuario donde se configuran y definen los parámetros necesarios para la simulación de problemas convectivos-difusivos en tres dimensiones.

Dentro de los aspectos configurables de la interfaz se encuentran: geometría del problema, definición de propiedades del fluido, configuración de condiciones de borde, valores generales, parámetros de fenómenos transitorios, entre otros.

Todo el proceso tiene lugar a través de un entorno gráfico intuitivo y accesible, diseñado para simplificar la complejidad inherente de la configuración de problemas y mejorando la eficiencia del flujo de trabajo durante el proceso de simulación, reduciendo significativamente el tiempo y esfuerzo necesario en la preparación de simulaciones por usuarios expertos o novatos.



CAPACIDADES Y LIMITACIONES DEL PREPRODIC3D

CAPACIDADES

- El programa PrePRODIC3D está en capacidad de configurar problemas de simulación difusivos-convectivos tridimensionales en coordenadas cartesianas y cilíndricas.
- Permite al usuario configurar la malla a ser empleada durante la simulación considerando para cada dirección una malla de zona única o varias zonas, inclusión de irregularidades geométricas en la malla, definir el número de volúmenes de control y las dimensiones del dominio.
- Permite establecer el tipo de simulación permanente o transitorio, definir las variables de estudio a ser resueltas durante el problema y establecer el tratamiento de condiciones de bordes de alto o bajo orden
- A través del PrePRODIC3D es posible definir valores generales en el dominio, desde el coeficiente de difusión para cada grupo de variables, inclusión de flotabilidad, además de poder configurar valores locales en el dominio tales como la inclusión de sólidos, fuentes de calor, entre otros.
- La interfaz gráfica cuenta con un apartado específico para la definición de condiciones de borde del problema, donde se categoriza cada como pared, entrada de masa o salida de masa. Dependiendo del caso se definirá un valor de temperatura, velocidad, flujo o convección. Además, a través de esta ventana es posible establecer un coeficiente de difusión para algún borde en específico.
- El PrePRODIC3D permite al usuario definir un valor de densidad general o local de valor constante o dependiente de la variable temperatura a través de la ventana Densidad
- La interfaz gráfica da la opción de configurar los resultados numéricos de salida a partir de la ventana Salida, donde se establece un nodo de monitoreo para cada una de las variables, número de iteraciones y promedio en las esquinas.



- El PrePRODIC3D cuenta con una serie de funciones para carga y almacenamiento de datos ingresados por el usuario.
- A través de las opciones de la interfaz es posible ejecutar directamente los resultados gráficos obtenidos por el programa para ser visualizados a través de ParaVIEW como herramienta de postprocesamiento.

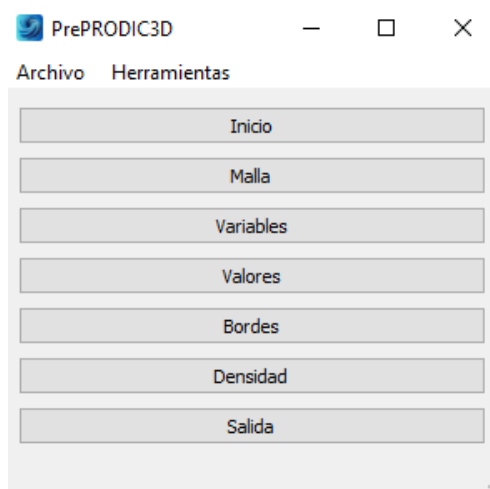
LIMITACIONES

- El PrePRODIC3D no permite definir más de una salida y entrada de masa por parte del usuario.
- La interfaz gráfica no cuenta con una previsualización del dominio y condiciones de borde ingresados por el usuario durante el proceso de simulación en tiempo real.
- El PrePRODIC3D no cuenta con la opción de incorporar distintos métodos de corrección de perfil de velocidad al momento de configurar bordes de salida masa.
- Actualmente el PrePRODIC3D únicamente permite definir un solo borde de salida de masa.
- La opción de flotabilidad se encuentra limitada a simulaciones en coordenadas cartesianas.
- El PrePRODIC3D actualmente permite un único punto de monitoreo por variable en la ventana Salida.



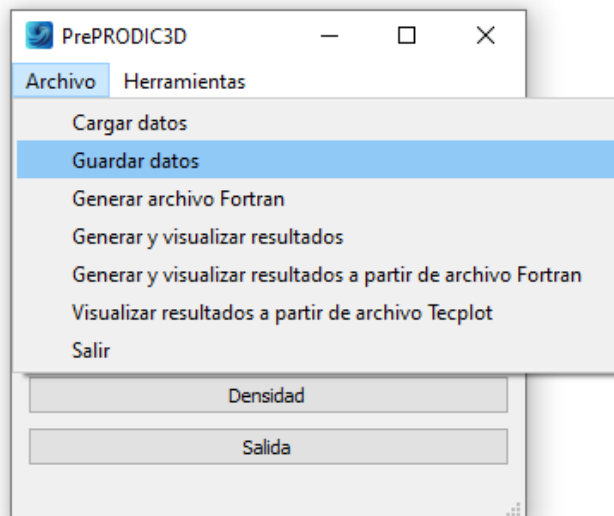
VENTANA PRINCIPAL

La ventana principal tiene la función de centralizar las funciones del programa, donde se reflejan los distintos subapartados en un orden secuencial, facilitando el ingreso de información por parte del usuario al momento de generar las simulaciones de los casos de estudio.



Además de representar el punto central de la interfaz al interconectar cada una de las subventanas, la ventana principal cuenta con una barra de herramientas la cual contiene las opciones de Archivo y Herramientas.

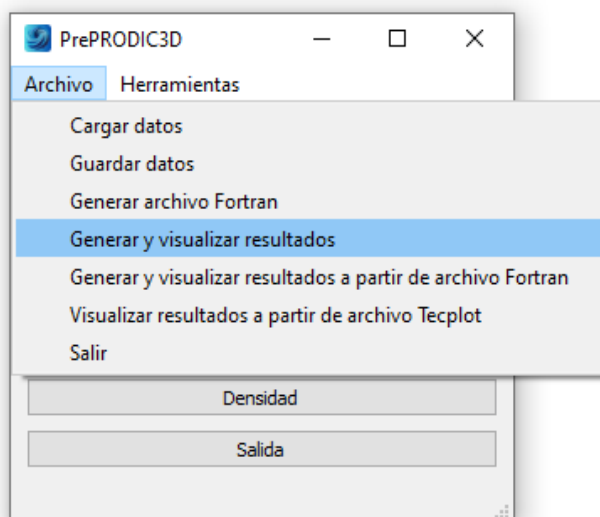
La opción de Archivo perteneciente a la ventana principal despliega una serie de funciones centrada en la gestión de archivos de datos y postprocesamiento, dentro de sus principales funciones se encuentra la de guardar y cargar los casos de estudios anteriormente ejecutados por





el programa, además de la generación de resultados numéricos y ejecución de resultados gráficos junto al programa ParaVIEW integrado a la interfaz.

La opción herramientas permite al usuario acceder al manual de la interfaz del PRODIC3D, brindando información específica de cada una de las ventanas acerca de sus funcionalidades y resolución de casos prácticos haciendo uso del preprocesador.





VENTANA INICIO

La ventana Inicio forma parte de los subapartados de la interfaz del PRODIC3D, el cual contiene la información inicial a ser ingresada por el usuario, donde se define el Título de la simulación que ira asociada a los resultados del archivo adaptable generado por la interfaz y la carpeta asociada al momento de guardar la información.

La imagen muestra una ventana de software titulada "Inicio - PrePRODIC3D" con un botón de cerrar (X) en la esquina superior derecha. El contenido de la ventana está organizado en un panel con el título "Inicio".

- El primer campo es "Titulo de la simulación", con un cuadro de texto que contiene el texto "Sin título".
- El segundo campo es "Nombre del archivo de impresión (máx. 8 caracteres)", con un cuadro de texto que contiene el texto "PRINTF".
- El tercer campo es "Nombre del archivo gráfico (máx. 8 caracteres)", con un cuadro de texto que contiene el texto "PLOTf".



VENTANA BORDES

La ventana malla es el apartado del preprocesador en el cual se ingresa la información que define la geometría del dominio y la distribución de volúmenes de control que componen la malla a emplearse durante la simulación. El PRODIC3D está en capacidad de manejar dominios en coordenadas cartesianas y cilíndricas, además de hacer uso de un sistemas de zonas denominado “ZGRID” o “EZGRID” los cuales hacen referencia a varias zonas o zonas únicas respectivamente.

Tanto para un sistema de zonas únicas y varias zonas, es necesario definir la longitud del dominio en cada dirección, numero de volúmenes de control y el valor de potencia, el cual añade cierta irregularidad en el tamaño de los volúmenes de control en esta dirección.

Malla - PrePRODIC3D

Malla

Coordenadas: **Cartesianas**

Numero de zonas: **Zona única**

Sistema: **Cerrado**

Dirección X				Dirección Y				Dirección Z			
X Longitud:		Y Longitud:		Z Longitud:		NVCX:		NVCY:		NVCZ:	
Potencia:		Potencia:		Potencia:							

Malla - PrePRODIC3D

Malla

Coordenadas: **Cartesianas**

Numero de zonas: **Varias zonas**

Sistema: **Cerrado**

Dirección X				Dirección Y				Dirección Z			
Zonas en X (2-10): 2				Zonas en Y (2-10): 2				Zonas en Z (2-10): 2			
Zona	Longitud	NVCX	Potencia	Zona	Longitud	NVCY	Potencia	Zona	Longitud	NVCZ	Potencia
1				1				1			
2				2				2			
3				3				3			
4				4				4			
5				5				5			
6				6				6			
7				7				7			
8				8				8			
9				9				9			
10				10				10			

Malla - PrePRODIC3D

Malla

Coordenadas: **Cilíndricas**

Numero de zonas: **Zona única**

Sistema: **Cerrado**

Dirección θ				Dirección R				Dirección Z			
θ Longitud:		R Inicial:		Z Longitud:		NVCθ:		NVCZ:			
Potencia:		R Longitud:		Potencia:		NVCθ:		Potencia:			



El sistema de varias zonas a diferencia de zona única, solicita al usuario definir el número de zonas que componen al dominio para cada dirección. Nótese que en coordenadas cilíndricas es necesario definir el radio inicial para aquellas configuraciones donde se cuenta con una geometría cilíndrica y sea necesario definir un diámetro interno

Malla - PrePRODIC3D

Malla

Coordenadas: Cilíndricas

Numero de zonas: Varias zonas

Sistema: Cerrado

Dirección θ

Zonas en θ (2-10): 2

Zona	Longitud	NCV θ	Potencia
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Dirección R

Zonas en Y (2-10): 2

R Inicial: 0

Zona	Longitud	NCVR	Potencia
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Dirección Z

Zonas en Z (2-10): 2

Zona	Longitud	NCVZ	Potencia
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			



VENTANA VARIABLES

La ventana “variables” es aquella que contiene la información asociada a las condiciones de la simulación y las variables de estudio. Según las condiciones de la simulación el usuario es capaz de definir la simulación de un fenómeno transitorio o permanente, fenómeno difusivo o flujo laminar, tolerancia y condiciones de tratamiento de bordes. Los problemas transitorios se definen a partir del número de pasos en el tiempo (IPTM) siendo este el número de veces que se va a realizar la simulación y el intervalo de tiempo (DT) el cual representa el periodo de tiempo comprendido entre cada uno de los pasos en el tiempo, en caso de ser permanente, el PRODIC3D considera que el valor del número de pasos en el tiempo es igual a cero.

El tipo de flujo establece la naturaleza de la simulación, donde se habilitan o deshabilitan una serie de opciones en los demás subapartados asociados al ingreso de información por parte del usuario dentro de la interfaz. En lo que respecta a las variables, es posible definir los indicadores de solución e impresión de cada variable, factores de relajación, nombres de variable.

Variables - PrePRODIC3D

Variables

Condiciones de la simulación

Tipo de simulación: Permanente

Tolerancia:

Tipo de flujo: Difusivo

Condiciones de tratamiento de borde: Esquema de alto orden

Variables a resolver

No.	Variables	Resolver	Imprimir	Relajamiento
1	Velocidad U	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Velocidad V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Velocidad W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Corrección de presión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Temperatura	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Presión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Función de corriente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Variables - PrePRODIC3D

Variables

Condiciones de la simulación

Tipo de simulación: Transitorio

Numero de pasos en el tiempo (IPTM):

Intervalo de tiempo (DT):

Tolerancia:

Tipo de flujo: Difusivo

Condiciones de tratamiento de borde: Esquema de alto orden

Variables a resolver

No.	Variables	Resolver	Imprimir	Relajamiento
1	Velocidad U	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Velocidad V	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Velocidad W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Corrección de presión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Temperatura	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Presión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Función de corriente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



VENTANA VALORES

En la ventana Valores se da a lugar los controles necesarios para la introducción de valores de propiedades del dominio o de las regiones locales contenidas dentro de este para cada una de las variables.

En el subapartado de valores generales del dominio por variable, se ven reflejadas las variables previamente seleccionadas en la ventana “Variables”, donde es posible definir un valor general para todo el dominio, coeficiente de difusión respectivo y e indicadores de resolución, adicionalmente se proporcionan opciones para implementar una condición de flotabilidad para los problemas de estudio, el cual se encuentra disponible para simulaciones en coordenadas cartesianas. A través de la ventana Valores es posible definir valores locales por variable, donde se delimita una región del dominio la cual contenga un volumen con una serie de características establecidas por el usuario, en donde es posible incorporar un término de fuente, valor lineal de variables y coeficiente de difusión local según sea el caso..



VENTANA BORDES

En el subapartado de Bordes el usuario tiene acceso a los campos que definen las condiciones de contorno del dominio para el problema a resolver, los cuales se categorizan en el PRODIC3D de la siguiente forma: Pared, entrada de masa y salida de masa.

The screenshot shows the 'Bordes - PrePRODIC3D' window with the following sections:

- División de bordes:** Includes a checkbox for 'V.C. Excluir bordes'. Below it are two columns, 'Y' and 'Z', each with two dropdown menus. The 'Y' column has values 0 and 1, and the 'Z' column has values 0 and 1.
- Bordes:** A list of boundary types: X Max, X Min, Y Max, Y Min, Z Max, and Z Min.
- Parches:** A list of patches, currently showing 'Borde base'.
- Buttons:** 'Agregar un parches' (highlighted with a blue border) and 'Eliminar un parches'.
- Tipo de borde:** A vertical panel on the right with checkboxes for 'Pared' (checked), 'Entrada de la masa', and 'Salida de la masa'.
- Variables:** A section at the bottom with a list of variables: Velocidad U, Velocidad V, Velocidad W, and Temperatura (highlighted). To the right of the list are checkboxes for 'Valor' (checked), 'Flujo', and 'Convección'. Further right are input fields for 'Valor' and 'Conductividad', and a 'Fracción másica' field with a value of 1.

Se observa que la ventana bordes se divide en secciones denominados División de bordes, tipo de borde y variables. El apartado de División de bordes permite al usuario seleccionar el borde del dominio a la hora de configurar su condición de contorno, nótese que la interfaz del PRODIC3D incorpora la opción de ingresar los denominados parches para un borde del dominio, estos parches vienen siendo un área del borde con una serie de características distintas al borde que lo contiene.



Una vez seleccionado el borde o parche, se define el tipo de borde, el cual puede ser tratado como pared, entrada de masa o salida de masa, dependiendo del tipo de borde se habilitaran una serie de campos en la ventana que permitan configurar de forma adecuada las características del tipo de contorno. Para el tratamiento de pared se debe de especificar el valor de la variable, condición de flujo o convección presente. En lo que respecta a la entrada de masa, se debe de definir la velocidad normal al borde y de aplicar, el valor de la variable, por ultimo para una condición de borde salida de masa, se define en el dominio una vez seleccionada una entrada de masa.



VENTANA DENSIDAD

La ventana Densidad brinda al usuario la posibilidad de expresar una serie de condiciones de densidad o capacidad de almacenamiento al dominio, tanto en condiciones general como locales, siguiendo un patrón similar al realizado en la ventana Valores con el uso del sistema de regiones y volúmenes.

La ventana se subdivide en dos secciones: Densidad de la región y conformación de la región, el primero permite la asignación del valor de densidad a través de una forma directa fijando un valor constante de densidad al dominio o un valor indirecto de densidad a través de la opción “Dependiente de la temperatura”, donde se debe de expresar una densidad y temperatura de referencia para aquellos casos donde la densidad dependa de la temperatura. En lo que respecta a conformación de la región, al igual que la ventana valores, permite definir una serie de regiones locales dentro del dominio.

Densidad - PrePRODIC3D ? X

Regiones

Región 1

Agregar una región

Eliminar última región

Conformación de la región

Volumen 1

Agregar un volumen

Eliminar último volumen

Densidad de la región

Condición Valor constante

Valor de densidad

Densidad de referencia

Temperatura de referencia

☐ V.C Excluir Bordes

X	Y	Z
<input type="button" value="v"/> 0	<input type="button" value="v"/> 0	<input type="button" value="v"/> 0
<input type="button" value="v"/> 1	<input type="button" value="v"/> 1	<input type="button" value="v"/> 1



VENTANA SALIDA

Corresponde al último apartado de ingreso de datos por el usuario en la interfaz gráfica y es aquella donde se definen las opciones de monitoreo de resultados numéricos y consideraciones finales de la simulación. Esta ventana cuenta con un listado de las variables involucradas en el fenómeno, de las cuales se le será asignada los nodos de monitoreo.

Dado que el PRODIC no resuelve las esquinas del dominio, el mismo realiza internamente algunos cálculos sencillos que podrían aproximarse a la realidad, y el usuario tiene la opción de considerar o no estas pequeñas modificaciones del comportamiento de las esquinas según crea conveniente para los resultados finales, dependiendo de la variable seleccionada. Adicionalmente se presentan una serie de opciones tales como el número de iteraciones e iteraciones de temperatura lo cual ajusta el indicador de solución de la temperatura para las últimas iteraciones de la simulación.

The screenshot shows a software window titled "Salida - PrePRODIC3D" with a standard Windows interface including a title bar, a question mark icon, and a close button (X). The main content area is titled "Opciones de salida" and is divided into four sections:

- Variables:** A list box containing "Velocidad U", "Velocidad V", "Velocidad W", and "Corrección de presión". "Velocidad U" is currently selected.
- Puntos de monitoreo:** Three input fields labeled X, Y, and Z, each with a small rectangular box next to it for data entry.
- Promedio en las esquinas:** A group of checkboxes for selecting corner averaging options. The options are:
 - ☐ Todas las esquinas
 - ☐ (1, 1, 1)
 - ☐ (L1, 1, 1)
 - ☐ (1, M1, 1)
 - ☐ (1, 1, N1)
 - ☐ (L1, M1, 1)
 - ☐ (1, M1, N1)
 - ☐ (L1, 1, N1)
 - ☐ (1, 1, N1)
 - ☐ (L1, M1, N1)
- Otras opciones:** A group of settings including:
 - "Numero de iteraciones" with a text box containing the value "5".
 - "Iteraciones de temperatura" with an empty text box.
 - "TW" with an empty text box.
 - A checkbox for "Cálculos adimensionales", which is currently unchecked.



CASOS DE ESTUDIO

Se presentan una serie de casos de estudio con el objetivo de familiarizar al usuario con el entorno gráfico del programa PRODIC3D a través de la resolución de fenómenos en tres dimensiones haciendo uso de las herramientas disponibles en la interfaz gráfica.

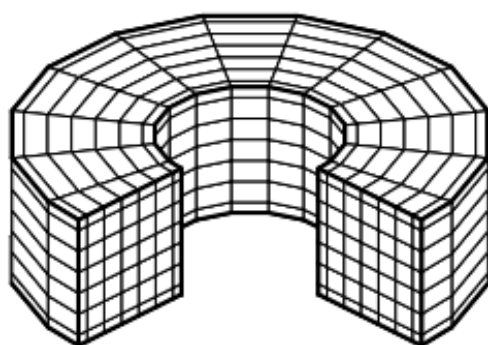
A continuación se anexa la lista de ejercicios a ser resueltos.

Índice	Caso de estudio
1	Conducción radial en un cuerpo anular.
2	Conducción estable en un cubo.
3	Transferencia de calor conjugada en un ducto



Conducción radial en un cuerpo anular

Se considera un anillo de espesor igual a 1.5 y diámetros interior y exterior iguales a 1 y 2.5 respectivamente. Donde la temperatura de la cara interior es conocida e igual a uno, mientras que para la cara exterior la temperatura es igual a cero. En los planos extremos de las direcciones circunferencial (θ) y longitudinal (z) no existe flujo de calor.



INICIO: El nombre seleccionado seria MEDIA SECCIÓN ANULAR

INICIO	
Título	MEDIA SECCIÓN ANULAR
Archivo Impresión	PRINTF.out
Archivo Gráfico	PLOTF

MALLA: Para la geometría, según las especificaciones del problema se trabaja bajo un sistema de coordenadas cilíndricas, al ser una sección media anular, esta corresponde a un sistema abierto, por la simpleza del fenómeno se selecciona un caso de zona única

Según la geometría especificada, se toma en cuenta para cada dirección: Longitud θ igual a la longitud de arco, es decir " $R \cdot \text{Angulo}$ ", respecto a la dirección R , el radio inicial corresponde al radio interno de la sección anular y la longitud de R es la diferencia entre el radio externo e interno. La longitud Z corresponde al espesor de la media sección anular.



MALLA								
Coordenadas	Cilíndricas	<input checked="" type="checkbox"/>	N° de Zonas	Zona única	<input checked="" type="checkbox"/>	Sistema	Abierto	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cartesianas	<input type="checkbox"/>		V. Zonas	<input type="checkbox"/>		Cerrado	<input type="checkbox"/>
Coordenada θ			Coordenada R			Coordenada Z		
			R Inicial	1				
θ Longitud	4,7123895		R Longitud	1.5		Z Longitud	1.5	
NVC θ	12		NVCR	6		NVCZ	6	
θ Potencia			R Potencia			Z Potencia		

VARIABLES: El fenómeno se caracteriza por ser permanente y difusivo al tratarse únicamente con la variable Temperatura. Para esta variable se seleccionaran los indicadores de solución e impresión

VARIABLES								
Tipo de Simulación	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	Tipo de Flujo	Difusivo	<input checked="" type="checkbox"/>	Tratam. Condición de borde	Bajo Orden	<input type="checkbox"/>
	Transitorio	<input type="checkbox"/>		Flujo Laminar	<input type="checkbox"/>		Alto Orden	<input type="checkbox"/>
Lista de variables								
No.	Variables		Resolver		Imprimir		Relajamiento	
5	Temperatura		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			

VALORES: Para el tipo de configuración, se selecciona el indicador de resolución para la variable Temperatura asociado con la extrapolación exceptuando la dirección R.

VALORES									
Valores Generales									
Variables	Valor General	Coef. Difusivo	Extrapolación excepto				Ind. Impres	Ind. C.Bloq	Valores locales
			Esq	X	Y	Z			
Temperatura					<input checked="" type="checkbox"/>				



BORDES: Según las condiciones de borde, se tomara en cuenta el borde mínimo de R una temperatura igual a 1.0 y el borde máximo en R un valor de temperatura igual a cero, para el resto de bordes marcar condiciones adiabáticas, es decir, Marcar flujo y asignar valores iguales a cero para cada componente (FC y FP), una alternativa es marcar únicamente la casilla flujo sin ingresar información para el campo de componentes ya que estos por defecto son iguales a cero.

BORDES											
Variables											
Borde	T.Seg		Variable	Limites	Valor		FC / FP		Conv./ Tamb		Coef. Dif.
θ Máximo	B.B		Temperatura				0/0				
θ Mínimo	B.B		Temperatura				0/0				
R Máximo	B.B		Temperatura		0						
R Mínimo	B.B		Temperatura		1						
Z Máximo	B.B		Temperatura				0/0				
Z Mínimo	B.B		Temperatura				0/0				
θ Máximo	B.B		Temperatura				0/0				

SALIDA: para las opciones de salida, se seleccionan un numero de iteraciones iguales a 5 y el punto de monitoreo corresponde a la coordenada (5,5,5) para la variable Temperatura

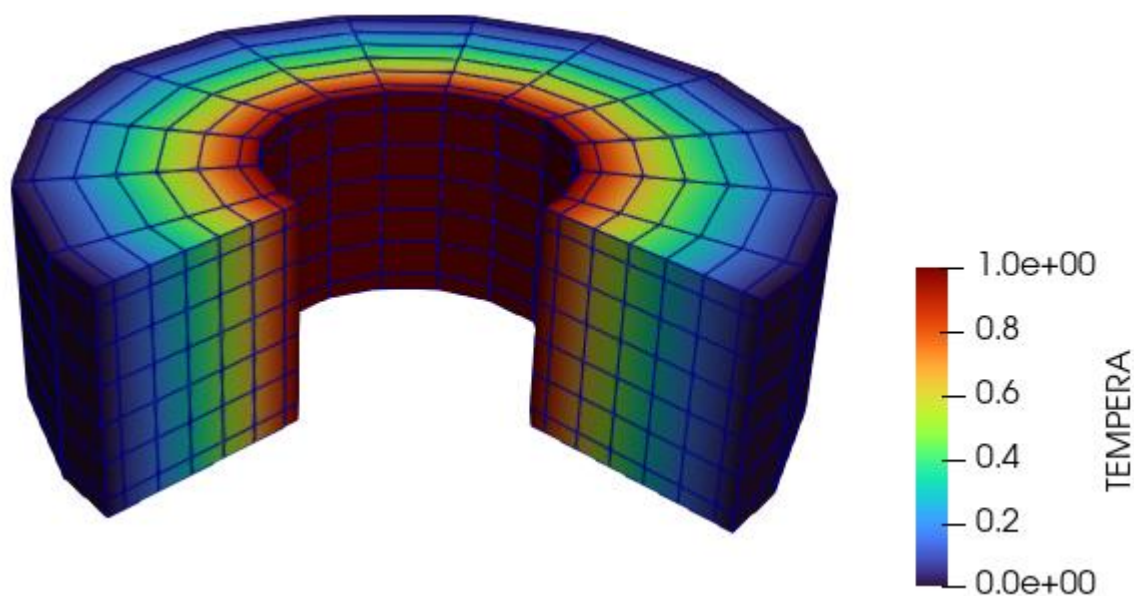
SALIDA			
Puntos de Monitoreo			
Numero de iteraciones			5
Variable	Coordenada θ	Coordenada R	Coordenada Z
Temperatura	5	5	5



Una vez llenados cada uno de los campos, dirigirse a la “Ventana principal” y seleccionar la opción de la barra de tareas superior correspondiente a “Archivo”.

En este apartado se cuenta con una serie de opciones de generación de resultados, donde es posible seleccionar entre generar archivo Fortran para seguidamente generar y visualizar a partir de archivo Fortran, o directamente ejecutar la opción “Generar y visualizar resultados”

RESULTADOS

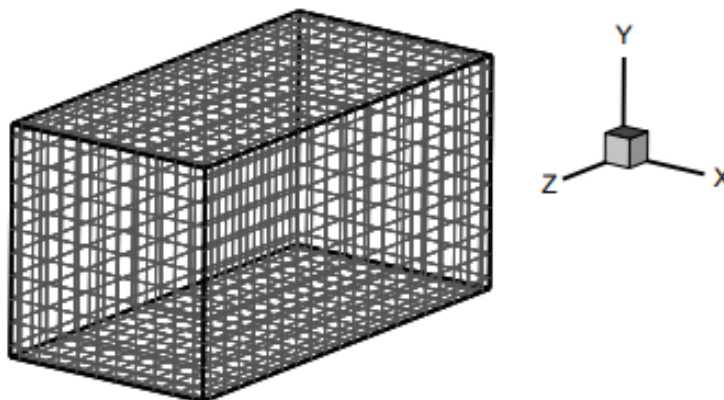




Flujo y transferencia de calor en desarrollo en un ducto de sección cuadrada

La geometría del problema consiste de un ducto de sección cuadrada de lado 1.0 y longitud 2.5. La condición de temperatura establece que la temperatura de la pared TW es constante e igual a 0, mientras que a la entrada se tiene temperatura de entrada y flujo unitarios.

Determine la distribución de temperaturas y velocidad, de forma adimensional, ya que cuando el perfil de velocidades se hace constante y el flujo es térmicamente desarrollado, pues allí los valores se hacen independientes de la coordenada z, por lo que el problema puede analizarse bidimensionalmente.



INICIO: El nombre seleccionado sería DUCTO DE SECCION CUADRADA.

INICIO	
Título	DUCTO DE SECCION CUADRADA
Archivo Impresión	PRINTF
Archivo Gráfico	PLOTf



MALLA								
Coordenadas	Cilíndricas	<input type="checkbox"/>	N° de Zonas	Zona única	<input checked="" type="checkbox"/>	Sistema	Abierto	<input checked="" type="checkbox"/>
	Cartesianas	<input checked="" type="checkbox"/>		V. Zonas	<input type="checkbox"/>		Cerrado	<input type="checkbox"/>
Coordenada X		Coordenada Y			Coordenada Z			
X Longitud	1	Y Longitud		1	Z Longitud		2.5	
NVCX	21	NVCY		21	NVCZ		25	
X Potencia		Y Potencia			Z Potencia			

VARIABLES								
Tipo de Simulación	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	Tipo de Flujo	Difusivo	<input type="checkbox"/>	Tratam. Condición de borde	Bajo Orden	<input checked="" type="checkbox"/>
	Transitorio	<input type="checkbox"/>		Flujo Laminar	<input checked="" type="checkbox"/>		Alto Orden	<input type="checkbox"/>
Tolerancia				1.E-10				
Lista de variables								



No.	Variables	Resolver	Imprimir	Relajamiento
1	Velocidad U	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.5
2	Velocidad U	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.5
3	Velocidad U	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.5
4	Corrección de presión	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	'Temperatura'	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	Presión	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.8
12	Función de corriente	<input type="checkbox"/>		

BORDES: Como bien es especificado en el enunciado, las condiciones de borde del fenómeno abarcan un valor de temperatura igual a cero en las paredes del ducto, es decir, X_{max} , X_{min} , Y_{max} , Y_{min} , son consideradas como paredes de temperatura igual a cero. En lo que respecta a Z_{min} , este borde contempla un borde con entrada de masa y temperatura inicial iguales a la unidad. Z_{max} por su parte corresponde a la salida de masa, donde es necesario aplicar el método de corrección de perfil de velocidad, donde es necesario considerar flujo igual a cero para cada una de las variables a excepción de la velocidad normal de salida W , la cual debe de considerar una viscosidad igual a cero.

BORDES											
Variables											
Borde	Seg		Variab.	Limites	Valor		FC / FP		Conv./Tamb		Coef. Dif.
X Máximo	B.B	<input type="checkbox"/>	Temper.		0						
X Mínimo	B.B	<input type="checkbox"/>	Temper.		0						
Y Máximo	B.B	<input type="checkbox"/>	Temper.		0						
Y Mínimo	B.B	<input type="checkbox"/>	Temper.		0						
Z Máximo	B.B	<input checked="" type="checkbox"/>	Vel. U				0/0				
Z Máximo	B.B	<input checked="" type="checkbox"/>	Vel. V				0/0				



Z Máximo	B.B	<input checked="" type="checkbox"/>	Vel. W								0
Z Máximo	B.B	<input checked="" type="checkbox"/>	Temper.				0/0				
Z Mínimo	B.B	<input checked="" type="checkbox"/>	Temper.		1	<input checked="" type="checkbox"/>					
Z Mínimo	B.B	<input checked="" type="checkbox"/>	Vel. W		1	<input checked="" type="checkbox"/>					

SALIDA: para las opciones de salida, se seleccionan un numero de iteraciones iguales a 300, iteraciones para la variable de temperatura igual a 5, y un punto de monitoreo común (12,12,23) para las variables Temperatura y Velocidad W. Se habilita la opción de cálculos adimensionales con un valor TW igual a cero.

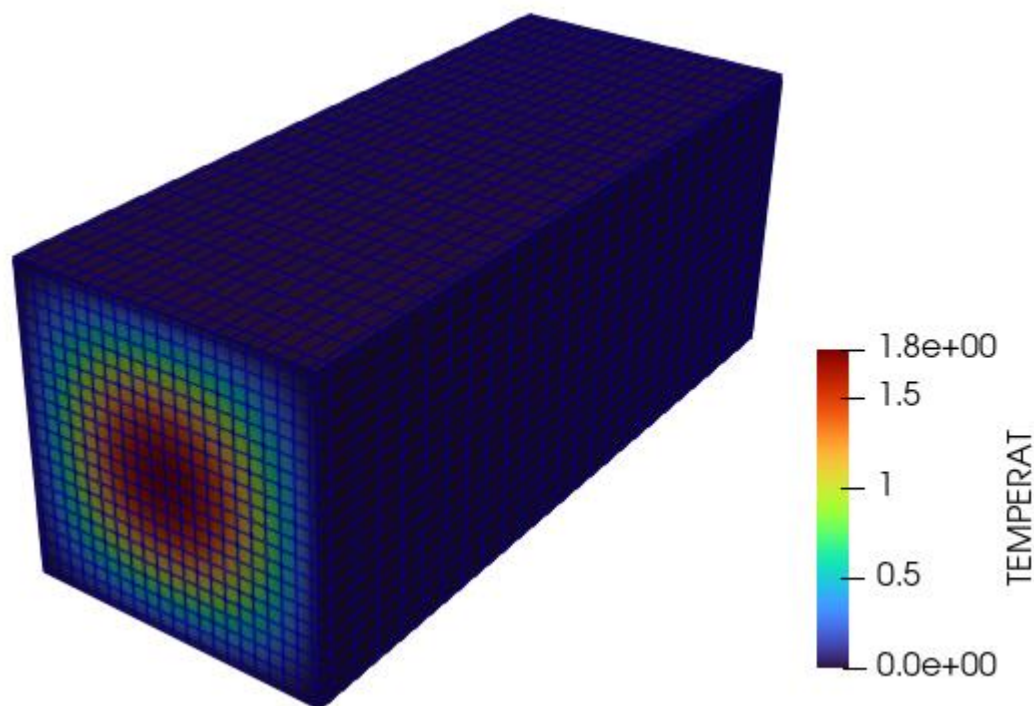
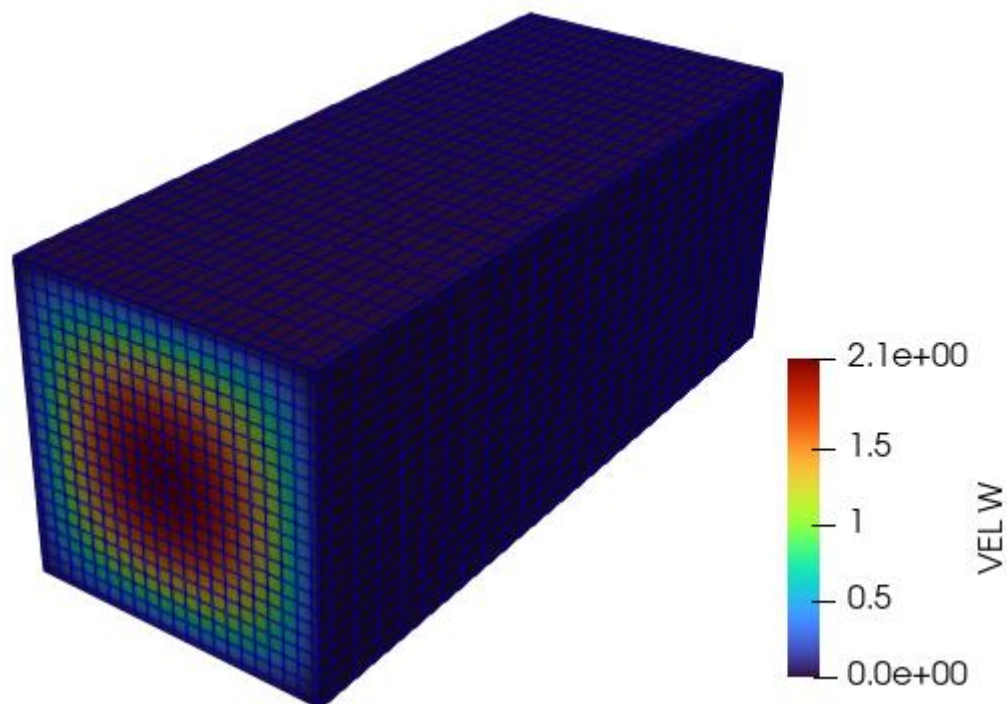
SALIDA				
Puntos de Monitoreo				
Numero de iteraciones			300	
Iteraciones de temperatura			5	
Cálculos adimensionales	<input checked="" type="checkbox"/>	TW	0	
Variable	Coordenada X		Coordenada Y	Coordenada Z
Temperatura	12		12	23
Velocidad W	12		12	23

Una vez llenados cada uno de los campos, dirigirse a la “Ventana principal” y seleccionar la opción de la barra de tareas superior correspondiente a “Archivo”.

En este apartado se cuenta con una serie de opciones de generación de resultados, donde es posible seleccionar entre generar archivo Fortran para seguidamente generar y visualizar a partir de archivo Fortran, o directamente ejecutar la opción “Generar y visualizar resultados”



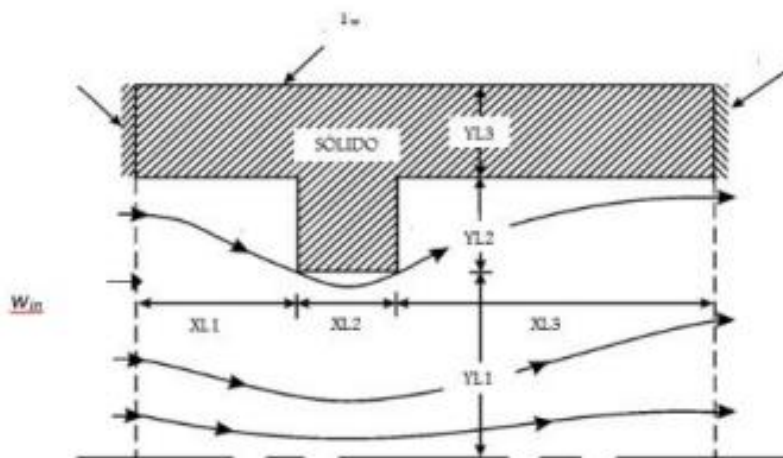
RESULTADOS





Transferencia de calor conjugada en un ducto

Este caso considera la inclusión en el dominio de un sólido como obstáculo para el flujo. El problema envuelve el cálculo de la transferencia de calor conjugada, en la cual la conducción en el sólido es considerada conjuntamente con la convección en el fluido. La Figura muestra una aleta gruesa circunferencial en una tubería circular. Un flujo uniforme con una velocidad w_{in} y una temperatura T_{in} entran en el dominio. La superficie exterior de la tubería es mantenida a una temperatura T_w .



INICIO: El nombre seleccionado será TRANSFERENCIA DE CALOR CONJUGADA EN UN DUCTO

INICIO	
Titulo	TRANSFERENCIA DE CALOR CONJUGADA EN UN DUCTO
Archivo Impresión	PRINTF
Archivo Gráfico	PLOTF

MALLA: Para la geometría, según las especificaciones del problema se trabaja bajo coordenadas cilíndricas y sistema cerrado, el cual contempla sólidos en el dominio a través de las paredes de la tubería y la aleta circunferencial, teniendo esto en cuenta se considera una configuración de varias zonas con la finalidad de sectorizar cada una de estas regiones. Adicionalmente a los valores de longitud y número de



volúmenes de control, se toma un cuenta un valor de potencia en las zonas 1 y 3 de la dirección Z con el objetivo de refinar la malla tanto en la entrada y salida de masa y de esta forma apreciar con mejor detalle el comportamiento del fluido en estas zonas.

MALLA								
Coordenadas	Cilíndricas	<input checked="" type="checkbox"/>	N° de Zonas	Zona única	<input type="checkbox"/>	Sistema	Abierto	<input type="checkbox"/>
	Cartesianas	<input type="checkbox"/>		V. Zonas	<input checked="" type="checkbox"/>		Cerrado	<input checked="" type="checkbox"/>
Coordenada θ		Coordenada R				Coordenada Z		
Numero de Zonas	1	Numero de Zonas		3		Numero de Zonas		3
Zona $\theta 1$		Zona R1				Zona Z1		
θ Longitud	6.283186	R Longitud		0.4		Z Longitud		0.4
NVC θ	12	NVCR		5		NVCZ		5
θ Potencia		R Potencia				Z Potencia		-1.8
		Zona R2				Zona Z2		
		R Longitud		0.2		Z Longitud		0.2
		NVCR		5		NVCZ		2
		R Potencia				Z Potencia		
		Zona R3				Zona Z3		
		Zona R3		0.2		Zona R2		1.4
		R Longitud		2		R Longitud		5
		NVCR				NVCR		1.8

VARIABLES: El tipo de flujo es laminar, permanente y con tratamiento de bajo orden en las condiciones de borde, adicionalmente se especifica una tolerancia de resultados en el orden de $1.0E-10$.

Las variables involucradas en el proceso son la Velocidad U, Velocidad V, Velocidad W, Temperatura y presión. Para el presente caso de estudio se consideran factores de relajamiento de 0.5 para cada una de las velocidades y 0.8 para la presión. Respecto a los indicadores, se resuelven e imprimen cada una de las velocidades,



se soluciona la corrección y finalmente se imprimen las variables de temperatura y presión.

VARIABLES								
Tipo de Simulación	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	Tipo de Flujo	Difusivo	<input type="checkbox"/>	Tratam. Condición de borde	Bajo Orden	<input checked="" type="checkbox"/>
	Transitorio	<input type="checkbox"/>		Flujo Laminar	<input checked="" type="checkbox"/>		Alto Orden	<input type="checkbox"/>
Tolerancia				1.0E-10				
Lista de variables								
No.	Variables		Resolver		Imprimir		Relajamiento	
1	Velocidad U		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		0.5	
2	Velocidad U		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		0.5	
3	Velocidad U		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		0.5	
4	Corrección de presión		<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
5	'Temperatura'		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			
11	Presión		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		0.8	
12	Función de corriente		<input type="checkbox"/>					

VALORES: Para el caso de la ventana valores, se tendrá en cuenta un valor general de viscosidad para cada una de las velocidades igual a la unidad, en lo que respecta al valor de k/C_p de temperatura, se tendrá en cuenta un valor general de 1.4286, en el caso de los indicadores de resolución, se asignan indicadores de corrección de bloque e impresión iguales a 1 y 0 para el caso de las velocidades, corrección de bloque igual a cero para el caso de la corrección de presión e indicador de impresión igual a 1 para la temperatura.

VALORES									
Valores Generales									
Variables	Valor General	Coef. Difusivo	Extrapolación excepto				Ind. Impre	Ind. CBloq	Valores locales
			Esq	X	Y	Z			
Velocidad U		1					1	0	<input checked="" type="checkbox"/>
Velocidad V		1					1	0	<input checked="" type="checkbox"/>



Velocidad W		1					1	0	<input checked="" type="checkbox"/>
Corrección de Presión								0	
Temperatura		1.4286		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1		<input checked="" type="checkbox"/>
Presión									

A través de la ventana valores se generan una serie de los valores locales que permitirán representar los sólidos dentro del dominio, esto se consigue asignando valores de viscosidad muy altos para cada una de las velocidades a través del termino BIG. En el caso de la temperatura se considera un valor de k/C_p local igual a 6.4286

Regiones							
Variable	Región	V.Fijo	F.Lineal	Valor	Sc	Sp	Coef.Dif
Velocidad U	1						BIG
Velocidad U	2						BIG
Velocidad V	1						BIG
Velocidad V	2						BIG
Velocidad W	1						BIG
Velocidad W	2						BIG
Temperatura	1						6.4286
Temperatura	2						6.4286
Volumenes							
Variable	Región	Limite X		Limite Y		Limite Z	
Velocidad U	1			>	0.6		
Velocidad U	2			> <	0.4 0.6	> <	0.4 0.6
Velocidad V	1			>	0.6		
Velocidad V	2			> <	0.4 0.6	> <	0.4 0.6
Velocidad W	1			>	0.6		
Velocidad W	2			>	0.4	>	0.4



				<	0.6	<	0.6
Temperatura	1			>	0.6		
Temperatura	2			>	0.4	>	0.4
				<	0.6	<	0.6

BORDES: Como bien es especificado en el enunciado, el caso de estudio involucra un flujo uniforme de entrada con una velocidad y temperatura inicial, las cuales para este caso se consideraran los valores 20 y 50 respectivamente para cada variable, respecto a la superficie exterior de la tubería esta se mantendrá a un valor de temperatura constante igual a 100. Las caras axiales del espesor de tubería comprendido entre el diámetro interno y externo en el borde de entrada se consideran valores de temperatura y velocidad iguales a cero. En lo que respecta al borde de salida de flujo, se hacen las consideraciones respecto al método de corrección de perfil de velocidad, considerando cero el flujo de las variables a la salida a excepción de la velocidad normal el cual se asumirá una viscosidad igual a cero. Nótese que el caso de estudio emplea el sistema de parches para delimitar las condiciones de borde, además se hace uso de los checkbox V.C excluir bordes el cual se activa para excluir los bordes inicial y final de dominio para cada iteración en el parche seleccionado, independientemente de las limitantes por coordenadas.

BORDES			
División de Bordes			
Borde		No. De Parches	
X Máximo		0	
X Mínimo		0	
Y Máximo		0	
Y Mínimo		0	
Z Máximo		3	
Z Mínimo		3	
Longitud y tipo de Segmentos			
Bordes	Segmento	Longitud	Tipo
X Máximo	Borde Base	6.283186	Pared
X Mínimo	Borde Base	6.283186	Pared



Y Máximo	Borde Base			0.8		Pared				
Y Mínimo	Borde Base			0.8		Pared				
Z Máximo	Parche 1					Salida de masa				
Z Máximo	Parche 2					Pared				
Z Máximo	Parche 3									
Z Mínimo	Parche 1					Entrada de masa				
Z Mínimo	Parche 2					Pared				
Z Mínimo	Parche 3					Pared				
Variables										
Borde	Seg		Variab.	Limites	Valor		FC / FP		Conv./Tamb	Coef. Dif.
X Máximo	B.B									
X Mínimo	B.B									
Y Máximo	B.B	<input checked="" type="checkbox"/>	Temper		100					
Y Mínimo	B.B	<input checked="" type="checkbox"/>	Temper				0/0			
Z Máximo	P.1	<input checked="" type="checkbox"/>								
Z Máximo	P.2		Vel. U				0/0			
Z Máximo	P.2		Vel. V				0/0			
Z Máximo	P.2		Vel. W							0
Z Máximo	P.3	<input checked="" type="checkbox"/>	Temper				0/0			
Z Mínimo	P.1	<input checked="" type="checkbox"/>	Vel. W	Y<0.6	50	<input checked="" type="checkbox"/>				
Z Mínimo	P.1	<input checked="" type="checkbox"/>	Temper	Y<0.6	20					
Z Mínimo	P.2	<input checked="" type="checkbox"/>	Vel. W	Y>0.6	0					
Z Mínimo	P.3		Temper	Y>=0.6	0					



SALIDA: para las opciones de salida, se seleccionan un numero de iteraciones iguales a 300, iteraciones para la variable de temperatura igual a 5, y un punto de monitoreo distinto para las variables Temperatura, Velocidad V y Velocidad W en las coordenadas (3,3,10), (4,7,11) y (4,4,4).

SALIDA			
Puntos de Monitoreo			
Numero de iteraciones		300	
Iteraciones de temperatura		5	
Variable	Coordenada θ	Coordenada R	Coordenada Z
Temperatura	3	3	10
Velocidad V	4	7	11
Velocidad V	4	4	4

Una vez llenados cada uno de los campos, dirigirse a la “Ventana principal” y seleccionar la opción de la barra de tareas superior correspondiente a “Archivo”.

En este apartado se cuenta con una serie de opciones de generación de resultados, donde es posible seleccionar entre generar archivo Fortran para seguidamente generar y visualizar a partir de archivo Fortran, o directamente ejecutar la opción “Generar y visualizar resultados”



RESULTADOS

