



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial
i Audiovisual de Terrassa

Resolución de problemas de régimen laminar con CFD

CTTC

CENTRE TECNOLÒGIC DE TRANSFERÈNCIA DE CALOR

Docente

ASSENSI OLIVA LLENA

JESÚS RUANO PÉREZ

Autor

SERGIO GUTIÉRREZ SÁNCHEZ

30 DE SEPTIEMBRE DE 2019

Índice

1	Introducción	2
2	Resultados obtenidos	3
2.1	Driven Cavity	3
2.1.1	Reynolds 100	3
2.1.2	Reynolds 400	4
2.1.3	Reynolds 1000	5
2.1.4	Reynolds 3200	6
2.1.5	Reynolds 5000	7
2.1.6	Reynolds 7500	8
2.2	Differentially Heated	9
2.2.1	Rayleigh 1E3	9
2.2.2	Rayleigh 1E4	10
2.2.3	Rayleigh 1E5	11
2.2.4	Rayleigh 1E6	12
2.3	Square Cylinder	13
2.3.1	Longitud de recirculación	13
2.3.2	Coeficiente de Drag	13
2.3.3	Número de Strouhal	14
2.3.4	Variación del Lift	14
2.3.5	Variación del Drag	14
2.3.6	Distribuciones de velocidades	14

1. Introducción

Para la resolución de los diversos problemas se han utilizado diferentes mallados, los cuáles varían desde los 10000 volúmenes de control (100x100), hasta en el caso de Reynolds oscilantes, mas de 250.000, utilizando también distribuciones regulares y tangenciales hiperbólicas en la discretización de las geometrías.

Por último cabe decir que, dada su estabilidad, el esquema convectivo utilizado en todas las simulaciones ha sido CDS (Central Difference Scheme).

Los resultados con los que se han comparado todos los análisis realizados se han obtenido de las fuentes especificadas en las referencias.

En primer lugar, los resultados con los cuales se realiza la comparativa de velocidades en el problema del Driven Cavity han sido obtenidos de [2].

Para el caso del Differentially Heated, cada uno de los resultados con los que se realizan comparaciones se obtiene de [3].

Por último, en el caso del Square Cylinder, todos y cada uno de los resultados a partir de los cuales se ha podido comparar y verificar los resultados han sido extraídos de [4].

2. Resultados obtenidos

2.1. Driven Cavity

2.1.1. Reynolds 100

Información

- Densidad del mallado: 100x100
- Tiempo de simulación: 9.4 s
- Tolerancia de convergencia: 1e-6

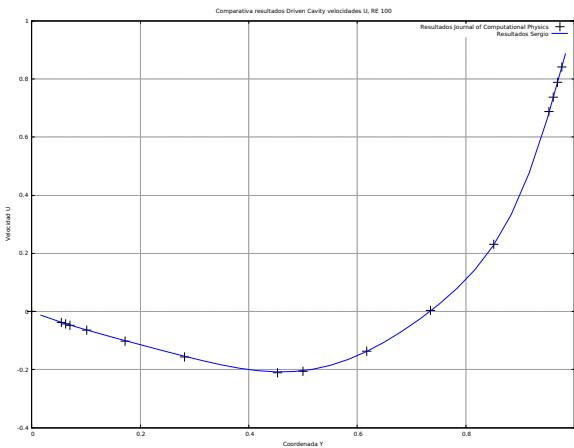


Figura 1: Velocidades horizontales (U) en la vertical del centro de la cavidad.

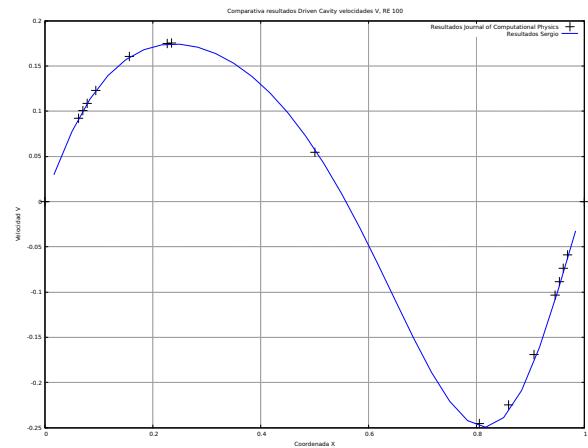


Figura 2: Velocidades verticales (V) en la horizontal del centro de la cavidad.

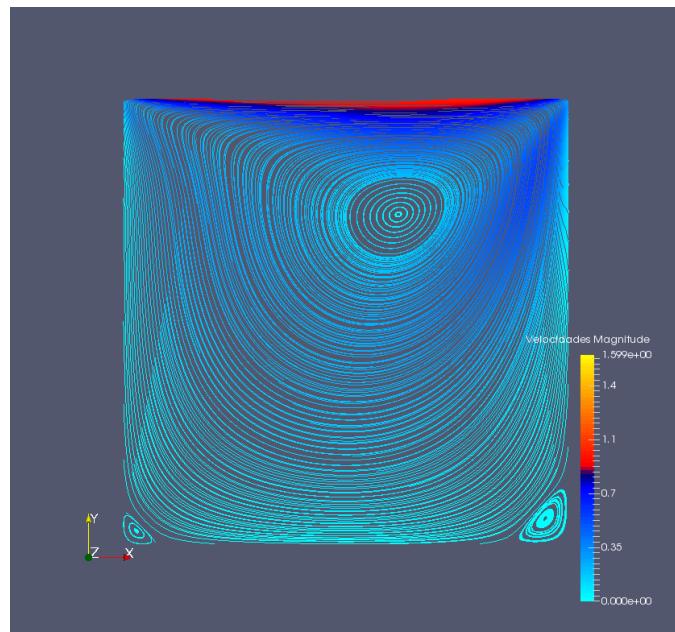


Figura 3: Distribución de velocidades en Paraview.

2.1.2. Reynolds 400

Información

- Densidad del mallado: 100x100
- Tiempo de simulación: 26.1 s
- Tolerancia de convergencia: 1e-6

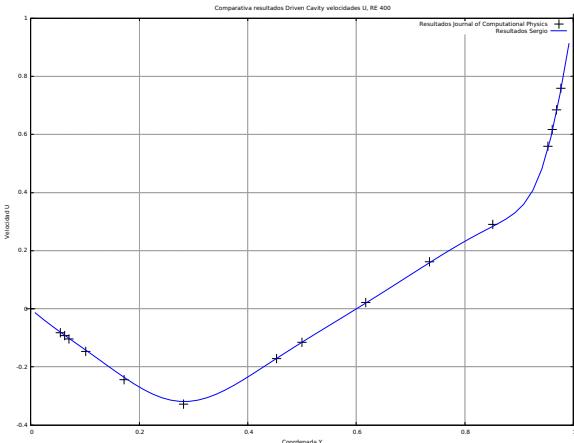


Figura 4: Velocidades horizontales (U) en la vertical del centro de la cavidad.

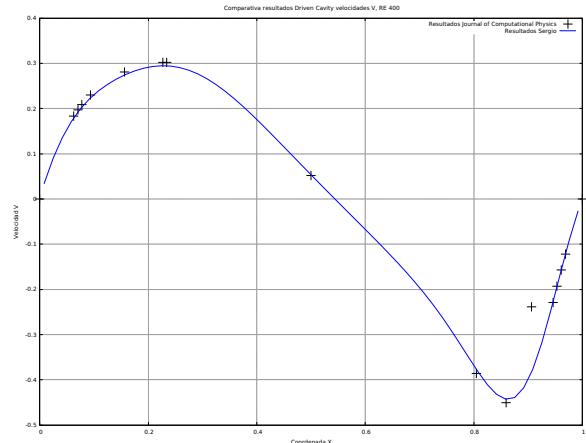


Figura 5: Velocidades verticales (V) en la horizontal del centro de la cavidad.

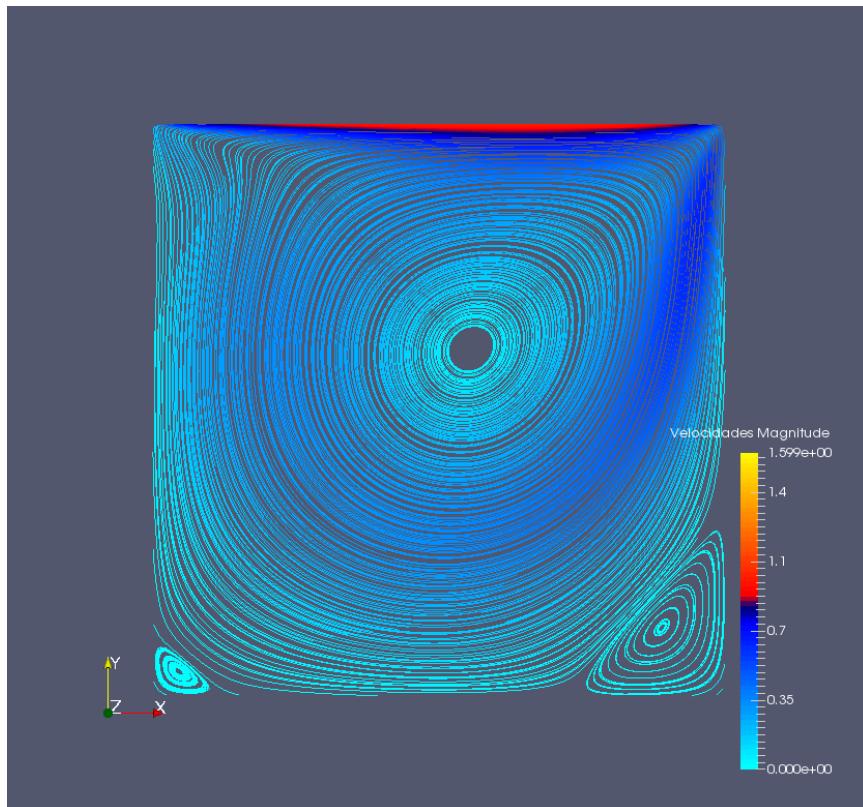


Figura 6: Distribución de velocidades en Paraview.

2.1.3. Reynolds 1000

Información

- Densidad del mallado:
- Tiempo de simulación: 35.6 s
- Tolerancia de convergencia: 1e-6

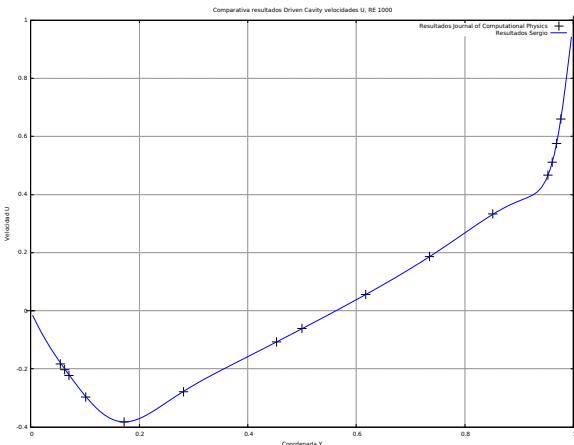


Figura 7: Velocidades horizontales (U) en la vertical del centro de la cavidad.

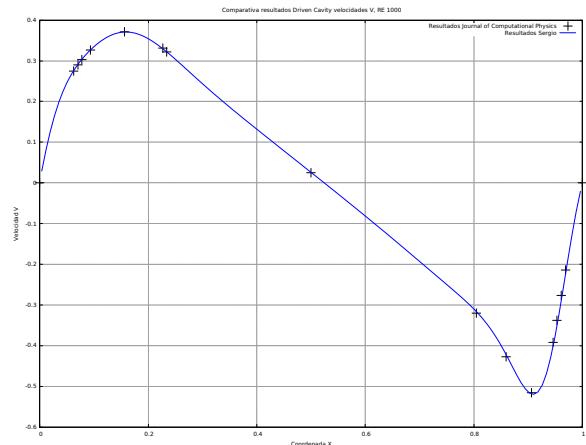


Figura 8: Velocidades verticales (V) en la horizontal del centro de la cavidad.

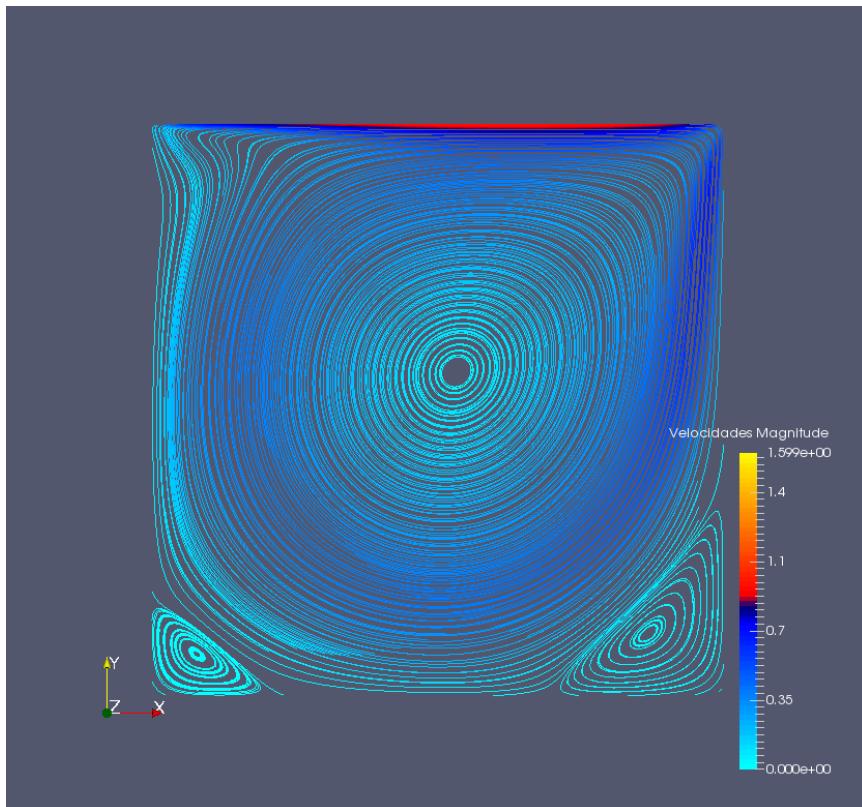


Figura 9: Distribución de velocidades en Paraview.

2.1.4. Reynolds 3200

Información

- Densidad del mallado: 200x200
- Tiempo de simulación: 167 s
- Tolerancia de convergencia: 1e-7

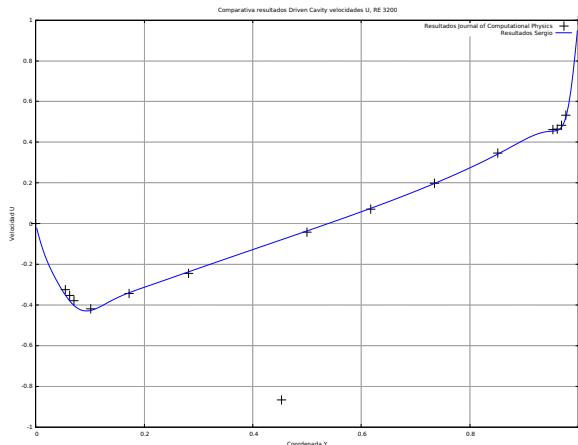


Figura 10: Velocidades horizontales (U) en la vertical del centro de la cavidad.

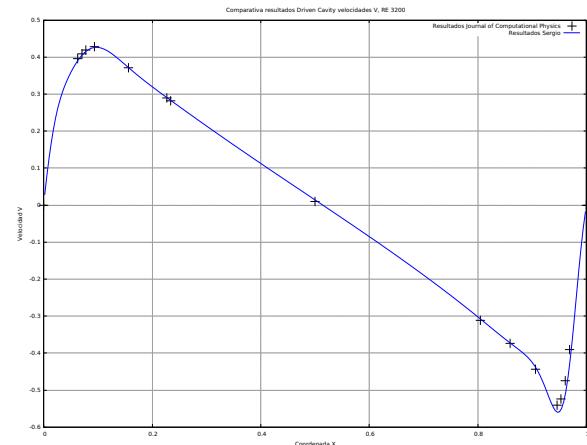


Figura 11: Velocidades verticales (V) en la horizontal del centro de la cavidad.

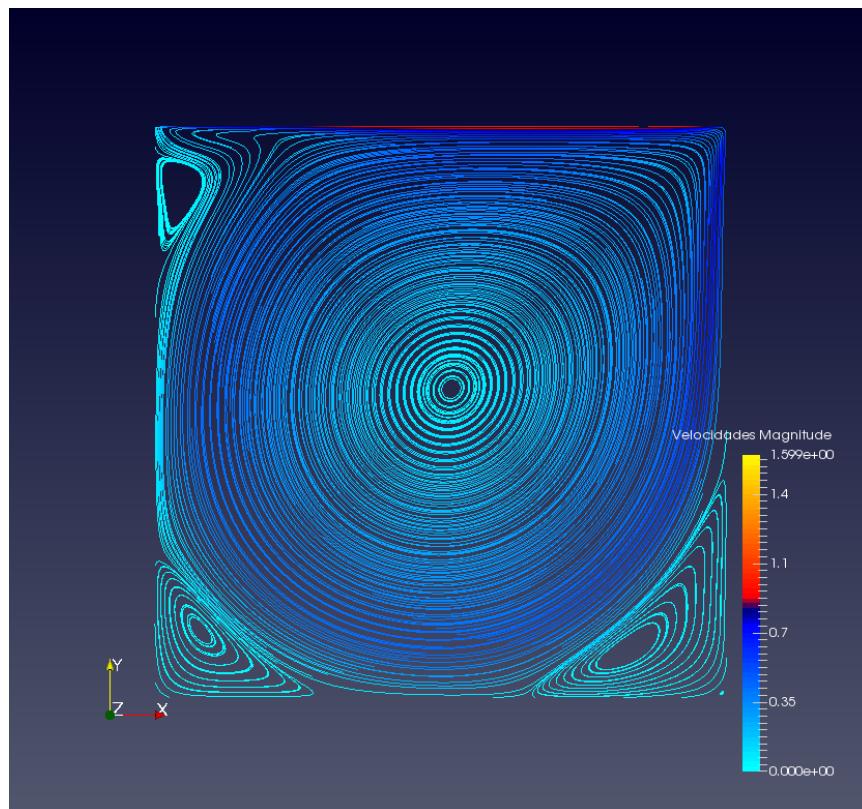


Figura 12: Distribución de velocidades en Paraview.

2.1.5. Reynolds 5000

Información

- Densidad del mallado: 250x250
- Tiempo de simulación: 224 s
- Tolerancia de convergencia: 1e-7

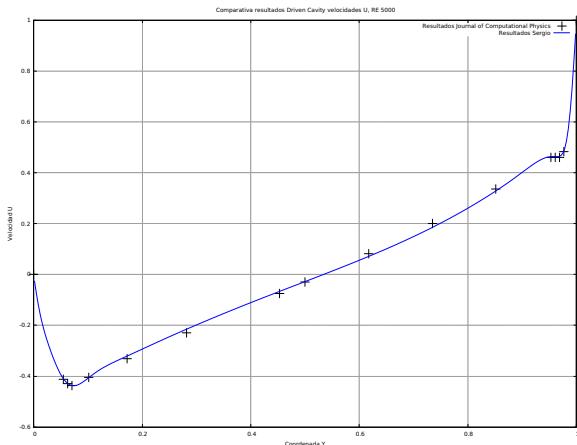


Figura 13: Velocidades horizontales (U) en la vertical del centro de la cavidad.

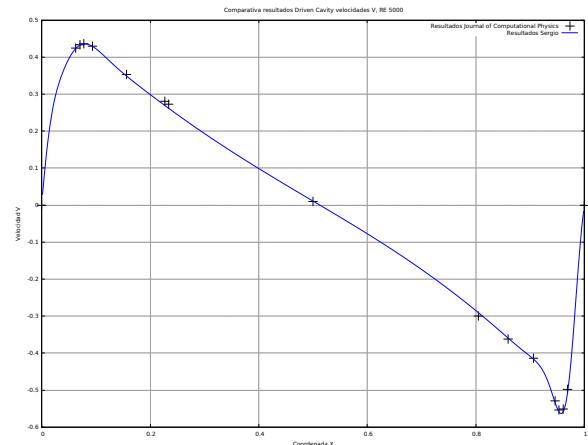


Figura 14: Velocidades verticales (V) en la horizontal del centro de la cavidad.

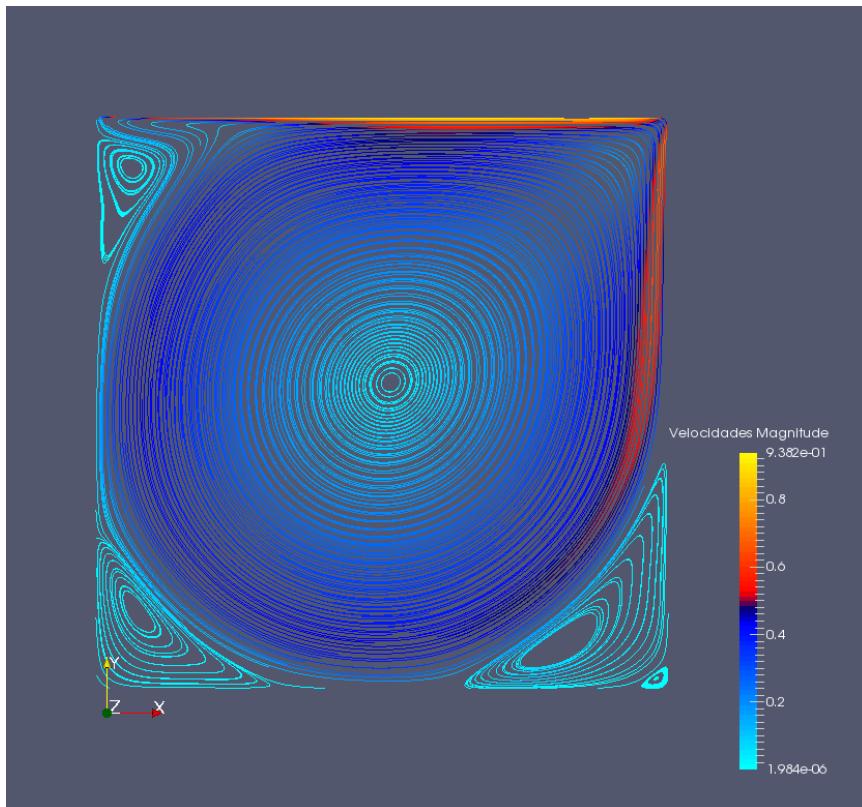


Figura 15: Distribución de velocidades en Paraview.

2.1.6. Reynolds 7500

Información

- Densidad del mallado: 400x400
- Tiempo de simulación: 341 s
- Tolerancia de convergencia: 1e-7

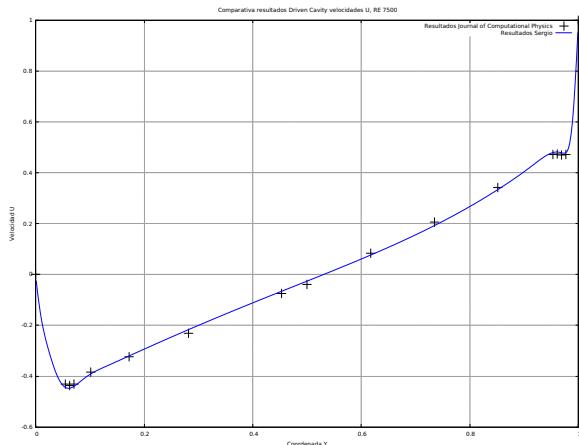


Figura 16: Velocidades horizontales (U) en la vertical del centro de la cavidad.

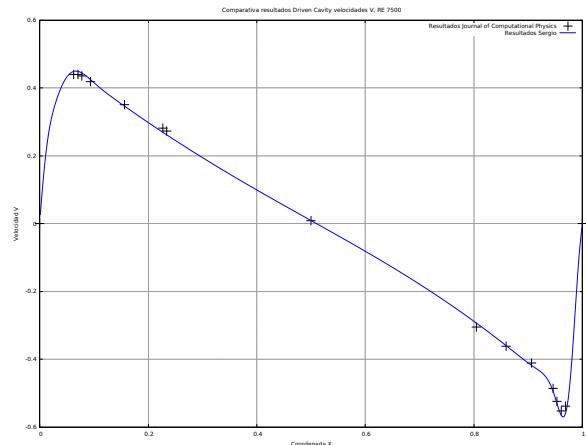


Figura 17: Velocidades verticales (V) en la horizontal del centro de la cavidad.

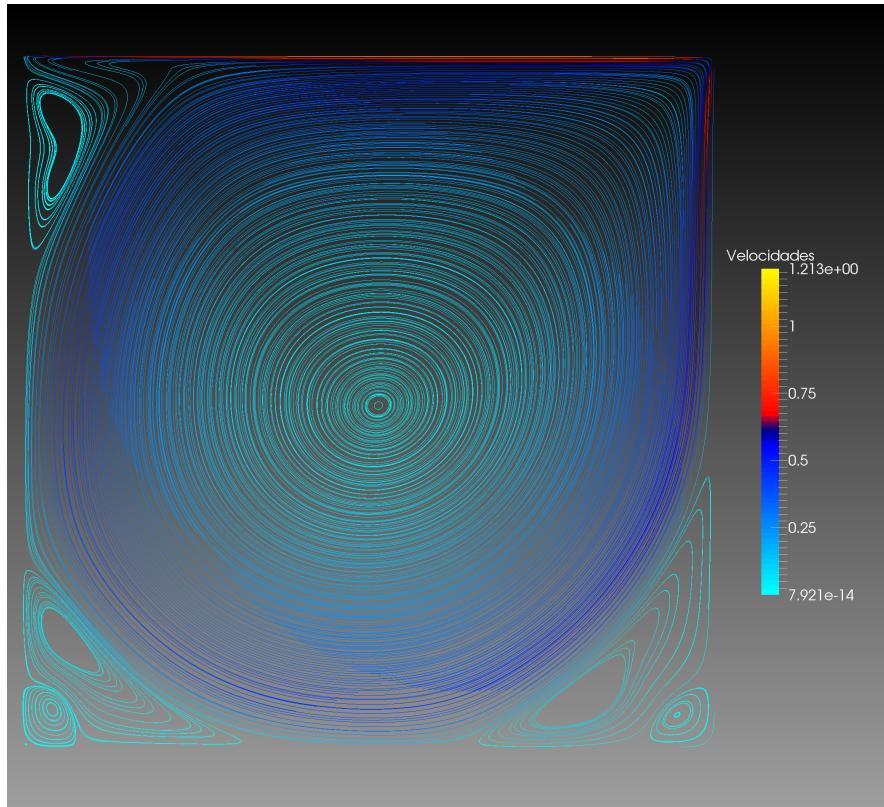


Figura 18: Distribución de velocidades en Paraview.

2.2. Differentially Heated

2.2.1. Rayleigh 1E3

	Resultados obtenidos	Autor 1	Autor 2
U_{max}	3,691	3,544	3,649
Posición Y (m)	0,815	0,832	0,813
V_{max}	3,731	3,593	3,697
Posición X (m)	0,175	0,168	0,178
Nu	1,103	1,108	1,118
Nu_{max}	1,470	1,496	1,505
Posición Y (m)	0,095	0,083	0,092
Nu_{min}	0,699	0,720	0,692
Posicion Y (m)	0,995	0,993	1,000

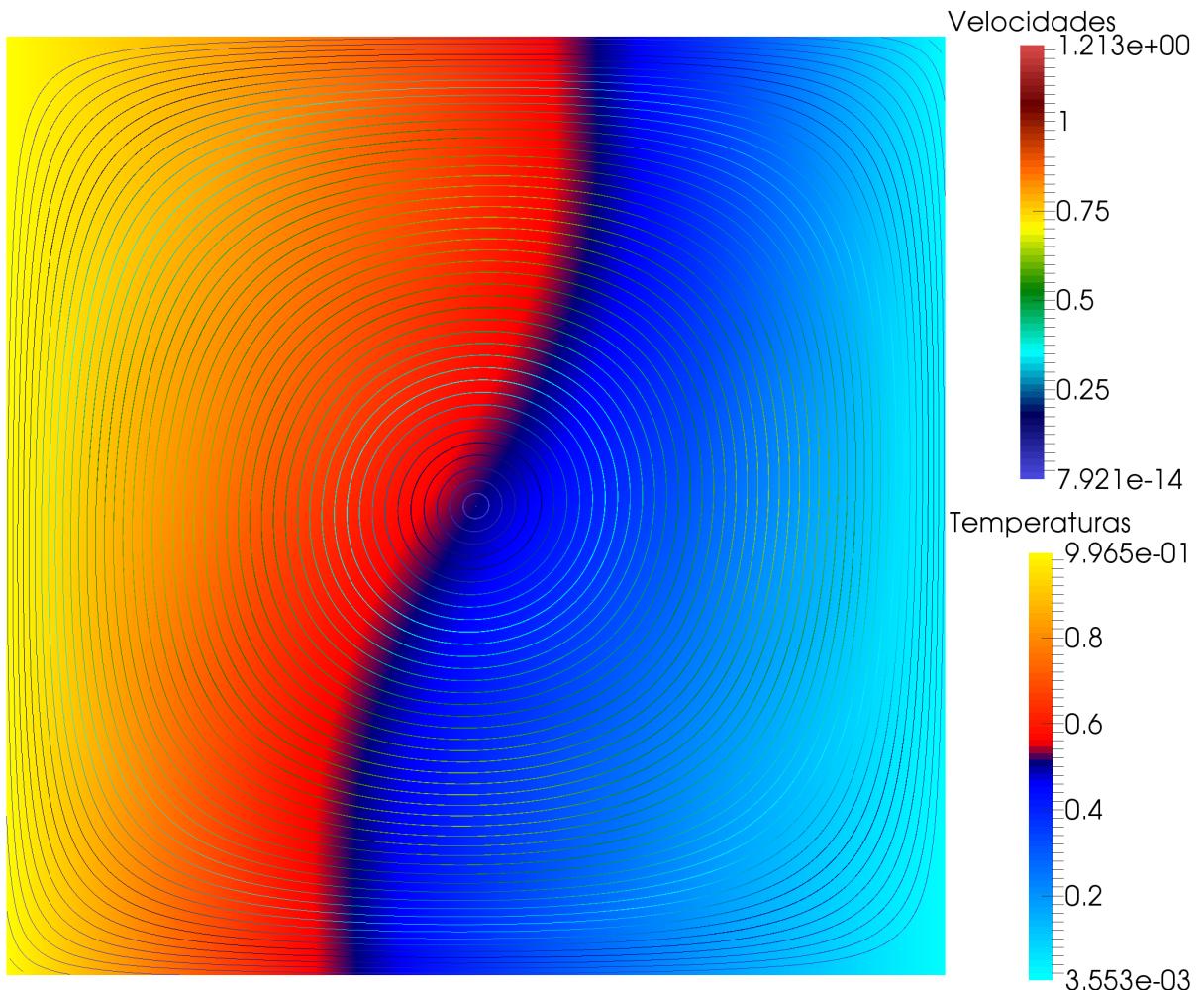


Figura 19: Distribución de temperaturas y velocidades en Paraview.

2.2.2. Rayleigh 1E4

	Resultados obtenidos	Autor 1	Autor 2
U_{max}	16,309	16,180	16,178
Posición Y (m)	0,825	0,832	0,823
V_{max}	19,698	19,440	19,617
Posición X (m)	0,115	0,113	0,119
\overline{Nu}	2,230	2,201	2,243
Nu_{max}	3,514	3,482	3,528
Posición Y (m)	0,145	0,143	0,143
Nu_{min}	0,582	0,643	0,586
Posicion Y (m)	0,995	0,993	1,000

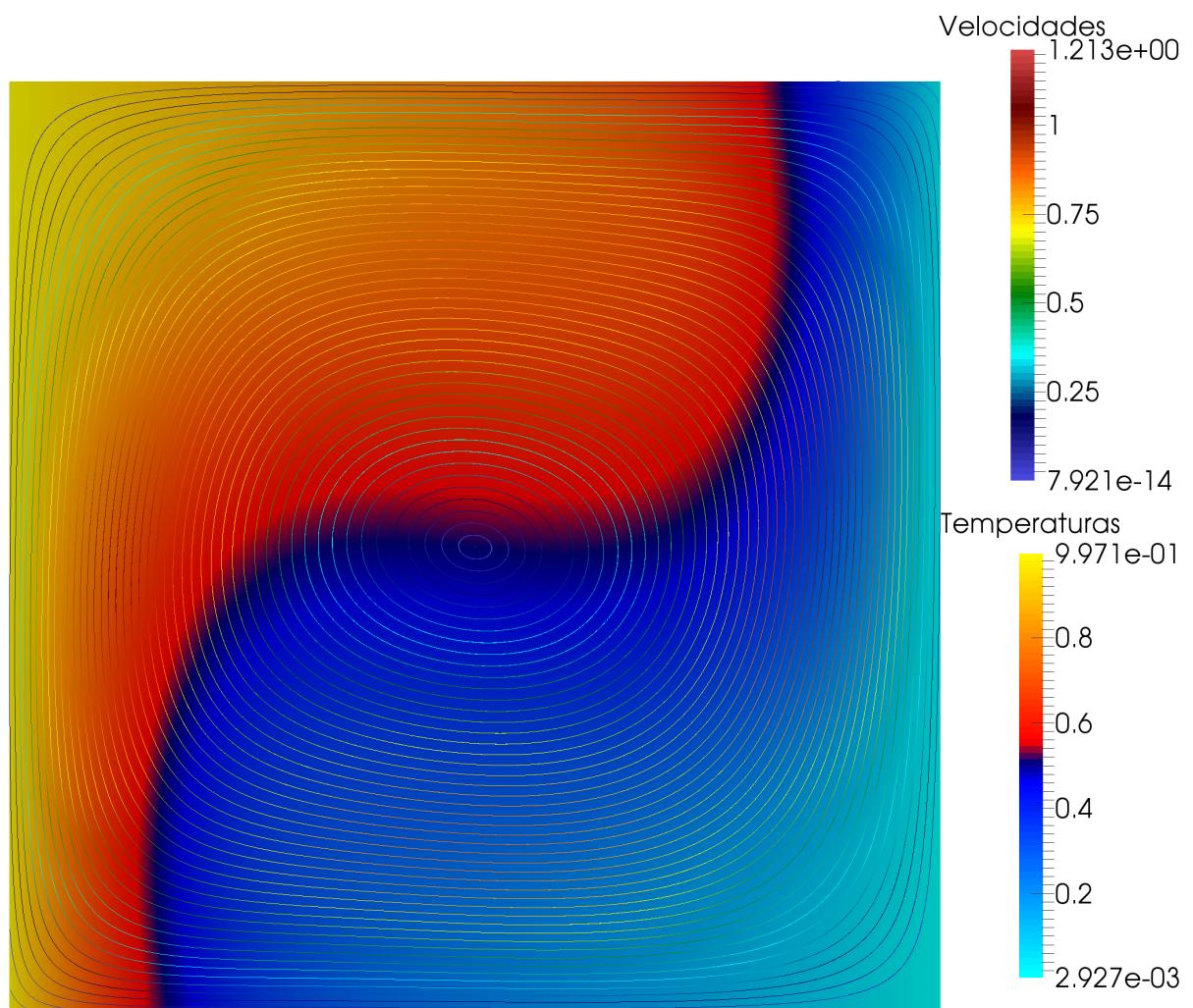


Figura 20: Distribución de temperaturas y velocidades en Paraview.

2.2.3. Rayleigh 1E5

	Resultados obtenidos	Autor 1	Autor 2
U_{max}	34,652	35,730	34,730
Posición Y (m)	0,855	0,857	0,855
V_{max}	68,621	69,080	68,590
Posición X (m)	0,065	0,067	0,066
\overline{Nu}	4,536	4,430	4,519
Nu_{max}	7,788	7,626	7,717
Posición Y (m)	0,075	0,083	0,081
Nu_{min}	0,727	0,824	0,729
Posicion Y (m)	0,995	0,993	1,000

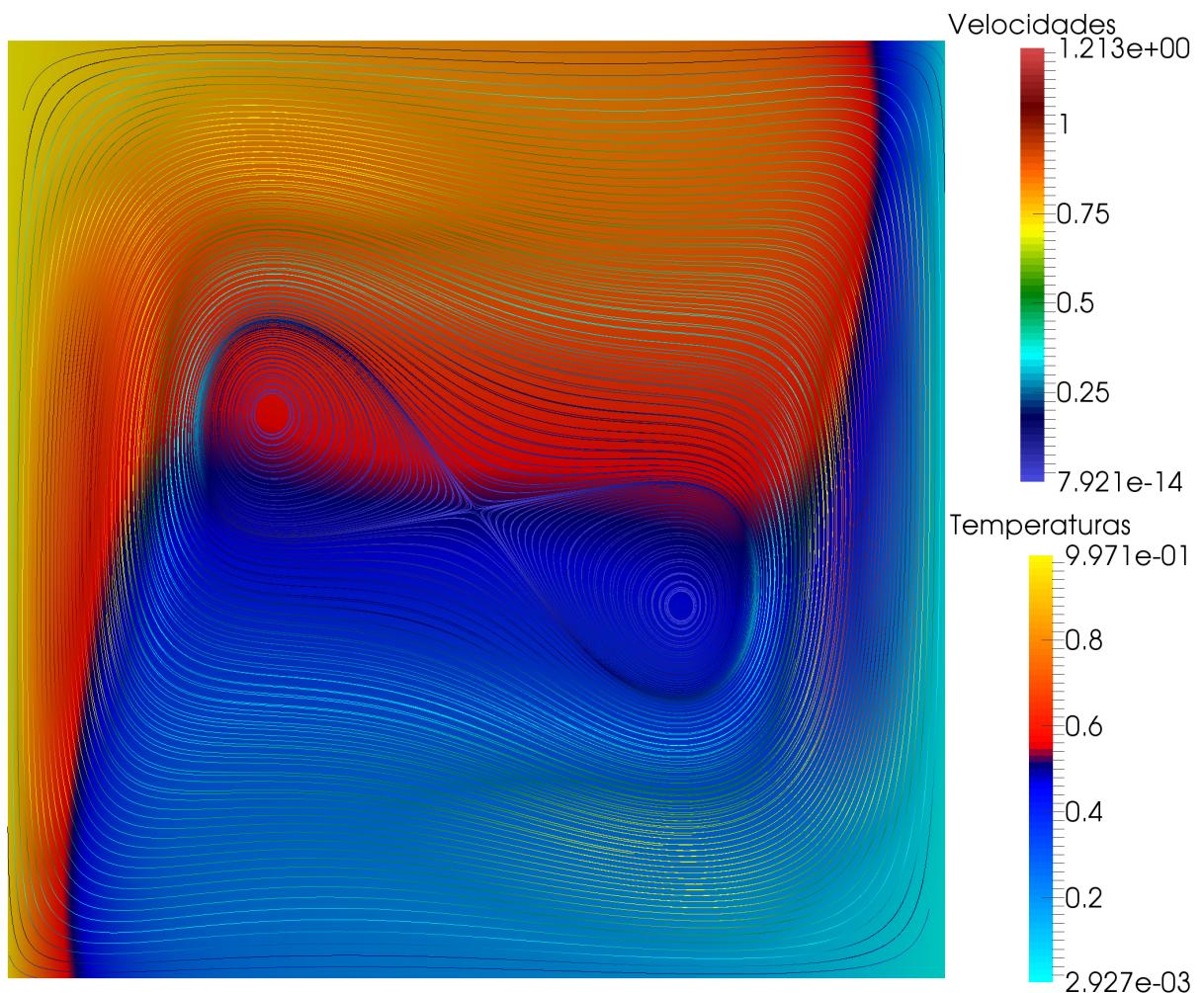


Figura 21: Distribución de temperaturas y velocidades en Paraview.

2.2.4. Rayleigh 1E6

	Resultados obtenidos	Autor 1	Autor 2
U_{max}	65,151	68,810	64,630
Posición Y (m)	0,855	0,872	0,850
V_{max}	220,952	221,800	217,360
Posición X (m)	0,035	0,0375	0,0379
\bar{Nu}	8,924	8,754	8,799
Nu_{max}	18,321	17,872	17,925
Posición Y (m)	0,035	0,0375	0,0378
Nu_{min}	0,973	1,232	0,989
Posicion Y (m)	0,995	0,9925	1,000

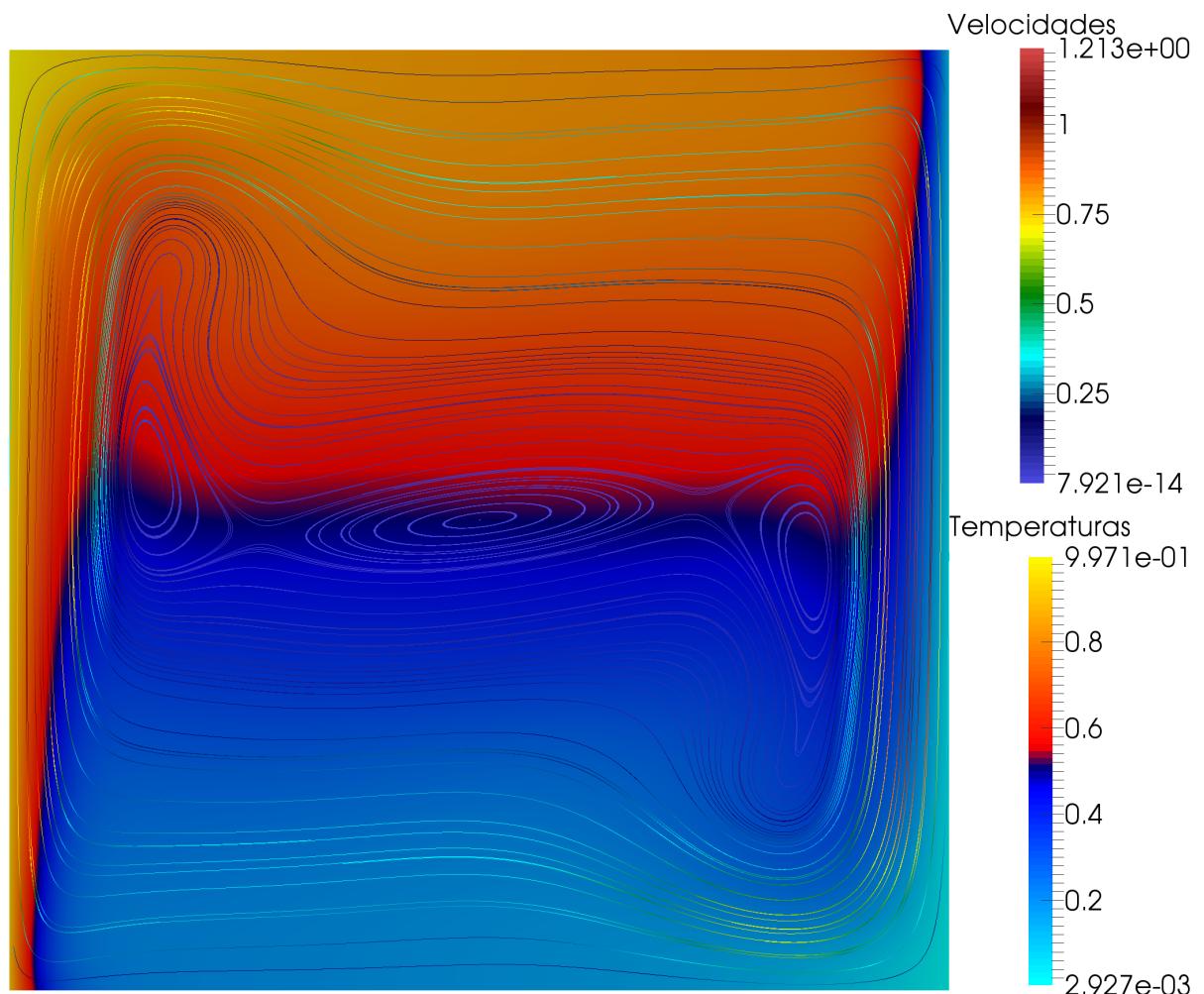


Figura 22: Distribución de temperaturas y velocidades en Paraview.

2.3. Square Cylinder

2.3.1. Longitud de recirculación

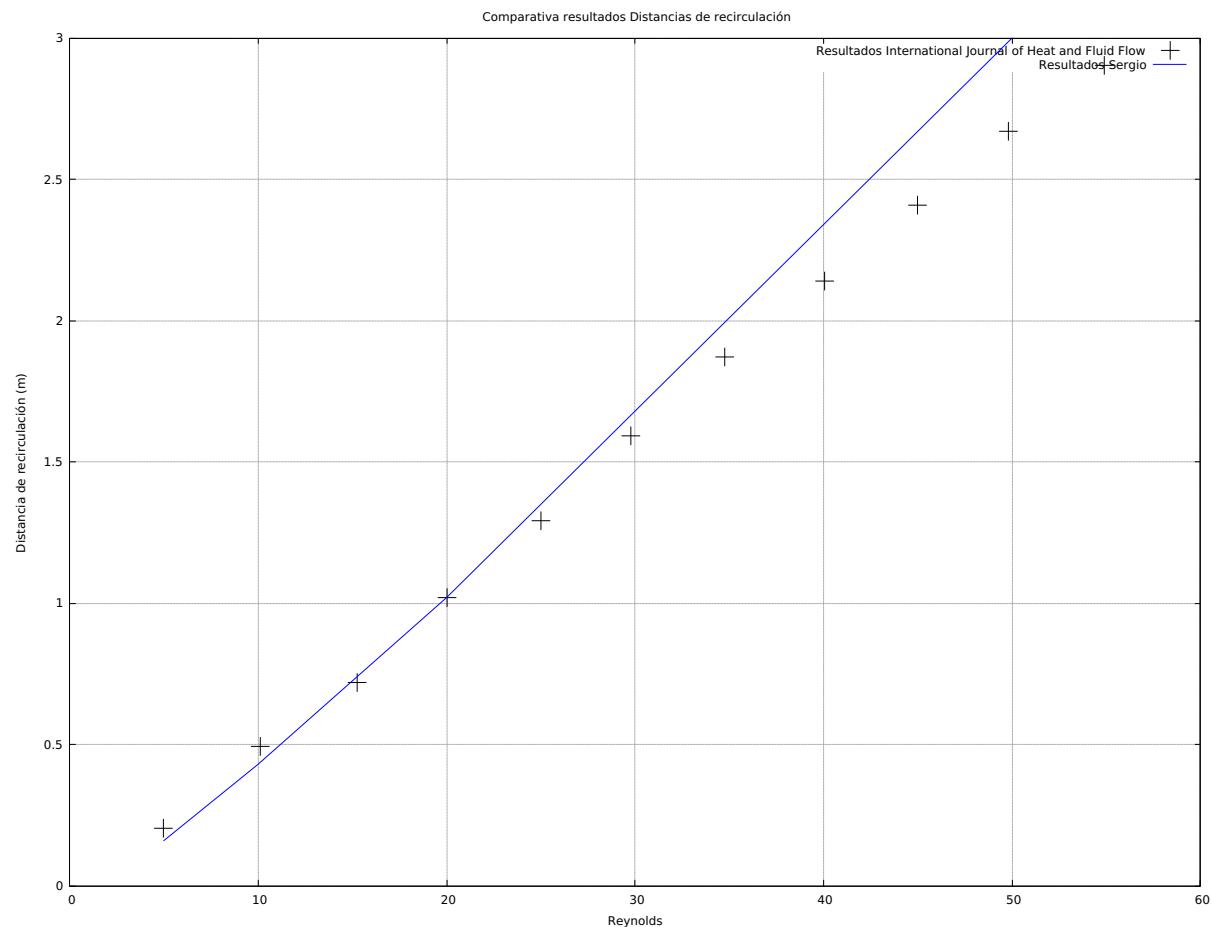


Figura 23: Comparativa de los resultados de la longitud de recirculación en función del Reynolds.

2.3.2. Coeficiente de Drag

Reynolds	Resultados obtenidos	Resultados Journal	Error relativo (%)
	Coeficiente de Drag	Coeficiente de Drag	
1	23,58	24,2	2,56
5	5,62	5,75	2,26
10	3,65	3,60	1,39
20	2,41	2,40	0,42
50	1,64	1,60	2,50
70	1,44	1,43	0,70
100	1,35	1,35	0,00
150	1,29	1,32	2,27
175	1,34	1,33	0,75
200	1,36	1,34	1,50

2.3.3. Número de Strouhal

Reynolds	Resultados Obtenidos	Resultados Journal	Error Relativo (%)
	Número de Strouhal	Número de Strouhal	
70	0,128	0,126	1,59
100	0,136	0,138	1,45
150	0,160	0,143	11,88
175	0,144	0,140	2,85
200	0,137	0,134	2,75

2.3.4. Variación del Lift

Reynolds	Resultados Obtenidos	Resultados Journal	Error Relativo (%)
	Variación del Lift	Variación del Lift	
70	0,230	0,26	11,53
100	0,383	0,391	2,05
150	0,573	0,62	7,58
175	0,87	0,87	0,46
200	1,224	1,20	2

2.3.5. Variación del Drag

Reynolds	Resultados Obtenidos	Resultados Journal	Error Relativo (%)
	Variación del Drag	Variación del Drag	
70	0,002	0,001	100,00
100	0,0091	0,01	9
150	0,0274	0,03	8,67
175	0,045	0,040	11,85
200	0,069	0,07	1,43

2.3.6. Distribuciones de velocidades

Reynolds 5

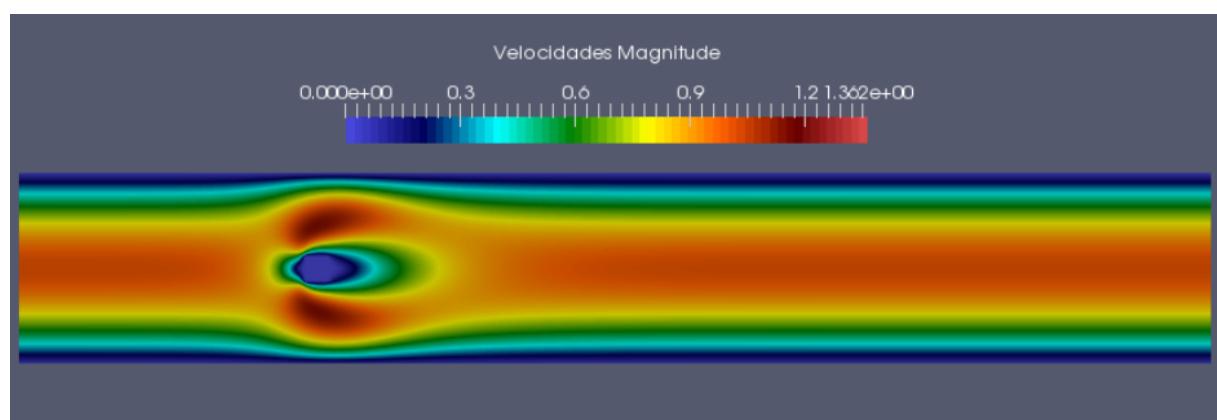


Figura 24: Mapa de velocidades Reynolds 5

Reynolds 20

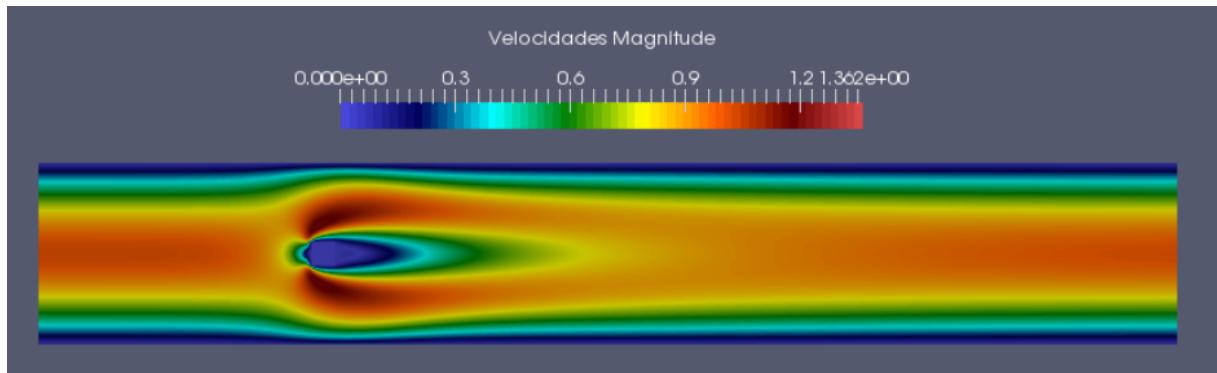


Figura 25: Mapa de velocidades Reynolds 20

Reynolds 50

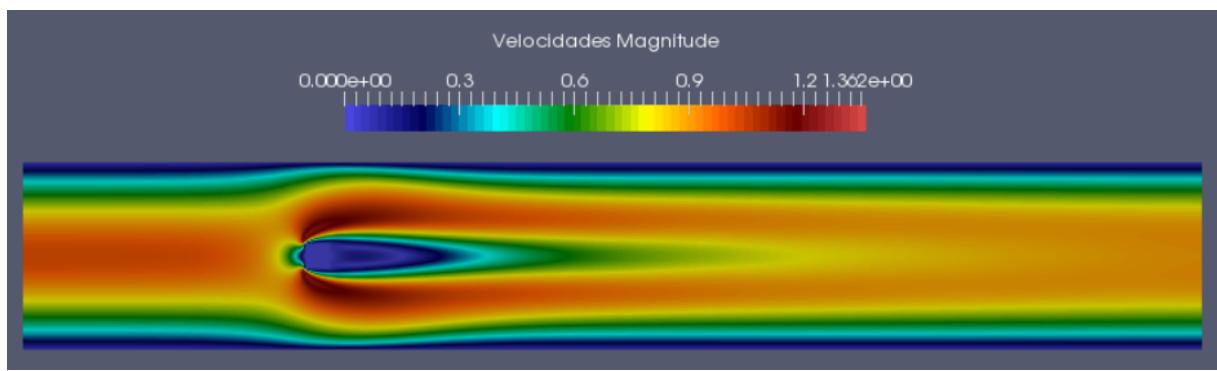


Figura 26: Mapa de velocidades Reynolds 50

Reynolds 70

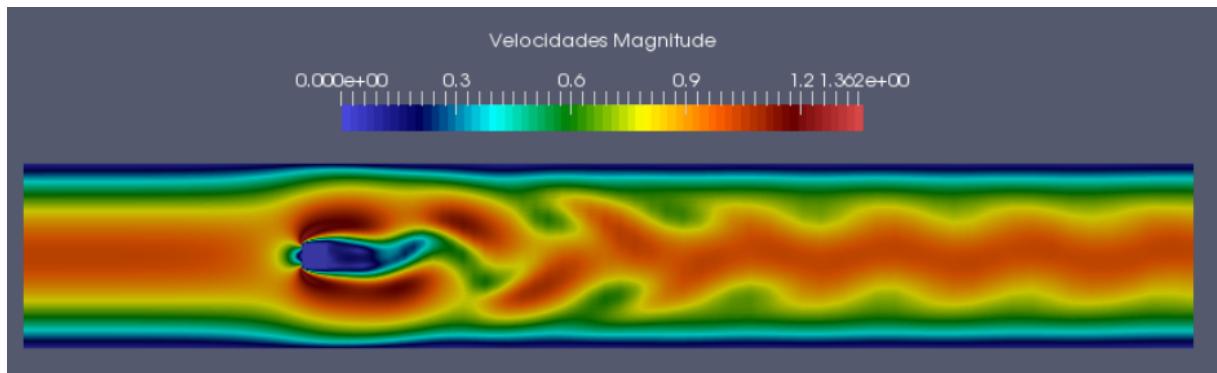


Figura 27: Mapa de velocidades Reynolds 70

Reynolds 100

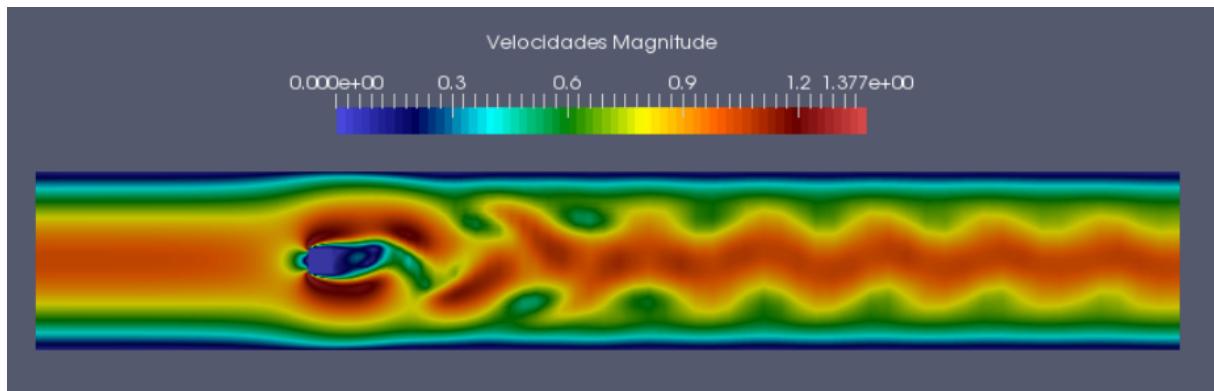


Figura 28: Mapa de velocidades Reynolds 100

Reynolds 200

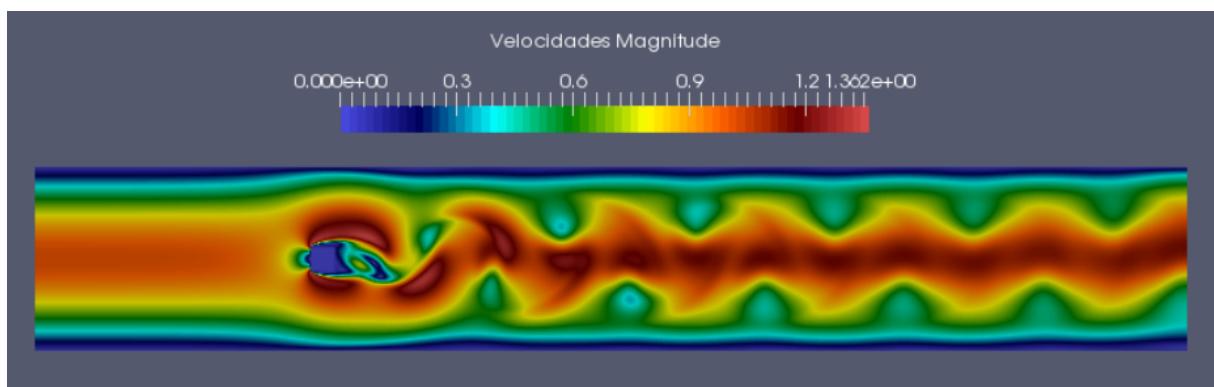


Figura 29: Mapa de velocidades Reynolds 200

Referencias

- [1] COURSE ON NUMERICAL METHODS IN HEAT TRANSFER AND FLUID DYNAMICS. *Fractional Step Method. Staggered Meshes*, formato PDF, ETSEIAT/Centre Tecnològic de Transferència de Calor (CTTC), 2018-19.
- [2] CENTRE TECNOLÒGIC DE TRANSFERÈNCIA DE CALOR (CTTC). *Introduction to the Fractional Step Method*, formato PDF, ETSEIAT/Centre Tecnològic de Transferència de Calor (CTTC), 2018-19.
- [3] N.C. MARKATOS AND K. A. PERICLEOUS. *Laminar and turbulent natural convection in an enclosed cavity*. INT. J. OF HEAT AND MASS TRANSFER. VOL 27, NO. 5, PP 755-772 (1983).
- [4] M. BREUER, J. BERNSDORF, T. ZEISER, F. DURST. *Accurate computations of the laminar flow past a square cylinder based on two different methods: lattice-Boltzmann and finite-volume*. INT. J. OF HEAT AND FLUID FLOW. VOL 21, PP 186-196 (2000).