

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Estructura del informe	3
2. Marco Teórico	4
2.1. Ecuaciones de flujo superficial	4
2.1.1. Ecuaciones de Navier-Stokes	4
2.1.2. Ecuaciones promediadas de Reynolds	4
2.1.3. Large eddy simulation	6
2.2. Análisis espectral de la turbulencia	6
2.2.1. Función de autocorrelación y espectro unidimensional	6
2.2.2. Hipótesis de Taylor	7
2.2.3. Espectro de Kolmogorov	7
2.3. Flujo en canales con lecho rugoso impermeable	8
2.3.1. Sistema de referencia	8
2.3.2. Ecuaciones promediadas espacialmente	8
2.3.3. Subdivisión del flujo en capas	10
2.3.4. Velocidad de corte	11
2.3.5. Perfil de velocidad	11
2.3.6. Plano de referencia	11
2.3.7. Parámetros adimensionales y escalas del flujo	13
2.3.8. Perfiles verticales de intensidades turbulentas	14
2.3.9. Perfil vertical de viscosidad turbulenta	15
2.3.10. Perfil vertical de la tasa de disipación turbulenta	16
2.3.11. Número de Strickler	16
2.4. Visualización de vórtices	18
2.4.1. Vorticidad	18
2.4.2. Criterio Q	18

Tabla de Contenido

3. Metodología	19
3.1. Software utilizado	19
3.2. Preprocesamiento	20
3.2.1. Dominio y condiciones de borde	20
3.2.2. Generación de la malla	22
3.2.3. Condiciones iniciales	24
3.2.4. Parámetros físicos	24
3.2.5. Descomposición del dominio y paralelización	24
3.3. Resolución de ecuaciones	25
3.3.1. Modelo numérico	25
3.3.2. Casos a simular	26
3.3.3. Hardware utilizado	26
3.4. Posprocesamiento	26
3.4.1. Promedios temporales	27
3.4.2. Promedios espaciales	27
3.4.3. Distancia adimensional a la pared	27
3.4.4. Series de tiempo de velocidad	28
3.4.5. Análisis espectral	29
3.4.6. Visualización de vórtices	30
4. Resultados	31
4.1. Estabilidad de las simulaciones	31
4.2. Escalas de flujo y parámetros adimensionales	31
4.3. Refinamiento de la malla en las paredes	34
4.4. Series de tiempo de velocidad	34
4.5. Variables del flujo en corte transversal	36
4.5.1. Velocidad media e instantánea	36
4.5.2. Presión media e instantánea	36
4.5.3. Tensor de esfuerzos de Reynolds	36
4.5.4. Vorticidad y Q	36
4.6. Perfiles verticales	47
4.7. Análisis espectral	53
4.8. Visualización de vórtices	55
5. Análisis de resultados	64
5.1. Número de Strickler	64
5.2. Perfiles verticales	65
5.2.1. Perfil vertical de presión	65
5.2.2. Perfil vertical de velocidad	65
5.2.3. Intensidades turbulentas	67
5.2.4. Energía cinética turbulenta	70

Tabla de Contenido

5.2.5. Viscosidad turbulenta	72
5.2.6. Tasa de disipación de energía cinética turbulenta	73
5.3. Estructuras turbulentas	75
6. Conclusiones	77
Bibliografía	80
A. Series de tiempo de velocidad	84