

ÍNDICE

RESUMEN	3
ABSTRACT	4
I. INTRODUCCIÓN	5
I.1. MOTIVACIÓN.....	5
I.2. PERMEABILIDAD	6
I.3. VELOCIMETRÍA POR IMÁGENES DE PARTÍCULAS	7
I.4. ESTRUCTURA DEL TRABAJO	7
II. MÉTODO PIV	8
II.1. PREPROCESAMIENTO DE IMAGEN	9
II.2. ENMASCARAMIENTO	10
II.3. ESTABLECIMIENTO DEL TAMAÑO DE VENTANAS DE INTERROGACIÓN	12
II.4. EMPLEO DE FUNCIONES DE VENTANEO	14
II.5. ESTABLECIMIENTO DE LA GRILLA	15
II.6. CORRELACIÓN CRUZADA.....	15
II.6.1. <i>Correlación cruzada directa</i>	16
II.6.2. <i>Correlación cruzada estándar</i>	18
II.6.3. <i>Mínimos cuadrados</i>	19
II.6.4. <i>Correlación cruzada normalizada</i>	20
II.7. ESTIMACIÓN SUBPÍXEL	22
II.7.1. <i>Determinación del centroide</i>	22
II.7.2. <i>Interpolación lineal</i>	22
II.7.3. <i>Ajuste parabólico de tres puntos</i>	23
II.7.4. <i>Ajuste gaussiano de tres puntos</i>	24
II.7.5. <i>Ajuste gaussiano de cuatro puntos</i>	25
II.7.6. <i>Estimadores basados en el desarrollo en series de Taylor</i>	26
II.7.7. <i>Ajuste a superficie parabólica</i>	27
II.7.8. <i>Ajuste a superficie gaussiana por mínimos cuadrados no lineales</i>	28
II.7.9. <i>Ajuste a superficie gaussiana linealizada por mínimos cuadrados</i>	28
II.7.10. <i>Estimación por medio del flujo óptico</i>	30
II.7.11. <i>Ajuste de mínimos cuadrados sobre las ventanas de interrogación</i>	30
II.8. VALIDACIÓN	31
II.8.1. <i>Validación por medio de valor umbral</i>	32
II.8.2. <i>Detectores basados en la media y la mediana</i>	32
II.8.3. <i>Detección basada en redes neuronales</i>	34
II.8.4. <i>Bootstrapping</i>	37
II.8.5. <i>Método todo en uno</i>	38
II.9. REEMPLAZO DE VECTORES ESPURIOS.....	39
II.10. SUAVIZADO	40
II.11. PROCESAMIENTO DE PASOS MÚLTIPLES	40
II.11.1. <i>Desplazamiento de ventanas discreto</i>	41
II.11.2. <i>Deformación de imágenes</i>	42
III. SUPER RESOLUCIÓN	44
IV. SOFTWARE IMPLEMENTADO	47
V. ANÁLISIS DE ERRORES Y DESEMPEÑO	53
V.1. COMPARACIÓN ENTRE LA CORRELACIÓN DIRECTA Y LA CORRELACIÓN ESTÁNDAR	54
V.2. EFECTO DEL TAMAÑO DE VENTANA EN EL ERROR ALEATORIO.....	56
V.3. EFECTOS DEL GRADIENTE DE DESPLAZAMIENTO DENTRO DE LAS VENTANAS	58

V.4.	EFFECTOS DEL RELLENADO CON CEROS Y EL VENTANEO EN EL ERROR SISTEMÁTICO Y ALEATORIO	59
V.5.	COMPARACIÓN ENTRE LA CORRELACIÓN CRUZADA ESTÁNDAR, LA CORRELACIÓN NORMALIZADA Y EL MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS	62
V.6.	ERROR DEBIDO AL EFECTO DE ENCLAVAMIENTO DE PICOS	64
V.7.	DIÁMETRO ÓPTIMO DE PARTÍCULAS CON DISTRIBUCIÓN GAUSSIANA PARA LA ESTIMACIÓN BASADA EN EL AJUSTE GAUSSIANO DE TRES PUNTOS	69
V.8.	COMPARACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN SUBPÍXEL.....	71
V.9.	ERROR ASOCIADO A LOS COMPONENTES ESTACIONARIOS DE LA IMAGEN	73
V.10.	DESEMPEÑO DEL MÉTODO SUPER RESOLUCIÓN	76
VI.	ANÁLISIS CASO PERMEABLE	80
VII.	CONCLUSIONES	98
VIII.	REFERENCIAS	100
IX.	ANEXO	105
IX.1.	TRANSFORMADA DE FOURIER DISCRETA EN EL TIEMPO	105
IX.2.	TRANSFORMADA DE FOURIER DISCRETA	105
IX.3.	NATURALEZA PERIÓDICA DE LA TRANSFORMADA DE FOURIER.....	106
IX.4.	TEOREMA DE LA CONVOLUCIÓN	107
IX.5.	TRANSFORMADA DE FOURIER EN DOS DIMENSIONES	107
IX.6.	EXPRESIÓN ANALÍTICA PARA LA FUNCIÓN DE CORRELACIÓN DE UNA PARTÍCULA CON DISTRIBUCIÓN GAUSSIANA	108
IX.7.	IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO DE LEVENBERG-MARQUARDT PARA EL AJUSTE A UNA SUPERFICIE GAUSSIANA	109
IX.8.	DERIVACIÓN DEL MÉTODO DE ESTIMACIÓN SUBPÍXEL BASADO EN EL FLUJO ÓPTICO.....	111
IX.9.	APLICACIÓN DEL MÉTODO DE VALIDACIÓN TODO EN UNO.....	113
IX.10.	GENERACIÓN DE IMÁGENES SINTÉTICAS Y MÉTODO DE MONTECARLO	117
IX.11.	ANÁLISIS DEL CÓDIGO PRANA.....	118