

Índice general

1. Planteamiento de la tesis	1
1.1. Marco de la investigación y motivación del estudio	1
1.2. Objetivos	7
1.3. Metodología	8
Bibliografía	12
2. Estado del arte en la recirculación de gases de escape	15
2.1. Introducción. Los motores HSDI en el marco medioambiental . .	16
2.2. EGR. Definición y clasificaciones	21
2.3. Procesos de MEC afectados por el EGR	27
2.3.1. Efecto de la recirculación de gases de escape sobre el proceso de renovación de la carga en motores Diesel so- brealimentados	28
2.3.1.1. Influencia de la recirculación de los gases de escape sobre la masa admitida	28
2.3.1.2. Influencia del circuito de EGR sobre el trabajo de bombeo	32
2.3.1.3. Interacciones entre elementos del sistema de renovación de la carga	33
2.3.2. Efecto de la recirculación de gases de escape sobre el proceso de combustión en motores Diesel sobrealimentados	38
2.4. Efecto del EGR sobre las emisiones contaminantes de MEC . . .	41
2.4.1. Efecto de la recirculación de la recirculación de los gases de escape en las emisiones de NO_x	41

2.4.2. Efecto de la recirculación de los gases de escape en las emisiones de partículas	41
Bibliografía	44
3. Trabajo experimental	51
3.1. Justificación	52
3.2. Descripción de la instalación experimental	52
3.2.1. Descripción del motor sujeto a estudio	52
3.2.1.1. Control de los sistemas de renovación de la carga	54
3.2.1.2. Sistema de refrigeración	58
3.2.2. Descripción de la sala de ensayos	59
3.3. Definición de los ensayos	62
3.3.1. Definición de condiciones de ensayo	62
3.3.2. Ensayos de referencia	64
3.3.3. Ensayos para determinar la dispersión entre cilindros . .	65
3.3.4. Ensayos para determinar los efectos de la temperatura de admisión y del EGR sobre el funcionamiento del motor	66
3.3.5. Ensayos para determinar los efectos del sistema de EGR sobre el trabajo de bombeo y la sobrealimentación . . .	68
3.3.6. Ensayos transitorios para determinar los efectos del sistema de EGR en la respuesta dinámica del motor y el turbocompresor	69
Bibliografía	70
4. Modelado	73
4.1. Introducción	73
4.2. WAM	76
4.2.1. Modelo de acción de ondas	77
4.2.2. Método de Lax-Wendroff	78
4.2.3. Modelo de compresor	80
4.2.4. Modelo de turbina	81
4.2.5. Modelo de intercambiador de calor	82

4.2.6.	Adaptación del modelo para el estudio de las condiciones de condensación en el intercambiador de calor de admisión	82
4.2.7.	Modelo particular del colector de admisión	85
4.3.	Metodología de ajuste del modelo	86
4.4.	Modelado CFD	90
4.5.	Validación del modelado CFD	91
	Bibliografía	94
5.	Análisis de los resultados	97
5.1.	Introducción	98
5.2.	Efectos sobre las condiciones del gas admitido	99
5.2.1.	Estudio del efecto del EGR sobre la distribución del gas de admisión entre cilindros	103
5.2.1.1.	Sistemas de reducción de la dispersión de EGR entre cilindros	112
5.3.	Efectos en el proceso de renovación de la carga	122
5.3.1.	Estudio del efecto del EGR sobre el trabajo de bombeo .	122
5.3.2.	Estudio del efecto del EGR en la sobrealimentación . . .	125
5.3.2.1.	Efecto del EGR sobre el funcionamiento de compresor y turbina	125
5.3.2.2.	Consideraciones acerca del control del sistema EGR-TGV.	129
5.4.	Repercusiones del sistema de EGR en la generación de condensados	143
5.4.1.	Análisis del efecto de la temperatura del EGR y el gas admitido sobre la generación de condensados y su naturaleza	143
5.4.2.	Soluciones a la condensación. Técnicas para evitarla y gestión de los condensados	149
5.4.2.1.	Control de la temperatura de admisión para evitar la condensación	152
5.4.2.2.	Sistemas de eliminación de condensados	155
5.5.	Repercusiones del sistema de EGR en las emisiones contaminantes	157

5.5.1.	Estudio del efecto de la temperatura de admisión sobre las emisiones contaminantes	157
5.5.2.	Estudio del efecto de la distribución del gas de admisión entre cilindros sobre las emisiones contaminantes	160
5.5.3.	Evaluación final de las emisiones producidas por el motor con los diferentes sistemas de EGR a través del análisis del comportamiento durante un ciclo de homologación NEDC	166
	Bibliografía	169
6.	Conclusiones y trabajos futuros	173
6.1.	Principales aportaciones y conclusiones	174
6.1.1.	Aportaciones relacionadas con la metodología, nuevos sistemas medida y nuevos modelos	174
6.1.1.1.	Metodología para la determinación de la distribución del gas recirculado entre cilindros	174
6.1.1.2.	Metodología experimental para la determinación de la tasa de condensación	175
6.1.1.3.	Medida de la tasa de EGR con el sistema de baja presión a partir de caudalímetros	175
6.1.1.4.	Modelo de condensación	176
6.1.2.	Efectos de la recirculación de gases de escape sobre las condiciones de admisión	176
6.1.3.	Efectos de la recirculación de gases de escape en el trabajo de bombeo	177
6.1.4.	Efectos de la recirculación de gases de escape en el funcionamiento de compresor y turbina	178
6.1.5.	Control del sistema EGR-TGV	178
6.1.6.	Repercusiones del sistema de EGR en la generación de condensados en la línea de admisión	179
6.1.7.	Efecto de la temperatura de admisión en las emisiones contaminantes	180
6.1.8.	Efecto de la distribución del gas de admisión entre cilindros sobre las emisiones contaminantes	181

6.1.9. Prestaciones del motor con los diferentes sistemas de EGR en el ciclo de homologación de vehículos europeos NEDC	182
6.2. Trabajos futuros	182
Índice Bibliográfico	185