





INDICE

	pág
RESUMEN	
1. ÓXIDOS DE NITRÓGENO.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1. Contaminación fotoquímica.....	1
1.1.2. Acidificación del medio ambiente.....	4
1.1.3. Efecto invernadero.....	5
1.2. FUENTES DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO.....	6
1.3. FORMACIÓN DE LOS NO _x	8
1.4. REGULACIÓN DE LAS EMISIONES.....	9
1.5. TECNOLOGÍAS ACTUALES PARA LA ELIMINACIÓN DE LOS ÓXIDOS DE NITRÓGENO.....	11
1.5.1. Medidas primarias de control.....	11
1.5.2. Medidas secundarias de control.....	14
1.5.2.1. Procesos húmedos.....	14
1.5.2.2. Procesos secos.....	15
1.5.2.2.1. Proceso no-catalítico.....	16
1.5.2.2.2. Procesos catalíticos.....	18
 <i>Descomposición catalítica de NO_x</i>	18
 <i>Reducción Catalítica No-Selectiva</i>	19
 <i>Reducción Catalítica Selectiva</i>	20
 <i>Catalizador de tres vías (TWC)</i>	25
1.6. CONTROL DE LOS NO _x PARA LOS MOTORES LEAN-BURN.....	30
1.7. CONTROL DE LOS NO _x EN EL REGENERADOR DE UNA UNIDAD DE CRAQUEO CATALÍTICO FLUIDIZADO....	37
1.7.1. Química del nitrógeno en un regenerador de una unidad de FCC.....	41
1.7.2. Tecnologías de control de NO _x en un regenerador de una Unidad de FCC.....	43
1.8. JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS.....	46

1.9.	REFERENCIAS.....	47
2.	HIPÓTESIS.....	63
3.	OBJETIVOS.....	64
3.1.	OBJETIVOS GENERALES.....	64
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	64
4.	EXPERIMENTAL.....	67
4.1.	MATERIALES.....	67
4.1.1.	Gases.....	67
4.1.2.	Líquidos.....	67
4.1.3.	Sólidos.....	67
4.2.	PREPARACIÓN DE LOS CATALIZADORES.....	68
4.2.1.	Síntesis de catalizadores NSR para la Reducción de NO _x en fuentes móviles.....	68
4.2.1.1.	Síntesis de hidrotalcitas.....	68
4.2.1.2.	Catalizador Pt-Ba/ γ -Al ₂ O ₃	70
4.2.2.	Síntesis de catalizadores para la Reducción Catalítica de los NO _x en un regenerador de FCC.....	71
4.2.2.1.	Óxido de cerio.....	71
4.2.2.2.	Catalizadores preparados por impregnaciones sucesivas.....	71
4.3.	TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS CATALIZADORES.....	73
4.3.1.	Espectroscopía de Absorción Atómica.....	74
4.3.2.	Difracción de Rayos-X.....	75
4.3.3.	Adsorción volumétrica de nitrógeno.....	77
4.3.4.	Espectroscopía de reflectancia difusa en la región UV-Visible.....	84
4.3.5.	Microscopía electrónica de barrido.....	86
4.3.6.	Análisis termogravimétrico (ATG).....	87

4.3.7.	Termodesorción programada de amoníaco.....	88
4.3.8.	Termoreducción programada (TRP- H ₂).....	90
4.4.	ENSAYOS CATALÍTICOS.....	91
	Sistema de reacción.....	91
	Sistema de análisis.....	94
	Descripción de los experimentos.....	96
	<ul style="list-style-type: none"> + + Reducción de NO_x en un proceso catalítico tipo “NSR, NO_x-Storage-Reduction”..... 	96
	<ul style="list-style-type: none"> + + Reducción de NO_x en condiciones de un regenerador en una Unidad de Craqueo Catalítico Fluidizado (FCCU)..... 	98
	Parámetro de reacción calculado.....	98
4.5.	REFERENCIAS.....	98
5.	DISCUSIÓN Y RESULTADOS.....	101
5.1.	RESULTADOS - CONTROL DE EMISIONES EN FUENTES MÓVILES.....	101
5.1.1.	CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	101
5.1.1.1.	Análisis Textural.....	101
5.1.1.2.	Análisis Estructural.....	104
5.1.1.3.	Análisis por UV-Visible.....	105
5.1.1.4.	Análisis Termogravimétrico y Termodiferencial...	106
5.1.1.5.	Termodesorción Programada de NH ₃	107
5.1.1.6.	Termodesorción Programada de NO.....	110
5.1.1.7.	Termodesorción Programada de CO ₂	111
5.1.1.8.	Termoreducción Programada (TRP-H ₂).....	114
5.1.1.9.	Microscopía Electrónica de Barrido.....	117
5.1.2.	ACTIVIDAD CATALÍTICA EN LA REDUCCIÓN DE NO _x	119
5.1.2.1.	Influencia del tipo de hidrotalcita.....	121
5.1.2.2.	Influencia de la composición de la hidrotalcita.....	126
5.1.2.3.	Estudio del proceso de activación.....	129

5.1.2.4.	Efecto de la modificación de la alimentación y de la regeneración del sólido.....	131
5.1.2.5.	Estudio sobre la modificación de la actividad al añadir metales nobles.....	132
5.1.2.6.	Estudio de la actividad del catalizador 15%Co-(Mg/Al) con otros metales.....	135
5.1.2.7.	Estudio de la capacidad de almacenamiento de los catalizadores.....	137
5.1.2.8.	Efecto del agua y el SO ₂ en la actividad del catalizador.....	138
5.1.3.	ACTIVIDAD OXIDANTE DEL CATALIZADOR.....	141
5.1.4.	COMPARACIÓN DE LOS CATALIZADORES 15%Co-(Mg/Al), 1%V-15%Co-(Mg/Al), 1%Ru-15%Co-(Mg/Al) CON UN CATALIZADOR DE REFERENCIA 1%Pt-19%Ba/γ-Al ₂ O ₃	143
5.1.5.	CONCLUSIONES.....	145
5.2.	RESULTADOS-REDUCCIÓN DE LOS NO _x EN EL REGENERADOR DE UNA UNIDAD DE CRAQUEO CATALÍTICO.....	148
5.2.1.	CARACTERIZACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	148
5.2.1.1.	Análisis Textural.....	148
5.2.1.2.	Análisis Estructural.....	152
5.2.1.3.	Termodesorción Programada de NH ₃	153
5.2.1.4.	Termoreducción Programada (TRP-H ₂).....	155
5.2.1.5.	Termodesorción Programada de NO.....	157
5.2.2.	ACTIVIDAD CATALÍTICA EN LA REDUCCIÓN DE NO _x EN UN REGENERADOR DE UNA UNIDAD DE FCC.....	160
5.2.2.1.	Influencia de las condiciones de activación y de reacción en la actividad del soporte CeAlO/γ-Al ₂ O ₃	160
5.2.2.2.	Efecto de la adición de un metal al soporte.....	161

5.2.2.3.	Efecto de las condiciones de activación y del contenido de cobre en el catalizador Cu-Al-O/soporte.....	163
5.2.2.4.	Efecto de la adición de un tercer metal al catalizador Cu-Al-O/soporte.....	165
5.2.2.5.	Influencia del método de preparación en la actividad catalítica.....	167
5.2.2.6.	Comparación del catalizador SnAlO/CuAlO/CeAlO/ γ -Al ₂ O ₃ con otros catalizadores activos en la reducción de NO en condiciones similares a las de un regenerador de FCC.....	170
5.2.3.	CONCLUSIONES.....	172
5.3.	REFERENCIAS.....	173
6.	CONCLUSIONES FINALES.....	181

GLOSARIO

PUBLICACIONES Y ASISTENCIA A CONGRESOS

ANEXOS
