

LISTA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN

I.1 Panorama energético.....	1
I.2 Energías renovables.....	3
I.2.1 Energía Solar.....	4
I.2.1.1 Solar Fotovoltaica.....	4
I.2.1.2 Solar Térmica.....	5
I.2.2 Energía Eólica.....	6
I.2.3 Energía Geotérmica.....	6
I.2.4 Energía Hidráulica.....	7
I.2.5 Biomasa.....	7
I.2.5.1 Residuos como fuente de biomasa.....	8
I.2.5.1.1 Procedimientos Termoquímicos: combustión, pirólisis.....	9
I.2.5.1.2 Procedimientos Bioquímicos: Fermentación alcohólica.....	10
I.2.5.1.3 Procedimientos Bioquímicos: Digestión anaeróbica.....	11
I.2.5.2 Cultivos energéticos.....	12
I.3 Hidrógeno: vector energético.....	13
I.3.1 Tecnologías tradicionales para la producción de H ₂	15
I.3.2 Nuevas tecnologías de producción de H ₂	17
I.4 El etanol como fuente de energía.....	18
I.4.1 Materias primas y importancia del procedimiento de fermentación.....	19
I.5 Reformado de alcoholes.....	21
I.5.1 Conversión de etanol en hidrógeno.....	22
I.5.1.1 Reformado de etanol con vapor de agua.....	24
I.5.1.2 Reformado de etanol por oxidación parcial.....	24

I.5.1.3 Reformado autotérmico.....	25
I.5.1.4 Gasificación.....	25
I.6 Reformado catalítico de etanol en presencia de vapor de agua.....	26
I.6.1 Metales de transición.....	28
I.6.2 Metales nobles.....	32
I.6.3 Metales de transición con adición de metal noble ::.....	32
I.6.4 Catalizadores dopados con promotores.....	32
I.7 Estructuras definidas.....	33
I.7.1 Ventajas de estructuras definidas como catalizadores.....	34
I.7.2 Estructura tipo pirocloro.....	34
I.7.3 Literatura concerniente a la utilización de $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ en catálisis.....	38
I.8 Objetivo del trabajo.....	39
Bibliografía.....	41
II. PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS CATALÍTICOS Ni-La-Zr y Co-La-Zr	
II.1 Preparación.....	46
II.1.1 Catalizadores Impregnados.....	48
II.1.2 Catalizadores Coprecipitados.....	50
II.1.3 Catalizadores por Pseudo Sol-Gel.....	50
II.2 Caracterización de Catalizadores.....	52
II.2.1 Sistemas NiLaZr preparados por coprecipitación e impregnación.....	52
II.2.1.1 Análisis Termogravimétrico (TGA).....	52
II.2.1.2 Caracterización por Difracción de Rayos X.....	53
II.2.1.3 Caracterización por Reducción Térmica Programada (TPR).....	56
II.2.1.4 Determinación de Áreas Específicas y Volumen de Poros.....	59

II.2.1.5	Caracterización por Microscopia SEM.....	60
II.2.2	Sistemas NiLaZr y CoLaZr preparados por el método pseudo sol-gel.....	62
II.2.2.1	Caracterización por Difracción de Rayos X.....	62
II.2.2.2	Caracterización por Reducción Térmica Programada (TPR).....	66
II.2.2.3	Caracterización por TEM-EDX.....	68
II.2.2.4	Determinación de Áreas Específicas.....	71
II.2.3	Sistemas Ni-Rh-La-Zr y Co-Rh-La-Zr preparados por el método pseudo sol-gel.....	72
II.2.3.1	Caracterización por Difracción de Rayos X.....	72
II.2.3.2	Caracterización por Reducción Térmica Programada (TPR).....	73
II.2.3.3	Determinación de Areas Específicas.....	74
II.2.3.4	Caracterización por TEM-EDX.....	75
II.2.3.5	Caracterización por Microscopia SEM.....	76
II.2.3.6	Caracterizaciones complementarias del compuesto $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$	77
II.2.4.	Estudio de la carbonatación de los catalizadores Ni-La-Zr y Co-La-Zr.....	78
	Bibliografía.....	82
III.	REACTIVIDAD DE SISTEMAS CATALITICOS Ni-La-Zr y Co-La-Zr	
III.1	Modo de ensayo.....	85
III.2	Ensayos de reformado.....	87
III.2.1	Aspectos Termodinámicos.....	87
III.2.2	Ensayos Catalíticos de catalizadores de Ni preparados por impregnación húmeda (Ni/LaZr).....	93
III.2.2.1	Ensayos preliminares realizados con un catalizador Ni/LaZr700-500.....	93
III.2.2.2	Ensayos con un catalizador Ni/LaZr700-700.....	95
III.2.2.3	Influencia de la temperatura de calcinación del soporte.....	96
III.2.2.4	Influencia de la temperatura de calcinación final del catalizador.....	97

III.2.3 Ensayos catalíticos de catalizadores coprecipitados (NiLaZr).....	98
III.2.3.1 Catalizador coprecipitado y calcinado a 700°C.....	98
III.2.3.2 Catalizador coprecipitado y calcinado a 850°C.....	99
III.2.4 Ensayos de estabilidad de catalizadores.....	101
III.2.5 Ensayos con catalizadores NiLaZr y CoLaZr preparados por sol-gel a un tenor de 17%.....	104
III.2.5.1 Catalizador NiLaZr _{sg} 700 en reacción a 500°C	104
III.2.5.2 Catalizador NiLaZr _{sg} 850 en reacción a 500°C.....	105
III.2.5.3 Catalizador NiLaZr _{sg} 700 en reacción a 650°C.....	106
III.2.5.4 Catalizador NiLaZr _{sg} 850 en reacción a 650°C.....	108
III.2.5.5 Catalizador CoLaZr _{sg} 700 en reacción a 500°C.....	109
III.2.5.6 Catalizador CoLaZr _{sg} 850 en reacción a 500°C.....	110
III.3 Selectividad de los catalizadores MeLaZr a 500°C de reacción.....	112
III.2.5.7 Catalizador CoLaZr _{sg} 700 en reacción a 650°C.....	112
III.2.5.8 Catalizador CoLaZr _{sg} 850 en reacción a 650°C.....	114
III.2.6 Ensayos con catalizadores NiLaZr y CoLaZr preparador por sol gel a un tenor de 6,6%.....	115
III.2.6.1 Catalizador CoLaZr _{sg} 700 en reacción a 550°C.....	117
III.2.6.2 Catalizador CoLaZr _{sg} 850 en reacción a 550°C.....	118
III.2.6.3 Catalizador NiLaZr _{sg} 700 en reacción a 650°C.....	119
III.2.6.4 Catalizador NiLaZr _{sg} 850 en reacción a 650°C.....	120
III.2.6.5 Catalizador NiLaZr _{sg} 950 en reacción a 650°C.....	121
III.2.7 Influencia del agregado de Rh a los catalizadores NiLaZr _{sg} y CoLaZr _{sg} a un tenor de 5,6%.....	123
III.2.8 Respuesta de catalizadores a la inyección de CO ₂	124
III.2.8.1 Catalizadores NiLaZr, CoLaZr al 6,6%.....	124
III.2.8.2 Catalizadores NiRhLaZr y CoRhLaZr (5,6% en Ni y Co, y 1% de	

Rh).....	130
III.3 Conclusiones.....	131
Referencias.....	133
IV. CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS CATALITICOS Ni-La-Zr y Co-La-Zr DESPUÉS DE REACCIÓN	
IV.1 Introducción.....	134
IV.2 Sistemas NiLaZr al 17% preparados por coprecipitación e impregnación.....	135
IV.2.1 Caracterización por Microscopia SEM.....	136
IV.2.2 Caracterización por análisis Termogravimétrico (TGA).....	135
IV.3 Sistemas NiLaZr y CoLaZr preparados por el método pseudo sol-gel.....	137
IV.3.1 Caracterización por Difracción de Rayos X.....	137
IV.3.2 Análisis por Espectroscopia Infrarroja (FT-IR).....	138
IV.3.3 Caracterización por Microscopia SEM-EDS.....	140
IV.3.3.1 Catalizadores al 6,6%.....	140
IV.3.3.2 Catalizadores al 17%.....	142
IV.3.4 Caracterización por Oxidación Térmica Programada (TPO).....	148
IV.3.5 Caracterización por análisis Termogravimétrico (TGA).....	150
IV.3.6 Análisis SEM-EDS de catalizadores después de la inyección de CO ₂ a 650°C.....	153
IV. 4 Conclusiones.....	156
Referencias.....	157
V.CONCLUSIONES GENERALES.....	158