

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA  
Y ELECTRICA  
ESCUELA DE GRADUADOS



NUEVO DESARROLLO DE MATERIALES A BASE DE  
MgO-ESPINEL ( $MgO \cdot Al_2O_3$ )-CARBON.

TESIS  
que presenta

OSCAR DIAZ TOLEDO

En opción al grado de  
DOCTOR en INGENIERIA de MATERIALES

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

JULIO DE 1995

TD

Z5853

.M2

FIME

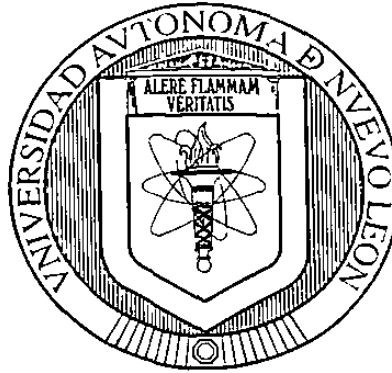
1995

D5



1020112249

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**



**NUEVO DESARROLLO DE MATERIALES A BASE DE MgO - ESPINEL ( $MgO \cdot Al_2O_3$ ) -  
CARBON.**

**Por**

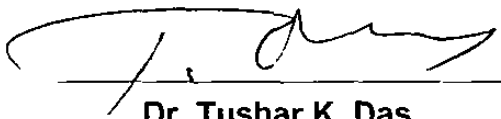
**OSCAR DIAZ TOLEDO**  
**Ingeniero Químico Metalúrgico**  
**Facultad de Química**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**México, D. F.**  
**1976**

**MAESTRIA EN CIENCIAS TECNICAS**  
**con especialidad en**  
**materiales cerámicos**  
**Facultad de Materiales**  
**Universidad de Sheffield, Inglaterra**  
**1979**


**Como requisito parcial para obtener el Grado de**  
**DOCTOR EN INGENIERIA DE MATERIALES**

**Julio, 1995**

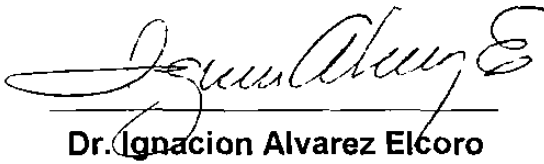
**NUEVO DESARROLLO DE MATERIALES A BASE MgO - ESPINEL (MgO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) -  
CARBON.**



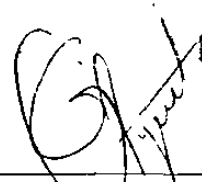
**Dr. Tushar K. Das**  
Asesor de Tesis



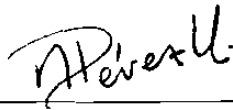
**Dr. Ubaldo Ortiz Méndez**  
Asesor de Tesis



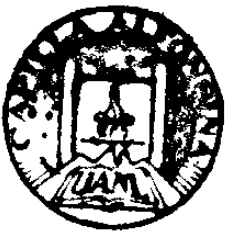
**Dr. Ignacion Alvarez Elcoro**



**Dr. Juan A. Aguilar Garib**



**Dr. Alberto Pérez Unzueta**



FONDO. TESIS

## **AGRADECIMIENTO**

**El autor da las gracias a su esposa Elena y a sus hijos Oscar y Alonso Rene por la ayuda y comprensión recibida en la realización de esta tesis.**

**Para los Ings. Jaime Lomelín, Juan Manuel Bravo y Armando Fanti por todas las facilidades prestadas para la realización de este trabajo.**

**A la Universidad Autónoma de Nuevo León y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la confianza recibida durante el desarrollo de esta investigación.**

**Y finalmente a mis asesores Dr. T. K. Das y Dr. Ubaldo Ortiz por su guía, sugerencias y consejos recibidos en la realización de esta tesis.**

**Dando las gracias también a todo el Departamento de Investigación y Desarrollo de Refractarios Mexicanos por la ayuda recibida.**

## NUEVO DESARROLLO DE MATERIALES REFRACTARIOS A BASE DE MgO -

### ESPINEL(MgO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) - CARBON

<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
1. RESUMEN	3
2. INTRODUCCION	4
3. MATERIAS PRIMAS	18
3.1. Oxido de magnesio	18
3.2. Espinel MgO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19
3.3. Grafito (carbón)	21
3.4. Metales antioxidantes	23
3.5. Resinas	24
4. METODOS EXPERIMENTALES Y TECNICAS USADAS	26
4.1. Preparación de muestras	28
4.2. Quemado de muestras	28
4.3. Preparación de muestras para examinación vía microscopio	29
4.4. Prueba de hidratación	29
4.5. Difracción de Rayos X	29
4.6. Prueba de ataque por escoria método estatico	30
4.7. Prueba de ataque por escoria método dinamico	30
5. RESULTADOS Y DISCUSION	36
5.1. Prueba de hidratación	37
5.2. Prueba de ataque por escoria método estatico	50
5.3. Adición de antioxidantes	51
5.3.1. Prueba de modulo de ruptura	51
5.3.2. Prueba de hidratación	52
5.3.3. Prueba de resistencia a la oxidación	53
5.4. Ladrillos	54
5.4.1. Propiedades fisicas en ladrillos	54
5.4.2. Resultados en propiedades fisicas	91
5.5. Mecanismo de desgaste convencional	101
5.6. Mecanismo de desgaste para materiales a base de MgO-C	105
5.6.1. Ataque químico por escoria rica en CaO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> y FeO-MnO	106
5.6.2. Ataque químico por escoria rica en CaO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub>	106
5.7. Mecanismo de desgaste para materiales a base de MgO-MgO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -C	114
6. CONCLUSIONES	121
BIBLIOGRAFIA	124