

3.7 PROPIEDADES DE ALGUNAS FASES DEL LADRILLO Y DEL FIERRO

La Tabla 3 muestra algunas propiedades encontradas en la literatura. Lo importante es la diferencia en dureza entre las fases del refractario y el hierro.

Tabla 3. Propiedades de algunas fases del ladrillo y el hierro

Identificación	Formula	T. fusión	Dureza	Densidad
Silimanita	Al ₂ O ₃ -SiO ₂	1880*	6.5-7.5	3.23-3.27
Mulita	3Al ₂ O ₃ -2SiO ₂	1810	6-7	
Corundum	Al ₂ O ₃	2050	9	3.95-4.10
Tridimita	SiO ₂	1710	7	2.65
Hierro	Fe	1535	4-5	7.85

* a esta temperatura se transforma en Mulita

4. CARACTERIZACION DE LAS SUPERFICIES DEL LADRILLO SIN TRATAMIENTO Y DEL FIERRO ESPONJA

La Tabla 4 muestra los datos dados por el fabricante respecto a la porosidad y el análisis químico del ladrillo. La Tabla 5 muestra los análisis medidos en el laboratorio de Hylsa.

Tabla 4. Porosidad y macroanálisis químico
Ladrillo refractario (datos del fabricante)

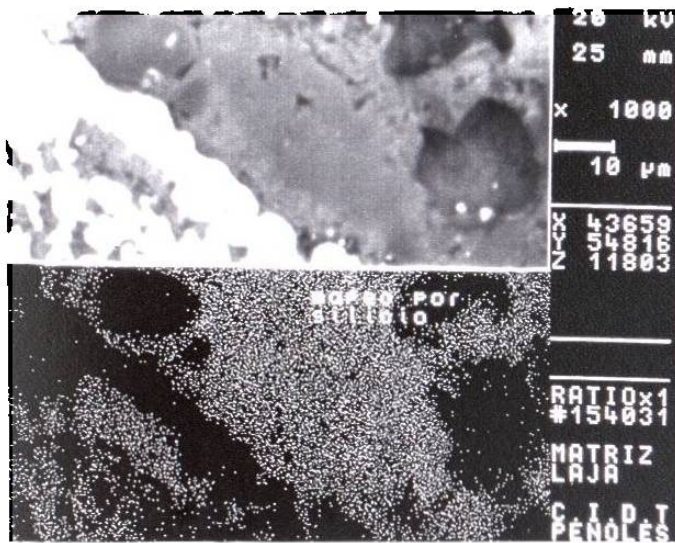
Porosidad aparente	°o	11.0 - 15.0
Densidad	gr/cm ³	2.26 - 2.36
Análisis Químico		
SiO ₂	°o	51.0 - 55.0
Al ₂ O ₃	°o	42.0 - 45.0
Fe ₂ O ₃	°o	1.5 - 2.5
CaO	%	0.2 - 0.8
MgO	°o	0.0 - 0.5
TiO ₂	°o	1.2 - 2.2
Na ₂ O + K ₂ O	%	0.5 - 1.0

Tabla 5. Analisis del ladrillo en HYL

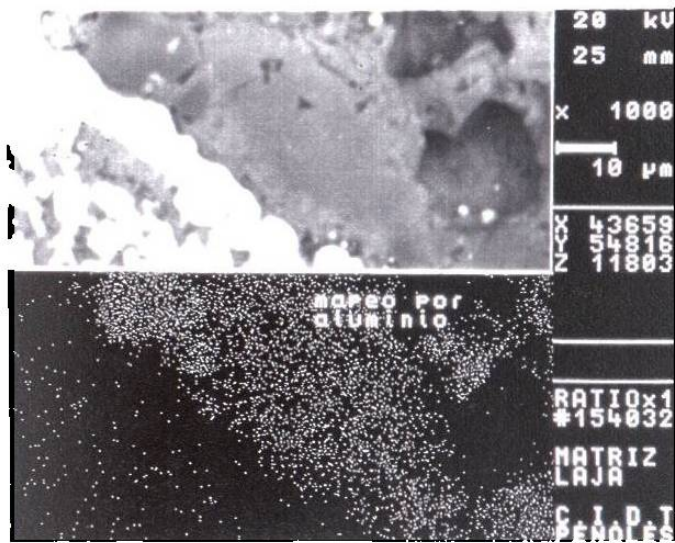
Identificacion	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fe total	0.510	0.310	0.210
Fe ₂ O ₃	0.729	0.443	0.300
C	0.040	0.020	0.020
S	0.002	0.001	0.002
P	0.058	0.056	0.088
SiO ₂	53.300	52.280	53.240
Al ₂ O ₃	42.640	43.950	43.040
MgO	0.180	0.184	0.198
MnO	0.038	0.036	0.040
CaO	0.230	0.246	0.280
NiO	0.000	0.002	0.014
Cr ₂ O ₃	0.040	0.040	0.048
PbO	0.000	0.000	0.000
ZnO	0.000	0.000	0.000
TiO ₂	1.980	1.960	2.170
V ₂ O ₅	0.026	0.026	0.026
CuO	0.072	0.020	0.036
Na ₂ O	0.046	0.117	0.064
K ₂ O	0.143	0.324	0.190
CdO	0.018	0.018	0.044

MICROANALISIS QUIMICO

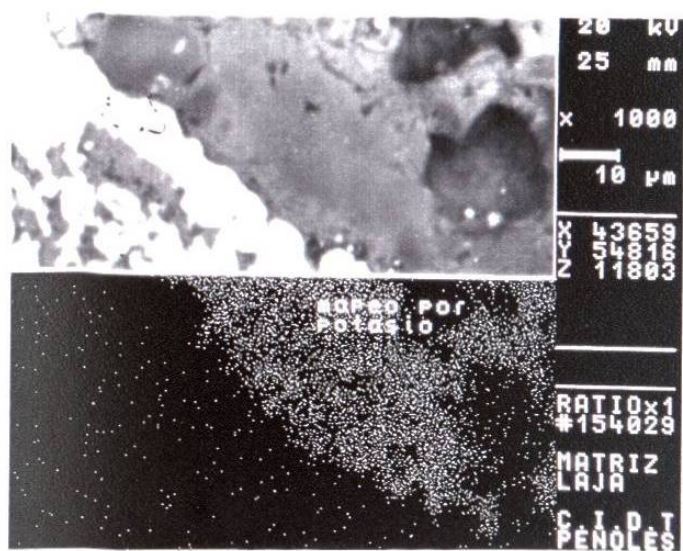
Las fotografías de la 22 a la 25, y la Figura 9, muestran los mapeos, mediante el microscopio electrónico, de los principales elementos químicos que forman el ladrillo. Se observa que hay concordancia entre el análisis micro y el macro, excepto en la zona de la interfase del ladrillo ya que en esta hay una disminución del potasio que es sustituido por el calcio.



Fotografía 22. Mapeo de silicio en capa industrial.



Fotografía 23. Mapeo de aluminio en capa industrial.



Fotografía 24. Mapeo de Potasio en capa industrial.



Fotografía 25. Mapeo de calcio en capa industrial.

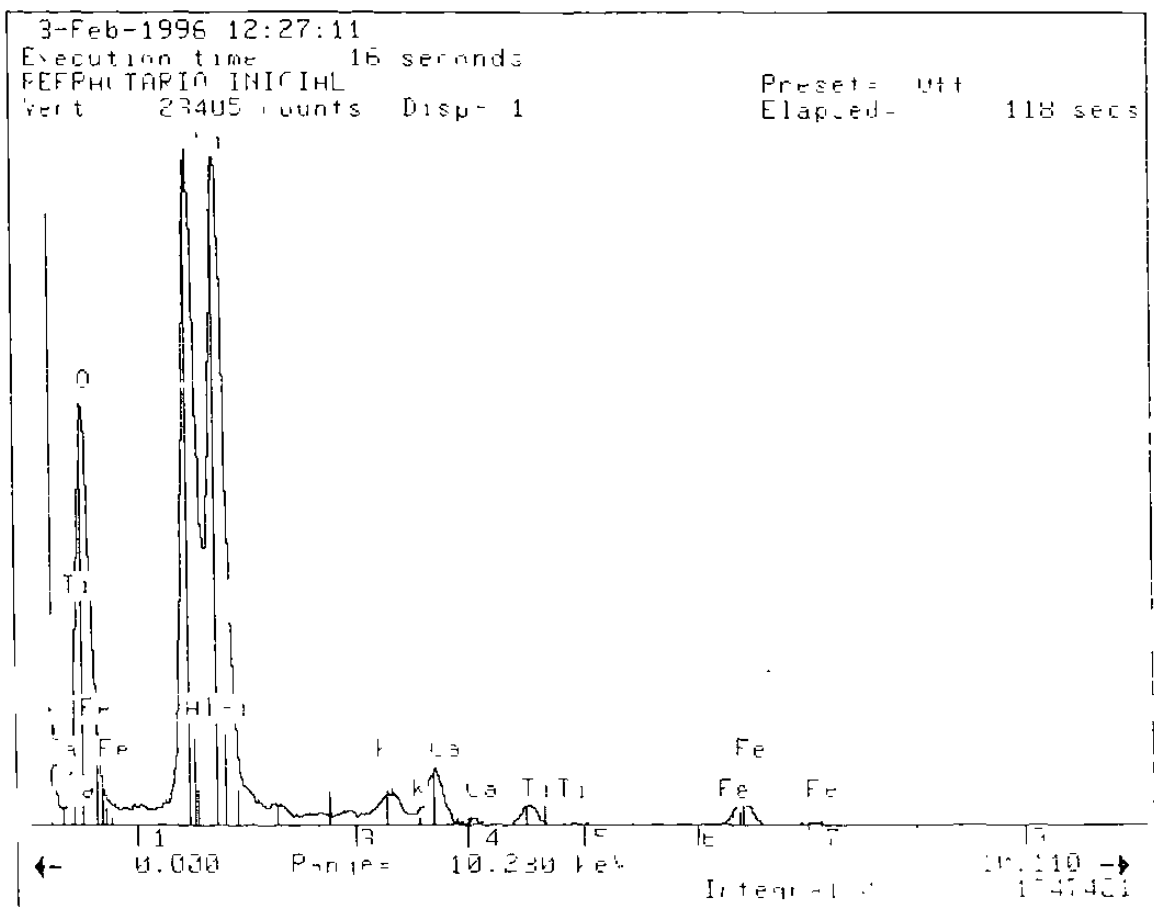


Figura 9 Analisis de superficie de ladrillo por espectroscopia de rayos x (EDX).

CARACTERIZACION DEL HIERRO ESPONJA

La Tabla 6 muestra los valores de porosidad medidos a 5 muestras de pelets

Tabla 6 Porosidad del fierro esponja

Muestra	Porosidad
Número	%
1	58.04
2	61.22
3	61.68
4	60.26
5	58.61

La Tabla 7 muestra un análisis químico típico del hierro esponja

Tabla 7 Análisis químico típico del hierro esponja

ESPECIE	% P.E.S.O
Fe tot	89.27
Fe met.	83.92
Met.	94.01
FeO	6.66
C	2.23
S	0.012
P	0.024
SiO ₂	2.16
MgO	0.54
CaO	2.21
Al ₂ O ₃	0.74
Otros	1.50

En base a lo encontrado en la literatura, las propiedades mostradas en las tablas de la 3 a la 7, las figuras de la 6 a la 9, y las Fotografías 18 a 21 se explica que la falla a corte ocurra en el hierro esponja. Por lo tanto, parte de las partículas que entran a los poros del refractario son las que se generan por la interacción de las duras superficies del refractario con la superficie menos dura y mucho más porosa del hierro esponja.

Con estas observaciones, con lo investigado en la literatura y algunos cálculos se empezaron a formular y analizar hipótesis con respecto al mecanismo de anclaje y crecimiento. Las siguientes secciones tratan en detalle el desarrollo de la investigación.

5. BALANCE DE FUERZAS Y CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL A LA PARED DEL REACTOR

Antes de diseñar el equipo y los procedimientos para simular la formación de las capas fue necesario calcular los perfiles de esfuerzos normales y cortantes a la pared del reactor. Un ejemplo de esos cálculos se encuentra en el Apéndice 12.2. Se puede observar que el máximo esfuerzo normal a la pared del reactor 3M5 en su zona cónica es de aproximadamente 2.8 Kg/cm². Tomando en cuenta lo calculado para varios valores de los parámetros se decidió considerar como representativo del máximo esfuerzo normal un valor de 3.1 Kg/cm² para el reactor industrial y 0.1 Kg/cm² para el reactor piloto.