

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



CONTROL DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE LOS REFRACTARIOS

TESIS

Que para obtener el Título de

INGENIERO QUIMICO

presenta

José Eduardo Silva Bolio

MEXICO, D. F.

1977



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A MI PADRE

JUVENCIO SILVA HERNANDEZ

A MI MADRE

MA. ESTELA BOLIO DE SILVA

A MI ESPOSA

LETICIA MAZA DE SILVA

A MI HIJO

A MIS HERMANOS

A MIS AMIGOS

**AGRADEZCO A REFRACTARIOS A. P. GREEN, S. A.,
LA COOPERACION Y FACILIDADES QUE ME PRO-
PORCIONARON PARA LA REALIZACION DE ESTE
TRABAJO.**

**CON ESPECIAL RECONOCIMIENTO AL
DR. LIBERTO DE PABLO GALAN**

**CONTROL DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE
LOS REFRACTARIOS**

CONTENIDO

OBJETIVOS

CAPITULO I GENERALIDADES

CAPITULO II USOS Y APLICACIONES

**CAPITULO III ADMINISTRACION DEL CONTROL DE
CALIDAD**

CAPITULO IV PRUEBAS DE LABORATORIO

**CAPITULO V CONTROL ESTADISTICO DE LA
CALIDAD**

CONCLUSIONES

GLOSARIO DE TERMINOS

BIBLIOGRAFIA

OBJETIVOS

OBJETIVOS

Es muy importante e interesante tratar el tema de CONTROL DE CALIDAD, ya que es considerado mundialmente como una de las bases primordiales para el desarrollo de una industria y por lo tanto de la economía de un país.

El siguiente estudio tiene como objetivo principal ayudar a entender la importancia de la calidad, así como también la organización de un departamento de control de calidad y sus funciones dentro de una compañía organizada.

Es indudable que nuestros productos estén aumentando su calidad día con día ya que las técnicas de producción se mejoran constantemente y esto hace que el propio mexicano confíe cada vez más en productos hechos en el país.

Para poder llegar a una confiabilidad absoluta es necesario inculcar en el trabajador un espíritu de responsabilidad en la labor que desempeña.

Para lograr esto, existen varias soluciones, de las cuales la que considero más importante, es la educación y entrenamiento del trabajador, es decir, hacerle tomar conciencia de que el producto que está manufacturando tiene que cumplir ciertos requisitos para que sea aceptable en el mercado, y también hacerle notar que un descuido en su trabajo puede ocasionar una producción defectuosa y por lo tanto de mala calidad.

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta el control de calidad en nuestro país, es la falta de preparación de los trabajadores, ya que en la mayoría de las compañías únicamente se les entrena ya sea para manejar una máquina o para hacer trabajos manuales, pero nunca se les da la información adecuada sobre el producto que está fabricando. Por ejemplo, no saben para que sirve, en donde se utiliza, que funciones desempeña, que lo puede afectar y qué beneficia, etc.

Se ha comprobado que si un obrero conoce varios de los puntos arriba mencionados, es obvio que ponga mayor empeño en la elaboración de dicho producto, pues to que esta enterado de los problemas que puede ocasionar una fabricación deficiente.

Si estos señores tuvieran la información necesaria, estoy seguro que la calidad de nuestros productos se vería aumentada.

Este trabajo, más que un objetivo técnico tiene un objetivo teórico, es decir, que la idea principal al realizarlo y entregarlo a la Universidad, es que si al tomarlo como trabajo de consulta, ya sea por un industrial o un estudiante, les haga sentir la imperiosa necesidad de lograr un mayor desarrollo en lo que a -

control de calidad se refiere y poder presentar productos hechos en México que merezcan la confianza de los mexicanos, puesto que ya es tiempo que nuestro país compita en calidad con los países más avanzados del mundo.

Para la industria de los refractarios en particular, espero que les sirva de estímulo para que sus productos en especial mejoren y pronto podamos decir con plena confianza este producto es hecho en México.

CAPITULO I

GENERALIDADES

GENERALIDADES

Un refractario es un material cerámico, inorgánico, no metálico, resistente a la fusión o a otros efectos de alta temperatura. Aún cuando todos los materiales son resistentes al calor, éstos varían en cierto grado su resistencia, por lo que solo ciertos materiales son suficientemente resistentes para ser usados como refractarios.

Dichos refractarios deben resistir además del calor, otras fuerzas destructivas cuando se hallan en servicio, tales como cambios bruscos de temperatura, ataques químicos, esfuerzo bajo carga a altas temperaturas, abrasión y abuso mecánico.

Los materiales refractarios tienen diferentes resistencias a las fuerzas destructivas, razón por la cual varios tipos de refractarios son requeridos para diferentes aplicaciones.

Los refractarios en la industria con pocas excepciones, son óxidos o combinaciones de óxidos de elementos químicos. Los cuales ofrecen una base para su clasificación de acuerdo a sus constituyentes químicos.

Los refractarios se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: Silico-Aluminosos; de Sílice; Básicos y Refractarios especiales.

REFRACTARIOS SILICO-ALUMINOSOS.-

Los refractarios de este grupo poseen de 15 a 90 % de alúmina, siendo el sílice el otro componente de mayor porcentaje. Estos materiales refractarios se subdividen a su vez en: Refractarios de arcilla aquellos que contienen hasta un 50 % de alúmina y Refractarios de silimanita, procedentes de la kyanita u otro compuesto natural que tenga alrededor de 50 % de alúmina.

Los refractarios silico-aluminosos varían en su refractabilidad, siendo ésta directamente proporcional al contenido de alúmina, debido a su estructura mineralógica no poseen una temperatura definida para su fusión, sino que ésta se realiza en un rango de temperaturas comprendido entre la fusión de la primera partícula hasta que la masa total se funde. Por esto existen en estos materiales la tendencia quebrarse y/o deformarse bajo carga en caliente, e igual que la refractabilidad, la resistencia a estos fenómenos es directamente proporcional al contenido de alúmina. Se puede decir que la mayor parte de estos materiales tienen buena resistencia al choque térmico.

Ladrillos de Arcilla.- Son los de uso más frecuente, llegando a ocupar el 70 % de la producción total de refractarios. Son fabricados de mezclas naturales como silicatos aluminosos hidratados, arcillas y sílice libre. Se dispone

de cuatro clases de ladrillos de arcilla conocidos como : Baja calidad, calidad intermedia, alta calidad y calidad superior.

Esta clasificación se basa principalmente en su punto de fusión o equivalente al cono pirométrico de la escala *Orton*, sin embargo, en algunos casos se toman en consideración algunas otras propiedades.

Ladrillos de Alta Alúmina.— Estos son fabricados de materiales altamente aluminosos, tales como *Diáspere*, *Ancilla Burley* y *Bauxita*, en combinación con arcillas, sus características son similares a las de los ladrillos de arcilla, pero prácticamente en todos sus aspectos presentan una mayor resistencia a la destrucción. Estos son subdivididos de acuerdo a su contenido de alúmina, tales como 50, 60 y 70 % que son los más usuales y los de 80 y 90 % de alúmina, ladrillos que son de uso específico.

Ladrillos de Silimanita.— Poseen ventaja sobre los ladrillos de alta alúmina de composición química similar, ya que pueden soportar mejor los ataques químicos y físicos debido a la naturaleza de los minerales usados como materia prima para su fabricación, que son: *Kianita*, *Silimanita* y *Andalucita*.

REFRACTARIOS DE SÍLICE.—

Los refractarios de Sílice contienen arriba del 95% de SiO_2 , y son fabricados de Sílice puro proveniente de depósitos naturales, con adiciones del 2 % de cal para ligar los granos de Sílice.

El mineral natural cuarzo, sufre un cambio durante el quemado y es convertido a sus formas cristalinas, conocidas como *Tridimita* y *Cristobalita*.

El ladrillo de Sílice tiene mayor refractabilidad que los de arcilla, muestra expansión a altas temperaturas y tiene una excelente resistencia a la deformación bajo cargas a temperaturas cercanas a su punto de fusión. Posee también una buena resistencia al ataque de fundentes, pero son susceptibles a — quebrarse durante rápidas fluctuaciones de temperatura abajo de 538°C . Debido a estas características, los ladrillos de Sílice son ampliamente utilizados y su consumo representa cerca del 18 % de todos los refractarios conocidos.

REFRACTARIOS BÁSICOS.—

Los materiales básicos comprenden a los productos hechos a base de magnesita y/o metales de cromo.

Como un grupo de materiales básicos en contraste a los grupos de los silicoaluminosos y de Sílice, exhiben mucha más refractabilidad y mayor resistencia al ataque químico de escorias y óxidos. La magnesita es particularmente conveniente para resistir el ataque por óxidos de fierro pero tienden a romperse y

quebrarse a altas temperaturas, mientras que los de óxido de cromo no se quiebran ni fracturan a altas temperaturas como las de magnesita, pero tienen poca resistencia a los ataques de óxido de hierro. Ambos materiales pueden ser mezclados para formar productos refractarios y de esta manera combinar sus mejores propiedades.

Principalmente cuatro tipos de ladrillos básicos son producidos: Cromo, Magnesita, Cromo-Magnesita (Mezcla en la cual el mineral de Cromo predomina) y — Magnesita-Cromo (Mezcla en la que predomina la Magnesita).

REFRACTARIOS ESPECIALES.-

Los refractarios especiales incluyen los fabricados sintéticamente y otros elaborados de materiales naturales, los cuales poseen características particulares, tales como, buena resistencia a la carga, alta — conductividad térmica, resistencia al ataque por acción química específica, etc, las cuales determinan su uso.

Estos refractarios son producidos en cantidades relativamente pequeñas, por lo que su costo es alto. El carburo de Silicio, Electrofundidos de Alúmina, Carbón, Grafito y Zircón, son ejemplos típicos de esta clase de refractarios.

REFRACTARIOS AISLANTES.-

Las propiedades más importantes que deben reunir — los materiales aislantes, son baja conductividad térmica, con lo cual consiguen pérdidas por conducción muy reducidas, y baja densidad, con objetos que el almacenamiento de calor sea pequeño. La relación entre la densidad del aislante, la conductividad y la capacidad térmica es casi lineal.

La baja densidad de estos materiales es conseguido por el aumento artificial de la porosidad. La estructura porosa de los materiales mencionados, tienen un efecto decisivo sobre la conductividad térmica.

Los espacios diminutos de aire que constituyen la estructura del tabique refractario aislante, posee este valor debido a la baja conductividad del aire y por consiguiente la conductividad final del tabique es sumamente baja y es función de la conductividad del material sólido y de las dimensiones de los poros que forman el tabique.

Se clasifican de acuerdo a su densidad y a la temperatura de servicio, como se muestra en la siguiente tabla:

Grupo	Temperatura de Servicio °C	Densidad g/cm ³
16	846	0.54

20	1 065	0.64
23	1 230	0.77
26	1 400	0.86
28	1 510	0.96
30	1 620	1.09
32	1 730	1.52
33	1 790	1.52

CAPITULO II

USOS Y APLICACIONES

USOS Y APLICACIONES

Los ladrillos de arcilla refractaria se emplean en la reparación y construcción de hornos, hogares, chimeneas, etc., y en general en toda aquella construcción que requiera de este tipo de ladrillo y que esté sujeta a elevadas temperaturas.

Los ladrillos de arcilla refractaria, son materiales resistentes a temperaturas elevadas y a otras condiciones de destrucción.

Se obtienen por medio de prensada y cocción posterior de mezclas controladas de arcillas refractarias y agregados.

Se dividen en 7 tipos:

I.- Super Refractario, Cono 33 (1743°C)

$Al_2O_3 = 42\%$. Resistencia a la disgregación térmica y a las escorias.

II.- Altamente Refractario. Cono 31 1/2 (1699°C)

$Al_2O_3 = 35\%$. Igual resistencia al anterior.

III.- Medianamente Refractario. Cono 29 (1659°C)

$Al_2O_3 = 30\%$

IV.- Poco Refractario. Cono 15 (1143°C)

$Al_2O_3 = 30\%$

V.- Semisilice. $SiO_2 = 72\%$

VI.- Acido resistentes. Para estar en contacto con medios ácidos (Excepto Ac. Fluorhídrico y sus sales).

VII.- De expansión. Para instalaciones en contacto con acero fundido (También se le conoce como ladrillos de alas).

Los ladrillos refractarios y formas especiales de carburo de Silicio.

Los ladrillos refractarios y formas especiales de carburo de silicio se emplean para la construcción y reparación de hornos, hogares, incineradores, etc., y en donde se requiera alta conductividad térmica y resistencia a las condiciones severas de operación.

Los ladrillos refractarios y formas especiales de carburo de Silicio, son materiales fabricados a base de grano de Carburo de Silicio SiC y otros aditivos o ligadores con o sin materiales para proteger el grano de SiC de la oxidación durante el servicio.

El único tipo de ladrillo de esta calidad tiene un contenido de SiC de 85% como mínimo.

Ladrillos refractarios prensados de Sílice.

Los ladrillos refractarios de Sílice, se emplean en la construcción y reparación de hornos de vidrio, de aceración, etc., y en general en toda aquella construcción que requiera este tipo de ladrillo, por estar sujeta a elevadas temperaturas.

Los ladrillos refractarios de Sílice, son materiales resistentes a elevadas temperaturas y a otras condiciones de destrucción.

Se obtiene por prensada y cocción posterior de mezclas controladas de Cuarzita con un contenido mínimo de 98 % de Sílice (SiO_2) y agregados.

Estos ladrillos se clasifican en 2 tipos:

I.- De calidad especial. Cuando tienen un factor de fundentes igual o inferior a 0.50

II.- De calidad regular. Cuando tienen un calor de fundentes mayor a 0.50

Este se divide a su vez en dos tipos:

II.A.- Destinados a usarse bajo condiciones moderadas de cambios de temperatura.

II.B.- Para usarse bajo condiciones severas de cambios de temperatura.

Ladrillos refractarios prensados de Alta Alúmina

Los ladrillos refractarios de alta alúmina, se emplean para la construcción y reparación de hornos, calderas, etc., y en todas aquellas construcciones que requieran el empleo de ladrillos de esta composición y que estén sujetos a elevadas temperaturas.

Los ladrillos refractarios de alta alúmina deben contener un mínimo de 50% de Alúmina (Al_2O_3). Son materiales resistentes a elevadas temperaturas y a otras condiciones de destrucción.

Se obtienen por prensado y cocción posterior de mezclas controladas de materiales refractarios aluminosos y agregados.

Se clasifican en los siguientes tipos:

Tipo	% de Alúmina	Cono
I	50	34
II	60	35
III	70	36
IV	80	37
V	85	38
VI	90	39
VII	99	40

Ladrillos refractarios Básicos Prensados.

Los ladrillos refractarios básicos, se emplean para la construcción y reparación de hornos, hogares, etc., y en general en toda aquella construcción que requiera el uso de ladrillos y trabaje a temperaturas elevadas.

Los ladrillos refractarios básicos, son materiales resistentes a las altas temperaturas y a otras condiciones destructivas. Se obtienen por prensado y cocción posterior de mezclas controladas de magnesita, cromita, dolomita, forsterita y agregados.

Los ladrillos refractarios básicos se clasifican en 8 tipos con un solo — grado de calidad! cada uno:

- I.- Ladrillo de Cromo.- Ladrillo refractario que puede ser quemado o no, — hecho sustancialmente de cromita.
- II.- Ladrillo de Cromo-Magnesita.- Ladrillo refractario que puede ser quemado o no, hecho sustancialmente de Cromita y Magnesita doblemente calcinado, en el que predomina en peso la cromita.
- IIA.- Ladrillo refractario hecho de cromita y magnesita doble calcinada con un contenido nominal de 30 % de MgO
- II B.- Con contenido nominal de 40 % de MgO
- II C.- Con contenido nominal de 50 % de MgO
- III.- Ladrillo de Magnesita-Cromo.- Puede ser quemado ó no, hecho de magnesita doble calcinada y cromita, predominando en peso la magnesita.
 - III.A.- Con contenido nominal de 60 % de MgO
 - III.B.- Con contenido nominal de 70 % de MgO
 - III.C.- Con contenido nominal de 80 % de MgO
- IV.- Ladrillos de Magnesita.- Ladrillo refractario que puede ser quemado o no, — hecho sustancialmente de magnesita doble calcinada.
 - IV.A.- Con contenido nominal de 90 % de MgO
 - IV.B. - Con contenido nominal de 95 % de MgO
- V.- Ladrillos de Forsterita.- Ladrillo refractario hecho sustancialmente de forsterita.
- VI.- Ladrillos de Dolomita.- Ladrillo refractario hecho sustancialmente de dolomita doble calcinada.
- VII.- Ladrillo de Dolomita-Magnesita.- Ladrillo refractario hecho sustancialmente de dolomita y magnesita doble calcinada, en la que predomina en peso la dolomita.

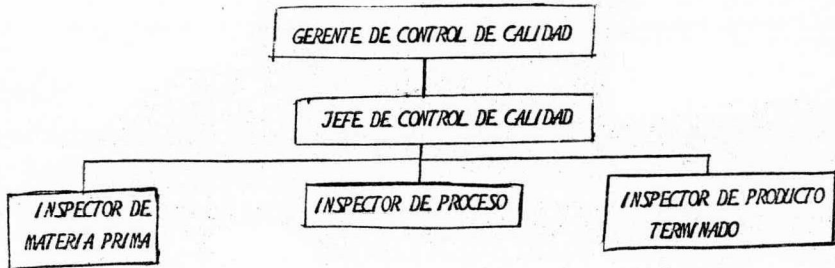
VIII.- Ladrillos de Magnesita-Dolomita.- Ladrillo refractario hecho de magnesita y dolomita doble calcinada, pero conteniendo mas de 50 % de magnesita. Esta clasificación se refiere a las proporciones de materias primas utilizadas y no al % de MgO.

CAPITULO III

*ADMINISTRACION DEL CONTROL
DE CALIDAD*

ADMINISTRACION DEL CONTROL DE CALIDAD.

ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE
CONTROL DE CALIDAD



FUNCIONES :

1.- GERENTE DE CONTROL DE CALIDAD.

- a) Es el responsable directo de la calidad de los productos terminados y debe reportar los resultados al Gerente General de la Compañía.
- b) Una de sus principales funciones, a más de dirigir su departamento, es la de organizarlo en cada uno de sus niveles. Tomando mayor importancia en la jefatura de Control de Calidad, ya que será ésta la que le informe directamente los resultados y funcionamiento del departamento.
- c) Sus relaciones como Gerente de Control de Calidad debe ser directamente con los gerentes de Producción, Laboratorio y Ventas.
- d) Otra función principal debe ser la contratación del personal idóneo para el puesto requerido.
- e) El gerente debe estar en contacto con los diferentes institutos que existen en el país donde se imparten cursos de Control de Calidad desde nivel gerencia a nivel inspección. Para que tanto él como su personal estén actualizados en la materia.
- f) El Gerente de Control de Calidad debe estar, por lo tanto, enterado de las normas que rigen dicho control, ya que es quien toma la decisión final en un caso determinado.

2.- JEFE DE CONTROL DE CALIDAD.

- a) El Jefe de Control de Calidad debe tener estudios profesionales de preferencia, y se reportará directamente con el Gerente de Control de Calidad.
- b) Tendrá trato directo con el personal de inspección y a nivel jefatura con los respectivos jefes de producción y laboratorio.
- c) Será quien lleve a cabo el entrenamiento del personal de inspección.
- d) Deberá estar enterado al igual que el gerente, de los diferentes cursos de Control de Calidad a impartir, ya sea para asistir personalmente o para enviar a la persona adecuada.
- e) Deberá diseñar los diferentes reportes del departamento de inspección para agilizar su manejo y entendimiento respectivo.
- f) Llevará al corriente el archivo del departamento, tanto en documentos internos como reclamaciones de los clientes.
- g) Dicha persona, para tener total conocimiento del departamento, tendrá que haber pasado por el laboratorio y producción y su proyección deberá ser encaminada a cualesquiera de esas gerencias.
- h) Las decisiones de dicha persona deberán estar basadas principalmente en los resultados de laboratorio. En el caso de la industria de los tabiques refractarios, las Pruebas Físicas son las de mayor importancia, ya que los resultados que arrojan son más significativos que cualquier otro tipo de prueba.
- i) El jefe de control de calidad debe desarrollar una política de motivación a sus subalternos, con el fin de crear en ellos una verdadera conciencia de la calidad.
- j) Deberá desarrollar un estudio económico y presentarlo al Gerente de Control de Calidad con el fin de motivar al personal de alta gerencia a reconocer la valía de dicho departamento.
- k) Deberá llevar un control estadístico de todas las actividades desarrolladas en el departamento, para poder ejercer el dominio del proceso completo de la planta.

3.- DEPARTAMENTO DE INSPECCION.

Los inspectores deben tener preferentemente estudios técnicos, y se reportarán directamente con el Jefe de Control de Calidad.

a) INSPECTOR DE MATERIA PRIMA.

El inspector de materia prima deberá conocer las propiedades de ésta para su verificación en el laboratorio y considerarla aceptable o no para el

proceso requerido teniendo que informar a su jefe inmediato.

Para tal efecto deberá hacer un muestreo al azar de la materia prima y seguir detalladamente el estudio en el laboratorio y así desarrollar un reporte digno de confianza.

b) INSPECTOR DE PROCESO.

Como su nombre lo indica, ésta persona deberá adentrarse en el proceso del material que está inspeccionando, para así poder detectar la mínima falla de éste en el menor tiempo posible. Sus decisiones estarán basadas también con la verificación de las propiedades del material en el laboratorio. Debe conocer así mismo el muestreo al azar y practicarlo durante toda su jornada de trabajo.

Por su trato directo con los jefes de producción y personal de la planta deberá ser una persona con ideas centradas y gran agilidad mental, para en un momento dado, fijar su criterio, basado en las normas de control de calidad, cuando los resultados no los considere óptimos. Al tomar una postura, deberá notificarsela al jefe de control de calidad.

c) INSPECTOR DE PRODUCTO TERMINADO.

Este inspector se basará, al igual que los anteriores, en los resultados del laboratorio para tomar una decisión, informando así mismo a su jefe inmediato.

El inspector de producto terminado será la directamente responsable de que éste presente las especificaciones requeridas y por lo tanto sea de calidad óptima. Este inspector practicará su inspección también con muestreos al azar.

Todos los inspectores presentarán su reporte en hojas especiales para cada caso al jefe de control de calidad, el cual las revisará y las enviará posteriormente al gerente de control de calidad.

CAPITULO IV

PRUEBAS DE LABORATORIO

PRUEBAS DE LABORATORIO

MÉTODOS ESTÁNDAR PARA OBTENER LAS DIMENSIONES Y LA DENSIDAD MÁSCICA DEL TABIQUE REFRACTARIO.

1.- CAMPO DE ACCIÓN.

1.1.- Estos métodos de examen cubren procedimientos para medir el tamaño y la densidad máscica de un tabique refractario rectangular.

2.- APARATO.

2.1.- Regla (12 pulg. (300 mm)).— Una regla de acero de 12 pulg. de longitud y graduada con un margen de 1/50 de pulg. (0.424mm) y otro de 1/64 de pulg. (0.397mm) para uso en la medición del tabique y formas pequeñas. La regla tendrá un gancho consistente en un ángulo recto unido a ésta en uno de sus extremos en donde se encuentra el punto cero de la escala. El gancho será de 1/4 de pulg. (6mm) de ancho y se extenderá 1/4 de pulg. en la regla. Fig. 1.

2.2.- Regla (36 pulg. (900mm)).— Una regla de gancho de acero endurecido de 36 pulg. de longitud graduada en 1/32, 1/64 y 1/50 de pulg. (0.794, 0.397, 0.424 mm), para medir piezas grandes. Esta regla tendrá el mismo diseño que la regla de 12 pulg.

2.3.- Escala de peso.— Una escala de peso que tenga una capacidad de 10 libras (4.5Kg.), o más, y una sensibilidad de por lo menos 0.02 lb. (1/4 Oz) (9g).

3.- MUESTREO.

3.1.— Una muestra de 20 tabiques o formas seleccionadas al azar que representen cada embarque, de los cuales 10 de estos tabiques serán tomados al gusto como base del examen de especímenes. El resto del lote serán retenidos para remuestreo si se requiere.

4.- PREPARACION DE LA MUESTRA.

4.1.— Cualquier grano deberá ser removido de los especímenes en sus caras, por medio de una ligera fricción entre dos de ellos.

TAMAÑO.

5.- MEDICIONES

- 5.1.- Largo y ancho.- El largo y ancho de cada 10 especímenes será medido cruzando por el centro de la cara de área mas grande - aproximando a $1/50$, $1/64$ de pulgada (0.508, 0.397 mm) cuando las dimensiones sean de 9 pulg. (230 mm) o menores, y aproximaciones de $1/20$ ó $1/32$ de pulg. (1.270 ó 0.794 mm) cuando las dimensiones estén arriba de 9 pulg. La posición del gancho de la regla para estas mediciones está indicada en las líneas L y W de la Fig. 2. Se medirán individualmente cada una de las caras opuestas de los especímenes y dicha medida se registrará.
- 5.2.- Grueso.- Los 10 especímenes serán colocados en una superficie plana, el grupo será entonces medido con aproximación de $1/32$ de pulg., para esta medida la regla debe colocarse en el centro de la cara de la pieza. Las medidas individuales de los cuatro lados de la pieza serán registradas. La posición del gancho de la regla para medir el grueso está indicado por la línea T en la Figura 2.

6.- REPORTE

- 6.1.- El promedio de las dos medidas individuales para largo y ancho de cada espécimen será reportado. El grueso será reportado como el promedio de los 10 valores obtenidos.

7.- REMUESTREO

- 7.1.- Si un espécimen del primer grupo de 10 falla conforme a las especificaciones de largo y ancho, el segundo grupo se medirá de acuerdo al punto 5.1 y 19 de los 20 especímenes deben de estar dentro de dichas especificaciones.
- 7.2.- La falla en el grueso al no estar conforme a las especificaciones se corrige siguiendo el paso 7.1.

DENSIDAD MASI CA

8.- DENSIDAD MASI CA

- 8.1.- Cada uno de los especímenes será pesado en una báscula con una aproximación de 0.02 lb ($1/4$ Oz) (9 g), el peso se registrará

anotando además el peso promedio de las 10 muestras. El volumen promedio será calculado usando un promedio de dimensiones de acuerdo con la sección 6. La densidad será calculada como sigue:

$$\text{Densidad M\u00fasica} = \text{lb/ft}^3 \quad (\text{Kg/ m}^3)$$

$$D = \text{Peso en lb/ Vol en ft}^3 \times 1728.$$

METODO ESTANDAR PARA EL EXAMEN DE COMPRESION EN PLANO Y MODULO DE RUPTURA DE LOS TABIQUES REFRACTARIOS Y SU DETERMINACION.

1.- CAMPO DE ACCION.

- 1.1.- Estos métodos cubren procedimientos para los siguientes exámenes al tabique refractario y su determinación: COMPRESION EN PLANO Y MODULO DE RUPTURA.
COMPRESION EN PLANO

2.- APARATO.

- 2.1.- Máquina de prueba.- Cualquiera máquina mecánica o hidráulica para compresión puede ser usada.
2.2.- El punto de apoyo circular.- Dicho punto tendrá una superficie plana, cuya área será igual o mas grande que el área seccional del especimen estudiado.

3.- ESPECIMENES DE PRUEBA.

- 3.1.- Los especímenes de prueba serán todos los tabiques estandar 9 pulg. (230mm) ó (9 X 4 1/2 X 2 1/2 ó 3 pulgadas (230X114 X65 ó 76 mm)), o especímenes de tamaño equivalente cortados de formas diversas.

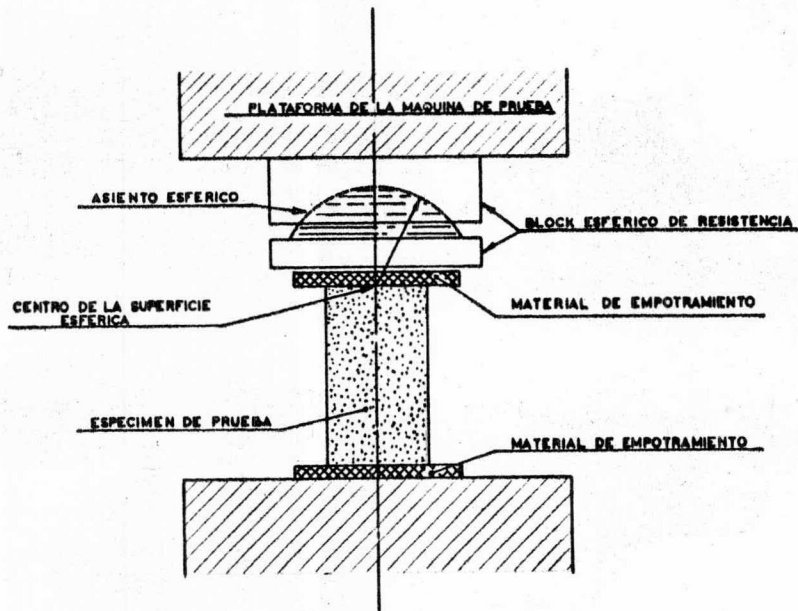
En el caso de piezas especiales, solamente un especimen será cortado a una forma simple, tratando de conservar la mayor parte de sus caras intactas. Para los especímenes de formas irregulares o grandes, se les aplicará un método que envuelva el uso de abrasivos, tal como abrasión rápida y alta de molienda y fricción, la cual se aplica por lo general a un especimen con lados planos y paralelos y sin estructura debilitante.

4.- PREPARACION DE LOS ESPECIMENES DE PRUEBA.

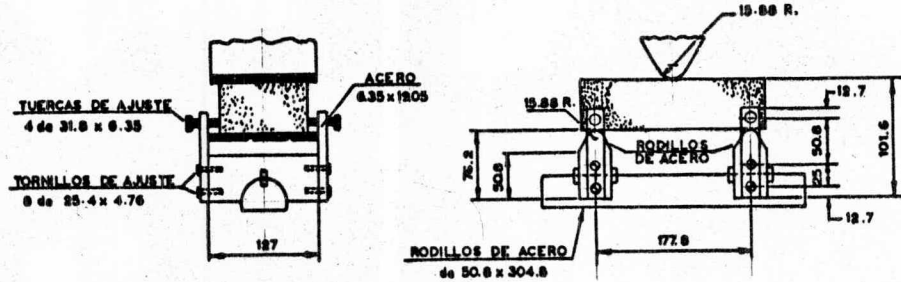
- 4.1.- El especimen a ser usado para la prueba de compresión en plano será preparado como sigue; las dos caras formadas por el ancho y grueso del tabique (4 1/2 X 2 1/2 ó 3 (114 X 65 ó 76 mm)) reciben el peso de la máquina de prueba, a dichas caras se les aplicará un leve revestimiento de laca, el cual se dejará secar completamente antes de la prueba, posteriormente a una de estas caras se le aplicará una capa de mortero. Después de esto la pieza se prensa entre dos platos de superficies no porosas los cuales han sido previamente aceitados, o cubiertos con papel encerado. Fig. 3.

5.- PROCEDIMIENTO.

- 5.1.- Cinco especímenes serán examinados.
5.2.- El peso será aplicado en las caras finales o sea, en las caras formadas por el ancho y el grueso.
5.3.- El block punto de apoyo se localizará en la parte de arriba del especimen examinado en máquinas verticales. El centro del block punto de apoyo, se pondrá en contacto con el centro de apoyo de la cara del especimen y en el eje vertical del mismo. El punto de apoyo del block se mantendrá completamente lubricado, para asegurar el ajuste exacto.



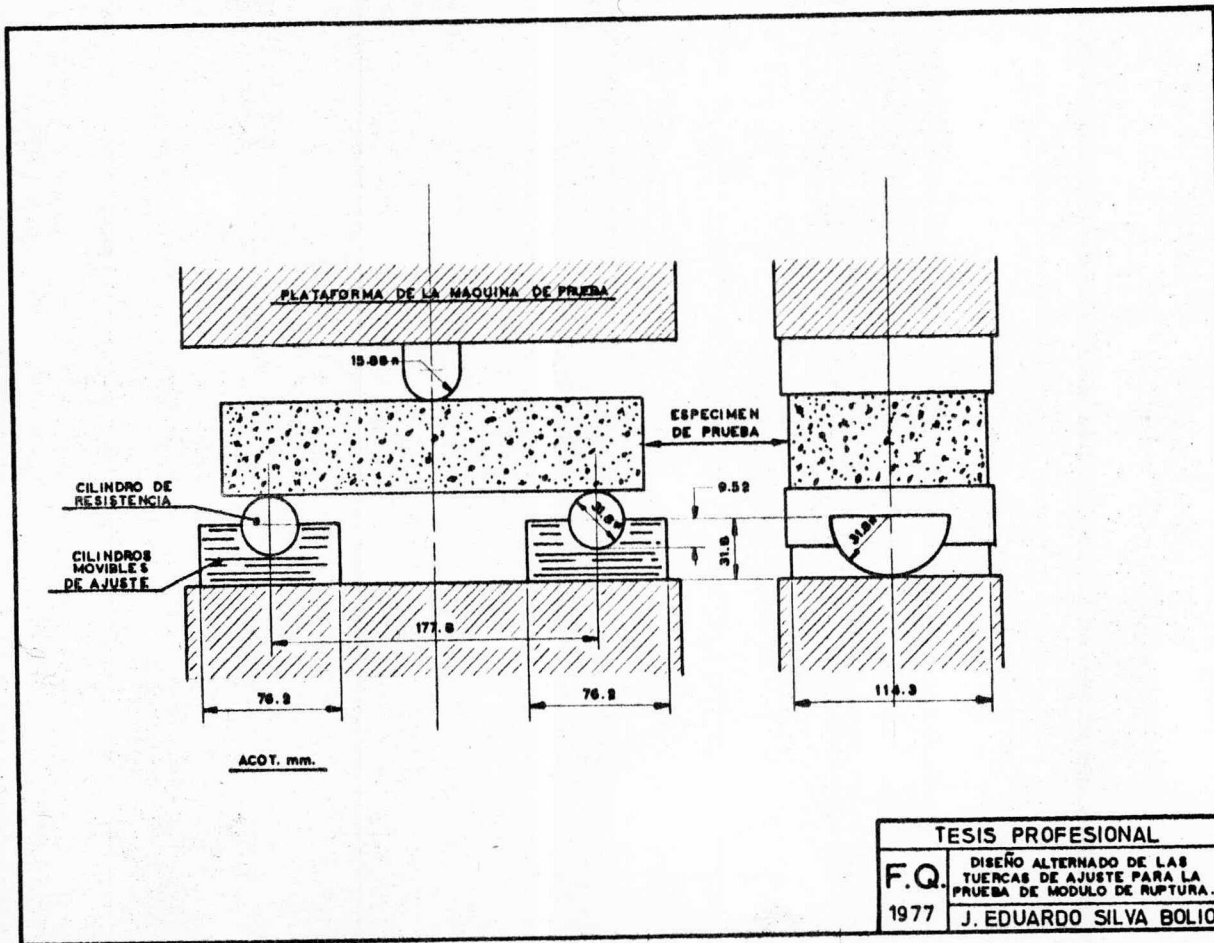
TESIS PROFESIONAL	
F. Q.	DISEÑO DE ENSAMBLE PARA LA MAQUINA DE PRUEBA DE LA COMPRESION EN PLANO INCLUYENDO EL BLOQUE DE RESISTENCIA.
1977	J. EDUARDO SILVA BOLIO.



TESIS PROFESIONAL

F.Q.
1977

DISERIO RECOMENDADO DE LA
RESISTENCIA DE CORTE PARA
EL EXAMEN DE MODULO DE RUPTURA
J. EDUARDO SILVA BOLIO.



TESIS PROFESIONAL	
F.Q.	DISEÑO ALTERNADO DE LAS TUERCAS DE AJUSTE PARA LA PRUEBA DE MODULO DE RUPTURA.
1977	J. EDUARDO SILVA BOLIO.

5.4.- La velocidad de la máquina de prueba durante la aplicación del peso no será mayor a 0.5 pulg. (13 mm) por minuto con una presión mayor a 500 psi (0.3515 Kg f/mm²), y no excederá 0.05 pulg. (1.3 mm) por min. para presiones cercanas a 500 psi.

La velocidad de la aplicación del peso cuando se use una máquina de prueba hidráulica, será de 20 000 lb f (9 100 Kg f) por min. Una tolerancia de mas o menos 10% será permitida en la velocidad de aplicación del peso con cualesquiera de las máquinas de prueba.

5.5.- Durante el examen, si se usa una máquina de prueba mecánica, la palanca de aplicación de fuerza de dicha máquina deberá guardarse constantemente en una posición flotante.

6.- CALCULO Y REPORTE

6.1.- La compresión en plano en lb/pulg² será reportada de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$S = W / A$$

donde:

S = compresión en plano, psi (Kg f/ mm²)

W = Peso total máximo, lb f (Kg f) indicados directamente por la máquina de prueba.

A = Promedio de las áreas tanto superior como inferior del espécimen en pulg² (mm²), para la sección transversal del espécimen la cual es perpendicular a la línea de aplicación del peso.

MODULO DE RUPTURA

7.- APARATO

7.1.- Máquina de prueba.- Cualquier máquina de prueba para módulos de ruptura puede ser usada.

7.2.- Soportes de orilla.- Los soportes de orilla serán de 5/8 de pulg (15.875 mm) de radio, o serán piezas cilíndricas de 1/4 de pulg (31.750 mm) de diámetro. Ellos serán rectos y tendrán una longitud de por lo menos igual al ancho del espécimen de prueba. La base de los soportes de orilla será construida de tal manera que se puedan alinear éstos con la cara inferior del espécimen de prueba ya que este puede virar longitudinalmente. El aparato diseñado que se muestra en la figura 4 es recomendado, aunque otros tipos pueden ser usados para proveerlos conforme a estos requerimientos. Un diseño alternado satisfactorio se muestra en la figura 5.

8.- ESPECIMENES DE PRUEBA

8.1.- Estos serán conforme a los requerimientos prescritos en la sección 3.

9.- PROCEDIMIENTO

9.1.- 5 especímenes serán examinados.

9.2.- Un espécimen de prueba será colocado de llano sobre los soportes cilíndricos entre los cuales existirá una distancia de 7 pulg. (178 mm) y el peso se aplicará en el centro de dicha distancia. Una superficie original de preferencia marcada será

usada siempre como la cara en estudio, es decir, la cara que está en contacto con los dos soportes de orilla.

9.3.- La rapidez del examen mecánico durante la aplicación del peso no debe ser mayor a 0.05 pulg. (1.3 mm) por min. La velocidad de aplicación del peso cuando se use una máquina de prueba hidráulica, será de 4 000 lb f (1 800 Kg f) por min. Una tolerancia de más o menos 10% será permitida en la aplicación de la velocidad del peso con cualquier tipo de máquina.

10.- CALCULO Y REPORTE

10.1.- El módulo de ruptura en lb/ pulg² (Kg f/ mm²) será reportado de la siguiente manera:

$$R = 3 W l / 2 b d^2$$

donde:

R = Módulo de ruptura, psi (Kg f/ mm²)

W = Peso total, lb f (Kg f), al cual el espécimen se quiebra

l = Distancia entre los soportes pulg (mm)

b = Ancho del espécimen pulg (mm)

d = Grueso del espécimen, pulg (mm).

MÉTODOS ESTÁNDAR DE EXAMEN PARA POROSIDAD APARENTE, ABSORCIÓN DE AGUA GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE Y DENSIDAD MÁSCA DEL TABIQUE REFRACTARIO QUEMADO

1.- Estos métodos de examen cubren procedimientos para determinar las siguientes propiedades del tabique refractario quemado.

2.- PREPARACION DE LA MUESTRA

2.1.- La muestra consistirá de un mínimo de 5 tabiques de 9 pulg. (230 mm) de largo, a cada uno se le hará un examen simple, y con un volumen de aproximadamente 25 ó 26 pulg³ (0.4 dm³), — para lo cual se cortan o se rompen. Para la muestra de tabique de 9 pulg será utilizado sólo un cuarto del mismo, primero partiendo la pieza por la mitad en el plano de 9 X 2 1/2 pulg (230 X 65 mm) y posteriormente en el plano de 4 1/2 X 2 1/2 pulg (114 X 65 mm). Y de esta manera se obtiene la muestra requerida. Cuando se tiene una muestra de dimensiones mayores, la porción a estudiar de dicha muestra se obtendrá de varias pequeñas partes de la pieza a ambos lados del centro de ésta.

2.2.- Cada porción de muestra podrá perder partículas adheridas sin que afecte a la misma.

2.3.- Porciones visiblemente defectuosas de muestra no serán usadas.

3.- PESO SECO, D.

3.1.- El examen de las porciones a peso constante será seco y se — hará calentando la muestra a 220 a 230° F (105 — 110°C) y el peso seco, D , se aproximará a 0.1 g para su determinación.

3.2.- El procedimiento en seco puede ser omitido sólo cuando se sa be que las porciones examinadas están totalmente secas; este puede ser el caso cuando las muestras se toman directamente de los hornos.

4.- EBULLICION

4.1.- Las porciones examinadas serán sometidas a baño de agua y — se dejarán hervir durante 2 hrs. Durante el período de ebullición las porciones deberán estar suspendidas en el seno del baño, de modo que estén completamente dentro del mismo sin tener contacto con el fondo caliente del recipiente.

4.2.- Después del período de ebullición, las muestras estudiadas deberán ser enfriadas con agua a temperatura ambiente un mínimo de 3 hrs antes de pesarlas. El enfriamiento puede ace-

terarse con agua corriente dentro del recipiente

5.- PESO SUSPENDIDO, S.

5.1.- El peso, S, de cada porción examinada después de la ebullición y un rato después de estar suspendida en agua corriente será determinado en gramos, con aproximación de 0.1 g

5.2.- Para obtener este peso nos valemos de una especie de red en forma de guante de 22 gajos de alambre de cobre calgado del brazo de una balanza.

La balanza será previamente balanceada con el alambre y sumergida en el agua para el mismo efecto, de esta manera se usa cuando se pesan porciones del refractario.

6.- PESO SATURADO, W.

6.1.- Después de determinado el peso suspendido, cada porción será secada con un paño, con el objeto de remover todas las gotas de agua que estén en la superficie y así determinar el peso saturado en gramos por peso y aproximarlos a 0.1 g. La operación de secado, será preferentemente hecha rodando la porción de modo que quede envuelta entre el paño, el cual ha sido previamente saturado con agua y exprimido al máximo.

7.- VOLUMEN EXTERIOR, V.

7.1.- El volumen, V, en cm^3 de la porción estudiada, puede ser obtenido por la diferencia del peso saturado menos el peso suspendido, ambos en gramos y mediante la ecuación siguiente:

$$V = W - S$$

8.- VOLUMENES DE POROS ABIERTOS Y PORCIONES IMPERMEABLES.

8.1.- El volumen de poros abiertos y el volumen de porciones impermeables de la muestra, puede ser calculado como sigue:

$$\text{Volumen de poros abiertos en } \text{cm}^3 = W - D$$

$$\text{Volumen de porción impermeable en } \text{cm}^3 = D - S$$

9.- POROSIDAD APARENTE, P.

9.1.- La porosidad aparente expresa que el porcentaje de la relación del volumen de poros abiertos de la muestra a su volumen exterior, es como sigue:

$$P = \frac{W - D}{V} \times 100$$

10.- ABSORCIÓN DE AGUA, A.

10.1.- La absorción de agua, A, expresa el por ciento de la relación del peso del agua absorbida al peso de la porción seca, y se calcula como sigue:

$$A = \frac{W - D}{D} \times 100$$

11.- GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE, T.

11.1.- La gravedad específica aparente, T, de la porción de la muestra analizada, la cual es impermeable al agua en ebullición, se calcula de la manera siguiente:

$$T = \frac{D}{D - S}$$

12.- DENSIDAD DE MASA, B.

12.1.- La densidad de masa, B, se g/ cm³ de una muestra, es el cociente de su peso seco dividido entre el volumen exterior, incluyendo poros y se calcula:

$$B = D / V$$

12.2.- Este método de determinación de la densidad de masa es usual para verificar los valores de la misma obtenidos por medición directa. Este método es más exacto y generalmente da valores más altos alrededor de 0.02 a 0.04. El presente método se usa para muestras de contornos irregulares:

$$\begin{array}{ccc} \text{Densidad de masa} & = & \text{Densidad de masa} \\ \text{lb/ft}^3 & & \text{g/cm}^3 \quad \times 62.43 \end{array}$$

13.- REPORTE

13.1.- Para cada propiedad, el promedio de los valores obtenidos con un mínimo de 5 muestras y preferentemente también de los valores individuales, debe ser reportado.

13.2.- Los resultados de la porosidad aparente y la absorción de agua, deberán ser reportados con un decimal; la gravedad específica y la densidad de masa con 2 decimales.

MÉTODOS ESTÁNDAR PARA ENCONTRAR LA VERADERA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL MATERIAL REFRACTARIO POR INMERSIÓN EN AGUA.

1.- Este método de examen cubre un procedimiento para la determinación de la gravedad específica de materiales refractario bajo condiciones prescritas.

2.- APARATO

2.1.- El aparato consistirá de: Balanza analítica y pesas, botella picnómetro de 50 ml con tapón de tubo capilar, termómetro, horno secador, botella pesante, desecador, un aparato adecuado para producir vacío de 0.5 a 1 pulg (de 13 a 25 mm) de presión de mercurio y agua destilada a temperatura ambiente.

3.- PREPARACION DE LA MUESTRA

3.1.- Dos piezas del tamaño de una nuez serán tomadas de diferentes posiciones de un espécimen sólido, de tal forma que excluya cualquier parte de la superficie exterior original. Cuando se desea un promedio de gravedad específica, una muestra compuesta será preparada tomando piezas en esta manera de por lo menos 5 diferentes especímenes.

3.2.- Las piezas serán destruidas entre 2 superficies de acero - a un tamaño máximo de partícula de 1/8 pulg (3 mm). El material triturado será reducido por cuarteo a una muestra de 50 g.

3.3.- Si el materia sometido a examen está listo, ya sea molido o en granos se tomará una porción representativa de por lo menos 500 g la cual será reducida por cuarteo a una muestra de 50 g.

3.4.- La muestra de 50 g se triturará en un mortero ágata tan fino que pasará la malla # 100 (140 micras) . El pulverizado puede ser hecho a mano o por medio de un pulverizador mecánico construido de tal manera que impida la introducción de impurezas. Cualquier material magnético introducido en un -

6.- REPRODUCIBILIDAD DE RESULTADOS

6.1.- Ambas determinaciones serán reportadas con una aproximación de 0.01 , y serán verificadas dentro de 0.03 ó bien se harán determinaciones adicionales.

METODO ESTANDAR DE EXAMEN PARA EL EQUIVALENTE CONO PIROMETRICO DE LOS MATERIALES REFRACTARIOS.

1.- CAMPO DE ACCION.

1.1.- Este método de examen cubre un procedimiento para la determinación del cono pirométrico equivalente de la arcilla refractaria, tabique refractario y arcilla sílica refractaria. Por comparación de conos prueba con conos estándar pirométricos.

2.- PREPARACION DE LA MUESTRA.

2.1.- Arcilla o tabique.- La muestra completa de arcilla refractaria o tabique refractario debe de ser de un tamaño pequeño. La muestra se obtendrá partiendo el tabique o la arcilla quemada hasta lograr una partícula de un cuarto de pulg. (6,350 mm), dicha muestra será mezclada completamente y la cantidad reducida a — 250 g. por cuarteo.

Esta porción será molida y después reducida nuevamente por cuarteo. El tamaño final de la muestra será de 50 g. y la fineza del material será tal que llegue a pasar a través de la malla 70 — (210 mm), con el fin de evitar reducciones excesivas, serán removidas frecuentemente durante el proceso de reducción por el — paso de la muestra a través de la malla, el grano grueso se debe moler hasta que atraviese la malla. Se tomarán precauciones para prevenir contaminación de la muestra por partículas de acero del equipo durante la trituración.

3.- PREPARACION DE LOS CONOS PRUEBA.

3.1.- Las muestras de arcillas no refractarias o de mezclas que contengan porciones de arcillas crudas, serán calentadas durante 30 minutos en una atmósfera oxidante dentro de un rango de temperatura de 1700 a 1800 °F (925 a 980 °C) siguiendo después el — proceso descrito en el párrafo 2.1.

3.2.- La muestra seca se mezclará y se le adicionará una suficiente cantidad de Dextrina o goma tragacanto para formar los conos — prueba dentro de un molde de forma de una pirámide truncada triangular y de las dimensiones que se muestran en la figura 6.

4.- MONTAJE.

4.1.- Ambos el cono de prueba y el cono pirométrico estandar serán montados sobre una placa de material refractario la cual debe de tener una composición que no se afecte con la fusibilidad de los conos. Ambos conos se montarán con su base dentro de la placa — quedando fuera de ella con una longitud aproximada de 15 / 16 de pulg. (23.8 mm) y la cara del cono estará formando un ángulo de 82° con la horizontal apuntando hacia el centro. El arreglo de — los conos prueba con respecto a los conos estándar se hará substancialmente como se muestra en la Fig. 7 , esto es alternando los conos prueba con los conos pirométricos estándar tan práctico como sea posible. La placa podrá ser de un tamaño conveniente y de forma circular.

5.- CALENTAMIENTO

5.1.- El calentamiento se llevará a cabo en un horno especial, el cu
al opera con una atmósfera oxidante y las velocidades van de a
cuerdo a los siguientes requerimientos:

CONO	INTERVALO DE TIEMPO	TIEMPO ACUMULATIVO
12	45 minutos	45 minutos
13	5 "	50 "
14	19 "	1 hr 09 min
15	13 "	1 " 22 "
16	24 "	1 " 46 "
17	09 "	1 " 55 "
18	04 "	1 " 59 "
19	08 "	2 hrs 07 min
20	09 minutos	2 " 16 "
23	16 "	2 " 32 "
26	07 "	2 " 39 "

5.1.1.- Para el examen de cono pirométrico de acuerdo a la tabla 1 de
bemos esperar a que la punta del cono 12 toque la placa, no
excediendo el tiempo de calentamiento dado para el cono 26 de
la misma tabla.

TABLA 2

CONO	INTERVALO DE TIEMPO	TIEMPO ACUMULATIVO
20	45 minutos	45 minutos
23	16 "	1 hr 01 min
26	07 "	1 " 08 "
27	07 "	1 " 15 "
29	08 "	1 " 23 "
31	10 minutos	1 hora 33 min
31.5	06 "	1 " 39 "
32	07 "	1 " 46 "
32.5	03 "	1 " 49 "
33	07 "	1 " 56 "

CONO	INTERVALO DE TIEMPO	TIEMPO ACUMULATIVO
34	09 minutos	2 horas 05 minutos
35	09 "	2 " 14 "
36	07 "	2 " 21 "
37	07 "	2 " 28 "

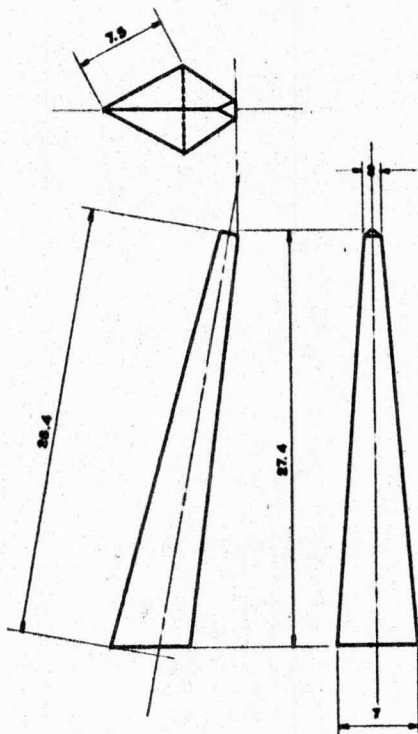
Para esta tabla debemos esperar que la punta del cono 26 toque la placa no excediendo del tiempo de calentamiento dado por el cono - 37 en la misma tabla.

6.- CONO PIROMETRICO EQUIVALENTE.

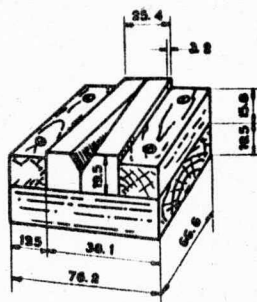
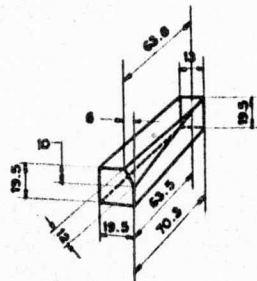
- 6.1.- El ablandamiento del cono será indicado por el doblamiento de la punta hacia la placa. La expansión o fusión desigual de pequeñas partículas que constituyen los conos serán siempre reportadas. El cono pirométrico equivalente será siempre reportado en términos de conos pirométricos estándar. Esto es que va de acuerdo con el doblamiento que tenga el cono estándar y esto se puede observar a simple vista. Si el cono prueba ablandarse después que el cono pirométrico estándar supuesto y antes que el siguiente cono pirométrico estándar se reportará como cono intermedio cuyos límites serán los inmediatos inferior y superior.
- 6.2.- Si el cono prueba empieza a ablandarse antes del cono supuesto pero no cae hasta después de que este cono caiga este caso debe reportarse.

TABLA 3

CONO	PUNTO FINAL		CONO	PUNTO FINAL	
	OF	OC		OF	OC
12	2439	1337	31	3061	1683
13	2460	1349	31.5	3090	1699
14	2548	1398	32	3123	1717
15	2606	1430	32.5	3135	1724
16	2716	1491	33	3169	1743
17	2754	1512	34	3205	1763
18	2772	1522	35	3245	1785
19	2806	1541	36	3279	1804
20	2847	1564	37	3308	1820
23	2921	1605	38	3335	1835
26	2950	1621	39	3389	1865
27	2984	1640	40	3425	1885
28	2995	1646	41	3578	1970
29	3018	1659	42	3659	2015
30	3029	1665			



CONO PIROMETRICO ESTANDARD



MOLDE PARA EL CONO PIROMETRICO DE PRUEBA

TESIS PROFESIONAL	
F.Q.	CONO PIROMETRICO
1977	J. EDUARDO SILVA BOLIO



INTERVALO DEL CONO	INTERVALO DE TIEMPO	TIEMPO ACUMULADO
TEMP DE MEDIO		
AMBIENTE A :		
CONO 12	45 MIN.	45 MIN.
CONO 13	5 MIN.	50 MIN.
CONO 14	19 MIN.	1 HR. 9 MIN.
CONO 15	13 MIN.	1 HR. 22 MIN.
CONO 16	24 MIN.	1 HR. 46 MIN.
CONO 17	9 MIN.	1 HR. 55 MIN.
CONO 18	4 MIN.	1 HR. 59 MIN.
CONO 19	8 MIN.	2 HR 7 MIN.
CONO 20	9 MIN.	2 HR. 16 MIN.
CONO 23	16 MIN.	2 HR. 32 MIN.
CONO 26	7 MIN.	2 HR. 39 MIN.

TESIS PROFESIONAL

F.Q.
1977

METODO DE MONTAJE DE LOS
CONOS DE PRUEBA Y SU APA-
RIENCIA DESPUES DE LA PRUEBA.

J. EDUARDO SILVA BOLIO

EXAMEN DE CARGA PARA EL TABIQUE REFRACTARIO A ALTAS TEMPERATURAS (DEFORMACION BAJO CARGA.)

1.- CAMPO DE ACCION.

1.1.- Este método de examen cubre el procedimiento para determinar la resistencia a la deformación o quiebre del tabique refractario cuando esta sujeto a una compresión específica (carga), y a una temperatura específica para un tiempo específico.

2.- APARATO.

2.1.- El aparato consistirá esencialmente de un horno y un dispositivo de carga, el cual puede ser construido de acuerdo a la figura 8.

El horno deberá ser construido de tal forma que la temperatura sea sustancialmente uniforme en todas sus partes.

La temperatura medida en cualquier punto de la muestra analizada no difiere por más de 10°F (5.6°C) durante el período de enfriamiento del examen, o sobre el momento de quiebre alrededor de 2370°F (1300°C). Para completar esto es necesario instalar y ajustar balles dentro del horno. Un mínimo de dos quemadores es usado. Si la dificultad es encontrada en la escala de baja temperatura (particularmente para tabiques siliciosos), un sistema de dos quemadores es recomendado, uno para proporcionar calor a bajas temperaturas y el otro para altas temperaturas.

2.2.- La temperatura será medida con termopares, ya sean de platino o de platino-radio, cada uno con un tubo de protección el cual se calibra a una pulgada o 25 mm del centro a la orilla o en donde termina cada muestra, o con alguna forma de pirómetro que ha sido calibrada nuevamente a un termopar en el horno. Es recomendable un indicador de temperatura. Si es usado el pirómetro óptico, las observaciones serán hechas por una vista de la cara de la muestra.

3.- EXAMEN DE LA MUESTRA.

3.1.- El examen de la muestra consistirá de un mínimo de dos tabiques refractarios rectangulares de $9 \frac{1}{2} \times 4 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2}$ ó 3 pulg. ($230 \times 114 \times 65$ ó 76 mm).

El tabique se medirá tanto en el largo como en el ancho y el grueso antes de iniciar el quemado y cuyas dimensiones se compararán después de la prueba.

4.- POSICION DE LA MUESTRA EXAMINADA.

4.1.- La posición de la muestra va de acuerdo a la línea central de aplicación de la carga con su eje vertical y descansará en un material altamente refractario, neutro a la prueba y teniendo un mínimo de expansión y contracción.

Habrá un lugar entre la muestra y el block refractario ocupado por una capa delgada de material altamente refractario, tal como alúmina derretida, sílica u oro cromo que han sido pasados por la malla 20, en la parte superior de la muestra será colo-

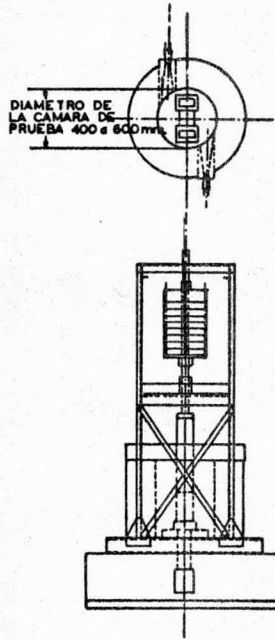
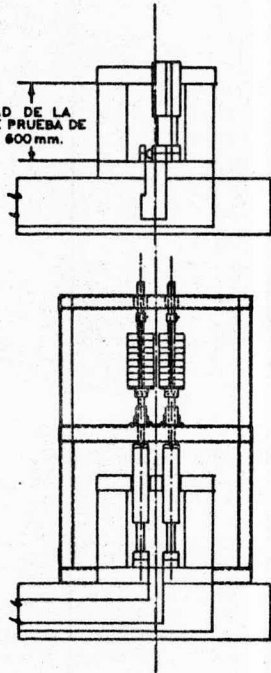
cado otro block de material altamente refractario, el cual recibirá directamente la carga.

5.- PROCEDIMIENTO.

- 5.1.- Carga.- La carga fuerte será aplicada a lo largo de la prueba y será calculada por el promedio de la sección transversal de la muestra original, determinada en la sección 3.1. Una carga de - 25 psi (1.758 Kg./ cm²), se aplicará antes de empezar el calentamiento. Cuando la muestra examinada fallara por el esfuerzo se prevee que el mecanismo de carga no baje más de 1/2 pulg. (12.7 mm) cuando la falla ocurra.
- 5.2.- Calentamiento.- La velocidad de calentamiento irá de acuerdo con los requerimientos prescritos en la tabla IV. La temperatura no deberá variar más de 20 °F (10 °C) que la temperatura especificada.
- 5.3.- Atmósfera del horno.- Cerca de una temperatura de 1470°F (800 °C) la atmósfera del horno contendrá un mínimo de 0.5 % de O₂ con cero combustibles. La muestra de la atmósfera será tomada de la propia cámara del horno, preferentemente tan cerca de la muestra como sea posible.
- 5.4.- Último paso del examen y reporte.- Cuando un examen de el esfuerzo es terminado por el tabique al fallar éste, la temperatura del esfuerzo será reportada. Al final del examen que no envuelve esfuerzo del ladrillo. El horno se dejará enfriar por radiación a — 1800°F (1000°C) ó más antes de remover la carga. Después se enfriarán las muestras a temperatura ambiente y se medirá nuevamente de acuerdo con la secc. 3.1. El promedio por ciento de deformación basado en la longitud original será calculado y reportado como el valor promedio de las 2 muestras.

PROFUNDIDAD DE LA
CAMARA DE PRUEBA DE
450 a 600mm.

DIAMETRO DE
LA CAMARA DE
PRUEBA 400 a 600mm.



TESIS PROFESIONAL

F.Q.

HORNO DE PRUEBA
TIPO PESO DIRECTO

1977

J. EDUARDO SILVA BOLIO

METODO ESTANDAR PARA EL PROCEDIMIENTO BASICO EN EL EXAMEN DEL CHOQUE TERMICO A UN TABIQUE REFRACTARIO.

1.- CAMPO DE ACCION

1.1.- Este método de examen da un bosquejo del procedimiento básico - para determinar la resistencia del tabique refractario a la separación y combinación de efectos de estructura en un choque térmico. El examen se lleva a cabo tratando de dar una suficiente simulación de las condiciones de servicio.

2.- APARATO

2.1.- El aparato y equipo consistirá de lo siguiente:

2.1.1.- Un panel con una armazón como muestra la figura 9.

2.1.2.- Un horno de precalentamiento que será usado de acuerdo a las figuras 10 y 11.

2.1.3.- Un horno de choque térmico construido de acuerdo a las figuras 12, 13 y 14.

2.1.4.- Instrumentos de medición de temperatura. La temperatura del panel de examen durante el precalentamiento será medida por un pirómetro óptico. La temperatura del horno de choque térmico será determinada por termopares o termocoples de platino ó de platino-radio.

2.1.5.- Aire y agua de suministro. Significa que será provisto de una fuente de aire y agua los cuales en forma de lluvia - caerán sobre el material en estudio enfriándolo a una velocidad específica.

2.1.6.- Facilidades de transferencia.- Se montarán una especie de rieles suspendidos para poder transferir los paneles de examen con facilidad a otro lugar después de la prueba.

3.- PORCIONES EXAMINADAS

3.1.- Las porciones a examinar serán de 9 pulg (230 mm) en el largo y 2.5 ó 3 pulg (65 ó 76 mm) en el grueso.

4.- CONSTRUCCION DEL PANEL

4.1.- Los especímenes serán colocados de tal manera que formen 2 paneles de 18 pulg² (460 mm²). Cada tabique será marcado con pintura cerámica sobre la cara opuesta a la examinada y pesado con una aproximación de 0.05 lb (23 g). Habrá en un lugar cerca del panel de experimentación un adecuado número de tabiques que soporten dicha prueba y que sirvan de sostén al panel prueba. Las caras de todos los tabiques en estudio serán revestidas con algún concreto refractario cuyo cono deberá ser mayor al cono pirométrico 34. El panel prueba y el dummy serán aislados de acuerdo con el diseño y arreglo de la figura 15.

5.- RECALENTAMIENTO DE LOS PANELES DE PRUEBA.

5.1.- La preparación de los paneles de prueba después de lo citado en el punto anterior se colocarán éstos uno a cada lado del horno de precalentamiento. La junta entre el final del panel dummy y la pared del horno de precalentamiento será sellada con caolín plástico.- Durante el calentamiento de los paneles, la superficie opuesta a los especímenes estudiados será aislada para mantener un gradiente de temperatura adecuado en el espécimen. El horno será operado a una temperatura específica de precalentamiento entre 5 y 8 hrs. y mantenida después 24 hrs. La variación permitida en la temperatura será de 7.5°F (4°C).

Después de completar el precalentamiento el panel prueba será dejado en reposo alrededor de 8 hrs antes de moverlo. Esto es con el fin de evitar cualquier tendencia a fusión, vitrificación, expansión o contracción. Se hará un registro de la condición de cada uno de los especímenes de prueba indicando los resultados de las tendencias antes descritas.

6.- PROCEDIMIENTO DEL CHOQUE TÉRMICO.

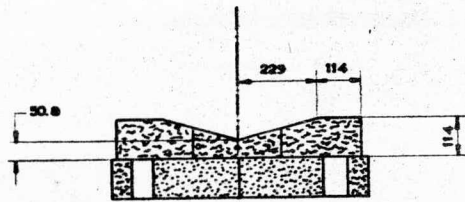
6.1.- El panel prueba será entonces sujeto a prueba de choque térmico - por calentamiento dentro de un tiempo específico, a una temperatura específica y un enfriamiento rápido debido a una ráfaga de aire. Los paneles serán colocados en posición frontal al horno de choque térmico como muestran las figuras 16 y 17. El horno será calentado a 1830°F (1000°C) de 20 a 25 min, 2190°F (1200°C) de 50 a 55 min, 2370°F (1300°C) de 75 a 80 min y 2550°F (1400°C) de 120 a 125 min. Durante este período de calentamiento la posición de los paneles se alternará cada 10 min. Después de alcanzar la temperatura final del choque térmico se les mandará una ráfaga de aire frío circulante. Después de que los paneles han estado sujetos a diferentes ciclos el horno se dejará enfriar, pero el procedimiento de enfriamiento para los paneles prueba se llevará a cabo de tal manera que cada panel reciba 2 ciclos adicionales de aire y agua.

7.- DESMONTAJE DEL PANEL DE PRUEBA

7.1.- Durante los siguientes días los paneles serán cuidadosamente desmontados. Cada espécimen de prueba será limpiado y liberado de la unión del caolín. Esto se hará por medio de una paleta y haciendo un movimiento enérgico tratando de no golpear el tabique. Esto se hará en la cara opuesta a la de prueba. Ya que todos los tabiques han sido separados y se encuentran totalmente libres serán nuevamente pesados y se registrará la pérdida de su peso como un porcentaje de su peso original.

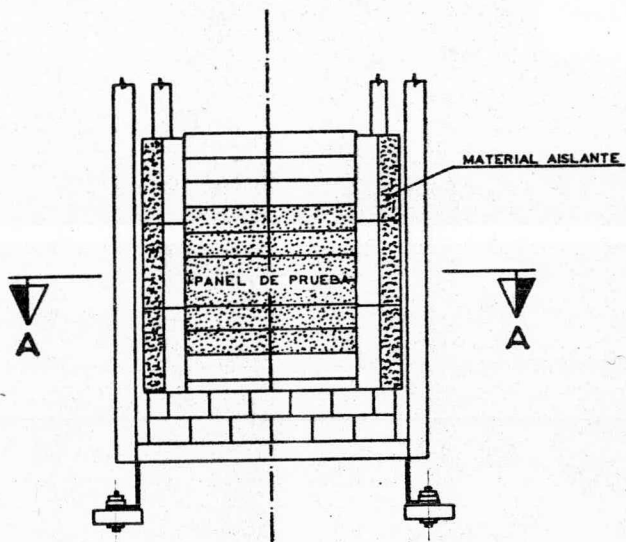
8.- REPORTE

8.1.- El reporte puede incluir una fotografía del panel prueba incluyendo comentarios a su condición aparte de los pesos registrados.



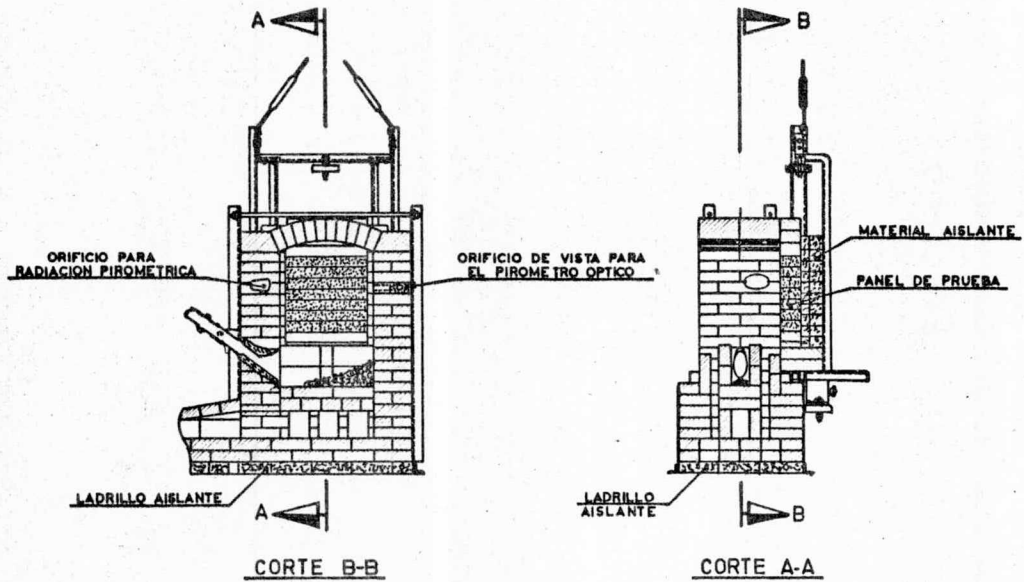
SECCION A TRAVES DEL TABIQUE DE TRABAJO

CORTE A-A



ACOT. mm.

TESIS PROFESIONAL	
F.Q.	PANEL CONSTRUIDO Y TABIQUE DE TRABAJO
1977	J. EDUARDO SILVA BOLIO



TESIS PROFESIONAL	
F.Q.	DISEÑO DEL HORNO DE PRECALENTAMIENTO
1977	J. EDUARDO SILVA BOLIO

CAPITULO V

CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD

CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD.

Desde principios de 1940, ha ido en aumento el uso de los métodos estadísticos en la industria. Este creciente uso de la estadística ha sido particularmente notable en dos campos: 1).- INVESTIGACION Y DESARROLLO y 2).- CONFIABILIDAD Y CONTROL DE CALIDAD.

Es muy importante hacer un estudio de control de calidad y desarrollar un método para llevar a cabo el mismo, para ésto usaremos las llamadas CARTAS DE CONTROL.

Dichas cartas de control pueden ser útiles en muchas situaciones, pero mas comunmente en los procesos de análisis y control de producción. Ha sido largamente reconocido que en los procesos repetitivos es inevitable una variación. Así, Grant afirma:

La calidad medida de un producto manufacturado, está siempre sujeta a una variación fortuita. Algún sistema estable de causas fortuitas es inherente a cualquier esquema particular de producción e inspección. La variación propia de este modelo estable es inevitable.

La carta de control tal y como fue concebida y desarrollada por Shewhart, es un simple dispositivo gráfico para detectar modelos naturales de variación en los datos resultantes de procesos repetitivos, esto es, la carta de control da un criterio para detectar deficiencias en el control estadístico.

A continuación estoy presentando cuatro cartas de control de diferentes calidades de tabiques refractarios, basándonos en datos reales de porcentos de quebradura obtenidos directamente de la producción anual de una compañía.

ALTA CALIDAD.

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	\bar{X}	R
1.-	8.0	6.5	6.0	7.3	6.9	7.4	7.8	6.8	7.9	7.0	6.6	7.11	2.0
2.-	7.7	7.1	6.8	6.6	7.3	7.8	6.1	6.5	7.0	7.2	7.1	7.02	1.7
3.-	6.3	6.9	6.4	6.7	6.9	7.3	7.6	7.2	6.0	6.1	7.1	6.21	1.3
4.-	6.8	7.9	8.0	7.7	7.3	7.1	6.9	6.5	6.6	6.7	7.0	7.13	1.5
5.-	8.0	7.1	7.9	7.3	7.6	7.8	7.0	7.5	7.2	7.8	7.7	7.53	1.0
6.-	6.1	7.9	6.6	7.5	8.0	7.3	6.4	7.7	7.0	6.3	6.8	7.05	1.9
7.-	7.0	7.4	6.9	7.3	6.5	7.2	6.7	7.5	6.8	7.2	7.1	7.05	0.9
8.-	6.3	6.9	7.1	6.8	7.2	6.6	8.0	7.8	7.9	7.7	7.4	7.24	1.2
9.-	6.2	6.1	6.3	6.2	6.5	6.8	6.1	6.4	6.6	6.3	6.5	6.36	0.7
10.-	7.8	7.7	7.4	8.2	7.8	7.0	7.4	8.1	7.9	7.6	7.5	7.69	1.2
11.-	8.1	8.3	8.0	8.2	7.7	7.9	7.5	8.0	8.4	7.8	8.0	7.99	0.9
12.-	7.9	8.2	8.4	8.1	7.7	7.6	7.8	8.0	8.3	8.1	7.9	8.07	0.8
												7.19	1.3

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{86.28}{12} = 7.19$$

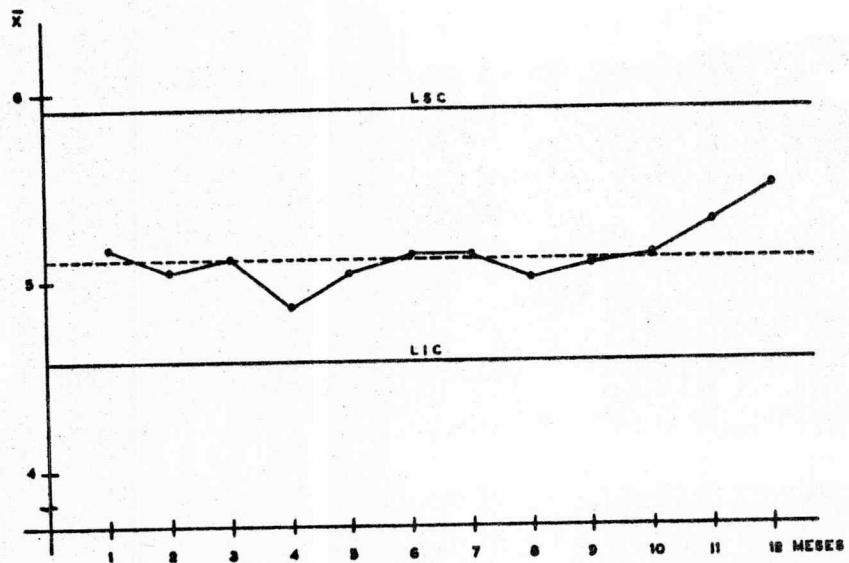
$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{15.6}{12} = 1.3$$

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 7.19 + (0.285)(1.30) = 7.56$$

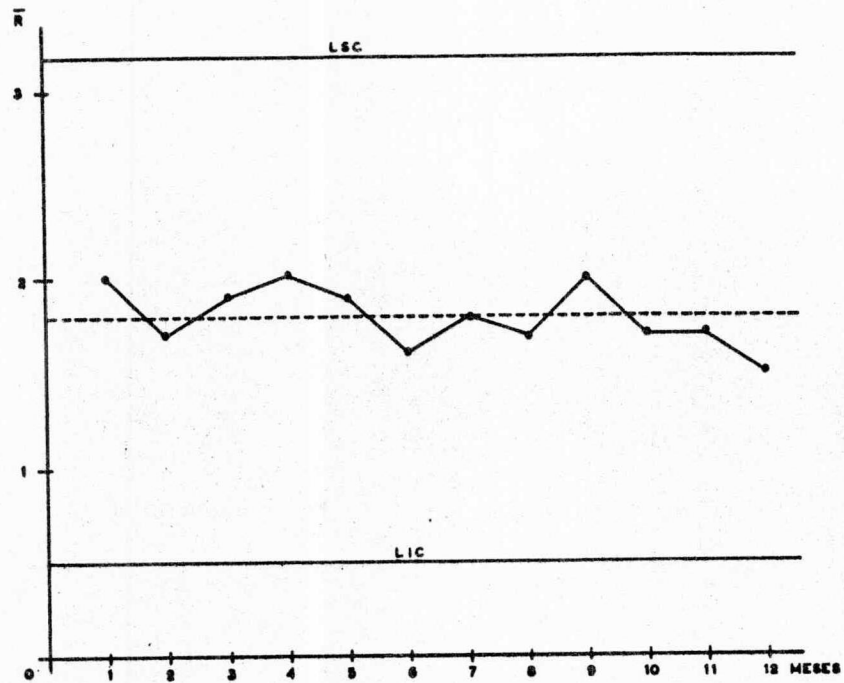
$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 7.19 - (0.285)(1.30) = 6.81$$

$$LSC = D_4 \bar{R} = (1.744)(1.30) = 2.26$$

$$LIC = D_3 \bar{R} = (0.256)(1.30) = 0.33$$



TESIS PROFESIONAL	
F.Q.	ALTA ALUMINA
1977	J. EDUARDO SILVA BOLIO



TESIS PROFESIONAL	
F.O.	ALTA ALUMINA
1977	J. EDUARDO SILVA BOLIO

CALIDAD SUPERIOR

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	\bar{X}	\bar{R}
1.-	10.1	9.4	11.0	11.3	10.8	10.7	9.8	10.7	9.7	9.6	10.9	10.36	1.90
2.-	10.3	10.7	9.5	11.0	10.3	9.8	10.8	11.0	10.0	11.3	11.2	10.53	1.80
3.-	10.9	10.7	11.2	10.1	10.5	10.7	9.6	9.5	9.4	11.3	11.4	10.48	2.00
4.-	10.5	11.4	11.3	10.0	10.7	10.8	10.2	9.8	9.5	9.4	10.6	10.38	2.00
5.-	10.6	10.8	10.4	9.5	9.4	11.0	11.1	11.4	10.7	10.9	10.0	10.52	2.00
6.-	10.4	10.9	11.0	10.8	10.5	11.3	9.3	9.6	10.0	10.2	9.9	10.35	2.00
7.-	10.0	9.9	9.5	11.3	9.5	11.0	9.7	10.3	10.7	10.8	10.6	10.30	2.10
8.-	10.2	10.7	10.5	10.7	9.2	11.4	11.3	9.5	10.6	10.5	10.3	10.44	2.20
9.-	10.7	10.8	11.4	10.7	9.5	10.6	10.7	11.3	11.0	10.6	10.5	10.70	1.90
10.-	10.3	10.6	11.3	9.5	10.4	9.2	11.0	11.4	10.7	10.8	10.6	10.52	2.20
11.-	10.6	10.1	9.3	10.7	11.3	11.4	11.2	10.7	9.5	10.5	10.7	10.54	2.00
12.-	10.4	10.9	10.3	10.8	10.6	10.8	10.5	10.9	10.4	10.7	10.6	10.62	0.60
												10.47	1.89

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{125.64}{12} = 10.47$$

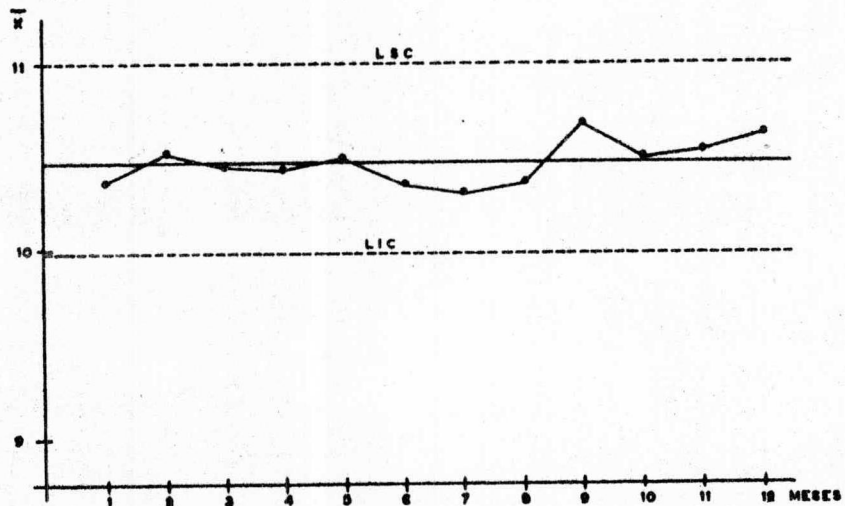
$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{22.68}{12} = 1.89$$

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} = 10.47 + (0.285)(1.89) = 11.00$$

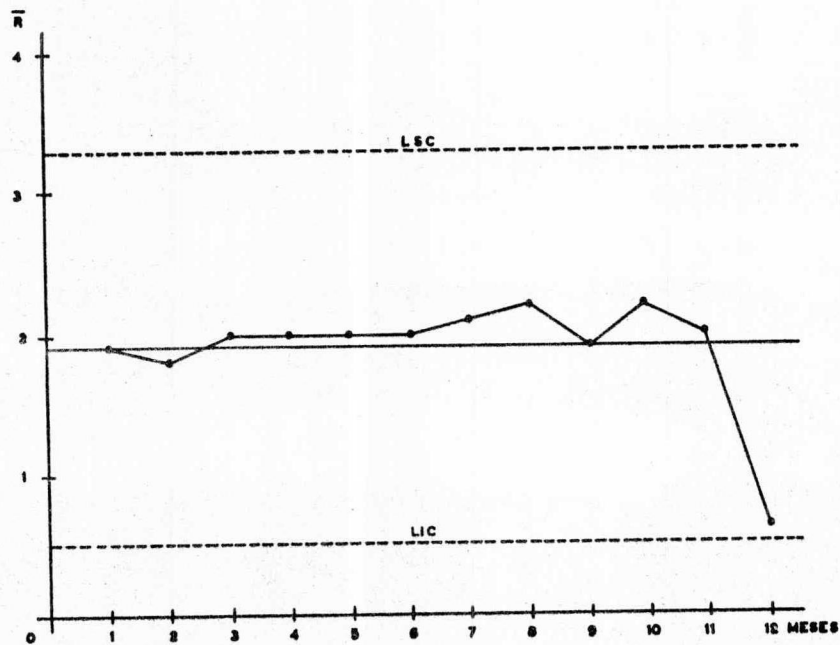
$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} = 10.47 - (0.285)(1.89) = 9.93$$

$$LSC = D_4 \bar{R} = (1.744)(1.89) = 3.29$$

$$LIC = D_3 \bar{R} = (0.256)(1.89) = 0.48$$



TESIS PROFESIONAL	
F.Q.	CALIDAD SUPERIOR
1977	J. EDUARDO SILVA BOLIO



TESIS PROFESIONAL	
F.Q.	CALIDAD SUPERIOR
1977	J.EDUARDO SILVA BOLIO

ALTA ALUMINA

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	\bar{X}	\bar{R}
1.-	4.3	4.8	5.4	6.0	5.9	5.8	4.0	4.9	5.3	4.4	5.7	5.14	2.00
2.-	5.6	5.0	4.6	4.1	5.8	5.1	5.0	4.7	5.3	4.9	5.5	5.05	1.70
3.-	4.8	4.1	4.6	5.3	4.7	5.5	4.9	5.1	5.8	6.0	5.3	5.10	1.90
4.-	4.1	4.0	5.0	6.0	5.9	5.2	4.2	4.1	4.6	4.8	5.7	4.87	2.00
5.-	4.6	5.7	4.0	5.8	4.8	5.0	5.9	4.2	4.5	5.5	5.2	5.02	1.90
6.-	4.4	5.0	6.0	5.9	5.8	5.3	4.8	4.8	4.6	4.5	4.1	5.11	1.60
7.-	5.3	4.9	4.4	4.8	5.4	5.6	5.9	4.1	4.3	5.8	5.7	5.11	1.80
8.-	5.6	5.8	5.6	5.3	5.1	5.9	4.3	4.5	4.4	4.1	4.5	5.00	1.70
9.-	5.4	5.9	5.7	6.0	4.3	4.0	4.4	4.6	5.7	5.1	4.9	5.09	2.00
10.-	5.2	4.3	4.6	4.7	4.1	5.0	5.6	5.9	5.5	6.0	5.3	5.11	1.90
11.-	5.5	5.6	5.4	4.8	5.2	4.0	5.7	5.8	5.9	4.8	4.7	5.23	1.9
12.-	5.1	5.4	5.9	5.8	5.2	5.5	5.6	5.8	6.0	4.6	4.5	5.40	1.50
												5.10	1.82

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{61.2}{12} = 5.10$$

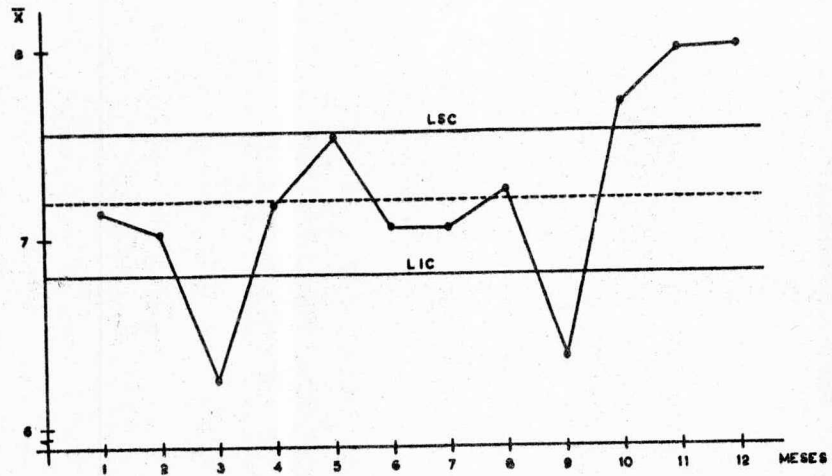
$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum R}{k} = \frac{21.84}{12} = 1.82$$

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{\bar{R}} = 5.10 + (0.285)(1.82) = 5.90$$

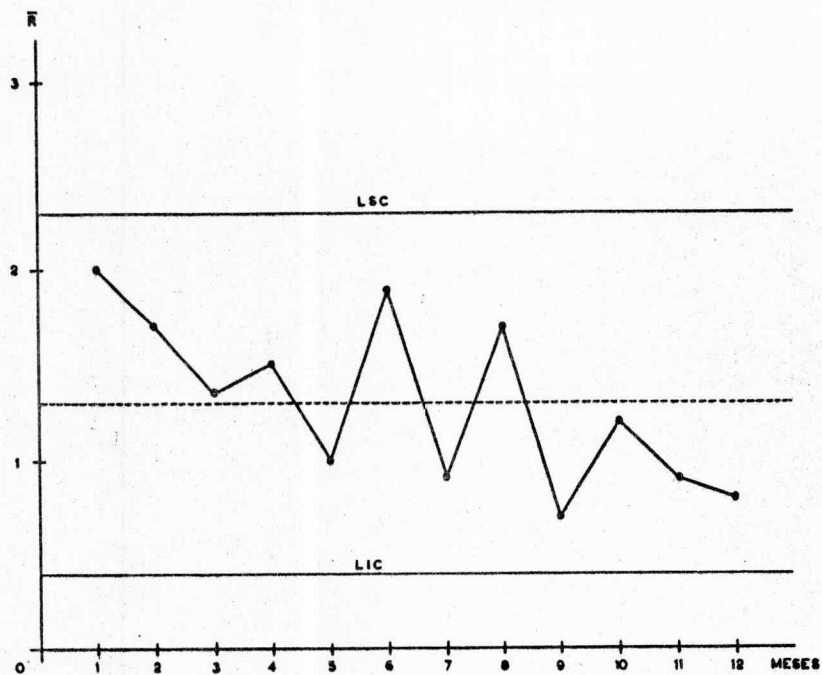
$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{\bar{R}} = 5.10 - (0.285)(1.82) = 4.58$$

$$LSC = D_4 \bar{\bar{R}} = (1.744)(1.82) = 3.17$$

$$LIC = D_3 \bar{\bar{R}} = (0.256)(1.82) = 0.46$$



TESIS PROFESIONAL	
F.Q.	ALTA CALIDAD
1977	J. EDUARDO SILVA BOLIO



TESIS PROFESIONAL

F.Q.

ALTA CALIDAD

1977

J. EDUARDO SILVA BOLIO.

EXTRA ALTA ALUMINA

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	\bar{X}	\bar{R}
1.-	2.1	2.3	2.8	3.8	4.0	3.9	3.2	3.3	2.6	2.9	3.0	3.08	1.9
2.-	2.5	2.8	3.4	3.3	2.6	3.5	3.0	2.7	2.9	2.6	3.3	2.96	1.0
3.-	2.4	2.9	2.6	2.3	2.8	2.7	2.5	2.2	3.1	3.0	3.2	2.70	1.0
4.-	2.8	3.0	3.9	2.0	3.7	4.0	2.8	2.5	3.1	3.3	3.6	3.15	2.0
5.-	3.6	3.7	3.8	3.9	3.5	3.3	3.2	3.9	2.9	3.0	3.4	3.47	1.0
6.-	2.8	2.9	2.7	2.5	2.4	3.0	3.5	3.2	3.7	3.3	3.9	3.08	1.4
7.-	4.0	3.7	2.8	3.1	2.3	2.6	2.0	2.3	2.8	3.5	3.3	2.94	2.0
8.-	3.9	2.8	3.3	2.1	2.9	3.6	2.6	2.7	3.4	3.7	3.8	3.16	1.8
9.-	2.7	2.9	2.6	2.5	2.3	3.7	3.1	3.9	4.0	2.8	2.7	3.01	1.7
10.-	3.6	3.1	3.3	3.4	2.4	2.5	2.9	3.0	4.0	3.9	2.9	3.18	1.6
11.-	3.4	3.8	3.2	2.1	2.3	2.2	3.7	2.6	3.3	3.1	3.0	2.97	1.7
12.-	2.0	2.8	3.1	2.3	3.0	2.9	2.5	2.2	2.4	2.8	2.3	2.57	1.1
												3.02	1.52

$$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{36.27}{12} = 3.02$$

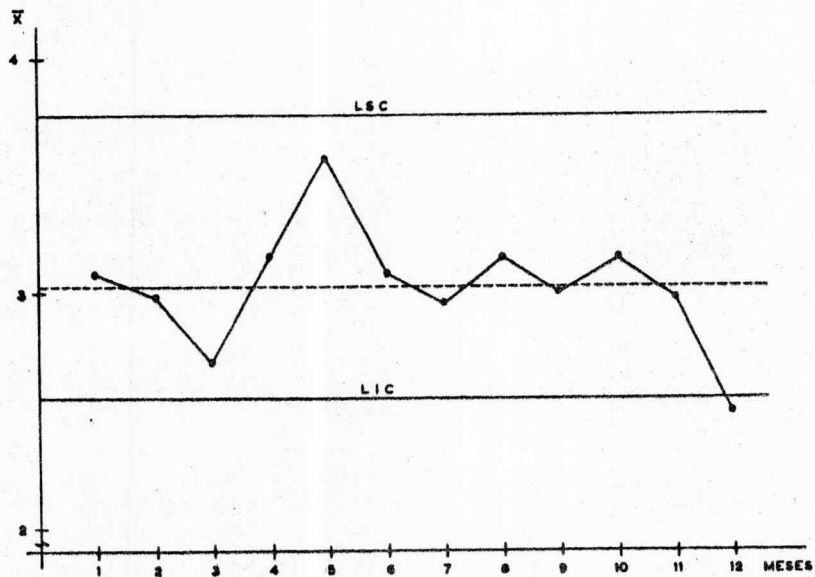
$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{18.2}{12} = 1.52$$

$$LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 3.02 + (0.285) (1.52) = 3.74$$

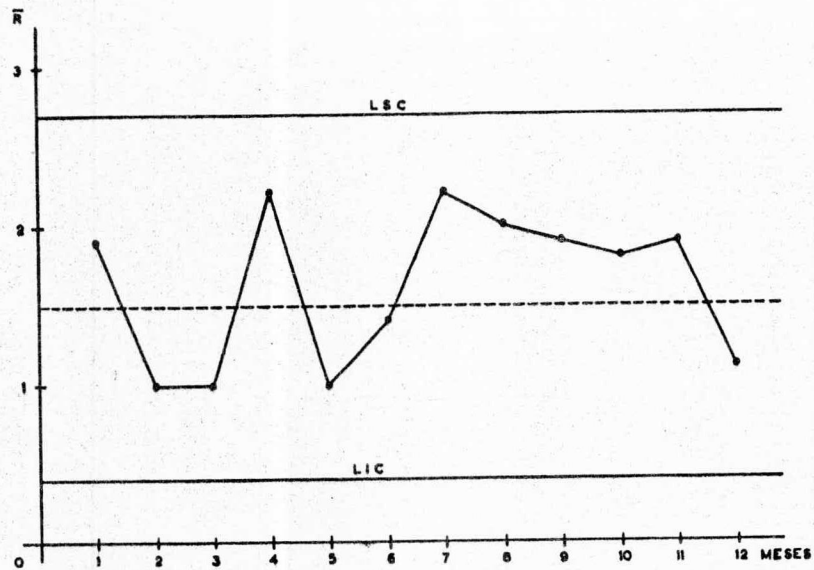
$$LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 3.02 - (0.285) (1.52) = 2.58$$

$$LSC = D_4 \bar{R} = 1.744 (1.52) = 2.65$$

$$LIC = D_3 \bar{R} = (0.256) (1.52) = 0.39$$



TESIS PROFESIONAL	
F.Q.	EXTRA ALTA ALUMINA
1977	J. EDUARDO SILVA BOLIO



TESIS PROFESIONAL	
F.Q.	EXTRA ALTA ALUMINA
1977	J. EDUARDO SILVA BÓLIO

CONCLUSIONES

Como se puede observar, el resultado de las cartas de control es satisfactorio, lo cual nos quiere decir que se está llevando a cabo un buen control de calidad.

A medida que aumenta la calidad del refractario, se tiene mayor control de la calidad en el mismo, ya que dichos materiales son muy nobles.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En la actualidad ya es posible referirse al control de calidad como una de las funciones primordiales e indispensables dentro de una industria productora de satisfactores en general. Todo esto es debido al auge y empeño que los dirigentes de las mismas han puesto en el control de calidad de sus productos.

Prácticamente se puede asegurar que el control de calidad como departamento dentro de una organización en nuestro país es todavía joven, no obstante, ha tenido un desarrollo acelerado tal vez por un lado por las exigencias del mercado y por otro lado por el lógico desarrollo del país.

Hablo de un desarrollo acelerado del control de calidad porque es indudable que el producto mexicano cada día es mejor, particularmente hablando el producto refractario que se hace en México tiene un alto grado de calidad y confiabilidad, los cuales se han logrado después de muchos años de esfuerzo y dedicación de las gentes que laboran en este tipo de industria, claro que todavía nos falta recorrer y estudiar más a fondo el tema de calidad, pero estoy seguro — que el camino en el que vamos es el correcto y que pronto alcanzaremos la calidad óptima según nuestras propias exigencias y porque no las exigencias extranjeras.

Las pruebas de laboratorio en particular son las que nos van a dar el grado de calidad de los productos refractarios y por lo tanto es muy importante llevarlas a cabo de acuerdo a las normas para ellas establecidas en el Comité Nacional de Normas.

Finalmente creo que el control de calidad en nuestro país está alcanzando el lugar que le corresponde puesto que ahora la mayoría de las compañías cuentan con expertos en esta especialidad gracias a que ya existen varios institutos de control de calidad en los que se imparten diferentes cursos de acuerdo al tipo de industria y al nivel dentro de la misma, dichos institutos organizan también un congreso anual de calidad en el cual se tratan los diferentes aspectos de este tema bajo la dirección de expertos en la materia.

GLOSARIO DE TERMINOS

GLOSARIO DE TERMINOS

ABRACION DE REFRACTARIOS.- Es el desgaste de la superficie del refractario por acción del frotamiento o impactos de sólidos en movimiento.

ALUMINA.- Es el óxido de aluminio, que se presenta en varias formas cristalinas, siendo las principales la α alúmina y la γ alúmina. Cuando es pura tiene un punto de fusión de 2 050°C.

ANALISIS GRANULOMETRICO.- Es el proceso de separación de partículas en fracciones de dimensiones definidas para determinar el porcentaje de las mismas.

ANDALUCITA.- Es el mineral de fórmula empírica $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ (62.9 % del primero y 37.1 % del segundo), y que se presenta en diferentes formas cristalinas.

ATAQUE QUIMICO.- Es la destrucción artificial del refractario por la acción química de agentes externos.

BAUXITA.- Es el mineral de alto contenido en óxido de aluminio hidratado, bajo forma de Gibsita o Hidrargilita ($Al_2O_3 \cdot 3 H_2O$), Bohemita ó Diáspore ($Al_2O \cdot H_2O$), impurificada por minerales arcillosos, óxidos hidratados de hierro y cuarzo.

BAUXITA CALCINADA.- Es el mineral bauxita calcinado a temperatura del orden de fos 1600°C y con un contenido en óxido de aluminio no menor del 80 % comúnmente utilizado para la fabricación de refractarios de alta alúmina.

BENTONITA.- Es el mineral proveniente de la alteración de cenizas volcánicas, con predominio Montmorillonita, de extremada finura de partículas, generalmente muy plástica; alguna variedades poseen alto poder de absorción de agua con gran aumento de volumen.

CAOLIN.- Es la arcilla de origen sedimentario o residual, con predominio de la variedad cristalina caolinita, generalmente blanco por cocción, purificados por lavados, posee alta refractabilidad.

CEMENTO REFRACTARIO HIDRAULICO.- Es un material refractario preparado, que mezclado con agua tiene la propiedad de endurecer por fraguado hidraulico y de ligar otros materiales, normalmente son aluminatos de calcio.

CEMENTO REFRACTARIO.- Es el material constituido por una mezcla de materiales resistentes a alta temperatura, tales como: Arcillas plásticas, arcillas refractarias, cuarcitas, minerales de cromo, magnesita, diáspore o minerales de silimanita, ciamita, bauxitas, crudos o calcinados; que pueden contener otros productos no refractarios con capacidad de endurecer al aire y adherir en caliente.

CONCRETO REFRACTARIO.— Es un producto constituido por una mezcla de materias refractarias, de adecuada granulometría, con agregado de un cemento resistente al calor, que asegure el fraguado hidráulico cuando se mezcla con agua.

CONCRETO REFRACTARIO AISLANTE.— Es una mezcla de productos refractarios livianos, de adecuada granulometría, con agregado de un cemento resistente al calor, que asegure el fraguado hidráulico cuando se mezcla con agua obteniéndose materiales de baja conductividad térmica y alta porosidad.

CONO PIROMÉTRICO NORMAL.— Es una pieza moldeada de materiales refractarios en forma de pirámide truncada, de base triangular, de dimensiones normalizadas, que se identifica con un número característico, equivalente a una determinada temperatura, en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$), cuando en un régimen de calentamiento en condiciones recomendadas, la punta de la pirámide toca la plaqueta soporte.

CONO ORFON.— Es el cono pirométrico normal usado como patrón en los EE. UU. y en muchos de los países latinoamericanos.

CUARZO.— Es una de las variedades alotrópicas de sílice (SiO_2) cristalina y estable a temperaturas menores de 870°C .

DEFORMACION BAJO CARGA EN CALIENTE.— Es el cambio de las dimensiones de las piezas refractarias por acción de carga, y temperatura.

DENSIDAD APARENTE.— Es la relación entre el peso constante a $105-110^{\circ}\text{C}$ del material refractario y el volumen aparente del mismo. Se expresa en g/cm^3 .

DIASPORE.— Es una de las variedades cristalinas del óxido de aluminio hidratado, de fórmula empírica $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{OH}$ ó $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (ver gibsita y bohemita). Por cocción a suficiente temperatura se transforma en alfa alúmina.

GIBSITA O HIDRARGILITA.— Es una de las variedades cristalinas del óxido de aluminio hidratado, de fórmula empírica $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, por cocción a suficiente temperatura se transforma en alfa alúmina.

GRADO DE REFRACTABILIDAD.— Es la propiedad de los materiales refractarios de resistir a altas temperaturas sin sufrir fusión, ablandamiento o deformación. Se mide, mediante la determinación del cono pirométrico equivalente.

LIGA CERÁMICA.— Es la adherencia y cohesión de partículas o granos de materiales refractarios durante su cocción y debido a un proceso de sintetización.

LIGA QUÍMICA.— Es la adherencia y cohesión entre partículas o granos de materiales refractarios y agentes químicos, producida por reacciones de naturaleza físico-química bajo la acción del calor.

MAGNESIA.— Es el óxido de magnesio, natural o sintético, de fórmula MgO .

MAGNESITA.- Es el mineral constituido principalmente por carbonato de magnesio cristalizado, de fórmula empírica $MgCO_3$. El término magnesita es empleado en forma impropia para designar al producto calcinado o ladrillos elaborados e con magnesia cristalizada.

MÓDULO DE RUPTURA.- Es la medida en determinadas condiciones de la resistencia mecánica de un material a la ruptura por flexión, Se calcula con la siguiente expresión:

$$m_r = \frac{3 G \cdot L}{2 a \cdot e^2}$$

Donde:

G = Carga de ruptura, en Kg.

L = Distancia entre apoyos en cm.

a = Ancho de la probeta de ensayo, en cm.

e = Espesor de la probeta de ensayo, en cm.

m_r = Módulo de ruptura en Kg/cm^2

MORTERO.- Agente ligante refractario constituido por una mezcla de compuestos refractarios molidos, con agregados de otras sustancias, que pueden no ser refractarias y que en estado húmedo se utilizan para adherir ladrillos o piezas refractarias.

PERICLASA.- Es el óxido de magnesio cristalino, principal constituyente de los refractarios básicos de magnesia, estable a la acción del agua y anhídrido carbónico y de alta refractabilidad.

POROSIDAD APARENTE.- Es la relación entre el volumen total de poros abiertos y el volumen aparente del cuerpo, se expresa en %.

REFRACTARIO.- Es una propiedad de los materiales que son química y físicamente estables a alta temperatura, la condición primordial es resistir altas temperaturas, pero también otros factores destructivos tales como presión, ataque químico, cambio brusco de temperaturas, etc. También se le llama así al material que presenta estas propiedades.

REFRACTARIOS SILICO-ALUMINOSOS.- Son productos constituidos principalmente por sílice cristalina y/o con variadas proporciones de alúmina bajo la forma de silicatos complejos de alúminio.

REFRACTARIOS AISLANTES.- Son materiales refractarios caracterizados por su baja conductividad térmica, baja capacidad de calor y alta porosidad.

REFRACTARIOS ANTIÁCIDOS.- Son los productos refractarios de baja porosidad y permeabilidad, de alta resistencia a la erosión mecánica, ataque químico o penetración de los ácidos comunes y/o agentes químicos de naturaleza ácida.

REFRACTARIOS BASICOS.— Son productos refractarios constituidos principalmente por óxidos alcalinotérreos y/o con menores proporciones de sílice bajo la forma de silicatos complejos.

REFRACTARIOS ESPECIALES.— Son los productos refractarios constituidos por sustancias naturales o sintéticas y elaborados con técnicas especiales a base de : a) Grafito; b) Carburos de silicio, de zirconio, de tantalio, de boro, de titanio; c) Siliciuros: De molibdeno, de tungsteno; d) Óxidos: De zirconio estabilizado, de titanio, de berilio, de torio; e) Silicatos: De zirconio, de aluminio, etc.

REFRACTARIO PLASTICO.— Es el material constituido esencialmente por una mezcla íntima y en proporciones determinadas de productos refractarios en estados natural o calcinados, con o sin otras sustancias, que mezclado u amasado con agua adquiere plasticidad para ser moldeado en el lugar de utilización, formando estructuras monolíticas con capacidad de endurecer y mantener sus características físicas desde temperaturas de 110°C hasta las de uso.

RESISTENCIA A LA COMPRESION.— Es la medida en determinadas condiciones de la resistencia mecánica de un material a la ruptura por compresión y se expresa en Kg/cm². Se calcula con la siguiente expresión:

$$R_c = \frac{G}{A}$$

Donde:

G = Carga de ruptura, en Kg.

A = Area, en cm²

R_c = Resistencia a la compresión, en Kg/cm²

SILICE.— Es el dióxido de silicio constituyente principal de los minerales comunes, tales como : Cuarzo, calcedonia, cuarcitas, piedra arenisca, arena.

VERMICULITA.— Es un mineral micáceo, constituido por silicato de aluminio hidratado. Cuando se calcina pierde el agua de cristalización, expande con gran aumento de volumen y forma un material de baja densidad aparente.

ZIRCON.— Es el mineral constituido principalmente por un ortosilicato de zirconio de fórmula empírica ZrO₂ · SiO₂. Cuando es puro posee muy alta refractabilidad.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

FIREBRICK ENGINEERING MANUAL .

A. P. Green Refractories Co.

U. S. A.

1969.

REFRACTORY POCKET CATALOG

A. P. Green Refractories Co.

U. S. A.

1969.

THE TECHNOLOGY OF CERAMICS AND REFRACTORIES.

Budnikov P. P.

Massachusetts Institute of Technology Press.

U. S. A.

1962.

A S T M STANDARDS

*Chemical resistant materials; Clay, Concrete,
Asbestos, Cement Stone Products, Mortars.*

Part. 12. U. S. A.

1970.

REFRACTORIES PRODUCTION AND PROPERTIES.

Chesters J. H.

The Iron and Steel Institute.

London.

1973.

REFRACTORIES.

General Refractories Company

Philadelphia, Pa., U. S. A.

1961.

MODERN REFRACTORY PRACTICE

Harbison-Walker Refractories Co.

Pittsburgh, Pennsylvania.

*Designed and Printed by The William Feather Co. Cleveland.
1961.*

INTRODUCTION TO CERAMICS

Kingery W. D.

John Wiley and Sons, Inc.

U. S. A.

1967.

REFRACTORIES

Norton F. H.

Third edition.

Mc. Graw Hill Book Co., Inc.

1949.

ESTADÍSTICA APLICADA

Ostle Bernard.

Ed. Limusa - Wiley, S. A.

México.

1973.

INTRODUCCION A LA ESTADÍSTICA.

Richmers A. D. y Todd H. N.

Cia. Editorial Continental, S. A.

México.

1972.