

7. ANÁLISIS QUÍMICO & MEZCLAS DE PRUEBA

7.1 Introducción

La viabilidad del material para la elaboración de cemento está ampliamente determinada por la química del depósito. No sólo la química del depósito debe ser satisfactoria para la elaboración del cemento, sino que la variación química debe ser tal que permita utilizar los métodos económicos normales para la extracción de roca en cantera, de manera que se pueda mezclar para formar la composición química correcta. Los apartados anteriores del estudio describen la perforación de los sondeos y los métodos de muestreo utilizados durante la exploración. Se prepararon los testigos de los sondeos para su análisis, y el resultado de éstos se utilizó para construir un modelo químico tridimensional del depósito de caliza (ver Capítulo 6 - "Cubicación de Reservas). Este modelo es la base para la valoración del yacimiento de caliza.

También, mediante la perforación de sondeos y muestreo de superficie, se estudió la fuente de arcilla. Los resultados de los análisis indicaron que existía un yacimiento relativamente uniforme. Esto dió lugar a realizar un estudio representativo de ese material, cuya base, interpretación y resultados de las pruebas de las mezclas, conllevaría a la fabricación del cemento deseado, siendo éste el tema principal a desarrollar en los siguientes capítulos de este informe.

7.2 Análisis Químicos

Dado que la viabilidad de un depósito, para ser usado en la elaboración de cemento, depende de su composición química, es primordial que los análisis químicos, llevados a cabo durante la fase de exploración, sean correctos. Aún existiendo varios métodos para realizar estos análisis, el orden de ejecución partirá del método húmedo, pasando por los métodos colorimétricos, hasta el fluorescente por absorción atómica de los rayos-X (XRF); es éste último citado el que, para este caso, se considera el más apropiado para definir rápida y correctamente los principales componentes de las materias primas para el futuro cemento. Este método de análisis vigente es el empleado universalmente en los trabajos de explotación para la elaboración del cemento, como el control de las materias primas y para el proceso de producción. El informe sobre el "Estudio Geológico de Detalle" muestra las cualidades sobre el proceso de XRF, utilizado para esta investigación. Los laboratorios de la University Hallam Sheffield en el R.U. realizaron todos estos análisis. Los resultados están reflejados en el Apéndice AQ1.

7.2.1 Resultados de los análisis químicos.

Según el informe geológico de detalle, los resultados de los análisis químicos aconsejan dividir las calizas en una serie de tipos químicos. Finalmente, parece ser que estos "quimiotipos" están ligeramente relacionados con distintos tipos de calizas que se formaron en diferentes periodos durante el desarrollo del yacimiento. Al trazar (plotted) los quimiotipos sobre las zonas delineadas que atraviesan las fuentes de calizas, demuestran que en general el grado de las calizas dentro de la fuente geológica cambia en el yacimiento. Sin embargo, se observa que existen patrones de comportamiento regulares de cambio de grado.

En términos generales, se puede decir que el contenido de calcio disminuye tanto en dirección occidental como en profundidad. Esta característica puede estar relacionada con la formación de las calizas, y depende posiblemente de la litología de la zona. Los primeros carbonatos se depositaron sobre las areniscas colocadas en suave pendiente hacia el mar y que, a su vez, fueron contaminadas con arenas. Las calizas, de aguas ligeramente más profundas, separadas de la costa, fueron contaminadas con las arcillas superficiales del periodo Mioceno. A medida que el mar sobrepasa el perímetro costero, las calizas impuras se depositaron progresivamente más al oeste. A los primeros yacimientos de caliza le sucedieron otras calizas en las que el carbonato aumenta progresivamente, ya que el área en el que fueron depositadas está más alejado de la costa.

7.3 La Química del Cemento

El cemento Portland consta de una mezcla de minerales, todos ellos, en su mayor o menor proporción, tienen características hidráulicas. Esto significa que al mezclarlos con agua forman nuevos minerales. En el caso del cemento, estos nuevos minerales forman una masa entrelazada que da consistencia a la mezcla.

Lo más importante de los minerales del cemento son los silicatos de calcio. El análisis químico del cemento se formula en términos de óxidos, para los que la química del cemento ha desarrollado su propia nomenclatura.

C = cal	CaO
S = sílice	SiO ₂
A = alúmina	Al ₂ O ₃
F = óxido férrico	Fe ₂ O ₃

La fórmula del coeficiente de sílice (CS), es la siguiente:

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} \quad 6 \quad \frac{\text{S}}{\text{A} + \text{F}}$$

A partir del momento en el que el calcio es introducido en el horno, al reaccionar con el sílice, para formar silicatos, y al hacerlo con la alúmina y el hierro, formará aluminatos y ferrita; este hecho establecerá la cantidad total de silicatos de calcio posible que puede formarse durante el proceso, es decir el coeficiente de sílice más alto y la cantidad máxima de silicatos. Sin embargo la reacción química entre la sílice y cal, para formar silicatos solo tiene lugar a muy alta temperatura a menos que haya presencia de flujos. Debido a que la alúmina y el hierro pueden proporcionar estos flujos, es necesario encontrar algunos de estos materiales si se van a producir reacciones a temperaturas realistas. El resultado de este equilibrio requerido entre la sílice y los otros óxidos, es que el coeficiente de sílice óptimo sea alrededor de 2.5.

El coeficiente de la alúmina (CA) es el siguiente:

$$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{A}}{\text{F}}$$

La relación entre la alúmina y el hierro señala las características del flujo fundido que facilita la formación de los silicatos. El valor óptimo del coeficiente de la alúmina es de 1.4. Superior o inferior a esta cifra, la fórmula de los silicatos será progresivamente más difícil.

El factor de saturación de la cal (FSC) se definirá de la siguiente manera:

$$\frac{\text{CaO}}{2.8 \text{ SiO}_2 + 1.2 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.65 \text{ Fe}_2\text{O}_3} \quad \text{ó} \quad \frac{\text{C}}{2.8 \text{ S} + 1.2 \text{ A} + 0.65 \text{ F}}$$

El propósito de la química del cemento es aumentar el contenido de silicatos de calcio en el clinker, en especial el contenido del silicato tricálcico. Para conseguir llegar a esta situación el (FSC) deberá tener un valor de 1.0. La valoración aplicada a la sílice, a la alúmina y al hierro deberá recogerse de la fase de los estudios de equilibrio. En algunas ocasiones, por conveniencia, el FSC se multiplicará por 100, y se expresa en porcentajes.

Dado que en la práctica nunca se produce la combinación perfecta y completa dentro del horno, existe una serie de otros factores, en función del FSC, que pueden emplearse para la elaboración de cemento. Por ejemplo, el FSC reduce la cantidad de cal utilizada en la ecuación, en una cantidad equivalente a la de la cal existente en el clinker, más 0.7 veces el contenido de azufre.

Además de los elementos principales que forman el clinker del cemento: cal, sílice, alúmina y óxido de hierro, existen otros elementos, que pueden estar presentes en las materias primas del cemento, de manera que influyen bastante en él, o en su elaboración.

7.4 La Química De Las Materias Primas Del Cemento

Según lo redactado en el apartado sobre “La química del Cemento”, se puede saber que este consta principalmente de minerales compuestos de calcio, sílice, aluminio e hierro. Las cantidades regulares de cada uno de estos compuestos, en términos de poder valorar los óxidos, son las siguientes:

• SiO ₂	18 .0% - 24 .0%
• Al ₂ O ₃	4 .0% - 8 .0%
• Fe ₂ O ₃	1 .5% - 4 .5%
• CaO	62 .0% - 66 .0%

La fuente de carbonato de calcio es la más importante entre los materiales necesarios para la elaboración de cemento. Como material primario la elección más clara sería la caliza, compuesta principalmente del mineral calcita, CaCO₃.