

Artículo publicado en [“Revista cerámica de Argentina”](#).

Algunas reflexiones sobre la enseñanza del cálculo de composiciones cerámicas.

Cuando se programan actividades formativas para ceramistas, como por ejemplo cursos, convivencias, etc. suelen predominar contenidos de tipo práctico especialmente centrados en técnicas y procedimientos, es decir en el “*cómo hacer*” de manera que el objetivo se centra en adquirir destrezas para llevar a cabo con éxito alguna técnica. En este tipo de actividades, los contenidos teóricos suelen tener, salvo excepciones, una presencia testimonial. Por otra parte, en la formación reglada, es decir aquella que forma parte del sistema educativo y lleva a la obtención de una titulación, también tienen los contenidos prácticos un peso apropiado a su importancia, aunque los contenidos teóricos, especialmente los que forman la base de los conocimientos físicos y químicos de la cerámica, suelen tener una mayor presencia que es en ocasiones discutida por algunos docentes y ceramistas, especialmente en lo que se refiere a los primeros niveles de la formación. Me gustaría hacer algunas reflexiones al respecto, centrándome inicialmente en el cálculo de composiciones cerámicas, como pequeña aportación a un debate sosegado sobre este tema.

¿Qué es el cálculo de composiciones?

En primer lugar, veamos **qué entendemos por “cálculo de composiciones”** referido, inicialmente, a los esmaltes cerámicos. En cerámica, podemos expresar las composiciones de los esmaltes de tres formas distintas: la fórmula de carga, el análisis químico y la fórmula Seger.

La **fórmula de carga** se conoce también como la “receta” e indica las materias primas, semielaborados y aditivos que forman parte de una composición y en qué proporción en peso lo hacen. Puede expresarse indicando la cantidad en peso de cada componente o su porcentaje. Es la forma más sencilla de expresar las composiciones y también la más utilizada por los ceramistas.

El **análisis químico** indica la proporción en óxidos de una composición y puede expresarse en peso o en moles. Puede calcularse a partir de la fórmula de carga si se conoce la composición química de todos los componentes de la receta. Recordar que esta expresión puede referirse a la composición cruda, lo que no es habitual, o a la composición cocida.

Por su parte, la **notación Seger** es una fórmula molecular de la composición cocida, expresada también en óxidos. Dicho así no difiere gran cosa del análisis químico en moles. La diferencia con el análisis químico en moles, y a la vez su ventaja, es que Seger ordena los óxidos en tres columnas según el papel que juegan en el vidriado, disponiendo en una columna los óxidos formadores de vidrio y los opacificantes, en otra los óxidos estabilizadores de la red de vidrio y en la otra los óxidos modificadores de la red de vidrio. A fin de poder comparar las fórmulas Seger de diferentes composiciones entre sí, la suma de moles de la primera columna (óxidos modificadores) se iguala a 1 y se recalcula el número de moles de cada óxido para no alterar las proporciones entre ellos.

Tanto el análisis químico como la notación Seger emplean los óxidos como base de expresión de la composición, lo cual es, obviamente, un artificio, puesto que estos compuestos químicos no están presentes como tales en muchas materias primas, ni en las fritas ni en los esmaltes cocidos, etc. pero el artificio, que no viola ninguna regla química, resulta de gran ayuda para interpretar las composiciones y predecir sus propiedades.

Existen procedimientos de cálculo muy sencillos, si se dispone de una base química elemental (formulación, conceptos de mol y peso molecular, estequiometría, etc.) que permiten pasar de una expresión a otra o que hacen posible, a partir de un análisis químico o de una notación Seger, estimar propiedades físicas de los esmaltes.

¿Qué utilidad tienen estos cálculos?

Estos cálculos son una **herramienta** en manos del ceramista, que le permite actuar con criterio técnico sobre sus composiciones. Algunas utilidades para el ceramista son:

- La expresión en análisis químico en peso o en moles, y la fórmula Seger, forman parte del lenguaje universal de los ceramistas. Muchos autores las emplean, por lo que resultan de utilidad para el aprendizaje y mejora del ceramista a lo largo de su vida.
- Permiten sistematizar las composiciones según las relaciones estequiométricas entre componentes, como por ejemplo la relación sílice-alúmina en esmaltes para cristalizaciones, las proporciones molares de modificadores de red, la proporción de alcalinos en la composición, etc.
- Sirven de base para establecer algunos criterios de clasificación de esmaltes y fritas.

- Muchos autores han establecido reglas para la formulación de fritas y vidriados basándose en la notación Seger o en el análisis químico en moles. Estas reglas son de gran ayuda para iniciar la formulación de nuevos esmaltes o para su corrección.
- Algunos autores han publicado índices que permiten estimar propiedades de interés basados en relaciones molares entre óxidos, como la solubilidad del plomo en los esmaltes cocidos, su acidez, brillo, etc.
- Permiten realizar la sustitución de materias primas manteniendo la misma composición química del esmalte.
- Son de gran ayuda para modificar propiedades de los esmaltes actuando sobre la proporción de un óxido y no sobre las materias primas.
- Permiten calcular de forma aproximada el valor de una determinada propiedad del esmalte (viscosidad y tensión superficial en fundido, coeficiente de dilatación, módulo de elasticidad, índice de refracción, etc.) mediante la composición molar o en peso del esmalte y unas tablas de factores asociados a cada óxido.
- A partir de los cálculos de propiedades, es posible modificar la composición buscando una determinada variación de alguna propiedad, como por ejemplo el coeficiente de dilatación para evitar un cuarteo; disminuir la tensión superficial para facilitar la eliminación de burbujas, etc. etc.

¿Qué limitaciones tienen estos cálculos?

En primer lugar, permítanme dos obviedades: insisto en que estos cálculos son una herramienta a disposición del ceramista. Su principal limitación es que el ceramista no los sepa utilizar. Entonces no sirven para nada. O si, por otra parte, el ceramista se limita, y quiere limitarse de por vida, a utilizar productos preparados por otros, los cálculos tampoco le sirven de nada.

En mi opinión, la principal limitación de estos cálculos es que, en algunas ocasiones, no conocemos la composición, de algunos materiales que forman nuestros esmaltes. Si trabajamos a temperaturas inferiores a 1200 °C, vamos a necesitar fritas y en algunos casos tendremos una información solo aproximada de su composición. A veces utilizamos arcillas locales de las que no tenemos una información técnica, y mucho menos su análisis químico. En este caso es obvio que no podemos utilizar nuestra herramienta de cálculo.

He podido leer alguna crítica al uso de estos cálculos en la que se argumenta que el empleo de composiciones teóricas, es decir, de las fórmulas moleculares de las materias primas, induce a error puesto que estas tienen impurezas y, por tanto, su composición nos es desconocida a menos que accedamos a su análisis químico. Esto más que una limitación de los cálculos, que no lo es, es un inconveniente o, mejor, una incomodidad. Insisto en que los cálculos son una herramienta y a veces se complica su uso. En la mayor parte de las materias primas empleadas (carbonatos, óxidos, silicatos) el grado de pureza de la modalidad industrial supera el 97 %. Tenemos, por tanto, un 3 % como mucho, de impurezas y algunas de ellas son componentes que introducimos en el esmalte como sílice, alúmina, hierro normalmente en bajísimas proporciones, etc. por lo que el error cometido, para la finalidad de formular un determinado esmalte (no olvidemos esto) es generalmente despreciable. En otras, como caolín o feldespatos puede haber más diferencia entre la composición teórica y la real. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre con muchas fritas, generalmente es posible obtener los análisis químicos reales de estos materiales, ya que suele ser una información técnica que facilita el proveedor o que puede encontrarse en la red. E incluso en este caso, el empleo de las composiciones teóricas da una información válida para nuestra finalidad, por lo que, con frecuencia se recurre a ellas y solo se emplean análisis químicos reales de muy pocas materias (arcillas y algún feldespato sódico-cálcico).

Con esta información: ¿deben aprender cálculos cerámicos los futuros ceramistas?

Cuando un docente o un equipo de docentes se encuentran ante la difícil tarea de diseñar un programa formativo profesionalizador, es decir, destinado a dotar a los alumnos de los conocimientos, destrezas, habilidades y actitudes necesarias en el desempeño de una actividad profesional, deben tener en cuenta muchos factores. Cito los que en mi opinión son más relevantes.

1. En primer lugar debe definirse bien **qué es lo que se espera del profesional en las situaciones de trabajo**. Esto está relacionado con el **nivel** del profesional. Por tanto, deben identificarse claramente las competencias que definen su perfil profesional. Es decir, debe identificarse **qué ha de saber hacer; qué tipo de decisiones ha de ser capaz de tomar**, etc. Para ello es necesario conocer bien el sector en el que el profesional ha de desempeñar su trabajo, y esto no siempre es posible desde el mundo educativo, por lo que se debe consultar con expertos del mundo laboral, cuando sea necesario.
2. Una vez conocidas las competencias necesarias para desempeñar su trabajo, es necesario definir el conjunto de **contenidos teóricos y prácticos** que permitirán al alumno alcanzar estas competencias profesionales en su etapa de formación.
3. Naturalmente, es necesario conocer bien cuál es la **formación previa del alumno** antes de iniciar su período formativo profesionalizador. Esto es sencillo cuando se trata de formación reglada (oficial) en la que para

acceder a un curso se ha tenido que superar satisfactoriamente el anterior, pero resulta un problema muy complejo cuando la actividad formativa está fuera del sistema educativo reglado, es decir, cuando se trata de cursos, seminarios, actividades de actualización o reciclaje, etc. porque el nivel de partida de los alumnos puede ser muy heterogéneo.

Hablemos primero del nivel.

Insisto en un concepto clave: **hemos de definir qué tipo de profesional queremos formar**. Si pretendemos formar operarios que, en un entorno industrial o artesanal, repitan operaciones manuales cuyos procedimientos han sido previamente establecidos y no pueden ser alterados; cuyos materiales a emplear le vienen dados y que no pueda tomar iniciativas que afecten al desarrollo del trabajo, etc. resulta evidente que no necesita el conocimiento de los cálculos cerámicos. Este tipo de trabajadores son necesarios y este espacio formativo debe ser cubierto. Probablemente, en este caso, sea suficiente con la enseñanza elemental de las principales reglas del proceso cerámico y trabajar a fondo destrezas manuales relacionadas con su futuro trabajo.

Sin embargo, **cuando hablamos de “ceramista” ¿a qué nos referimos?** Creo sinceramente que aquí está la clave del asunto. Si nos estamos refiriendo al operario descrito en el apartado anterior se acabó el problema. Pero si nos referimos a una persona con habilidades y destrezas manuales para crear objetos cerámicos de diseño propio con los materiales a su alcance, capaz de tomar decisiones sobre su propio trabajo, capaz de realizar modificaciones a diseños propios o ajenos y lo suficientemente flexible para incorporarse a diferentes entornos laborales de su nivel, entonces, ¿por qué le privamos de una herramienta útil y universal como son los cálculos cerámicos? Parece de sentido común dotar a nuestro futuro profesional de las herramientas necesarias, no solo para desarrollar correctamente un determinado trabajo, sino que le permitan adaptarse a situaciones cambiantes en el entorno laboral, mejorar profesionalmente y aprender a lo largo de toda su vida. En este caso **los “cálculos de composiciones” deben ocupar un lugar en los programas formativos.**

Y, por último, hablemos de la formación previa de los alumnos.

Toda actividad formativa tiene un antes y un después. El antes es la formación previa con la que los alumnos acceden a los nuevos contenidos. En nuestro caso, para incluir los cálculos de composiciones en los programas formativos para ceramistas, los alumnos deben acceder con unos conocimientos elementales de química básica que incluyan el concepto de elemento químico, átomo, sistema periódico, enlaces, nomenclatura elemental, concepto de mol, peso molecular y cálculos en reacciones químicas sencillas. Todos estos conceptos forman parte de los programas impartidos en la educación secundaria por lo que la presencia de los cálculos cerámicos en los programas de formación de ceramistas no debería suponer un problema insalvable. En todo caso, siempre es posible realizar actividades paralelas, dentro de los mismos programas formativos, para reforzar conocimientos de química elemental que pudieran haber quedado oxidados.

Rafa Galindo Renau