

Floculación – desfloculación de una suspensión

Fuerzas actuantes entre las partículas de una suspensión.

Entre las partículas que forman una suspensión, pueden darse dos tipos de interacciones ⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾ :

- Fuerzas de atracción entre partículas.
- Fuerzas de repulsión entre partículas.

- **Fuerzas de atracción.** Son fuerzas gravitatorias (atracción entre masas) y fuerzas de Van der Waals. Estas últimas son debidas a la acción electrostática ejercida entre el núcleo de cada átomo y las nubes electrónicas de los demás. Las fuerzas de atracción disminuyen al aumentar la distancia entre las partículas, tal como se puede ver, de manera cualitativa, en la figura 1.

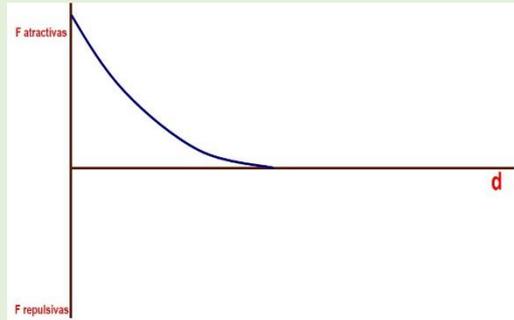


Figura 1. Relación (cualitativa) entre las fuerzas de atracción entre partículas y la distancia. Imagen: Rafa Galindo.

- **Fuerzas de repulsión.** Son fuerzas actuantes entre las partículas cargadas con la misma carga eléctrica. Estas fuerzas están fuertemente influenciadas por el potencial z (ver el apartado “¿quieres saber más?”) de forma que cuando el potencial z aumenta, aumentan las fuerzas de repulsión.

Los iones M^+ ; M^{2+} y M^{3+} (llamados iones contrarios) afectan al potencial z comprimiendo la capa difusa y por lo tanto disminuyendo el potencial z , por lo que se puede afirmar que la concentración de iones contrarios afecta a las fuerzas de repulsión. En la figura 2 puedes ver una representación esquemática de cómo afecta la distancia entre las partículas a la acción de estas fuerzas.

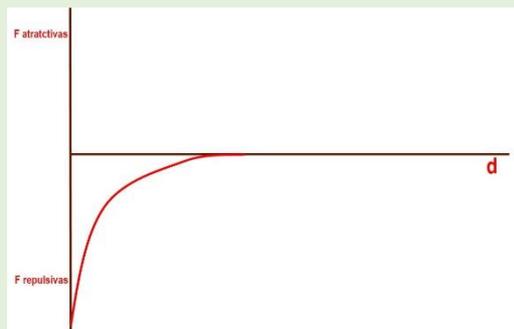


Figura 2. Relación (cualitativa) entre las fuerzas de repulsión entre partículas y la distancia. Imagen: Rafa Galindo.

- **Balance de fuerzas actuantes.** En la figura 3 puedes ver representadas conjuntamente las fuerzas atractivas y repulsivas entre las partículas que forman la suspensión frente a la distancia entre ellas. **Según el predominio de unas u otras, se tiene una suspensión floculada o desfloculada.**

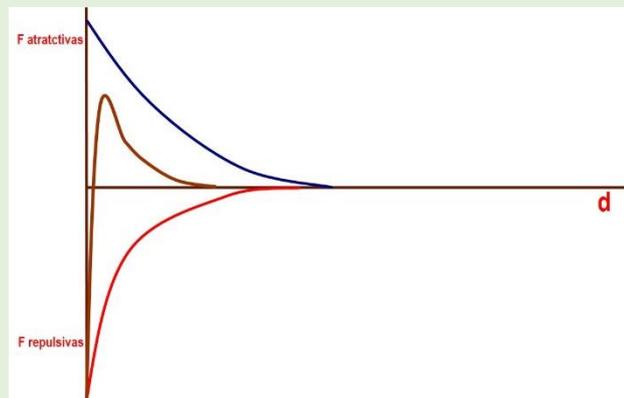


Figura 3. Resultante (cualitativa) de las fuerzas de atracción y repulsión entre las partículas que forman una suspensión. Imagen: Rafa Galindo.

Suspensión floculada. Si las fuerzas repulsivas no son muy intensas, las partículas pueden acercarse entre sí hasta una distancia tal que permita a las **fuerzas de atracción** ejercer su acción; si estas fuerzas llegan a ser **predominantes**, las partículas se unirán formando agregados: se tiene entonces una **suspensión floculada** (figura 4). La agregación de las partículas entre sí conduce a un "espesamiento" de la suspensión que se traduce en un **aumento de la viscosidad** aparente y además en un notable incremento de la cantidad de agua necesaria para obtener una suspensión fluida.



Figura 4. Esmalte floculado.
Fotografía: Ana Monferrer

Suspensión desfloculada. En el caso inverso, si **prevalecen las fuerzas de repulsión**, las partículas se separan entre sí, dispersándose: se tiene entonces un fenómeno de **desfloculación**. En estas condiciones disminuye la viscosidad aparente y la suspensión permanece fluida con relativamente poca agua.

La conclusión inmediata que se obtiene de lo que se ha dicho hasta ahora es **que toda variación de la carga de las partículas, de la doble capa eléctrica, o sea de potencial z, modifica las condiciones de la suspensión** (ver "¿quieres saber más?"). Sustancias capaces de provocar estas variaciones deberían de ser capaces de modificar las propiedades reológicas de las suspensiones. Y es precisamente sobre esto sobre lo que se basa principalmente el uso de los **desfloculantes** y de los **floculantes**. Tales acciones resultan del todo evidentes, examinando lo que ocurre con la adición de electrolitos, ácidos o básicos, a una suspensión arcillosa.

¿Quieres saber más?

¿Qué es el potencial z? ⁽²⁾ ⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾

Las partículas de las suspensiones coloidales en agua presentan una carga eléctrica en su superficie por lo que, a fin de asegurar la neutralidad eléctrica del conjunto, se rodean de una capa de iones de signo contrario. En concreto, en el sistema arcilla/agua las partículas arcillosas presentan en su superficie una capa de cargas negativas. Las partículas de arcilla se rodean, por tanto, de iones positivos. Estos iones pueden ser H^+ para arcillas puras o Na^+ ; K^+ ; Ca^{2+} , etc. para arcillas naturales.

Así pues, en una partícula de arcilla en suspensión se puede distinguir un **núcleo arcilloso cargado negativamente**, y una **capa de iones positivos formando una doble capa rígida** (figura 5)

En esta figura se distingue:

Capa de Stern. Es la capa fija. Es una doble capa eléctrica (las cargas positivas "se mueven" con la partícula) que, por lo tanto, permite ser tratada como un condensador, por lo que es posible determinar la diferencia de potencial entre ellas.

Capa difusa. Es la zona de influencia del potencial.

Plano de cizalla. Es el plano de separación entre la capa de Stern y la capa difusa.

Potencial z. Es el potencial en el plano de cizalla. Valores altos del potencial z significan altas fuerzas de repulsión y por lo tanto suspensiones floculadas. El potencial z puede tener valores positivos o negativos según el signo de la carga existente en la partícula. Para las arcillas, cargadas negativamente, como se ha indicado, este potencial es negativo.

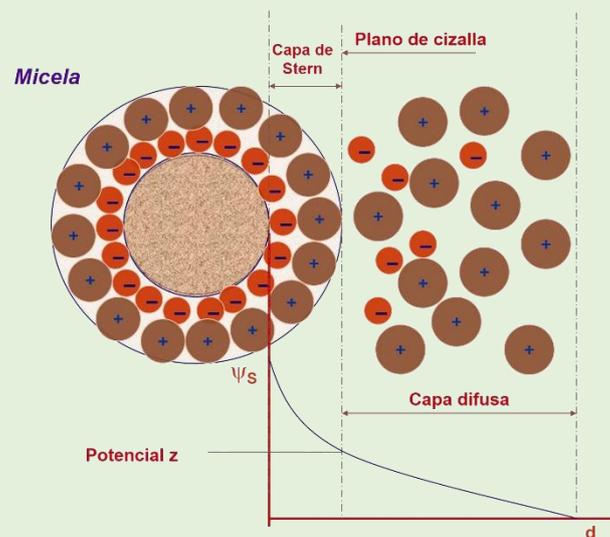


Figura 5. Micela y potencial z. Imagen: Rafa Galindo.

Adición de electrolitos a una suspensión acuosa.

La adición de electrolitos básicos o ácidos a una suspensión arcillosa provoca una **variación del potencial z**. Naturalmente tales adiciones modifican también los valores del pH.

- La **adición de ácidos** aumenta la concentración de iones H^+ y disminuye la de iones OH^- con lo que la carga negativa sobre las partículas arcillosas disminuye. **Disminuye el valor del potencial z** lo que permite que las partículas se aproximen unas a otras y predominen las fuerzas de atracción, provocando la **floculación** de la suspensión.
- La **adición de una base** a la suspensión puede llevar a la desfloculación o a la floculación, según la cantidad y el tipo de base.
 - Añadiendo una **base monovalente**, por ejemplo **hidróxido sódico** ($NaOH$), la concentración de los iones OH^- aumenta y disminuye la de los iones H^+ que son sustituidos por los iones Na^+ . El incremento de la carga negativa provoca un **aumento potencial z**. Pero, además, los iones Na^+ , mucho más grandes y más hidratados que los iones H^+ , no pueden localizarse alrededor de las partículas arcillosas, sino que se mantienen a una cierta distancia de éstas. Las fuerzas repulsivas tienen un campo de acción más grande y se manifiestan a distancias mayores, donde las fuerzas de atracción de Van der Waals son despreciables con lo que las partículas se repelerán y se tendrá una **suspensión desfloculada**. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la adición de un exceso de base monovalente puede provocar el efecto contrario, es decir, la floculación. Este fenómeno se conoce como "**sobredesfloculación**" (**).
 - Si se añaden **sales alcalinas de los ácidos débiles**, como por ejemplo el carbonato sódico (Na_2CO_3), o el silicato sódico (Na_2SiO_4) se provoca también la **desfloculación** de la suspensión ya que estas sales dan en solución acuosa iones sodio Na^+ e iones OH^- (por hidrólisis), los mismos que derivan de la disociación del $NaOH$. Además, el Na_2CO_3 elimina de la disolución los iones Ca^{2+} , que son floculantes, formando un precipitado de carbonato cálcico ($CaCO_3$) insoluble.
 - En cambio, la adición de una **base polivalente** provoca **floculación**. Las bases polivalentes (de Ca, Ba, Sr, Al, Fe, etc.) no son fuertes. Estas, en efecto, están poco disociadas, sus cationes poseen una elevada carga positiva y están poco hidratados. Estos cationes se colocan alrededor de la partícula arcillosa, dando lugar a una atmósfera iónica de pequeño volumen y su fuerte carga determina una disminución del potencial z provocando la **floculación**.

- La acción floculante de las **sales derivadas de bases débiles** como BaCl_2 , CaCl_2 , MgSO_4 , etc., se debe también a la **disminución del potencial z**. Los cationes de estos compuestos, por ejemplo Ba^{2+} , reaccionan directamente con una parte de OH^- existente sobre la partícula arcillosa, dando lugar a hidróxidos, por ejemplo $\text{Ba}(\text{OH})_2$, en el caso del Ba^{2+} , lo que resta iones OH^- , esto es, cargas negativas de la partícula de arcilla disminuyendo el potencial z.

(*) En los sistemas no arcillosos, la presencia de cargas (positivas o negativas) en la superficie puede obedecer a muy diversos motivos, así por ejemplo en el caso de suspensiones de óxidos la carga eléctrica superficial puede tener su origen en la ruptura de enlaces originada en la molienda.

La superficie de los óxidos en suspensión siempre está hidroxilada de forma que en la superficie se tiene una densidad de carga negativa y en el interior positiva. Naturalmente el conjunto permanece neutro.

Por otra parte las partículas de frita en suspensión pueden considerarse también como portadoras de cargas electrostáticas debidas al proceso de ionización superficial aludido y a la disolución parcial del retículo vítreo por ataque químico del agua, semejante al que se produce en los vidrios.

(**) Si se añade un exceso de reactivo, el fuerte aumento de iones sodio Na^+ , y por tanto de cargas positivas alrededor de las negativas adsorbidas, altera el equilibrio que había establecido entre cargas de signo opuesto. Al aumentar la carga positiva, sucede que la carga negativa sobre las partículas se manifiesta de manera menos intensa y el gradiente de potencial alrededor de las partículas disminuye, disminuyendo así el potencial z y provocando de nuevo la floculación.

Bibliografía

- (1) GIPPINI, E. "*Pastas cerámicas*". Pgs. 105 – 110. Instituto Eduardo Torroja- Sociedad Española de Cerámica. Madrid, 1979.
- (2) ENRIQUE NAVARRO, J.E. et al. "*Tecnología cerámica. Vol. 2. Pastas cerámicas*". Pgs 169-173. Universidad de València. València, 1985.
- (3) VARIOS AUTORES. Coord. POZZI, p.; GALASSI, C. "*La reologia dei materiali ceramici tradizionali*". Pgs 82-84. Faenza Editrice S.p.A. Faenza, 1994.
- (4) SOCIETÀ CERAMICA ITALIANA. "*Reologia cerámica applicata*". Pgs 202-209. Faenza Editrice S.p.A. Faenza, 1990.
- (5) MORENO, R. et al. "*Electroquímica de suspensiones cerámicas*". BOL.SOC.ESP.CERAM. VIDR. 26 . 6, Pgs 355-365. 1987. Disponible en <http://boletines.secv.es/upload/198726355.pdf> [Consulta. 2/1/2020].